PAPELES
DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

169

2021

ISSN: 0210-9107

PATRONATO

Isidro Fainé Casas
(Presidente)
José María Méndez Álvarez-Cedrón
(Vicepresidente)
Fernando Conlledo Lantero
(Secretario)

Carlos Egea Kravel
Miguel Ángel Escotet Álvarez
Amado Franco Lahoz
Pedro Antonio Merino García
Antonio Pulido Gutiérrez
Victorio Valle Sánchez
Gregorio Villalabeitia Galarraga

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA

DIRECTORES

Eduardo Bandrés Moliné
José Félix Sanz Sanz

CONSEJO DE REDACCIÓN

Carlos Ocaña Pérez de Tudela
(Director)
Santiago Carbó Valverde

Elisa Chuliá Rodrigo
Juan José Ganuza
Raymond Torres

COORDINADORA DE EDICIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Myriam González Martínez

PORTADA

Monorraíl urbano de Chiba, Japón.
Foto: Kiku Cha (CC BY-SA 4.0)

EDITA

Funcas
Caballero de Gracia, 28. 28013 Madrid

IMPRIME

Advantia Comunicación Gráfica, S.A.

Depósito legal:	M. 402-1980
ISSN:	0210-9107
Precio del número impreso:	20 €
Versión digital:	Gratuita
Periodicidad:	Trimestral
Materia:	Innovación
Disponible en formato digital:	www.funcas.es

FSC
www.fsc.org
MIXTO
Papel procedente de fuentes responsables
FSC® C103654

© Funcas. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, *offset* o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita del editor.

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA, N.º 169, 2021. ISSN: 0210-9107

«La innovación, un desafío inaplazable»

Coordinado por Juan Mulet y Rafael Myro

SUMARIO

INTRODUCCIÓN EDITORIAL

La innovación, un desafío inaplazable V

COLABORACIONES

I. PERSPECTIVAS GENERALES DE LA INNOVACIÓN

Ciencia e innovación para transformar Europa: 2 *Román Arjona y Julien Ravet*

La innovación en la política española: 16 *Laura Cruz-Castro y Luis Sanz-Menéndez*

Factores culturales de la innovación tecnológica: 36 *Miguel Á. Quintanilla Fisac*

II. LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL EN ESPAÑA

El papel del Estado en el fomento de la innovación en España: 48 *Agustí Segarra Blasco*

La empresa innovadora española: 74 *Juan Mulet*

Las *start-ups* como agentes disruptivos: retos y oportunidades: 91 *Mercedes Teruel*

Transferencia de conocimiento e intermediarios de innovación: 104 *Francisco Mas Verdú*

La colaboración público-privada para la innovación empresarial: innovación abierta: 119 *Ángela Triguero*

Los nuevos centros públicos no universitarios de investigación: el Programa IMDEA: 135 *Alfonso González Hemoso de Mendoza*

III. NUEVAS OPORTUNIDADES PARA LA INNOVACIÓN

La ecoinnovación en España: situación, determinantes y políticas:	150	*Pablo del Río* *José García-Quevedo y* *Ester Martínez-Ros*
Robótica e inteligencia artificial más humanas y sostenibles:	165	*Jorge Villagra*
Investigación e innovación en biomedicina:	178	*Luis Serrano*

LA INNOVACIÓN, UN DESAFÍO INAPLAZABLE

INTRODUCCIÓN EDITORIAL

EL lector tiene en sus manos un número de la revista *Papeles de Economía Española* dedicado a la innovación en España, en el que participan dieciséis autores procedentes de universidades españolas, centros de investigación y departamentos de dirección y gestión de actividades científicas y tecnológicas. En más de un caso, tales autores combinan, o han combinado en el pasado, tareas académicas y de gestión.

La innovación mantiene una estrecha relación con la ciencia, y cuando se desciende a los datos estadísticos que permiten medirla y compararla entre países, resulta a menudo difícil separarla de ella, tanto más cuanto más se quiere retroceder en el tiempo. Así, aunque este número de *Papeles de Economía Española* pone el foco en la innovación, la referencia frecuente a la ciencia es inevitable. Por esta razón, resulta importante definir desde el inicio el espacio propio de una y otra y también las relaciones entre ambas.

CON LA INNOVACIÓN, UN PAÍS BUSCA CREAR VALOR A PARTIR DEL CONOCIMIENTO, MIENTRAS QUE CON LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EXPERIMENTAL (I+D) BUSCA CREAR CIENCIA

Con la innovación, un país busca crear valor añadido a partir del conocimiento, en forma de nuevos productos o procesos productivos, mientras que con la investigación y el desarrollo experimental (I+D) busca crear ciencia. La tecnología, entendida como la técnica o conjunto de técnicas mediante las cuales se producen los bienes y servicios, se sitúa entre la ciencia y la innovación, y tanto las empresas como la comunidad científica participan de su desarrollo. Pero mientras que la tecnología creada por las empresas sirve directamente a sus preocupaciones e intereses, teniendo por ello una alta probabilidad de convertirse en innovación, la generada por la comunidad científica, aun cuando tiende a ser más disruptiva, no siempre es una fuente de innovación. Necesita de la empresa para ello, y el encuentro con esta no es inmediato, requiriendo con frecuencia de intermediación.

El conocimiento que da origen a la innovación no ha de ser necesariamente científico. La Revolución Industrial se basó inicialmente en el conocimiento artesanal de los caldereros, pero solamente alcanzó su verdadera fuerza transformadora cuando se pudo aplicar la tecnología creada a partir de la Ciencia que había comenzado a generarse en el siglo XVII. De la misma manera, en la economía actual, el conocimiento creado por las ciencias socioeconómicas y las humanidades, así como por la práctica diaria (conocimiento artesanal) son la

base de muchas «innovaciones no tecnológicas», que se han hecho imprescindibles, tanto para las empresas de servicios como para las manufactureras.

ENTRE LOS GRANDES DESAFÍOS ECONÓMICOS A LOS QUE SE ENFRENTA HOY ESPAÑA, LA CONSTRUCCIÓN DE UN SÓLIDO SISTEMA ES DE CRUCIAL IMPORTANCIA

Tras estas breves precisiones conceptuales, que buscan perfilar bien la naturaleza del monográfico que se presenta en estas páginas introductorias, hay que justificar el título elegido, señalando ante todo que entre los grandes desafíos económicos a los que se enfrenta hoy la España que deja atrás la pandemia, la construcción de un sólido sistema de innovación, acorde con el nivel del desarrollo económico alcanzado ya, es de una importancia primordial. Es el que mayor transformación económica puede prometer de cara al futuro. Pero, al mismo tiempo, es el más difícil de afrontar, primero, porque sus resultados son menos visibles en el corto plazo, y después, porque exige enfoques renovados, puesto que se trata de un reto antiguo, siempre contemplado, pero nunca abordado con los medios y la resolución necesarios. Desde que se cerrara la transición democrática, aun figurando con énfasis diversos en las agendas de todos los gobiernos, no ha recibido la suficiente atención de ninguno. Como consecuencia de ello, la posición actual de España en este crucial terreno de la innovación podría decirse, sin cargar las tintas, que es bastante deslucida, incluso dentro de Europa, un continente en su conjunto también enfrentado a importantes retos tecnológicos, como consecuencia del rápido avance de la digitalización en EE. UU. y China.

LA POSICIÓN ACTUAL DE ESPAÑA EN EL TERRENO DE LA INNOVACIÓN PODRÍA DECIRSE, SIN CARGAR LAS TINTAS, QUE ES BASTANTE DESLUCIDA, INCLUSO DENTRO DE EUROPA

En efecto, la edición de 2020 del *European Innovation Score Board (EIS)*, el informe anual sobre la posición de la Unión Europea (UE) en materia de innovación elaborado por la Comisión Europea, que utiliza 27 indicadores y evalúa diez dimensiones de la innovación, sitúa a España lejos de los países «líderes innovadores», los escandinavos y los Países Bajos, además de Luxemburgo, y también de los «innovadores fuertes», entre los que sorprendentemente se encuentran Portugal, Irlanda y Estonia, acompañando a Alemania, Francia, Bélgica y Austria. España se integra en un tercer grupo de «innovadores moderados», en el que también se encuadran Croacia, Chipre, Chequia, Grecia, Hungría, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, Eslovaquia y Eslovenia. Se observará que se trata de un grupo formado por los países del sur de Europa, con la excepción de Portugal, y los del centro y el este integrados en la UE en 2004, con ocasión de la quinta ampliación de esta área, con el añadido de Croacia, país que se incorporaría en 2013.

La posición relativa de España en el informe citado ha empeorado desde 2011, lo que principalmente se debe a la severidad que alcanzó la crisis financiera iniciada en 2008 y a los graves efectos de la pandemia del coronavirus, pero no dejaba de ser ya bastante precaria antes de

estas crisis, como múltiples y reiterados informes sobre la economía española han puesto de relieve en las últimas décadas; en realidad, desde que se cerrara el proceso de industrialización, al final de la década de 1960 y aún más claramente, tras el final de la transición democrática y la entrada de España en la UE. La urgencia de construir un sistema tecnológico más potente y complejo es algo que se reclamaba ya en esas fechas tan lejanas. En las conclusiones del recomendable libro *Cambio técnico y dependencia tecnológica, el caso de España*, escrito por Carmela Martín y Luis Rodríguez Romero, y publicado en 1977 por la prestigiosa Fundación del INI (serie E, n.º 11), que dirigía Julio Segura, se lee: «En el caso Español, el Sector Tecnológico Interior, a pesar de las modificaciones que se han experimentado en los últimos años, se sigue caracterizando por su total insuficiencia en términos comparativos con los países industrializados. Por otra parte, la normativa jurídica que afecta a los canales o vías en que se materializa la transferencia de tecnología, ha constituido una política implícita que ha tendido a favorecer la importación de nuevas técnicas, en detrimento de su apoyo a la producción interior» (pág. 208).

Conviene señalar, no obstante, para mejor valorar la conclusión citada, que la estrategia de desarrollo tecnológico óptimo aconseja aprovechar al máximo las tecnologías creadas en otros países más adelantados, sobre todo en fases tempranas de desarrollo, en las que hacerlo resulta menos costoso (más tecnologías disponibles para incorporar y acceso más libre a ellas por el tiempo transcurrido desde que se crearon), y dotar al sistema tecnológico interior sobre todo de capacidades de asimilación y adaptación de las tecnologías adquiridas o imitadas. Los datos ofrecidos en el libro aludido, referidos al año 1971, reflejan bien la posición tecnológica relativa de la España de entonces. Su gasto en I+D, medido sobre el PIB, se situaba entre el 14 por 100 y el 22 por 100 del francés, el alemán, el británico, el sueco, el suizo, el norteamericano o el japonés, y alcanzaba solo al 40 por 100 del de Dinamarca o Italia. La proporción de ese gasto realizada por las empresas, una medida que aproxima mejor el papel de la innovación, no llegaba al 50 por 100, mientras que en los países citados superaba este umbral.

España había logrado en aquellas fechas el 81 por 100 del PIB per cápita de la UE-15, y por consiguiente, era ya necesario, como señalaban los autores del ensayo citado, adoptar una estrategia que priorizara el sector tecnológico propio, sin por ello dejar de recurrir a la ayuda de la inversión exterior directa. Pero entonces España se enfrentaba a desafíos más urgentes y de mayor envergadura: la transición democrática y la incorporación a la UE, prerrequisitos para la modernización de la economía y el fomento de la innovación. En

el nuevo marco institucional mucho más favorable que resultó de cerrar ambos procesos, el esfuerzo tecnológico recibió importantes impulsos, pero no de la envergadura requerida. Como consecuencia, a comienzos del siglo actual, nada menos que treinta años después, España solo había multiplicado por 2,5 el volumen de I+D, medido sobre el PIB, alcanzando el 0,91 por 100, una tercera parte de la cifra registrada por Alemania, Japón y EE. UU., el 42 por 100 de la correspondiente a Francia y Corea del Sur, y el 50 por 100 de la atribuida al Reino Unido. Eslovenia, la República Checa y Estonia también invertían más que España en ciencia y tecnología en esas mismas fechas. Con respecto a la proporción de gasto realizada por las empresas, se había alcanzado ya el 54 por 100.

EL GASTO DE I+D SOBRE EL PIB DE ESPAÑA ES SOLO EL 43 POR 100 DEL DE EE. UU Y ALEMANIA, Y EL 54 POR 100 DEL DE FRANCIA, Y LAS EMPRESAS SOLAMENTE EJECUTAN EL 57 POR 100 DEL TOTAL

Aún hoy, transcurridos veinte años más, el esfuerzo tecnológico de España es solo el 43 por 100 del de EE. UU y Alemania, el 40 por 100 de los países nórdicos de Europa, y el 54 por 100 del francés, y no llega a un tercio del de Corea del Sur y Japón. Y las empresas únicamente ejecutan el 57 por 100 de ese gasto, un porcentaje sensiblemente menor al alemán (69 por 100), e incluso al italiano (62,7). La gravedad que alcanzó la Gran Recesión en España y los negativos efectos de la pandemia del coronavirus explican en buena medida los parcos avances logrados en este ámbito durante la última década, pero es conveniente recordar que al final de su etapa más expansiva, en 2008, España solo alcanzó un gasto en I+D sobre el PIB del 1,32 por 100, superando por poco la mitad del nivel alemán, y quedándose a 0,5 puntos porcentuales de la media de la UE-27. No hay que olvidar, sin embargo,que el gasto en I+D es solamente una de las dimensiones del Sistema Nacional de Innovación, por utilizar el término acuñado en el entorno de 1990 por Bengt-Åke Lundwall y Christopher Freeman, que introduciría un nuevo paradigma en el enfoque de la innovación. Existen otras dimensiones, entre ellas, las recogidas por el informe de la Comisión Europea mencionado al inicio de este escrito, varias de ellas relativas al marco y al entorno económico para la innovación. Considerando la totalidad de ellas, la posición comparada de España mejora, reflejando sobre todo que existe un gran potencial para la innovación.

La posición tecnológica de España también resulta mejorada si se juzga exclusivamente por el desarrollo científico alcanzado. El rápido incremento del número de artículos publicados por los científicos e investigadores españoles en las revistas más prestigiosas del mundo durante las últimas tres décadas parecería indicar que el centro del problema del desarrollo tecnológico español se encuentra en la reducida capacidad para convertir los nuevos conocimientos en nuevos productos y procesos productivos, precisamente la tarea que concierne a la innovación.

Las deficiencias en el proceso de transferencia de los avances científicos hacia el sector productivo o la falta de capacidades financieras y empresariales para obtener el provecho económico que podrían deparar serían pues la clave. Algo parecido suele decirse de Europa, cuando se compara con EE. UU. en el ámbito tecnológico, habiéndose incluso llegado a definir la paradoja europea (excelencia en la generación de conocimientos y fallos en la transferencia al sector productivo). ¿Podría hablarse también de la paradoja española? Difícilmente. Es más probable que deba cuestionarse el avance real en el conocimiento incorporado en las publicaciones científicas españolas, tal y como apunta Alonso Rodríguez Navarro («España suspende en investigación por causa de la política científica», *Blog Nada es gratis*, 10-05-2021). Sería difícil que fuese de otro modo en un país donde los nuevos doctorandos tienen dificultades para trabajar y encadenan contratos precarios, para acabar emigrando a otras universidades extranjeras, y donde los institutos de investigación no tienen garantizados los medios financieros necesarios para culminar los proyectos en curso.

A nuestro juicio, lo que acabamos de señalar acerca del sistema de ciencia y tecnología español suscita al menos tres preguntas. La primera es la siguiente: ¿por qué no ha habido nunca en España una apuesta más decidida por la innovación, como la ha habido en otros países? La segunda podría formularse así: ¿cómo debe configurarse hoy esta apuesta, para que tenga garantías de éxito? Finalmente, la tercera y última sería: ¿es urgente hacerlo?

Los artículos incluidos en este número monográfico de *Papeles de Economía Española* dedicados a la innovación tratan de dar respuesta a estas tres preguntas, pero tienden a centrarse en la segunda, con el fin de ofrecer orientaciones para una nueva política tecnológica, por la que queremos apostar decididamente. Por esta razón, avanzamos a continuación algunas respuestas breves a la primera y última de las cuestiones planteadas.

EL PREDOMINIO DE EMPRESAS DE REDUCIDA DIMENSIÓN, JUNTO A UNA ESTRUCTURA PRODUCTIVA INTENSIVA EN TRABAJO Y RECURSOS NATURALES HAN LIMITADO LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL

A la primera de las preguntas, que busca conocer las razones de la carencia de una apuesta decidida por la innovación en España, podría responderse, utilizando la claves analíticas del reconocido historiador Joel Mokyr (The past and the future of innovation: Some lessons from economic history, *Explorations in Economic History,* vol. 69(C), págs. 13-26. Elsevier), diciendo que el tamaño de las empresas y la estructura sectorial de la producción han sido, junto con el entorno económico y social, los principales determinantes de la actividad innovadora en España, como también lo han sido en otros países. El predominio de empresas de muy reducida dimensión, junto a una estructura productiva especializada en el turismo y en las manufacturas más intensivas

en trabajo y recursos naturales habrían limitado la actividad innovadora de las empresas españolas, que, en términos comparados, siguen hoy registrando un nivel bajo de inversión en tecnología (medida con relación al PIB). Por otra parte, el entorno económico y social tampoco ha sido muy propicio para la innovación, por múltiples y diversos factores entre los que cabría mencionar el aislamiento internacional en el que vivió España durante el franquismo y hasta la entrada en la UE, que, entre otras muchas cosas, limitó de forma sensible el espacio dejado al mercado y a la competencia libre, verdaderos motores del crecimiento, en palabras de William J. Baumol (*The free-market innovation machine.* Princeton Press, 2002), la escasa vertebración y coordinación del tejido empresarial, una notoria deficiencia aun hoy, la reducida valoración social de la figura del empresario hasta bien entrada la democracia, quizá como fruto de una historia cargada de enfrentamientos sociales, o el escaso relieve otorgado a las actuaciones promotoras de las administraciones públicas, tal vez por falta de confianza en sus capacidades o quizá por la resistencia a incrementar sus presupuestos económicos.

EL ENTORNO ECONÓMICO Y SOCIAL TAMPOCO HA SIDO PROPICIO PARA LA INNOVACIÓN

Entre todos estos factores, nos gustaría llamar la atención acerca de la importancia de los mencionados en segundo lugar, los encuadrados dentro del amplio título de entorno económico y social. Dar un peso excesivo al tamaño empresarial y a la estructura productiva supondría creer que ambas son variables exógenas, algo que dista mucho de ser claro. Es muy posible que un gran tamaño empresarial sea el resultado de elevadas capacidades empresariales, entre las que destacaría la innovación, tal y como han argumentado Vicente Salas y Emilio Huerta en varios de sus recientes trabajos y no costaría mucho apoyar con los escritos de Joseph A. Shumpeter. Con respecto a la estructura productiva, en gran medida, refleja las ventajas comparativas de que un país dispone, que, como es sabido, se asocian a aquellas producciones que usan los factores productivos más abundantes, pero no debe olvidarse que tal abundancia está condicionada por el desarrollo económico previo, en el que la innovación desempeña un papel de primer orden.

ESPAÑA HA CARECIDO, Y CARECE AÚN, DE UN MARCO INSTITUCIONAL QUE PROMUEVA UNA ESTRECHA Y EFICAZ COOPERACIÓN ENTRE EL SECTOR PÚBLICO Y EL PRIVADO

Por otra parte, al hablar de los factores de entorno económico y social conviene apuntar que España ha carecido, y carece aún, de un marco institucional que promueva una estrecha y eficaz cooperación entre el sector público y el privado, que favorezca la fortaleza de ambos, equilibre sus intereses y ambiciones e integre las piezas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. La innovación y el desarrollo económico se asientan sobre este factor crucial, según ilustra el análisis histórico realizado por Daron Acemoglu y James A. Robinson en su último libro, titulado *Un pasillo estrecho* (Deusto, 2019). De aquí se

desprende una primera contestación a la segunda de las preguntas que formulábamos anteriormente, la que busca conocer cómo forjar una verdadera apuesta por la innovación: favoreciendo la vertebración y coordinación del tejido empresarial, y su firme implicación con el desarrollo tecnológico, y fortaleciendo al sector público, con más recursos especializados, sobre todo humanos, y con un mejor marco de interlocución y colaboración con el sector privado. Sobre estas bases, deberían redefinirse los papeles respectivos de la política científica y tecnológica, así como las vías fundamentales de transferencia de conocimientos.

La última de las preguntas formuladas, acerca de la urgencia de una apuesta firme por la innovación tiene, a nuestro juicio, una respuesta sencilla. No solo es urgente. Aplazada ya durante demasiado tiempo, tal apuesta es hoy inaplazable. Explicamos a continuación el por qué.

Considerando el parco esfuerzo tecnológico desarrollado por España hasta ahora, no resulta extraño que con frecuencia se haya calificado de milagro lo logrado desde la entrada en la UE hasta 2007: veintidós años de avance sostenido del PIB (brevemente interrumpidos por el negativo impacto de la unificación alemana), a una tasa media anual del 3,4 por 100. Crecimiento económico e innovación doméstica no fueron aquí dos fenómenos asociados, como se habría esperado. Cierto es que parte de ese crecimiento económico tuvo bases artificiales, sobre las que alertaban los grandes desequilibrios económicos que lo acompañaron (elevado endeudamiento de familias, sociedades financieras y no financieras y abultado déficit exterior). De ahí la profundidad de la crisis financiera vivida, de intenso ajuste de los excesos de endeudamiento y gasto. Pero cierto es también que el periodo mencionado culminó el proceso de transformación de la economía española iniciado con la incorporación a la UE en 1985. La internacionalización de las empresas produjo cambios profundos en la estructura empresarial, haciendo brillar a un grupo de grandes empresas, reducido pero muy competitivo internacionalmente, y el tejido productivo se expandió mediante la inversión productiva de empresas domésticas y foráneas, y merced a una gran cantidad de mano de obra emigrante, con cuya incorporación España se homologó con los demás países europeos en este importante aspecto. Pero la flaca base tecnológica de este crecimiento económico dejó ver su sombra en el lento avance de la productividad total de los factores (PTF), la medida de la eficiencia conjunta del trabajo y el capital en el proceso productivo. Con una tasa promedio de aumento del 0,3 por 100 anual, España se distanció de la UE-27 en la evolución de esta variable crucial, que guía el progreso de la productividad del trabajo y del PIB per cápita.

España culminó pues en el período descrito la internacionalización de su economía en sus diferentes vertientes, comercial, productiva y de apertura a la inmigración, haciéndose más semejante a los líderes europeos. Únicamente el mercado de trabajo y el sistema de ciencia e innovación siguen mostrando perfiles discordantes que deben desaparecer cuanto antes.

EL PIB DE ESPAÑA ES HOY EL 84,3 POR 100 DEL DE LA EUROZONA. SI SE QUIERE ELEVAR ESTA CIFRA AL 90 POR 100, LA CONSEGUIDA EN 2005, ÚNICAMENTE LA INNOVACIÓN OFRECE UNA BAZA SEGURA

La urgencia de una apuesta por la innovación hoy puede justificarse aún de otro modo. El PIB de España es hoy el 84,3 por 100 del de la Eurozona. En 1975 ya se alcanzaba ese nivel relativo (83,9 por 100). Si se quiere elevar esta cifra al 90 por 100, la lograda en 2005, únicamente la innovación ofrece una baza segura. Es muy poco probable que se encuentren mecanismos sustitutorios eficaces, como los que funcionaron en el pasado.

La gran transformación de la economía que se iniciará ahora, apoyada en los fondos europeos recibidos, y guiada por objetivos tan ambiciosos como la transición digital, la transición ecológica y el desarrollo del sistema de salud, ofrecerá una gran oportunidad para la innovación, sobre todo si sirve para desplegar una nueva política industrial que reclame y aproveche nuevos saberes. Pero el notable despliegue organizativo y de coordinación que requerirá llevar a buen puerto los grandes proyectos tractores puestos en marcha, absorberá mucho de los recursos humanos de las administraciones públicas, lo que, junto con el elevado endeudamiento que poseen, muy bien podría conseguir que la innovación fuera relegada una vez más a un lugar secundario en la agenda gubernamental, a la espera de tiempos mejores. ¡Ojalá no sea así!

Cerramos esta presentación explicando la organización del número de *Papeles de Economía Española* que el lector tiene en sus manos y comentando brevemente cada uno de los artículos incluidos en él.

Abren el monográfico dos artículos que ofrecen visiones generales sobre la política de innovación en la UE y en España, analizando sus evoluciones y sus orientaciones para los próximos años. Con ellos se busca ofrecer un marco general de referencia para comprender mejor las restantes contribuciones. En el primero de los artículos, **Román Arjona** y **Julien Ravet**, comienzan por señalar que los grandes desafíos a que se enfrenta Europa hoy demandan un papel más destacado de la política de I+D+I. Aunque Europa posee una sólida base de investigación científica, con algunos extremos especialmente sobresalientes, como los de clima y medio ambiente, muestra flaquezas notorias en la digitalización, y de forma más general, en la innovación empresarial disruptiva, ámbitos donde EE. UU. y China progresan a

ritmos rápidos. El reducido relieve de los fondos de capital riesgo constituye un serio hándicap. A continuación, los autores señalan que la naturaleza cambiante de la innovación exige una política de I+D+I transformadora, diferente a la seguida en etapas anteriores, (la política de innovación para el crecimiento de los decenios de 1950 y 1960, o la política posterior, dirigida a corregir fallos del sistema), creando redes entre los agentes involucrados en la innovación. La política nueva transformadora se basa en tres conceptos, direccionalidad (definición de objetivos claros, atendiendo a los ODS, y uso de todas las palancas para alcanzarlos), coordinación (alineación de ellos con los de otras políticas) y cocreación, involucrando en su consecución a un conjunto más amplio de agentes (ciudadanos, científicos, industria y partes interesadas).

En el segundo de los artículos, **Laura Cruz-Castro** y **Luis Sanz-Menéndez**, analizan los enfoques seguidos por la política científica y la de innovación en España, desde la transición política. Para los autores, la clave de una política de innovación se encuentra en su relación con la política de investigación, además de en cómo se integra con otras políticas sectoriales y transversales, y en particular, con la política industrial. También, desde luego, en la configuración institucional que se elige para gestionarla. La cercanía a otras políticas sectoriales hace que el desarrollo del conocimiento tenga una base en las necesidades y exigencias del sistema productivo, y responda a las oportunidades que surgen dentro de este, abandonando toda idea simple acerca de una relación lineal que iría desde los conocimientos a sus plasmaciones productivas. En España, durante los años ochenta, la política científica y la de innovación gozaron de autonomía, y existió coordinación entre ellas. Además, la política de innovación se encontraba ligada a la política industrial. A partir de mediada la década de 1990, al tiempo que la política industrial se descentralizaba regionalmente y tendía a perder relieve (y no solo en España), la política de innovación se supeditaba a la política científica, haciéndose dependiente de los limitados presupuestos públicos asignados a I+D. Los cambios de competencias entre los diferentes ministerios involucrados en ambas políticas (industria, educación, ciencia y tecnología...) tendieron a favorecer este resultado que acabó estrechando el espacio otorgado a la política de innovación.

Después de estos dos artículos, se incluye un tercero, que puede considerarse también de carácter introductorio, que investiga el papel de la cultura de un país en su desarrollo científico y tecnológico, un tema que consideramos de gran importancia, porque podría ofrecer nuevas claves explicativas de la situación de España en el ámbito de la innovación. El artículo está escrito por **Miguel Á. Quintanilla Fisac**.

El autor parte de definir la cultura técnica de un grupo social como aquella formada por todos los rasgos culturales (información descriptiva, práctica y valorativa) que se refieren a, o se relacionan de algún modo, con sistemas técnicos. Tras describir sus elementos determinantes, el autor estudia qué tipo de cultura científica y técnica adquieren los estudiantes de la ESO en España. A continuación, analiza los niveles de cultura científica de la población española y sus actitudes con respecto a la ciencia y al gasto científico. Finalmente, se estudian los determinantes de la innovación empresarial, descubriendo que la actitud favorable hacia la ciencia de los directores de la empresa ejerce una influencia positiva en ella.

Los seis artículos que se incluyen a continuación ofrecen un panorama, que pretender ser bastante completo, del Sistema de Innovación Español, para utilizar de nuevo la denominación introducida por Bengt-Åke Lundwall y Christopher Freeman, estudiando cada una de las organizaciones que lo integran y valorando sus fortalezas y debilidades.

Inicia este análisis el artículo de **Agustí Segarra Blasco**, que comienza examinando cómo ha evolucionado la visión del papel del Estado en la innovación, para resaltar las contribuciones de Robert Nelson y Kenneth Arrow, que, al destacar la naturaleza del conocimiento como bien no rival y de incompleta apropiabilidad, abrieron el camino a la intervención del Estado en el desarrollo tecnológico. A continuación, analiza las diferentes políticas de innovación seguidas, sus objetivos, su relación con otras políticas y los instrumentos que han utilizado de forma más frecuente. Distingue entre las primeras políticas, dirigidas principalmente a corregir los fallos de mercado, las utilizadas a partir de la década de 1990, que buscaron completar y vertebrar el Sistema Nacional de Innovación, y las que se están promoviendo actualmente, orientadas al impulso de misiones, con el fin de responder a los grandes retos tecnológicos y medioambientales planteados. Utilizando las palabras del autor, estas políticas «parten de objetivos generales, buscan la complicidad de una gran variedad de actores implicados y, conforme van progresando y desarrollándose, establecen los objetivos concretos que, posteriormente, serán abordados por los diferentes niveles de gobierno, las agencias oficiales, las universidades, las instituciones científicas y de transferencia tecnológica, y las empresas innovadoras». Finalmente, el autor analiza en términos comparados, las políticas de innovación seguidas en España, su dimensión y los instrumentos preferentemente usados, para concluir advirtiendo de la gran oportunidad que ofrecen los Fondos Europeos *Next Generation EU*.

Analizado el papel del Estado dentro del Sistema Nacional de Innovación, el artículo de **Juan Mulet**, estudia la actividad innovadora de la empresa española. El artículo comienza destacando dos características fundamentales del colectivo empresarial español que el autor considera claves para explicar su capacidad innovadora, su distribución por tamaños y su distribución por sectores, y presta una especial atención al espacio que ocupan las actividades de alta tecnología. La conclusión que se deriva de este análisis es que, en relación con los líderes europeos, España se encuentra en una posición más débil en cuanto a tamaño de sus empresas y al peso de los sectores con más posibilidades de basar su competitividad en la innovación. A continuación, el autor estudia pormenorizadamente y en términos comparados el entorno investigador de las empresas española, siguiendo el contenido del *European Innovation Score Board (EIS)* de 2020. Finalmente, analiza la actividad innovadora de las empresas españolas tal y como se desprende de la *Encuesta de Innovación* del INE, y la compara con la que muestran sus pares en los principales países europeos, mediante el *Community Innovation Survey* (CIS), elaborado por Eurostat. Este último análisis ofrece muchos resultados interesantes, como el reducido volumen comparado de patentes que realizan las empresas españolas o la relativa carencia de financiación privada.

En el siguiente artículo, **Mercedes Teruel** examina la política española con respecto a las *start-ups* innovadoras. Este tipo de empresas se han erigido como agentes disruptivos, con capacidad de transformar la estructura del mercado de sectores tanto tecnológicos como tradicionales, y por ello, los responsables del diseño de las políticas de innovación han centrado cada vez más su atención en ellas. El artículo se inicia destacando las ventajas y desventajas que poseen las *start-ups* frente a otros modelos de negocio. Entre las primeras, la flexibilidad para explorar oportunidades, una alta cualificación de sus trabajadores, y elevadas capacidades de aprendizaje y de adaptación al entorno cambiante; entre las segundas, la falta de experiencia en el mercado y un pequeño tamaño, factores que reducen sus posibilidades de supervivencia, sobre todo en tiempos de crisis. A continuación, se señalan los principales determinantes del número de empresas de esta naturaleza que intervienen en un mercado, destacando entre ellos el nivel de desarrollo del país y la facilidad de obtener financiación para las empresas. Finalmente, se analizan las *start-ups* españolas, destacándose su concentración en Barcelona y Madrid y su elevada juventud, pues un elevado porcentaje de ellas se encuentran en la fase semilla, quizá un rasgo indicativo de la dificultad que tienen para sobrevivir. La conclusión más general es que la densidad del ecosistema de *start-ups* españolas es inferior a la que correspondería

al nivel de desarrollo logrado por nuestro país, por lo que existe un margen potencial para la mejora, cuya efectiva realización depende, entre otras cosas, de mejoras en el acceso de las empresas a la financiación. El artículo concluye con un amplio conjunto de orientaciones para la actuación pública.

A continuación, el artículo de **Francisco Mas Verdú** analiza la transferencia del conocimiento. Comienza destacando la pobreza de esta transferencia en España y su papel menguante en la última década. Estos rasgos se atribuyen, de una parte, al desconocimiento por parte de las empresas de la actividad científica y de cómo esta podría fortalecer sus estrategias competitivas, y de otra, al distanciamiento de los investigadores universitarios con respecto a la realidad económica. A continuación, se analizan los intermediarios de la innovación, cuya función es doble, la de reducir el coste de la búsqueda de conocimiento externo por parte de las empresas, y la de aumentar el alcance de esta búsqueda, gracias a las redes de relaciones que mantienen dentro y fuera del entorno territorial en el que se mueven las empresas. Se estudian pormenorizadamente los dos intermediarios más importantes, los centros tecnológicos y las OTRI. Los primeros reciben una valoración positiva, aunque poseen deficiencias de financiación y gobernanza, que tienden a favorecer un creciente peso en su oferta de servicios de los más estandarizados, y para los que, con frecuencia, existe ya una oferta privada. La actividad realizada por las OTRI recibe en cambio una valoración muy reducida, porque una parte creciente de ella consiste en tareas de intervención y de revisión administrativa, que las alejan de su finalidad primordial: la promoción de acciones de comercialización y proyectos de transferencia. Por ello, resulta necesario afrontar un proceso de refundación, creando nuevas y auténticas OTRI y dotándolas de una mayor dimensión, evitando la fragmentación actual y la falta de conexión entre ellas.

En octavo lugar, figura el artículo elaborado por **Ángela Triguero** dedicado al paradigma de la innovación abierta que postula que la capacidad de innovación de la empresa se incrementa con los flujos internos y externos de conocimiento. Está vinculado a otro paradigma, el de Sistema Nacional de Innovación, más recientemente denominado «ecosistema innovador», puesto que considera clave la interacción entre los distintos agentes involucrados en él, la universidad, el gobierno, la industria y la sociedad civil para la constitución de una potente red de conocimientos dirigida al estímulo de la innovación empresarial. Después de explicar las estrategias empresariales con respecto a la innovación abierta (*inbound y outbound*), la autora examina la colaboración público-privada en el seno de la UE. Señala

que la Comisión Europea está promoviendo el aprovechamiento del potencial endógeno que tiene cada territorio para crear conocimientos, y de forma más concreta, está tratando de que las universidades aumenten su contribución a este fin. Sin embargo, la evidencia empírica no siempre muestra que la cooperación con las universidades mejore los resultados de innovación de las empresas. En el caso de las regiones españolas es más preocupante la falta de apoyo del sector privado a la cooperación Universidad-Industria. Finalmente, utiliza un modelo *probit* para captar la influencia de la cooperación sobre la probabilidad de innovar en España, con datos referidos al período 2013-2016. Los resultados que obtiene indican, en general, que la colaboración público-privada en España es altamente beneficiosa para la innovación, y, además, que la cooperación de las empresas con las universidades consigue aumentar la probabilidad de que las primeras innoven en producto.

El último de los artículos dedicados al Sistema de Innovación en España analiza con detenimiento el Programa del Instituto Madrileño de Estudios Avanzados (IMDEA), una original y ambiciosa iniciativa de creación de diversos centros conectados (en red), desplegada ya en el comienzo del siglo actual, cuyo análisis puede ilustrar también el de otros programas similares desarrollados por otras comunidades autónomas españolas, especialmente Cataluña y El País Vasco, dirigidos a establecer centros públicos regionales de excelencia en investigación, y por tanto, de vanguardia y con vocación de impacto, fuera del ámbito de las universidades. Tras unas breves consideraciones críticas con respecto a la política científica seguida en España, el autor del artículo, **Alfonso González Hermoso de Mendoza,** repasa muy brevemente la política científica madrileña, para situar en ella la creación del Programa IMDEA. A continuación, analiza pormenorizadamente las características y objetivos del programa, que cuenta hoy con 882 investigadores de más de 30 países y siete centros (Agua, Energía, Redes digitales, Software, Alimentación, Materiales, y Nanociencia), de los nueve que se pusieron en marcha inicialmente. Finalmente, realiza una detenida valoración de los resultados obtenidos, que resulta muy positiva, dentro de la limitación de los recursos con los que ha contado. Su conclusión es que el programa IMDEA, como otras iniciativas regionales y nacionales, aun no habiendo conseguido todos los objetivos que perseguía, ha contribuido de manera significativa a la mejora del sistema madrileño y nacional de ciencia y tecnología, encontrándose bien arraigado en el Sistema Europeo de Ciencia y Tecnología y obteniendo una parte significativa de sus ingresos de contratos con empresas u organismos extranjeros. No obstante, el autor considera que el programa IMDEA necesita un marco que establezca un compromiso efectivo de la Comunidad de Madrid para

promover un desarrollo económico y social soportado en la ciencia. En caso contrario, cree que no dejará de ser una anécdota difícilmente sostenible en su propósito.

Los tres artículos que cierran este número de *Papeles de Economía Española* analizan las nuevas oportunidades que ofrecen para la innovación tres grandes transformaciones económicas y sociales que progresan hoy a un gran ritmo: la transición ecológica, el desarrollo de la robótica y la inteligencia artificial y la investigación en biomedicina.

El primero de ellos, ha sido elaborado por **Pablo del Rio**, **José García-Quevedo** y **Ester Martínez-Ros** y se dedica a la ecoinnovación. Tras definir esta como toda innovación que reduce el impacto ambiental causado por las actividades de producción y consumo, sea ambiental o no la principal motivación para su desarrollo o adopción, los autores analizan la situación de esta clase de innovación en Europa, mostrando el papel destacado de Luxemburgo y los países nórdicos, según el índice ofrecido para 2019 en la publicación *Eco-Innovation Scoreboard*. A continuación, evalúan la situación de España, que figura entre los países intermedios en el índice citado, sensiblemente rezagada con respecto a los líderes señalados, pero no con respecto a Francia, o los Países Bajos. Las debilidades se encuentran en la esfera de los *inputs* y de los resultados socioeconómicos. Más adelante, los autores ofrecen una amplia revisión de la literatura existente acerca de los determinantes y barreras de la ecoinnovación, especialmente para el caso de España, en donde los análisis empíricos han tendido a basarse en los datos de la encuesta PITEC, cuya elaboración no se guía por un objetivo de análisis del tipo de innovación que aquí se trata. Entre los muchos resultados obtenidos, merece destacarse que la reducción de los costes de energía y materiales y la regulación ambiental son los principales determinantes de la ecoinnovación en España, aunque en diferente grado según el tipo de tecnologías, así como que las capacidades innovadoras propias de las empresas influyen también en aquellas innovaciones medioambientales que son nuevas para el mercado. Finalmente, los autores analizan las políticas seguidas en España para el fomento de este tipo de innovación, concluyendo que la regulación establecida la ha impulsado, mientras que no resulta claro que lo hayan hecho las subvenciones a las empresas. Con respecto a la imposición medioambiental, no parece estar teniendo efectos significativos.

En el siguiente artículo, **Jorge Villagra** analiza la innovación en los ámbitos de la robótica y la inteligencia artificial, dos aspectos claves de la llamada revolución digital, caracterizada por la computación masiva

y la conectividad universal. En el texto, su autor comienza explicando en qué consiste la inteligencia artificial, y cómo su auge actual se basa en el aprendizaje supervisado, que se caracteriza por el uso de conjuntos de datos etiquetados, diseñados para entrenar algoritmos que clasifiquen datos en categorías o predigan resultados con precisión. También relaciona este auge con el de los activos intangibles en las empresas. Pero el desarrollo de la inteligencia artificial está sometido a retos de tanta envergadura y a tan elevadas dosis de incertidumbre, que exige un esfuerzo público fuera de lo común, acorde con el cambio de paradigma que va a producir. A continuación, el autor reclama una gobernanza equilibrada de los datos, ya que su recopilación, y el uso y abuso de ellos, pueden exponer a las personas a riesgos de los que no son conscientes. Tal gobernanza pasa por una reeducación de las personas desde las primeras etapas de su interacción con la inteligencia artificial, independientemente de que se trate de desarrolladores o usuarios. Más adelante, el autor aborda la amenaza que estas tecnologías representan para el empleo de la población, algo que dependerá del uso que se haga de ellas. Desde esta perspectiva, son aspectos claves los de quién dirige el desarrollo de estas tecnologías y hacia dónde, por lo que el autor discute sobre esta cuestión, señalando que la Unión Europea tiene la oportunidad de marcar un camino propio muy cuidadoso, diferenciado del de EE. UU y China, que se base en la defensa de los siguientes principios: primacía de las personas, seguridad y robustez técnica, gobernanza de los datos y privacidad, diversidad, no discriminación y equidad, transparencia y *accountability* y bienestar social y ambiental. El artículo se cierra con una valoración de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial puesta en marcha en 2020, que considera bien encaminada, pero falta de ambición.

Se cierra esta sección, y con ella el número monográfico, con el artículo de **Luis Serrano** dedicado a la biomedicina. El artículo se inicia con un apartado en el que se estudia el marco institucional de la investigación biomédica. El autor se refiere en el a los nuevos centros de investigación –institutos nacionales, de una parte, y fundaciones privadas regionales, de otra– que surgieron como respuesta a los problemas de burocratización y financiación que tienen las universidades y el CSIC. Estos centros dieron inicialmente un gran impulso a la investigación, pero fueron perdiendo su independencia con respecto a los poderes públicos, y con ello, perdieron también competitividad (en un recuadro incluido en el texto, se analiza el caso especial del Centro de Regulación Genómica, a modo de ilustración). Este cambio en la funcionalidad de los centros mencionados se estudia con detenimiento, poniendo el foco, de una parte, en las trabas financieras y burocráticas a la investigación, y de otra, en las dificultades para la

transferencia de tecnología, que el autor considera que debe constituir un aspecto fundamental de la actividad de los centros citados. El artículo cierra con un apartado donde se reclama un nuevo sistema de innovación en biomedicina, describiéndose cómo debería funcionar éste en sus diferentes extremos. Sobre las nuevas bases planteadas, podría buscarse una convergencia en este ámbito de la innovación con otros países europeos, de los que España se encuentra lejos, a pesar de contar con 2.969 empresas de biotecnología que absorben el 0,6 por 100 del empleo nacional. En sus consideraciones finales, este autor señala su convicción de que en España se piensa aún que debe remunerarse a los investigadores para que desarrollen su curiosidad, y que no debe exigírseles que su trabajo tenga un impacto beneficioso en la sociedad.

COLABORACIONES

I.
PERSPECTIVAS GENERALES DE LA INNOVACIÓN

CIENCIA E INNOVACIÓN PARA TRANSFORMAR EUROPA

Román ARJONA

Comisión Europea, Dirección General de Mercado Interior, Industria, Emprendimiento y Pymes

Julien RAVET

Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación

Resumen

Este artículo analiza resultados y novedades en la investigación e innovación (I+D+I) europeas, en un marco global en constante y rápida evolución por los desafíos sociales y megatendencias. Analiza la política pública de I+D+I y cómo esta debe adecuarse, en enfoque y cadencia, para afrontarlos. Presenta los pilares de una política de I+D+I transformadora, como la direccionalidad en objetivos e inversiones, para reorientar esfuerzos y estimular un verdadero cambio transformador en apoyo de la doble transición ecológica y digital de Europa. Por último, describe medidas recientes, incluidas las financieras, para acelerar la recuperación de la crisis del coronavirus.

Palabras clave: I+D+I, ciencia, innovación, transformación, Europa, inversiones.

Abstract

This article analyses recent developments in European research and innovation (R&I), against a rapidly evolving global landscape driven by radical changes that stem from societal challenges, megatrends and the shifting DNA of innovation. It looks at how public R&I policy should be tailored, in approach and speed, to deliver on those changes. It presents the pillars of a transformative R&I policy, including directionality in goals and investments, to reorient efforts towards genuine transformative change in support of Europe's green and digital transition. Finally, it describes recent EU measures, including financial ones, to accelerate the recovery through science and innovation.

Keywords: R&I, science, innovation, transformation, Europe, investments.

JEL classification: O30, O38, O52.

I. INTRODUCCIÓN

HOY en día, Europa se enfrenta a retos sociales, ecológicos y económicos complejos, todos ellos agravados por la crisis del coronavirus. El *statu quo* ha sido sacudido. Nuestro clima y medio ambiente, economía y sociedad están experimentando cambios en profundidad que alteran fundamentalmente nuestra forma de vivir, trabajar y hacer negocios. Las actividades de investigación e innovación (I+D+I) y la política pública de I+D+I tienen lugar en un contexto radicalmente diferente, en el que las fuerzas mundiales, como el cambio climático, la digitalización, el envejecimiento de la población y el aumento de las desigualdades (Comisión Europea, 2020a) influyen de manera muy directa sobre nuestra sociedad y economía.

También están surgiendo fenómenos de polarización, como ejemplifica el hecho de que algunas ciudades y regiones que hace apenas unas décadas eran motores de actividad económica estén ahora experimentando un declive notable como consecuencia de una combinación de factores económicos e industriales de largo plazo, bajos niveles educativos y la falta de oportunidades locales de empleo (Dijkstra, Poelman y Rodríguez-Pose, 2018). La forma en que producimos y consumimos tampoco resulta sostenible. En la actualidad, ningún país del mundo parece capaz de satisfacer las necesidades básicas de sus ciudadanos mediante una utilización sostenible de los recursos (Comisión Europea, 2020a) que respete los «límites sociales y planetarios» señalados por Raworth (2017).

La política de I+D+I ha ido adquiriendo un protagonismo cada vez mayor dentro del abanico de políticas de la Unión Europea (UE) para hacer frente a esos retos a los que se enfrenta Europa, como la digitalización o el vertiginoso desarrollo de la tecnología, y esto por múltiples razones (Comisión Europea, 2020f y 2020g). En primer lugar, la I+D+I genera los conocimientos necesarios para abordar los desafíos con soluciones concretas, basadas en la ciencia y en la innovación, y además nos ayuda a comprender mejor los cambios socioeconómicos (Ricci, Sessa y Weber, 2017). En segundo lugar, las actividades de I+D+I son fundamentales para apoyar una salida temprana de la crisis de la COVID-19 (Borunsky, Correia, Martino *et al.*, 2020; Foray *et al.*, 2020; Paunov y Planes-Satorra, 2021) y para apoyar una recuperación económica más sostenible y resiliente (Borunsky, Correia, Martino *et al.*, 2020; Comisión Europea, 2020b; Tataj *et al.* 2020). A finales de 2020, la UE había invertido alrededor de mil millones de euros en I+D+I para hacer frente a la COVID-19 y sus consecuencias a

través del programa Horizonte 2020. En tercer lugar, la ciencia y la innovación son esenciales para acelerar la doble transformación, verde y digital, de Europa. Esta transformación representa una oportunidad económica sin precedentes, que requiere grandes inversiones en I+D+I en pro de una economía circular y baja en carbono y de una transformación digital acorde con los valores europeos. En cuarto lugar, la I+D+I puede reforzar la capacidad competitiva de las empresas a nivel mundial mediante la mejora de la productividad y la creación y el desarrollo de soluciones y modelos de negocio que den lugar a empleo y valor añadido de manera más sostenible.

El mundo cambiante al que nos enfrentamos y la rápida dinámica de la digitalización están repercutiendo de manera sustancial sobre la naturaleza de las actividades de I+D+I. Las innovaciones impulsadas por los consumidores se están propagando mucho más rápidamente que nunca debido a que los bienes físicos pierden protagonismo frente a los digitales, con el apoyo de fuertes efectos de red. La convergencia del mundo digital y físico está aumentando aún más la complejidad intrínseca de los procesos de innovación (Comisión Europea, 2020a). La creciente concentración de la actividad industrial encuentra su equivalente en una mayor concentración de las actividades de I+D+I, como refleja la evolución en el tiempo de los márgenes de beneficio (Calligaris, Criscuolo y Marcolin, 2018; Bajgar, Criscuolo y Timmis, 2019; Comisión Europea, 2020a). La tradicional relación lineal de la investigación a los descubrimientos, innovaciones y crecimiento económico ya no se ajusta a la realidad o, al menos, no necesariamente en esos términos, debido a esa complejidad creciente de la innovación.

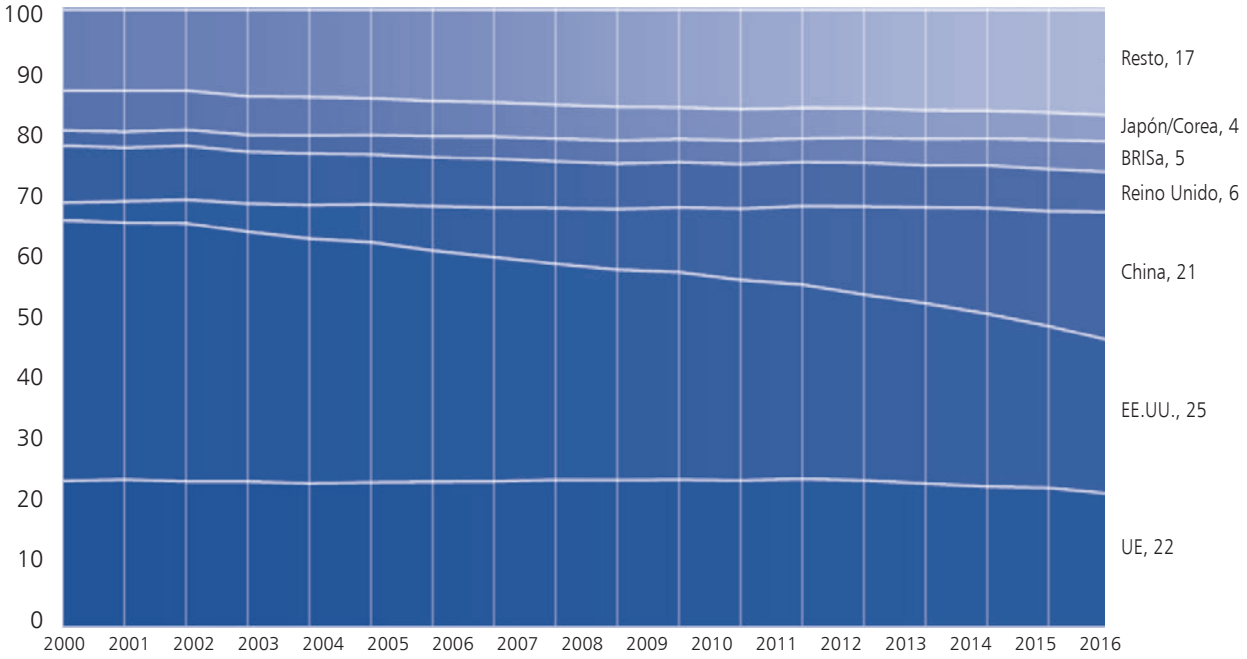
II. LA CIENCIA Y LA INNOVACIÓN EN EUROPA

Europa es un actor principal en el escenario mundial de la I+D+I. Cuenta con ciencia e investigación de categoría mundial y con un tejido industrial sólido, y supera a sus socios internacionales en la creación de conocimientos y la producción de capacidades. Con tan solo el 7 por 100 de la población mundial, la UE puede considerarse una potencia en I+D+I a escala global. Aglutina el 20 por 100 de las inversiones en I+D y un tercio de la cuota global de las publicaciones científicas más citadas (Comisión Europea, 2020a). Curiosamente, Europa también muestra una posición muy sólida en lo que se refiere a la I+D+I en apoyo a la transición ecológica. La UE tiene una cuota del 25 por 100 de las publicaciones científicas mundiales más citadas en el campo del clima y el 27 por 100 de las publicaciones científicas más citadas en el ámbito de la bioeconomía. También representa el 24 por 100 de las solicitudes mundiales de patentes Patent Cooperation Treaty (PCT, por sus siglas en inglés) sobre clima y el 25 por 100 en bioeconomía (Comisión Europea, 2020a). Esto significa que Europa parte de una base y de unas capacidades en I+D+I consolidadas, que aportan una cierta ventaja para lograr sus ambiciones políticas en el ámbito de la sostenibilidad.

Sin embargo, la UE va a la zaga de los competidores mundiales si observamos varios indicadores de I+D+I y, en particular, las inversiones en I+D y en otros activos intangibles, especialmente en el ámbito empresarial. Además, los principales socios internacionales de la UE están aumentando a pasos agigantados su apoyo al desarrollo científico y tecnológico, lo que está generando numerosos debates académicos y políticos, e incluso preocupación, por las implicaciones que esto puede tener sobre la «soberanía tecnológica» de Europa (1). El auge de China, en particular, es bastante impresionante y queda ilustrado por medio de varios indicadores. En términos de producción científica, en el 2000 China representaba menos del 3 por 100 del mundo en cuanto a publicaciones científicas altamente citadas, mientras que ahora esa cifra ha crecido hasta el 20 por 100 (gráfico 1). En lo que respecta a tecnologías como la inteligencia artificial, la evolución reciente de China es aún más significativa si cabe (Comisión Europea, 2018a; Comisión Europea, 2020a), aunque Europa siga obteniendo buenos resultados. En cuanto a la escalabilidad y potencial de crecimiento de las empresas innovadoras, Europa también está por detrás de Estados Unidos y China y por cada unicornio de la UE, con valoración de más de 1.000 millones de dólares estadounidenses, se encuentran ocho en Estados Unidos y cuatro en China (Comisión Europea, 2020a).

Las innovaciones disruptivas y creadoras de mercados suelen estar asociadas a un nivel alto de riesgo y de incertidumbre, algo que la financiación tradicional (por ejemplo, a través de préstamos bancarios) a menudo no es capaz de apoyar. Las soluciones disruptivas «made in the EU» y la permanencia a largo plazo de

GRÁFICO 1
CUOTA MUNDIAL DEL 10 POR 100 DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS MÁS CITADAS

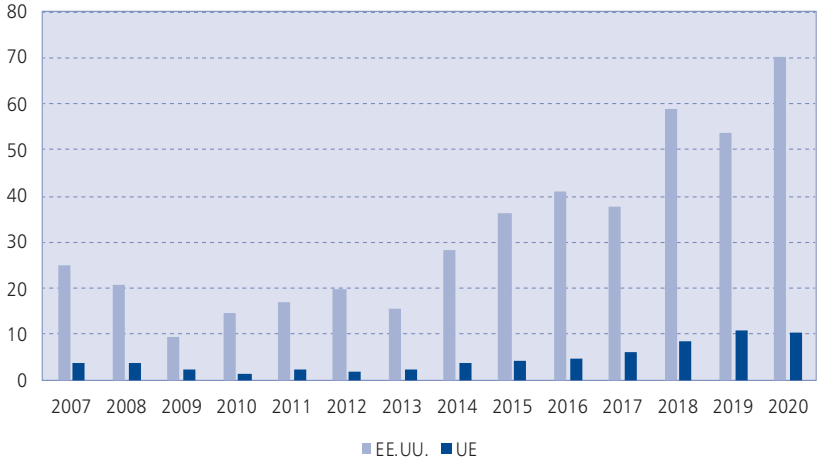


Nota: BRIS = Brasil, Rusia, India y Sudáfrica.
Fuente: Scopus.

empresas emergentes en la UE se ven limitadas por fondos de capital riesgo con volúmenes inferiores, menos profundos y más fragmentados en la UE. En Estados Unidos, desde 2010 se ha obtenido más de diez veces más financiación de capital riesgo para la innovación que en la UE (gráfico 2). Aunque los fondos obtenidos en la UE han aumentado desde 2012, los de capital riesgo obtenidos en Estados Unidos también han aumentado e incluso se han duplicado durante el mismo período.

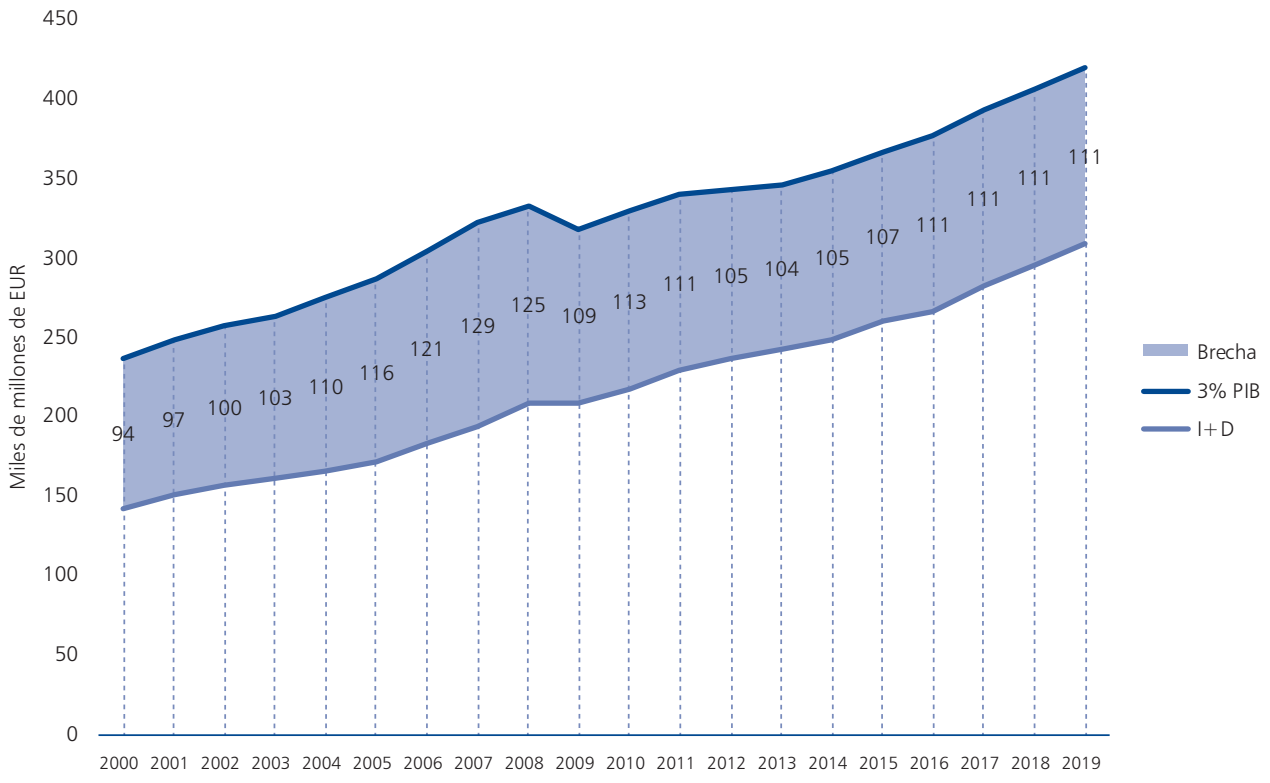
La UE invierte el 2,19 por 100 de su PIB en I+D (Eurostat, datos para 2019), aún muy por debajo del objetivo que la UE se fijó, el 3 por 100. Aunque la UE ha realizado avances relevan-

GRÁFICO 2
FONDOS DE CAPITAL RIESGO OBTENIDOS EN UE Y EE. UU.
(Miles de millones de euros)



Fuente: Comisión Europea, DG Investigación e Innovación, basada en datos de InvestEU y NVCA/PitchBook.

GRÁFICO 3
BRECHA DE INVERSIÓN EN I+D DE LA UE



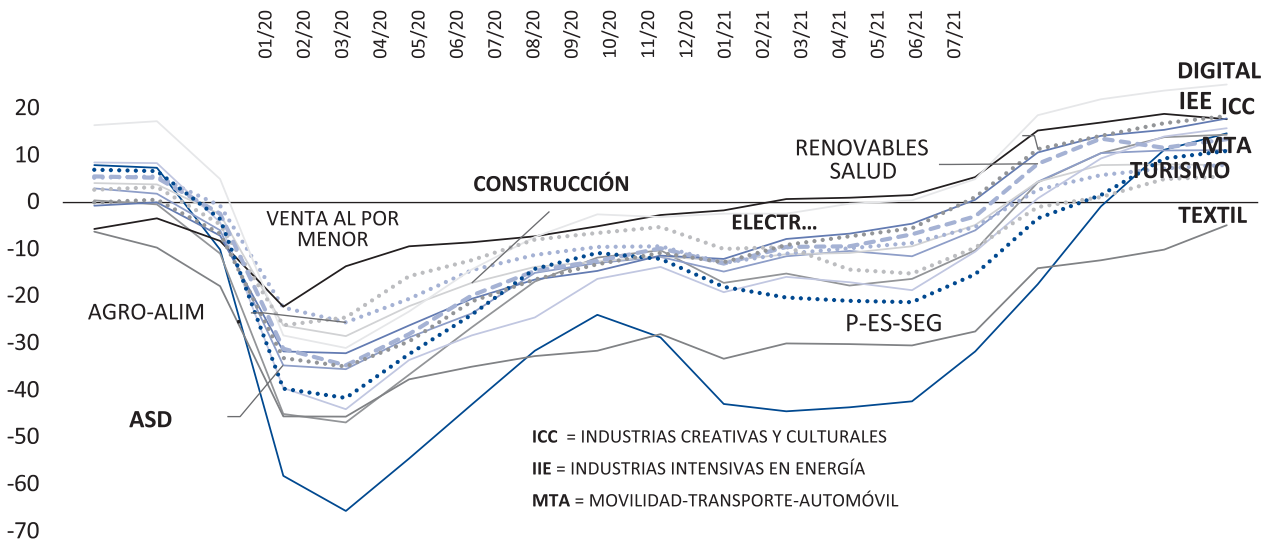
Fuente: Eurostat.

tes durante la última década (Rakic, 2021), Estados Unidos y los principales competidores asiáticos siguen invirtiendo en I+D a un ritmo superior al de la UE, y esto se ve reforzado en múltiples ocasiones por esfuerzos deliberados del sector público en apoyo a estas inversiones. Para alcanzar una inversión en I+D correspondiente al 3 por 100 de su PIB, la UE tendría que invertir 111.000 millones de euros adicionales al año (gráfico 3). En comparación con sus principales competidores, la inversión de la UE es especialmente baja en términos de inversión privada (Borunsky, Goranov *et al*., 2020).

Con el duro golpe que la crisis de la COVID-19 ha asestado a la economía, cabía esperar que las inversiones en I+D se contrajesen, ya que tienden a disminuir durante las recesiones económicas, provocando el aplazamiento de actividades innovadoras y creando restricciones de crédito, especialmente para proyectos innovadores de riesgo (Borunsky, Correia, Martino *et al*, 2020; Giebel y Kraft, 2020; Kuckertz *et al*., 2020). Además del descenso observado en el número de nuevas empresas registradas (OCDE, 2021b), existen pruebas adicionales de que la crisis actual ha afectado negativamente a los ingresos y ha limitado algunos esfuerzos de innovación (Borunsky, Correia, Martino *et al*, 2020; Banco Europeo de Inversiones, 2021; Marques Santos, Haegeman, Moncada-Paternò-Castello, 2021).

La pandemia ha provocado la mayor y más brusca caída de la actividad económica en tiempos de paz en la historia moderna. Sin embargo, en el caso de la actividad de I+D+I, el impacto de la crisis de la COVID no es plenamente comparable al de crisis anteriores como la financiera, puesto que el impacto de la crisis en la UE esta vez ha sido tamizado, al menos hasta un cierto punto, por una variedad de respuestas gubernamentales destinadas a contener la pandemia,

GRÁFICO 4
INDICADOR DE CONFIANZA POR ECOSISTEMA INDUSTRIAL (JULIO DE 2021)



Nota: En el caso de los ecosistemas de «venta al por menor», «agroalimentación», «proximidad-economía social», «energías renovables» y «salud», representados mediante líneas de puntos, la cobertura de los datos es limitada, por lo que los estos deben interpretarse con cautela.
Fuente: Análisis de la Comisión Europea basado en el Programa común armonizado de encuestas de coyuntura de la UE.

incluyendo una movilización de fondos sin precedentes a través del presupuesto a largo plazo de la UE y del instrumento *Next Generation EU*. La prociclicidad de las inversiones en I+D, y en particular de la I+D empresarial, no se ha hecho notar pues con la misma intensidad en todos los sectores de actividad económica. La pandemia, por ejemplo, ha acelerado la carrera tecnológica mundial y esto se ha hecho sentir en algunos sectores industriales intensivos en conocimiento y en innovación como el sector farmacéutico y el biotecnológico y también en el sector de las tecnologías de la información y la comunicación (Grassano y Hernández Guevara, 2021).

Estudios recientes (Bryan, Lemus y Marshall, 2020; Foray *et al*., 2020; OCDE, 2021) apuntan a un gran aumento de la respuesta innovadora de algunos ecosistemas industriales (definidos en Comisión Europea, 2021d) como el de la salud, y las empresas que operan en el ecosistema digital, que también han demostrado igualmente verse menos afectadas por la crisis. Por otra parte, las actividades manufactureras más tradicionales que dependen de amplias cadenas de suministro internacionales han sido muy afectadas ya que esas cadenas se han visto gravemente perturbadas. El gráfico 4, basado en datos provenientes de encuestas de opinión de los consumidores europeos, muestra que la recuperación ha seguido una senda bastante desigual a lo largo del tiempo, a pesar del repunte de actividad en todos los ecosistemas industriales durante el verano de 2020. La evolución en el segundo trimestre de 2021 indica un aumento de la confianza, incluido para los ecosistemas industriales más afectados por la crisis, a excepción del textil.

No obstante, en general, queda claro que muchas empresas se han enfrentado a una crisis de liquidez que puede generar insolvencias en el medio plazo, y esta evolución exige la puesta en marcha inmediata de medidas en apoyo a las empresas innovadoras, para minimizar el impacto a medio y largo plazo sobre la innovación y el crecimiento de la productividad empresarial.

III. UN MUNDO EN RÁPIDA Y CONSTANTE TRANSFORMACIÓN

La naturaleza de las actividades de I+D+I está evolucionando

muy rápidamente, como reflejo directo de un mundo en rápida evolución y esta aceleración se debe, a su vez, al auge de las nuevas tecnologías y en particular de las digitales (Comisión Europea, 2020a). La digitalización ha redefinido el funcionamiento de los mercados y ha puesto el foco de atención sobre las empresas innovadoras de alto crecimiento basadas en plataformas, por ejemplo, los denominados gigantes tecnológicos (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft, Baidu, Tencent, Alibaba), que están obteniendo beneficios económicos sustanciales. Todo esto tiene implicaciones significativas para la política de I+D+I, que, para maximizar su impacto social y económico, necesita adaptar sus orientaciones y respuestas a esta naturaleza cambiante de los procesos de innovación y adoptar un enfoque renovado y más receptivo a los acontecimientos que surgen, cada vez más, de manera más abrupta. La dinámica cambiante de la innovación puede representarse mediante las «5 C»: celeridad, complejidad, concentración, costes y consumidores.

1. Celeridad

La tecnología, y en particular la innovación impulsada por el usuario, y orientada a este, se está extendiendo más rápidamente que nunca debido a que ha habido una transformación del centro de gravedad de las actividades económicas, sobre todo en la última década, desde los bienes físicos hacia los bienes digitales, apoyado por los fuertes efectos de red que surgen de la continua transformación digital y por una conectividad cada vez más presente. El ritmo de cambio en la innovación impulsada por los consumidores se ha acelerado enormemente. De hecho, las innovaciones se están adoptando a un ritmo muy superior al de décadas y siglos anteriores (Comin y Hobijn, 2004; Ritchie y Roser, 2017; Anzoategui, Comin, Gertler, y Martínez, 2019). Los hogares estadounidenses tardaron mucho más en tener un inodoro en sus hogares, o en poseer un coche y un lavavajillas o disponer de electricidad, que en utilizar Internet y aún menos en utilizar un teléfono inteligente o participar en canales de redes sociales (Comisión Europea, 2020a). Sin embargo, y al mismo tiempo, estamos asistiendo a una ralentización de la difusión de la innovación, frenada por multitud de obstáculos. Y esto, incluso si consideramos que existe una mayor aceptación de las innovaciones de negocio a consumidor (o «B2C» por sus siglas en inglés).

2. Complejidad

La complejidad de la innovación también ha aumentado notablemente, dado que las innovaciones aparecen cada vez más en el cruce entre diversas tecnologías, tienen un contenido digital mucho mayor que anteriormente y dependen cada vez más de los avances más recientes en la ciencia de frontera. Estas innovaciones de tecnología avanzada *(deep tech)* incluyen productos y soluciones que abarcan ámbitos cruciales para la sociedad y la economía tan dispares como la medicina personalizada, las cadenas de suministro digitales, la agricultura de precisión, la bioimpresión 3D o los vehículos autónomos, entre otros muchos.

Pero para aprovechar plenamente las ventajas de estas innovaciones complejas, las empresas deben disponer de las competencias económicas adecuadas. Entre estas, deben contar con una estructura organizativa ágil y flexible para que sus equipos de gestión puedan dominar diferentes tecnologías y nuevos modelos empresariales (Corrado *et al.,* 2018). Esto exige además una visión estratégica bien definida, formación de su personal, competencias digitales y gestión de marcas. Sin embargo, a pesar de tener el potencial para ser profundamente transformadoras, estas innovaciones pueden tardar años, y a veces décadas, en estar preparadas para el mercado. Como consecuencia, las innovaciones *deep tech* requieren de fondos de «capital paciente» (Mazzucato, 2016) que respondan a esa mayor incertidumbre y a períodos de tiempo más largos para que puedan ser probadas, mejoradas y comercialmente viables.

3. Concentración

La concentración industrial es un fenómeno creciente en Norteamérica y, en menor medida, en Europa. En la UE, una gran parte de la inversión empresarial en I+D de la UE se realiza por unos pocos sectores y empresas con una intensidad media o baja en I+D (Moncada-Paternò-Castello y Grassano, 2020). Además, Bajgar, Criscuolo y Timmis (2019) muestran que la concentración global de las ventas ha ido en aumento desde 2000, tanto en Norteamérica como en Europa. Esta tendencia al alza en la concentración de ventas es observable tanto en el sector digital intensivo como en otros sectores de la economía y se ve reflejada en el aumento de los márgenes de beneficios a lo largo del tiempo. Calligaris, Criscuolo y

Marcolin (2018) muestran que estos márgenes han aumentado con el tiempo tanto en los sectores digitales de mayor intensidad como en los menos intensivos, y que este aumento ha sido más pronunciado en los digitales. También sugieren que la disminución de las tasas de entrada desde 2001 ha sido especialmente visible en los principales sectores digitales intensivos. Como consecuencia, el aumento de los márgenes y la concentración de los beneficios de las innovaciones en un puñado de gigantes digitales mundiales pueden estar disuadiendo la entrada de nuevas empresas en los sectores más intensivos en digitalización. Por tanto, la brecha de productividad entre el pequeño número de empresas de frontera y las que van a la cola puede seguir ampliándose. Esto está ralentizando la difusión de la innovación entre empresas líderes y estancas, dentro de los diferentes sectores de actividad económica y también entre ellos, y está obstaculizando el crecimiento de la productividad con importantes repercusiones para la distribución de la renta entre empresas, sectores y segmentos de la población.

La mayoría de las empresas conocidas como gigantes «digitales» o «tecnológicas» se benefician de los fuertes efectos de red relacionados con la creciente conectividad de sus usuarios. Esto les da acceso a enormes volúmenes de datos en sus bases de clientes. La concentración de las actividades de I + D, así como las ventas y el empleo, es un fenómeno que también es evidente en Europa. Entre los mil inversores principales en I + D de la UE, puede observarse una distribución muy desigual del gasto en I + D, con una concentración del 50 por 100 de este en los 25 primeros inversores de la UE (Comisión Europea, 2020c).

4. Costes

Si bien las inversiones en I+D necesarias para producir innovaciones de tecnología profunda pueden resultar costosas, las empresas que venden productos digitales pueden conseguir operar con unos costes marginales prácticamente nulos, como resultado de la menor importancia del capital tangible en la era de la transformación digital (Guellec y Paunov, 2018), combinado con los efectos de red descritos anteriormente. Los productos y servicios digitales (por ejemplo, las aplicaciones para teléfonos inteligentes) tienen las propiedades económicas inherentes de la no rivalidad y de ser infinitamente expandibles (Eurofound, 2018), lo que significa que pueden utilizarse un número infinito de veces y sin coste alguno. En otras palabras, el coste marginal de los bienes digitales disminuye indefinidamente.

De hecho, la mayor transformación creada por la digitalización es la ligada a la «transición de los átomos a los bytes». Las «innovaciones físicas», como el teléfono fijo, dependen de insumos para su producción basados en átomos (por ejemplo, infraestructuras físicas, materias primas o capital humano) que siguen las leyes de la física. Sin embargo, en la era digital, los bytes permiten la producción de un bien digital con coste marginal cercano a cero, ya que el coste de reproducción y comunicación es prácticamente nulo (Guellec y Paunov, 2018). Por tanto, las empresas digitales no tienen las mismas necesidades de infraestructura física y capital tangible que otras industrias. De hecho, a menudo se benefician de plataformas informáticas, sistemas y herramientas de *software*, capacidad de almacenamiento en la nube, etc., que tienden a ser más baratos que otros tipos de activos materiales.

5. Consumidores

La innovación también está cada vez más centrada en el cliente (Comisión Europea, 2020a). En otras palabras, los consumidores ya no son meros usuarios de nuevas tecnologías, sino que en realidad están impulsando el proceso de innovación (Von Hippel, Ogawa, De Jong, 2011). Durante la última década, la literatura académica ha examinado y documentado en profundidad el papel de los usuarios como «fuentes de innovación» (Bradonjic, Franke y Lüthje, 2019). A pesar de que una parte no desdeñable de responsables de la toma de decisiones empresariales y políticas no son conscientes del papel central de los usuarios para la innovación (2), las empresas –que, no obstante están más informadas que nunca–, se enfrentan a una gran presión para anticipar necesidades futuras. Cada vez más consumidores reclaman «soluciones» en lugar de «productos» o «servicios». La producción en masa se está transformando rápidamente hacia soluciones personalizadas, creando una verdadera revolución de la innovación de los usuarios. Desde fases tempranas, cada vez existe una mayor participación y retroalimentación de los clientes y las empresas adaptan sus nuevas soluciones a las necesidades cambiantes y precisas de estos y,

así, se diferencian de sus principales competidores para ganar cuotas de mercado. Los consumidores también presionan cada vez más a las empresas para que estas sean más respetuosas con el medio ambiente, y los *millennials* lideran este impulso.

IV. MARCO CONCEPTUAL PARA UNA POLÍTICA DE I+D+I TRANSFORMADORA

Aunque la pandemia de la COVID-19 ha dejado importantes repercusiones sociales y económicas, Europa venía enfrentándose ya a desafíos incesantes de largo plazo y de carácter global. Hablamos del cambio climático, del envejecimiento, de la digitalización y, además, de las crecientes desigualdades sociales y geográficas, así como el aumento de polarización.

Por su propio peso, la política de I+D+I ocupa cada vez más un lugar más central en las agendas políticas para dar respuesta a estos desafíos. La I+D+I ha sido esencial para dar respuesta a la pandemia, especialmente para desarrollar rápida y eficazmente vacunas, diagnósticos y tratamientos. Además, apoya la ventaja competitiva de Europa en la carrera mundial por el conocimiento y resulta esencial para garantizar una cierta «soberanía tecnológica», en ámbitos como la ciberseguridad, el espacio, la inteligencia artificial y la 5G. En segundo lugar, la I+D+I es necesaria para acelerar las transiciones a las que se enfrenta nuestro planeta en ámbitos como la descarbonización industrial o la movilidad sostenible. A largo plazo, la I+D+I resulta clave para aumentar la resiliencia económica y social y preparar a Europa para futuras crisis (Comisión Europea, 2020f, 2020g).

A la luz de estos retos, la idea de introducir un «enfoque transformador» como plataforma de una política de I+D+I renovada se ha vuelto cada vez más prominente en los últimos tiempos (Comisión Europea, 2020a; Tataj *et al*., 2020; Borunsky, Correia, Delauré *et al*., 2020; Biggeri y Ferrannini, 2020). El argumento subyacente es que la doble transición digital y de sostenibilidad a la que se enfrenta Europa, junto con su ambición de convertirse en el primer continente climáticamente neutro del mundo, exigen un cambio radical en la forma en la que se diseñan las políticas de I+D+I y en la rapidez con la que se ponen en marcha.

El objetivo de una política de I+D+I transformadora es permitir la transformación de los sistemas sociotécnicos de Europa hacia otros más sostenibles y reenfocar las actividades hacia aquellas en las que más se necesita un cambio transformador. Igualmente, una política transformadora debe fomentar el cambio sistémico hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Naciones Unidas, 2019a; Naciones Unidas, 2019b). Para ello debe prestar la debida atención a los compromisos entre los objetivos sociales, económicos y medioambientales, intrínsecamente interconectados, a fin de maximizar los beneficios mutuos de estos, evitando disyuntivas incómodas (Tataj *et al*., 2020). Raworth (2017) ha subrayado los vínculos indisociables entre estos tres objetivos para lograr un «espacio seguro y justo para la humanidad», entre el déficit social y el exceso ecológico.

Schot y Steinmuller (2018) y Geels (2020) presentan tres marcos conceptuales que conforman la política de I+D+I, que han evolucionado desde mediados del siglo pasado. La política transformadora de I+D+I es la tercera y más reciente de estos marcos. El primer marco, que comenzó después de la Segunda Guerra Mundial, se centra en la innovación para el crecimiento y en subsanar las deficiencias del mercado para el suministro privado de conocimientos. El segundo marco responde eminentemente a los fallos del sistema y se centra en la creación de vínculos y redes entre los diversos agentes de un sistema de I+D+I. El tercer marco, de naturaleza novedosa, es en el que se engloba la política de I+D+I transformadora. Se basa en la necesidad de apoyar una innovación radical creadora de mercados, configurada sobre la base de un enfoque «direccional». Esto puede hacerse de diversas maneras, por ejemplo, mediante el desarrollo de una política de I+D+I anclada en las misiones de I+D+I, pero también a través de otros instrumentos como la experimentación en política, una mayor participación de las partes interesadas y un mayor papel para la anticipación.

En la formulación de políticas de la UE, se ha realizado un esfuerzo deliberado para que la política pública de I+D+I tenga un enfoque mucho más transformador desde su diseño. Estos esfuerzos se han inspirado, conceptualmente, en el trabajo de Mazzucato (2013; 2018; 2019). La autora defiende un estado empresarial que asume riesgos elevados antes de que el sector empresarial encuentre el valor económico y social de invertir en I+D+I. El concepto

de «economía dual» presentado por Raworth (2017) también ha influenciado el diseño de la política europea de I+D+I, con su definición de un espacio para la humanidad, seguro desde el punto de vista medioambiental y socialmente justo y que respete los límites sociales y planetarios (véase, por ejemplo, Comisión Europea, 2020e).

Tres componentes principales proporcionan el marco inicial para un diseño y ejecución de una política de I+D+I transformadora:

En primer lugar, se necesita redoblar los esfuerzos para dirigir la I+D+I a través de todas las palancas políticas, es decir, se deben movilizar recursos e inversiones en consonancia con la dimensión de los desafíos a los que nos enfrentamos, introducir reformas para incrementar la calidad y eficiencia de los sistemas de I+D+I y apoyar la innovación a través de la regulación, evitando la creación de obstáculos innecesarios para la emergencia de las innovaciones. Esto constituye el núcleo duro del concepto de lo que llamamos *direccionalidad* de la I+D+I, que es un elemento integral del nuevo programa marco europeo de I+D+I, Horizonte Europa. Lograr los ODS con el apoyo de la política de I+D+I de la UE ha exigido establecer una dirección clara y un apoyo proporcionado a través del programa. Sin embargo, esta orientación direccional no debe prescribir cómo deben abordarse estos objetivos, a fin de evitar el encorsetamiento innecesario de los actores del sistema. Se pueden establecer prioridades de I+D+I mediante distintos métodos que cubran desde el impulso científico al estímulo de la demanda para la innovación (Nemet, 2009; Stewart, 1995; Mazzucato y Semieniuk, 2017). La direccionalidad de la política de I+D+I debe basarse, en cualquier caso, en evidencia que surja y debería ser acompañada, por ejemplo, de análisis de prospectiva (Schaper- Rinkel, 2013).

En segundo lugar, una política de I+D+I transformadora exige un marco eficaz de coordinación, que *alinee los esfuerzos políticos de la I+D+I con los de otras políticas sectoriales* a todos los niveles de gobernanza. Es lo que puede llamarse un enfoque de «todo el gobierno» que abarque la coordinación del abanico de instrumentos políticos, fomentando la acción sinérgica entre sus objetivos políticos, apoyado por una sincronización efectiva de las inversiones. Para ser transformadora, la política de I+D+I, por su naturaleza horizontal, debe contar con un enfoque integrador, que se base en la combinación estratégica de políticas –como la de educación y capacidades, industria o digital– para fomentar la innovación sistémica y el cambio transformador (Lundin y Schwaag Serger, 2018), a fin de llevar a cabo las transformaciones necesarias para abordar los ODS (Naciones Unidas, 2019a). Por ejemplo, la política de I+D+I, junto con la política medioambiental, no puede ser eficaz por sí sola con respecto a los objetivos medioambientales y climáticos si otras políticas siguen promoviendo el uso indiscriminado de combustibles fósiles o si existe ineficiencia en la asignación de recursos o si la producción y el consumo resultan insostenibles. Del mismo modo, la I+D+I debe ir de la mano de la política de educación y de empleo, para que el sistema cuente con las capacidades y competencias y la mano de obra capaz de apoyar las transiciones verde y digital (Biggeri y Ferranini, 2020).

En tercer lugar, la magnitud de los desafíos a los que nos enfrentamos, como el cambio climático, exige que se explote la inteligencia y la acción colectiva mediante la *creación conjunta o cocreación*, involucrando pues a un conjunto más amplio de agentes (ciudadanos, científicos, industria y partes interesadas), desde las fases iniciales de la elaboración de las políticas y a lo largo de su ejecución. De hecho, el principio fundamental de la cooperación europea siempre ha sido la creación de confianza, el intercambio y la acción conjunta como métodos para lograr objetivos comunes (Monnet, 1996) y una comunidad abierta a las ideas, la innovación y la paz. Un enfoque de creación conjunta horizontal, inclusivo y que genere un sentimiento de propósito europeo común resulta pues esencial.

V. ELEMENTOS DE UNA POLÍTICA EUROPEA DE I+D+I TRANSFORMADORA

Sobre la base de lo anterior, la ambición de la UE de liderar la transición hacia una economía sostenible, climáticamente neutra, circular y respetuosa con el medio ambiente ilustra bien el carácter transformador de la política de la UE y cómo la I+D+I se convierte en un elemento crucial de dicha agenda transformadora. La Comisión Von der Leyen empezó su mandato con la publicación del conocido Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019), que se posicionó como la nueva estrategia de crecimiento de la UE.

Además, la Comisión también reorientó la Estrategia Anual de Crecimiento Sostenible hacia el concepto de sostenibilidad competitiva, para permitir un análisis integrado de los avances de los Estados miembros hacia los ODS en los informes por país que forman parte del proceso de coordinación económica conocido como Semestre Europeo. El concepto de sostenibilidad competitiva se refiere a la capacidad de una economía, incluidas sus empresas y ecosistemas industriales, para obtener mejores resultados que sus socios internacionales en relación a la doble transición ecológica y digital. Para poder llevarse a cabo, la sostenibilidad competitiva requiere inversiones exhaustivas en I+D+I.

A mediados de 2020, los dirigentes de la UE acordaron el programa de recuperación pos-COVID *Next Generation EU*, cuyo núcleo central reside en su Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de 672.500 millones de euros (Comisión Europea, 2020d). La recuperación y el Pacto Verde Europeo se consideran conjuntamente como una prioridad de inversión para crear empleo, capacidades y bienestar a través de toda la UE. Y la I+D+I resulta, más que nunca anteriormente, indispensable para lograr esa recuperación y conseguir hacer realidad la transformación ecológica y digital.

El desarrollo sostenible es uno de los objetivos generales del *programa marco de I+D e innovación de la UE*. Se calcula que más del 80 por 100 de las inversiones ya realizadas a través del programa de investigación e innovación de la UE 2014-2020, Horizonte 2020, abordan al menos un objetivo de desarrollo sostenible (Kadunc y Bruno, 2020). Horizonte Europa, el sucesor de Horizonte 2020, cuenta con 95.500 millones de euros para el período 2021-2017 y sitúa a Europa en una posición fuerte para contribuir a los objetivos del Pacto Verde.

Horizonte Europa incluye elementos nuevos que reflejan plenamente el principio de direccionalidad descrito en la sección cuarta. El nuevo programa marco tiene por objeto maximizar las sinergias con el nuevo presupuesto a largo plazo de la UE y se centra en los ámbitos con mayor potencial para cumplir los ODS. Mantiene el objetivo del 35 por 100 de su antecesor para luchar contra al cambio climático e introduce *misiones* de I+D+I a escala de la UE (Mazzucato, 2018; 2019) con objetivos ambiciosos para abordar los principales desafíos sociales (cambio climático, océanos sanos, ciudades inteligentes y climáticamente neutras, y salud del suelo y alimentos). Inspirado, en parte, en la misión del Apolo 11 para poner a un hombre en la luna, el enfoque de misiones de I+D+I de Horizonte Europa permite transformar los desafíos en objetivos concretos, mensurables y realizables, movilizando y haciendo partícipes de estos a los ciudadanos, los responsables políticos y una amplia gama de agentes mucho más allá de las partes interesadas habituales en la investigación y la innovación.

Se espera que las misiones de Horizonte Europa sean un instrumento de apoyo a la creación de bienes públicos europeos y tienen por objeto suavizar deficiencias en la orientación estratégica, coordinación y fragmentación de los sistemas nacionales de I+D+I (Larrue, 2021).

También se espera que *los partenariados* de Horizonte Europa impulsen la transformación de la UE hacia una sociedad y una economía más verde y digital (Comisión Europea, 2018b). Esos partenariados se dirigen a impulsar y alinear esfuerzos en inversiones, recursos y actividades del sector público y privado en torno a las prioridades de la UE. Horizonte 2020 ya apoyó veintiséis partenariados que crearon grandes coaliciones y plataformas experimentales y de ensayo a gran escala para desarrollar soluciones innovadoras sistémicas. Horizonte Europa apoyará varios partenariados para contribuir a los objetivos del Pacto Verde Europeo.

La crisis de la COVID-19 también representa una oportunidad sin precedentes para que la UE y sus Estados miembros refuercen su coherencia política y sus esfuerzos conjuntos. En 2020, la Comisión adoptó un documento político con su visión para un Espacio Europeo de Investigación (EEI) renovado que promoverá un entorno para la I+D+I hasta los tiempos cambiantes (Comisión Europea, 2020e). La iniciativa, y el Pacto que la acompañará, profundizará en el anterior EEI, para seguir avanzando en la libre circulación de conocimientos dentro de un sistema europeo de I+D+I actualizado y más eficaz. Para ello, la agenda del EEI promoverá el desarrollo de condiciones marco para la investigación, ayudará a fomentar la excelencia científica y permitirá conectar mejor a los agentes de I+D+I de la UE. La nueva iniciativa tiene por objeto dar prioridad a las inversiones y reformas y eso incluye un objetivo renovado de inversión del 3 por 100 del PIB de la UE en I+D, asegurando la direccionalidad adecuada. En

un espíritu de partenariado con los Estados miembros, y dentro de un enfoque de «gobierno en su conjunto», el EEI apoyará una acción conjunta más firme entre la UE y los Gobiernos nacionales para aumentar la calidad y eficiencia de las políticas nacionales de I+D+I.

La parte más importante del trabajo actual de la UE se centra en la recuperación frente a la crisis de la COVID-19. La Comisión respondió rápidamente movilizando inversiones en I+D+I sin precedentes para empujar el desarrollo de vacunas, nuevos tratamientos y diagnósticos, así como de sistemas médicos para prevenir la propagación del coronavirus (Comisión Europea, 2021a). La pandemia ha demostrado la enorme importancia de la cooperación en materia de I+D+I para ofrecer soluciones a estos retos sin precedentes (3).

El nuevo instrumento *Next Generation EU* brinda a los Estados miembros una oportunidad muy relevante para poder llevar a cabo las reformas necesarias. El Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (RRF) que constituye el núcleo del programa, apoyará reformas e inversiones de la I+D+I a gran escala. Para beneficiarse del apoyo del Mecanismo, los Estados miembros han ido presentando a la Comisión Europea sus planes de recuperación y resiliencia durante el primer semestre de 2021. Cada plan establece la agenda de reformas e inversiones que deben aplicarse a finales de 2026. Una vez presentados, la Comisión los evalúa con vistas a su adopción por el Consejo de la UE. A través de ellos, la Comisión anima a los Estados miembros a invertir en distintas áreas, entre las que se encuentra la I+D+I. Los ámbitos emblemáticos en el núcleo del RRF abarcan desde las tecnologías limpias y las energías renovables hasta la movilidad sostenible pasando por las nubes de computación, todas ellas con un fuerte componente de I+D+I. Si bien este programa crea oportunidades para la recuperación y la reforma, también constituye una enorme fuente de responsabilidad para los responsables de todos los niveles de gobierno, a fin de que focalicen sus inversiones sobre aquellas áreas fundamentales para acelerar la transformación de Europa.

En mayo de 2021, la Comisión publicó una Comunicación sobre el *Enfoque global de Europa para la cooperación en I+D+I* (Comisión Europea, 2021b), que sustituye a la estrategia presentada en 2012 para adaptar la colaboración internacional en I+D+I a las nuevas prioridades políticas de la UE. La nueva estrategia se basa en dos objetivos. En primer lugar, reafirma el compromiso de la UE de predicar con el ejemplo para preservar la apertura de la cooperación internacional en I+D+I, promoviendo la igualdad de condiciones y la reciprocidad. En segundo lugar, y directamente relacionado con el enfoque transformador, la estrategia tiene por objeto reforzar el liderazgo de la UE en partenariados multilaterales de I+D+I. También se marca el objetivo de reforzar la autonomía estratégica abierta de la UE, que se puso de relieve en la actualización de 2021 de la estrategia industrial de la UE de mayo de 2021 (Comisión Europea, 2021c).

Desde la perspectiva de la I+D+I, el concepto de autonomía estratégica apunta al refuerzo de la capacidad de la UE para desarrollar y adoptar tecnologías que garanticen la competitividad y evitar futuras dependencias estratégicas. La UE tiene algunos puntos fuertes en tecnología, pero también corre el riesgo de quedarse rezagada en ámbitos en los que está especialmente expuesta a la competencia mundial. Por ejemplo, en la fabricación avanzada y en tecnologías verdes como el hidrógeno la UE tiene una posición sólida, aunque son necesarios los esfuerzos para que la UE mantenga y consolide esa posición. Sin embargo, en tecnologías como las nubes o la microelectrónica existen una serie de debilidades que la UE está paliando a través de herramientas cruciales para desarrollar capacidades como la Alianza Europea de Baterías, que ha permitido a la UE pasar de una posición dependiente a otra mucho más fuerte.

VI. CONCLUSIÓN

El mundo está cambiando a un ritmo vertiginoso, lo cual está repercutiendo de manera directa sobre cómo se desarrollan las actividades de I+D+I en el terreno. El paradigma en el que se ha estado llevando a cabo el diseño y la ejecución de las políticas de I+D+I en las últimas décadas, y la forma y dirección en la que se conforman las estrategias y la financiación pública en apoyo a la I+D+I, deben adaptarse a ese mundo cambiante para apoyar de manera más contundente la transformación verde y digital de nuestro continente.

En primer lugar, este artículo examina cómo ha ido evolucionado la naturaleza de las actividades de I+D+I y el estado de situación de estas. También delinea las características principales de los grandes cambios

que afectan a la I+D+I en múltiples vertientes con una mutación del ADN de la innovación hacia un aumento vertiginoso de la celeridad, complejidad y concentración de los procesos de innovación.

En segundo lugar, el artículo plantea cómo estos cambios radicales exigen repensar la elaboración y la ejecución de políticas de I+D+I. La transformación de Europa hacia una sociedad y una economía más verde, digital y competitiva es un reto de gobernanza sin precedentes a todos los niveles, desde el local al global. La política de I+D+I está llamada a hacer frente a una combinación de urgencia en la respuesta, magnitud en las transformaciones necesarias y complejidad e interdependencia, y todo ello en un marco global de fragilidad e imprevisibilidad, para contribuir con mayor impacto a la transformación de Europa.

El artículo concluye que se necesitan políticas de I+D+I bien diseñadas y coherentes, capaces de estimular las tres dimensiones de la sostenibilidad: medioambiental, social y económica, evitando disyuntivas incómodas entre estos objetivos. Para lograrlo, la política de I+D+I de la UE debe aspirar a ser transformadora, respaldada por principios como la direccionalidad de objetivos e inversiones, la cocreación, el enfoque de «gobierno en su conjunto» y la anticipación. Esta ambición y principios pueden observarse ya en iniciativas recientes de la UE, como el nuevo Espacio Europeo de Investigación y el nuevo programa marco europeo de I+D+I, Horizonte Europa.

NOTAS

(1) Como ejemplifica el discurso de la canciller alemana, Angela Merkel, con motivo de la Presidencia alemana del Consejo de la UE, el 8 de julio de 2020: «Es importante que Europa se convierta en soberana digital. Queremos avanzar especialmente en áreas clave como la inteligencia artificial y la computación cuántica, pero también en el desarrollo de una infraestructura digital confiable y segura».

(2) Utilizando una encuesta a gran escala con 1.500 empresarios y políticos, los autores detectan una subestimación sustancial del papel que otorgan estos a los usuarios como fuente de innovación. Mientras que la proporción real de innovación de los usuarios en las 1.678 innovaciones que son objeto de estudio en nueve industrias es del 54,4 por 100, estimada mediante estudios empíricos, los responsables de la toma de decisiones estiman que esta proporción es tan solo del 21,7 por 100.

(3) Por ejemplo, se ha prestado apoyo específico de la UE a la empresa europea CureVac para el desarrollo y la producción de una vacuna contra el coronavirus, a través del Instrumento de Financiación de las Enfermedades Infecciosas de Horizonte 2020 (InnovFin IDFF). Además, en septiembre de 2020, la Comisión puso en marcha una convocatoria de 1.000 millones de euros del Pacto Verde para proyectos de I+D e innovación para fomentar la lucha contra el coronavirus.

BIBLIOGRAFÍA

Anzoategui, D., Comin, D., Gertler, M., y Martinez, J. (2019). Endogenous Technology Adoption and R&D as Sources of Business Cycle Persistence. *American Economic Journal*: *Macroeconomics*, 11(3), pp. 67-110.

Bajgar, M., Criscuolo, C. y Timmis, J. (2019). *Supersize me: intangibles and industry concentration.* Mimeo.

Biggeri, M. y Ferrannini, A. (2020). Framing R&I for transformative change towards sustainable development in the European Union. *R&I Paper Series*, *Working Paper* 2020/11. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Borunsky, L., Correia, A., Martino, R., Rakic, R. y Ravet, J. (2020). Can research and innovation save the day? A fair green and digital recovery from COVID-19. *R&I Paper Series*, *Working Paper* 2020/05. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Borunsky, L., Dumitrescu Goranov, A., Rakic, R. y Ravet, J. (2020). Aiming for more: research and development investment scenarios for the next decade. *R&I Paper Series*, *Working Paper* 2020/06. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Borunsky, L., Correia, A., Delauré, S., Martino, R., Rakic, R. y Ravet, J. (2020). Making R&I transformative: evidence in support of the European Research Area communication. *R&I Paper Series*, *Working Paper* 2020/14. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Bradonjic, P., Franke, N. y Lüthje, C. (2019). Decision-makers' underestimation of user innovation. *Research Policy*, 48(6), pp. 1354-1361.

Bryan, K., Lemus, J. y Marshall, G. (2020). Innovation During a Crisis: Evidence from COVID-19, *SSRN Electronic Journal,* 29.

Calligaris, S., Criscuolo, C. y Marcolin, L. (2018). Mark-ups in the digital era. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, n.º 2018/10. Paris: OECD Publishing.

Comin, D. y Hobijn, B. (2004). Cross-country technology adoption: making the theories face the facts. *Journal of Monetary Economics*, 51(1), pp. 39-83.

Comisión Europea (2018a). *Artificial Intelligence: A European Perspective.* Luxembourg: Publication Office of the EU.

Comisión Europea (2018b). *A new horizon for Europe: Impact assessment of the 9th EU framework programme for research and innovation.* Luxembourg: Publication Office of the EU.

Comisión Europea (2019). *Communication from the European Commission: the European Green Deal*, COM(2019) 640 final.

Comisión Europea (2020a). *Science, Research and Innovation Performance of the EU 2020.* Luxembourg: Publication Office of the EU.

Comisión Europea (2020b). The role of research and innovation in support of Europe's recovery from the COVID-19 crisis. *R&I Paper Series*. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Comisión Europea (2020c). *The 2020 EU industrial R&D investment scoreboard*. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Comisión Europea (2020d). *Communication from the Commission: Europe's moment: Repair and Prepare for the Next Generation.* COM(2020) 456 final.

Comisión Europea (2020e). *Communication from the Commission: A new ERA for Research and Innovation*. COM(2020) 628 final.

Comisión Europea (2020f). The role of research and innovation in support of Europe's recovery from the COVID-19 crisis. *R&I Paper Series*, May 2020.

Comisión Europea (2020g). Delivering on Europe's recovery through research and innovation. *R&I Paper Series*, July 2020.

Comisión Europea (2021a). *EU research and innovation in action against the coronavirus: Funding, results and impact.* Luxembourg: Publication Office of the EU.

Comisión Europea (2021b. *Communication from the Commission: Global Approach to Research and Innovation: Europe's strategy for international cooperation in a changing world.* COM(2021) 252 final.

Comisión Europea (2021c). *Communication from the Commission: Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery.* COM(2021) 350 final.

Comisión Europea (2021d). *Annual Single Market Report 2021.* SWD(2021) 351.

Corrado, C., Haskel, J., Iommi, M., Jona-Lasinio, C., Mas, M. y O'Mahony, M. (2018). Advancements in measuring intangibles for European economies. *Review on National Accounts and Macroeconomic Indicators*, EURONA, 2/2017.

Dijkstra, L., Poelman, H. y Rodríguez-Pose, A. (2018). The Geography of EU Discontent. European Commission. *Regional and Urban Policy Working Paper* 12/2018.

Eurofound (2018). *Automation, digitalisation and platforms: Implications for work and employmen*. Luxembourg: Publication Office of the EU.

European Investment Bank (2021). *EIB Investment Report 2020/2021: Building a smart and green Europe in the COVID-19 era.* Luxembourg: Publication Office of the EU.

Foray, D., De Rassenfosse, G., Abi Younes, G., Ayoubi, C., Ballester, B., Cristelli, G., Van Den Heuvel, M., Zhou, L., Pellegrino, G., Gaulé, P. y Webster, E. (2020). COVID-19: Insights from Innovation Economists. *Chair of Innovation and IP Policy, WP* n.º 10.

Geels, F.W. (2020). Transformative innovation and socio-technical transitions to address grand challenges. *R&I paper series, Working Paper* 2020/02. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Giebel, M. y Kraft, K. (2020). R&D investments under financing constraints. *ZEW - Centre for European Economic Research, Discussion Paper* n.º 20-018.

Grassano, N. y Hernández Guevara, H. (2021). *The impact of COVID-19 on top R&D investors: first insight into 2021 EU Industrial R&*D Investment Scoreboard data. European Commission, 2021, Joint Research Centre.

Guellec, D. y Paunov, C. (2018). Innovation policies in the digital age. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers* n.º 59. Paris: OECD Publishing.

Kadunc, M. y Bruno, N. (2020). *Keeping our eyes on the Horizon: Monitoring flash series: a Horizon 2020 monitoring repor.* Luxembourg: Publication Office of the EU.

Kuckertz, A., Brändle, L., Gaudig, A., Hinderer, S., Reyes, C. A. M., Prochotta, A., Steinbrink, K. M. y Berger, E. (2020). Startups in times of crisis – A rapid response to the COVID-19 pandemic. *Journal of Business Venturing Insights,* 13.

Larrue, P. (2021). The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, n.º 100. Paris: OECD Publishing.

Lundin, N. y Schwaag Serger, S. (2018). Agenda 2030 and A Transformative Innovation Policy – Conceptualizing and experimenting with transformative changes towards sustainability. *Transformative Innovation Policy Consortium WP* 2018-01.

Marques Santos, A., Haegeman, K. y Moncada-Paternò-Castello, P. (2021). The impact of COVID-19 and of the earlier crisis on firms' innovation and growth: a comparative analysis. *JRC Working Papers on Territorial Modelling and Analysis* n.º 03/2021.

Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State: debunking public vs. private sector myths.* Penguin Books.

Mazzucato, M. (2016). *Innovation, the State and Patient Capital, in Rethinking Capitalism Economics and Policy for Sustainable and Inclusive Growth*, eds. M. Jacobs and M. Mazzucato. London, UK: Wiley-Blackwell.

Mazzucato, M. (2018). *Mission-oriented research & innovation in the European Union: A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Mazzucato, M. (2019). *Governing Missions in the European Union*. Luxembourg: Publication Office of the EU.

Mazzucato, M. y Semieniuk, G. (2017). Public financing of innovation: new questions. *Oxford Review of Economic Policy,* 33, pp. 24-48.

Moncada-Paternò-Castello, P. y Grassano, N. (2020). The EU vs US corporate R&D intensity gap: Investigating key sectors and firms. *JRC Working Papers on Corporate R&D and Innovation,* n.º 02/2020.

Monnet, J. (1996). *Repères pour une méthode: Propos sur l'Europe à faire.* Fayard.

NEMET, G. F. (2009). Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change. *Research Policy* 38, pp. 700-709.

OECD (2021). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021: Times of Crisis and Opportunity.* Paris: OECD Publishing.

OECD (2021b). *Business dynamism during the COVID-19 pandemic: Which policies for an inclusive recovery?* OECD Policy Responses to Coronavirus, 18 February 2021.

PAUNOV, C. y PLANES-SATORRA, S. (2021). Science, technology and innovation in the time of COVID-19. *OECD STI Policy Papers,* 99. Paris: OECD Publishing.

RAKIC, R. *et al.* (2021). Fostering R&D intensity in the European Union: Policy experiences and lessons learned. *Case study contribution to the OECD TIP project* on R&D intensity.

RAWORTH, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist.* Random House.

RICCI, A., SESSA, C. y WEBER, M. (2017). *New Horizons: Future Scenarios for Research and Innovation Policies in Europe.* European Commission Report.

RITCHIE, H. y ROSER, M. (2017). Technology Adoption. Published online at *OurWorldInData.org.* Disponible en: https://ourworldindata.org/technology-adoption

SCHAPER-RINKEL, P. (2013). The role of future oriented technology analysis in the governance of emerging technologies: The example of nanotechnology. *Technological Forecasting and Social Change,* 80, pp. 444-452.

SCHOT, J. W. y STEINMUELLER, E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47, pp. 1554-1567.

STEWART, J. (1995). Models of priority-setting for public sector research. *Research Policy,* 24, pp. 115-126.

TATAJ, D., MARTINS, F., RENDA, A., DUNLOP, K., DIXSON-DECLÈVE, S., BRIA, F., SCHWAAG SERGER, S., HIDALGO, C., ISAKSSON, D., MORLET, A., CHARVERIAT, C., MIR ROCA, M., BALLAND, P. A., HUANG, A. y GIOVANNINI, E. (2020). *Protect, prepare and transform Europe: Recovery and resilience post COVID-19*, ESIR Policy Brief n.º 1. Luxembourg: Publication Office of the EU.

UNITED NATIONS (2019a). *Global Sustainable Development Report.* UN publication.

UNITED NATIONS (2019b). *Emissions Gas Report*. United Nations publication.

VON HIPPEL, E., OGAWA S. y DE JONG, J. P. J. (2011). The Age of the Consumer-Innovator. *MIT Sloan Management Review*, 53(1), pp. 27-35.

LA INNOVACIÓN EN LA POLÍTICA ESPAÑOLA

Laura CRUZ-CASTRO
Luis SANZ-MENÉNDEZ
Instituto de Políticas y Bienes Públicos, CSIC

Resumen

En España, la relación entre las políticas de innovación y las de investigación (I+D) como se define en las estructuras gubernamentales es clave para entender los escasos resultados innovadores. En sus inicios fue una relación de cooperación entre políticas autónomas –la de innovación más conectada con la política industrial–, y con ciertos niveles de coordinación. Posteriormente, la política de innovación ha estado casi siempre supeditada oficialmente a la política de financiación de la I+D. Salvo en contados momentos, la innovación ha sido relegada en las políticas oficiales y, cuando ha ganado visibilidad, lo ha hecho de modo subalterno a la política de investigación. Esto ha sido, principalmente, el resultado de la configuración institucional y los diseños ministeriales. Por otro lado, a lo largo de los años, con menor visibilidad e informalmente, la innovación ha estado presente en la definición y práctica de las políticas industriales y de pymes y, ahora, en otras políticas como las de digitalización o transición energética.

Palabras clave: innovación, políticas públicas, instituciones, estructuras ministeriales, presupuestos de I+D, España.

Abstract

The relationship between innovation and research (R&D) policies as defined in governmental structures is fundamental for understanding the meagre innovation performance in Spain. In its origin, it was a cooperative relationship between autonomous policies –the innovation one more connected to industrial policy–, and with some degree of coordination. Later on, innovation policy has almost always been formally subordinated to R&D funding policies. Except in a few moments, innovation has been relegated within official policies and, when it has gained some visibility, it has occupied a secondary position with respect to research policy. This has been mainly the result of the institutional arrangements and ministerial designs. Besides that, throughout the years, with less visibility and rather informally, innovation has been present in the definition and implementation of industrial and SME policies, and, in the present, in other policies like digitalization and energy transition.

Keywords: innovation, public policy, institutions, government structures, R&D budget, Spain.

JEL classification: O32, O38.

I. INTRODUCCIÓN

La idea de innovación, surgida en el intersticio entre las políticas de ciencia y de industria e inicialmente vinculada casi en exclusiva con la tecnología, ha cambiado con los años. Además, desde su incorporación a la cartera de políticas públicas, sus relaciones con la política de investigación (I+D) o política de ciencia, han marcado su trayectoria, con frecuencia separándola de las políticas industriales destinadas a promover la competitividad empresarial.

El objetivo de este artículo es describir y analizar la política de fomento de la innovación en España a nivel nacional y, más específicamente, analizar las configuraciones institucionales y el reparto competencial en el Gobierno para entender cuánta y qué tipo de política de innovación se hizo. No trata de proponer qué hay qué hacer (Barajas, *et al.,* 2015; Mulet, 2016 y 2021), sino narrar, interpretar y, si se puede, explicar de forma plausible qué ha pasado con la acción en su contexto. Tampoco se trata de analizar los efectos de las políticas de innovación o de algún instrumento en particular en la innovación empresarial (Sanz-Menéndez y Cruz-Castro, 2010; Fariñas y Fernández. 2014; Heijst *et al.,* 2020).

El enfoque que se adopta es histórico o secuencial y el recorrido se inicia en los años ochenta, momento en que se constituyen las políticas de innovación y su campo de políticas próximas, especialmente la de I+D. El análisis se articula a través de la identificación de algunos hitos de las políticas de investigación y de innovación, así como de las estructuras ministeriales que han asumido las responsabilidades. El foco del análisis se centra en el Gobierno de España, y deja de lado el relevante papel que las comunidades autónomas han adquirido.

La idea de innovación tecnológica también surgió en el contexto del replanteamiento de las políticas industriales, con la inclusión del «desarrollo tecnológico» en su discurso (De la Dehesa, 1979; Martín y Rodríguez Romero, 1979). Esos momentos constitutivos se vieron influidos por la entrada de España en las Comunidades Europeas, el 1 de enero de 1986, y la construcción del mercado único.

Desde el punto de vista lógico, el concepto de innovación es más amplio que el de investigación y desarrollo tecnológico (I+D) que, sin duda, es un subconjunto de la innovación y lo incluye (Teubal, 1987); sin embargo, parece que en el modelo que se ha impuesto –especialmente en España–, la innovación está subordinada o es parte de la I+D, y se aleja de las políticas para la industria o las empresas. Como algunos han señalado, hay mucha autodenominada teoría

de la innovación con escasa relación con los problemas reales de diseño e implementación (Lucena, 2013) y, además, se tiende a considerar política de innovación aquello que se define oficialmente como tal.

La idea de innovación pone el énfasis en la aplicación, en diferentes contextos, de distintos tipos de conocimiento, quizá por eso la idea de «una» política de innovación es equívoca, especialmente si se la aísla de otras políticas económicas o para la industria o de las nuevas aproximaciones a la intervención estatal en la economía (Mazzucato, 2014; Myro, 2016; 2018).

La idea transversal de política de innovación se ha construido internacionalmente (Godin, 2008), e incluye un repertorio muy amplio de objetivos, instrumentos y actuaciones generalmente orientados a mejorar los productos existentes o desarrollar nuevos productos y servicios de las empresas. Cuando adopta este enfoque, la política de innovación se vincula especialmente con las políticas industriales, de empresa o competitividad, y se localiza en el área económica de los Gobiernos; si se la «sectorializa» se la convierte en un campo con pretendido sentido propio y ligada solo al sector de la I+D.

La clave está no solo en cómo se relaciona la política de investigación con la política de innovación, sino también en cómo la política de innovación se integra en otras políticas sectoriales y transversales, y en qué configuración institucional de gobierno o gestión se adopta. No hay respuesta mágica a la pregunta de si debe haber un solo ministerio concentrando las competencias y las actuaciones –y cuál debería ser–, o si debe haber varios.

A pesar del discurso y del aprendizaje multilateral e intergubernamental, en España no hay una comprensión generalmente aceptada de lo que hablamos cuando nos referimos a políticas de innovación, y ello a pesar del esfuerzo temprano de fijar el concepto que se hizo a finales de los noventa (por ejemplo, Fundación Cotec, 1998). Incluso algunos defensores de las políticas industriales que incorporan la innovación como elemento central basan su análisis en la configuración institucional oficial (p. e., Scheiffler, 2016). En realidad, la mayoría de las políticas etiquetadas oficialmente como de innovación han estado dirigidas a aspectos parciales de la innovación, como son la I+D empresarial o la cooperación ciencia-industria.

Podría decirse también que estas políticas de innovación han carecido de un marco conceptual general y que, a veces, las actuaciones han sido integradas *ex post*, con propósitos meramente nominalistas, de *marketing* político o de lucha interministerial; así podría calificarse al cambio de la denominación del Plan Nacional de I+D por el de Plan Nacional de I+D+i (incluyendo la palabra innovación).

Tampoco se ha contado con una configuración estable de las responsabilidades dentro del Gobierno en el ámbito de las políticas de innovación; más bien al contrario, en los últimos veinte años ha habido un movimiento pendular en la organización competencial y, además, una gran inestabilidad política en las cúpulas ministeriales responsables que ha dificultado la creación de capacidades.

1. Un marco conceptual

Para interpretar y dar sentido a la evolución de las políticas de innovación, y sus relaciones con las políticas de I+D, nos inspiramos en el enfoque clásico del estudio de las políticas públicas, que Harold Laswell (1936) resumió con un aforismo: *«Who Gets What, When, How»*. Así, las políticas (en cualquier área) pueden definirse como un espacio o campo de juego en el que hay que considerar quién juega (ministerio o ministerios y sus estructuras internas), para qué (objetivos enunciados y olvidados), con qué recursos e instrumentos (qué tipo de actuaciones y con cuántos medios) y hacia quién (destinatarios o clientes de las políticas). Creemos que hacer explícitos algunos supuestos de nuestro enfoque ayuda a comprenderlo y evita confundirlo con una historia administrativa:

1. La historia y el contexto importan; es sabido que las políticas operan principalmente de modo incremental, con cambios limitados y discontinuos; las políticas, una vez institucionalizadas, producen efectos duraderos en los actores, los instrumentos, e incluso en sus preferencias. Hay una dependencia de la senda (Pierson, 2004) y modificar esa trayectoria es complicado y solo ocurre en las «coyunturas críticas».

2. Las políticas públicas son acciones de los Gobiernos, el partido que gobierna en cada momento es relevante y el juego político afecta las preferencias sobre las políticas que se ponen en marcha (Hall, 1986). Sin embargo, no todo el proceso de políticas públicas está determinado por la ideología política; a veces, cuando cambian los

Gobiernos hay continuidad, y la discontinuidad es mayor al interior de los Gobiernos del mismo partido si entran actores con ideas e intereses diferenciados.

3. Analizar las políticas públicas significa, además, moverse más allá de los enunciados y de los objetivos generales; hay que pensar la política de innovación, o cualquier otra, en términos de los tipos de instrumentos (Hood, 1983) que se usan para ejecutarla. En España, la política de innovación se ha instrumentado fundamentalmente mediante acciones de promoción y financiación (*treasury*) y la creación de capacidades de intervención (*organization*), lo que ha facilitado, como argumentaremos, su absorción por las políticas de I+D.

4. Las leyes aprobadas por el Parlamento, y las normas que desarrollan los Gobiernos, además de acotar el campo de juego e institucionalizarlo, nos indican las preferencias gubernamentales o de los actores, que pueden verse contestadas y revisadas o no, con los cambios de Gobierno. Esas preferencias de los Gobiernos son también el resultado de las interacciones con otras políticas públicas situadas en los espacios próximos o relacionados; en nuestro caso, por ejemplo, las relaciones con la política universitaria, con la política industrial, o con la política fiscal; todas ellas han resultado históricamente relevantes en el juego político, especialmente, por cómo los actores ven representados sus intereses y sus posibilidades de acceso al Gobierno, que dependen de esas configuraciones gubernamentales.

5. Por añadidura, habría que considerar el problema de la implementación de las políticas, y esta queda en manos de las estructuras existentes en la administración pública, que tiene sus propias lógicas. El problema de la implementación ya fue identificado hace cincuenta años (Pressman y Wildasky, 1971), pero hoy adquiere nuevas dimensiones, como consecuencia de las prácticas gubernamentales más atentas a los anuncios, a los discursos y los mensajes que fijan marcos mentales, que al buen diseño de las políticas y la cartera de instrumentos. La ausencia de tradición de evaluación de las políticas públicas en España refleja este desinterés por saber qué efectos tienen las intervenciones gubernamentales y si sirven para algo.

6. Por último, hay que tener en cuenta la influencia general en los procesos de europeización de las políticas públicas en España y sus diferentes mecanismos (Arregui, 2020), de las regulaciones y fondos europeos como dispositivo y, además, de las configuraciones del Consejo de la Unión en el seno de la Unión Europea (UE), como inspiración de soluciones políticas y administrativas entre primeros ministros.

El argumento general de este artículo es que, en España, la relación entre la política de innovación y la de investigación (I+D), estudiada a través de la estructura del Gobierno y el reparto competencial, es clave para entender los escasos resultados innovadores. En sus inicios fue una relación de cooperación entre políticas autónomas –la de innovación más conectada con la política industrial–, y con ciertos niveles de coordinación. Posteriormente, la política de innovación ha estado casi siempre supeditada oficialmente a la política de financiación de la I+D. Salvo en contados momentos, la innovación ha sido relegada en las políticas oficiales y, cuando ha ganado visibilidad, lo ha hecho de modo subalterno a la política de investigación. Esto ha sido, principalmente, el resultado de la configuración institucional y los diseños ministeriales. Por otro lado, a lo largo de los años, con menor visibilidad e informalmente, la innovación ha estado presente en la definición y práctica de las políticas industriales y de pymes y, ahora, en otras políticas como las de digitalización o transición energética.

El artículo continúa con un repaso de la evolución de los indicadores del sistema español de innovación, reconociendo que los resultados sistémicos se explican solo parcialmente por las políticas. Después, se analiza el desarrollo histórico de las relaciones entre políticas oficiales de investigación e innovación a través de las configuraciones políticas e institucionales; así, en la sección tercera se aborda el momento constituyente de las mismas, cuando estaban claramente definidas como dos políticas complementarias, desde dos ministerios que solían cooperar. En la sección cuarta se describe el momento de discontinuidad, que se abre a partir del segundo Gobierno de Aznar con la creación, en 2000, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT), con el crecimiento presupuestario de las políticas de I+D e innovación en el ciclo expansivo, y los movimientos pendulares en cuanto a las configuraciones ministeriales durante los Gobiernos de Rodríguez Zapatero. En la sección quinta se analiza lo acontecido tras la gran recesión que ha llevado al empequeñecimiento de las políticas de I+D y de innovación,

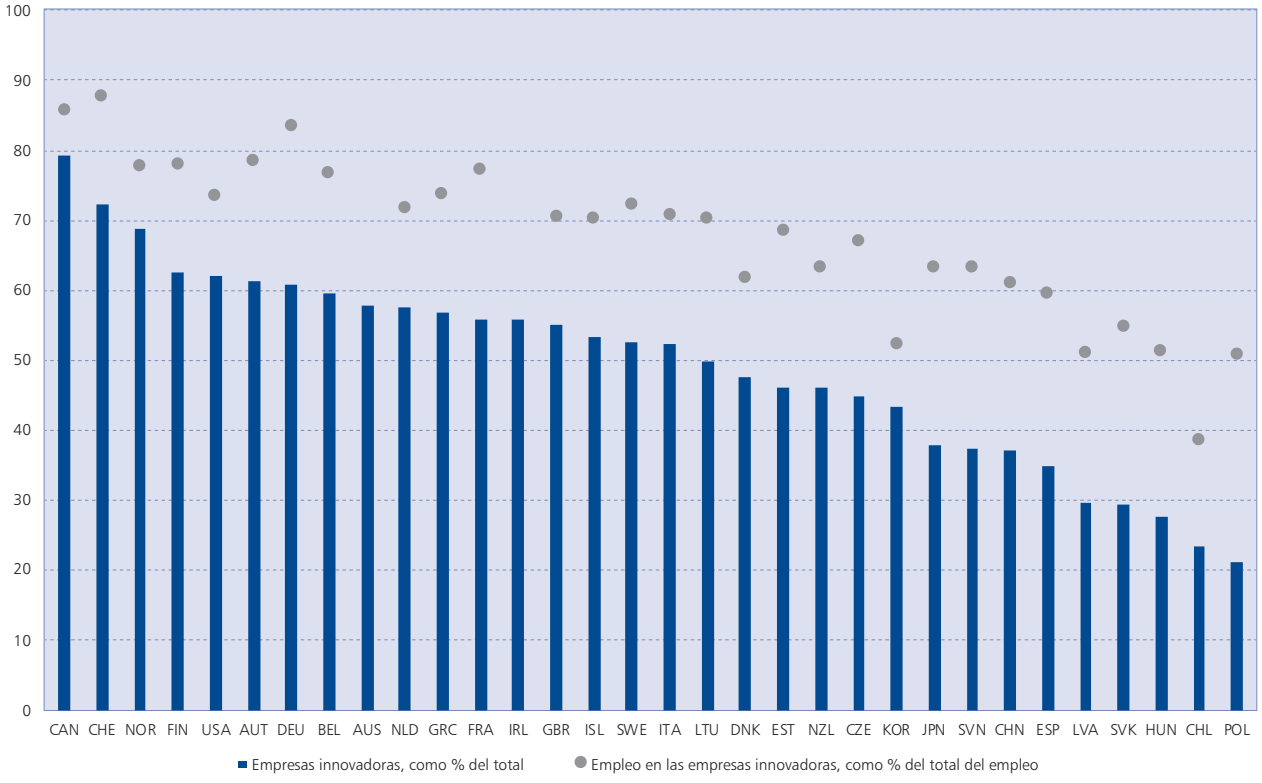
a pesar de los discursos y del pretendido reconocimiento oficial de la innovación en el nombre de un ministerio. Se concluye resumiendo los argumentos y haciendo un balance general.

II. LA SITUACIÓN DE LA INNOVACIÓN EN ESPAÑA: ¿ES EL SISTEMA O SON LAS POLÍTICAS?

Es un lugar común asociar la evolución de los sistemas sociales y económicos con la acción de los Gobiernos; se habla de coevolución de las políticas y los sistemas. También se espera que una política exitosa de investigación o de innovación sea aquella que promueve efectivamente el avance de los objetivos y la mejora de los sistemas de investigación e innovación, especialmente en términos comparados. No obstante, el debate sobre si lo que determina el éxito de los países en materia de innovación son las políticas o los atributos del sistema sigue inconcluso (Bonaccorsi, 2007). Atribuir a las políticas causalidad sobre los resultados es cuando menos complicado.

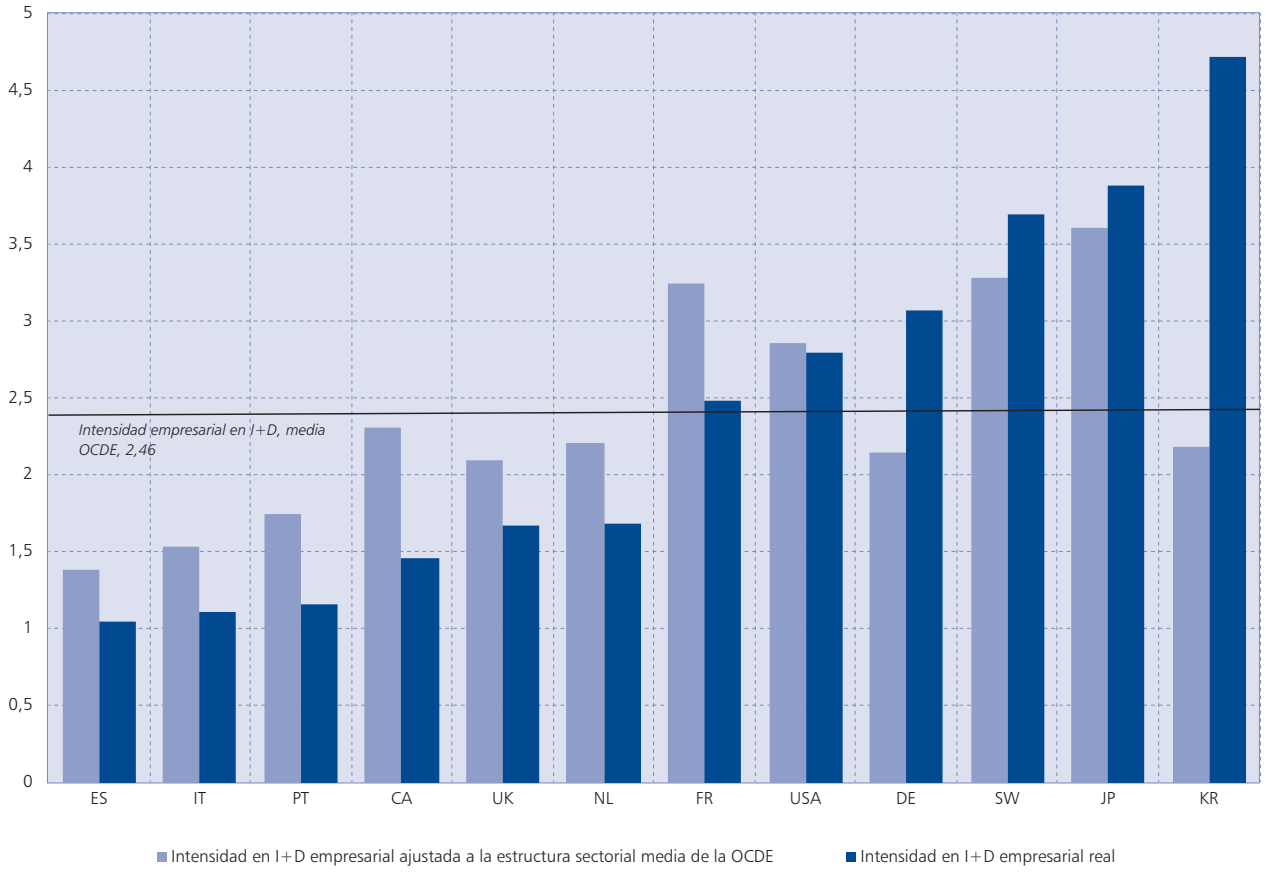
Con todo, es legítimo preguntarse si es la acción de gobierno la que determina, causa, produce o condiciona los resultados en los sistemas de I+D y de innovación; esto puede hacerse a nivel macro o, más frecuentemente, a nivel micro (por ejemplo, Callejón y García Quevedo, 2011; Huergo y Rojas, 2016). Solo hay que revisar los medios de comunicación para comprobar que, entre los actores del sistema español, parece compartida la idea de que el éxito (o el fracaso) de las políticas depende más de los recursos financieros públicos que se inviertan (financiación competitiva de la I+D), y menos de las mejoras del entorno de la innovación, como las regulaciones, los incentivos o las cualificaciones de los trabajadores.

GRÁFICO 1
EMPRESAS INNOVADORAS (EI) EN CADA PAÍS Y EMPLEO EN EI, 2016
(En porcentaje de las empresas y del total del empleo)



Fuentes: OCDE (2020), basado en la *Encuesta OCDE 2019* sobre estadísticas nacionales de innovacion y *Eurostat CIS-2016* (enero 2020), http://oe.cd/inno-stats

GRÁFICO 2
INTENSIDAD EMPRESARIAL EN I+D SOBRE VALOR AÑADIDO BRUTO, 2013
(En porcentaje)



Fuente: Sanz-Menéndez y Cruz-Castro (2017) basado en datos de la OCDE.

En España se ha convertido en habitual, por parte de algunos sectores, asumir que la política de ciencia de las pasadas décadas ha sido un éxito; hoy las visiones son más críticas y, aunque es cierto que la investigación en España ha aumentado cuantitativamente, su calidad y sus resultados están muy por debajo de la calidad media mundial (Rodríguez Navarro, 2021) (1). Mientras, esos mismos sectores insistían en que, tras muchos años, la política de innovación no había sido un éxito, sino más bien lo contrario.

En perspectiva histórica y a la vista de los resultados en innovación y en inversión empresarial en I+D o en competitividad general, si nos preguntamos si la política en favor de la innovación ha sido exitosa, la respuesta parece evidente. De hecho, se podría dudar de la existencia de una actividad sistemática, continuada, autónoma y coherente en materia de política de innovación por parte del Gobierno de España.

Hoy se puede comparar, con los indicadores al uso, la situación de la innovación en España con la de otros países de la Unión Europea. A pesar del calificativo de innovadores «moderados» que otorga a España el EU *Innovation Scoreboard 2021* los datos reflejan que estamos mal, o peor que la media de la Unión Europea, y mucho peor que otros que comenzaron el camino de la convergencia más tarde (2).

Como se observa en el gráfico 1, España se encuentra en la parte baja de la distribución de los países de la UE y OCDE en porcentaje de empresas innova-

doras sobre el total de empresas (3).

Los indicadores de gasto de I+D del sector empresarial son dependientes de las estructuras productivas nacionales, pero cuando se normaliza el valor de la intensidad tecnológica media de los países de la OCDE (gráfico 2), España sigue estando a la cola de la distribución, aunque mejora un poco.

III. LA CONSTRUCCIÓN INSTITUCIONAL DE LAS POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN: 1982-1999

Durante los años de la dictadura y la transición, la política de investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) estaba fuertemente conectada a la política de desarrollo económico y social y sus planes de desarrollo; la financiación competitiva para I+D era pequeña, comparada con la institucional (Sanz Menéndez, 1997a).

Por otro lado, estaba la política industrial, que tenía un reconocimiento diferenciado asociado a la tradición intervencionista del Estado a través de empresas públicas (por ejemplo, INI), sectores regulados y control de exportaciones (Fanjul y Maravall, 1980; Maravall, 1987); todo esto se tuvo que replantear en el contexto de la crisis del petróleo y la ruptura del patrón oro.

A mediados de los setenta la política de innovación como política pública no había nacido explícitamente, aunque desde la economía (véase, Freeman y Soete, 1983) se comenzaba a llamar la atención sobre que, además de la investigación con efectos a largo plazo, lo importante para la competitividad de las empresas y el crecimiento económico de los países era algo distinto, que se denominaba innovación (4).

En los ochenta, de la mano de la reorganización competencial derivada de las transferencias a las comunidades autónomas (CC. AA.) y, sobre todo, tras la incorporación de España a las Comunidades Europeas, se produjo la reconfiguración del dominio de la política pública en investigación e innovación que, sin embargo, no ha sido acompañado de una delimitación estable y duradera de las competencias políticas y administrativas, sufriendo los vaivenes de la configuración de los Gobiernos.

1. Separación de políticas en un contexto de cooperación y coordinación

En España, el momento constituyente de la política de I+D moderna se produjo durante la primera legislatura del Gobierno de González (diciembre 1982-julio 1986) (Sanz-Menéndez, 1997a). Las ideas y modelos de política que surgieron en el proceso de construcción de la política europea de I+D y su articulación en el Programa Marco de IDT (Sanz-Menéndez, 2001) contribuyeron a consolidar un marco institucional español y a definir las expectativas de los actores. En sus orígenes, las políticas europeas de I+D e innovación tecnológica se asociaron con los objetivos de competitividad y crecimiento económico, además del avance del mercado único y de las políticas de competencia. Pero también las relaciones entre política industrial y política de innovación fueron relevantes.

En el contexto de la reconversión industrial, la Ley 27/1984 sobre reconversión industrial y reindustrialización ya incluyó un capítulo dedicado a la «promoción de la innovación tecnológica», tema que se conectaba con las políticas industriales (Martín y Rodríguez Romero, 1983). La Ley 27/1984 introducía, en su artículo 35, provisiones sobre desgravaciones fiscales a las actividades de I+D y libertad de amortización para las inversiones en equipos para I+D; todo ello, además de las subvenciones directas y los créditos reembolsables. La Ley definió un marco de política de reindustrialización bastante adaptado a la emergente visión de la innovación tecnológica, con actuaciones e instrumentos de todo tipo, desde subvenciones y créditos hasta desgravaciones fiscales a la inversión en I+D, zonas territoriales de actuación preferente, etc. Este papel de la innovación quedó reconocido posteriormente también en la Ley 13/1986 de «la Ciencia». Ambas leyes consolidaban el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), creado a mediados de los setenta en el contexto de un préstamo del Banco Mundial, que desde su transformación jurídica en entidad de derecho público (Real Decreto1406/1986), ha tenido un espacio propio y creciente como organización dedicada a la promoción de mejora tecnológica de la industria y la I+D empresarial.

La Ley 27/1984, que otorgaba un papel relevante a la innovación tecnológica en el contexto de las políticas de reindustrialización, se promovió desde el Ministerio de Industria y Energía (con Carlos Solchaga como ministro), y contribuyó

también a delimitar la política de ciencia y tecnología. Desde el Ministerio de Educación y Ciencia (con José María Maravall al frente) se habían lanzado la reforma de la educación superior, del sistema educativo y, por último, de la política de ciencia y tecnología. Las reformas en esta última culminaron, en 1986, con la aprobación de la Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (Sanz Menéndez, 1997a).

La Ley 13/1986, como el Programa Marco de I+D Europeo reconocido en el Acta Única Europea (1986), establecía unos instrumentos para la política de ciencia y tecnología integrados en un Plan Nacional de I+D, que incluía los Programas Nacionales de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, los programas sectoriales (de los ministerios), los programas de las comunidades autónomas, y el Programa Nacional de Formación de Personal Investigador. Además, la ley definía un órgano político de gobierno: la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), a la que dotó de una Comisión Permanente y una Secretaría General del Plan Nacional de I+D (SGPNI+D), que se encargaría de apoyar la coordinación, de definir las prioridades nacionales y de gestionar los programas nacionales (Sanz Menéndez, 1997a) (5).

El marco institucional de la Ley 13/1986, otorgaba también al Ministerio de Industria funciones institucionales en la CICYT y sus organismos, y adjudicaba al CDTI (organismo del Ministerio de Industria y Energía), un papel relevante relacionado con la colaboración ciencia-industria.

En este período constituyente de la política de ciencia y tecnología (y de la política de innovación tecnológica), el reparto competencial y la coordinación de las estrategias y políticas desarrolladas desde dos ámbitos ministeriales principales (Educación y Ciencia e Industria y Energía) parecía ser coherente (Muñoz y Ornia, 1986). Se podría decir que, a mediados de 1985, el diseño institucional (dual) estaba acordado y no existían los conflictos típicos entre las estructuras gubernamentales con relación a las políticas: ni los conflictos competenciales entre ministerios, ni las tensiones en-tre los ministerios y sus agencias de ejecución.

Así, en la segunda mitad de los ochenta, tras la aprobación de la Ley 13/1986, la relación de trabajo en el seno de la CICYT entre los representantes de los Ministerios de Educación y de Industria era cordial, a pesar de que la SGPNI+D pusiera más énfasis en la investigación y en una perspectiva de oferta, quizá acorde a la situación de esos años, donde el problema central era la construcción de capacidades del sistema. Tampoco se percibían conflictos o tensiones intraministeriales (entre «principales» y «agentes»), entre las unidades operativas y las agencias; por ejemplo, el CDTI se veía en Industria como parte de la Secretaría de Estado de Industria, y la Secretaría General del Plan Nacional de I+D como parte de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación (SEUI), que presidía la Comisión Permanente de la CICYT.

Por añadidura, dado que los dos ministerios se movían en la misma dirección, no emergían tensiones con los ministerios sectoriales (Agricultura, Sanidad, Defensa, etc.) o con el ministerio de coordinación gubernamental que, en este caso, dado el foco de financiación (competitiva) de esta política, era el Ministerio de Economía y Hacienda, que ocuparía desde mediados de los ochenta el exministro de Industria, Carlos Solchaga.

2. Nuevos tiempos: actores, expectativas y marcos políticos diferentes

Ya durante el segundo mandato de Felipe González (julio 1986-diciembre 1989), se aprobó el primer Plan Nacional de I+D (1988-1991), con unos objetivos y una selección de prioridades nacionales de I+D aprobadas por la CICYT, que presidía el Ministro de Educación y Ciencia, y en la que estaban implicados todos los ministerios con financiación de I+D.

La primera generación de políticas y planes nacionales de I+D, con sus programas nacionales de I+D, convivieron con los preexistentes «planes sectoriales» de los ministerios (por ejemplo, PEIN, PAUTA o Farma del Ministerio de Industria), y con algunos intentos de consolidar los programas de las CC. AA.

Durante los noventa, ya en el tercer (diciembre 1989-julio 1993) y el cuarto (julio 1993-mayo 1996) mandato de Felipe González hubo nuevas ediciones, o reediciones, de los planes nacionales de I+D: II PN (1992-1995), y III PN (1996-1999); los programas de las CC. AA. desaparecieron, y los programas sectoriales

fueron diferenciándose o, por ser más claros, separándose nítidamente. Bien es verdad que la buena entente entre los ministerios de Educación e Industria aún existía en 1990 (Dorado, Rojo, Triana y Martínez, 1991).

En 1991, un Plan Nacional de Actuación Tecnológica Industrial (PATI) (Triana, 1991) fue articulando las iniciativas relacionadas con la innovación tecnológica del Ministerio de Industria (Petitbó y González Romero, 1993). Así pues, en este primer lustro de los noventa, el Ministerio de Industria definió su propia estrategia de la que formaba parte la innovación tecnológica, como quedaba claro con el *Libro blanco de la industria. Una política industrial para España* (MINER, 1995), que otorgaba a la innovación un papel relevante en la política industrial (Espina, 1992).

Además, en estos años habían surgido algunos conflictos competenciales con las CC. AA., a propósito de la innovación tecnológica. Algunas CC. AA., en paralelo a la puesta en marcha de sus propias políticas en estos ámbitos, interpusieron recursos ante el Tribunal Constitucional sobre las competencias en aspectos relacionados con la innovación y la investigación técnica, generalmente dirigidos contra actuaciones del Ministerio de Industria; esto posiblemente contribuyó a limitar el espacio de actuación de ese ministerio, al menos formalmente.

En la política de I+D de esos años el enfoque estaba dominado por la oferta y, acorde con el enfoque lineal, por la idea de la transferencia de tecnología desde el sector público a la industria; además, la política de innovación de esos años era casi en exclusiva política de apoyo a la I+D en las empresas (y secundariamente desgravaciones fiscales), y ese no era el foco de los programas nacionales de I+D.

Pero no solo cambiaron las relaciones entre los dos grandes ministerios implicados en investigación e innovación. Las desgravaciones fiscales a la I+D, incluidas en la Ley 27/1984 y asociadas al concepto de política de innovación asumido desde el Ministerio de Industria, se separaron del diseño de la política de innovación tecnológica cuando, en 1995, se produjo la reordenación normativa de los impuestos societarios; a partir de ese momento, la competencia sobre desgravaciones de I+D se situó claramente en el ámbito tributario, la Ley 43/1995 sobre el Impuesto de Sociedades, por lo que las actuaciones en materia de desgravaciones fiscales a la I+D requerían la aprobación del Ministerio de Hacienda.

Las políticas de I+D también estaban cambiando en Europa: por un lado, se separaban de la industria, aunque mantenían la conexión lógica con la competitividad; también surgía la idea de innovación como envolvente de las políticas de I+D y de otras actuaciones comunitarias, como se vio en los noventa con el *Libro verde de la innovación* (1995) de la Comisión Europea (Sanz-Menéndez, 2001). Por último, las políticas de desarrollo regional de la UE estaban consolidándose también como espacios privilegiados para el desarrollo de las políticas de innovación (Landabaso, 2000).

3. La profundización de la separación entre políticas de ciencia e innovación: el primer Gobierno de Aznar

El juego político importa a la hora de definir el campo de actuación de los actores y las oportunidades que se abren para las políticas públicas; los cambios de Gobierno afectan, y el cambio de partido político que gobierna puede afectar más. En mayo de 1996, tras la convocatoria de elecciones anticipadas, José María Aznar inició su primer mandato. En principio, la orientación política del nuevo Gobierno podría sugerir que era más proempresarial que prociencia pública. Lo cierto es que, con la llegada del Partido Popular al Gobierno, el diseño institucional de los ministerios fue continuista, y se siguió la práctica de política separada que se había instaurado años antes.

Sin embargo, el Ministerio de Industria y Energía (con Josep Piqué como ministro, que había sido responsable de la política industrial y de empresa en la Generalitat catalana) tenía la perspectiva de la innovación muy presente (Piqué, 1997) y salió fortalecido. En octubre de 1996, la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos (no la CICYT) aprobó la «Iniciativa de Apoyo a la Tecnología, la Seguridad y la Calidad Industrial» (ATYCA), con asignación de fondos de los Presupuestos Generales del Estado (PGE) para los tres años siguientes. ATYCA podría verse o presentarse como uno de los programas sectoriales, a cargo del Ministerio de Industria, dentro del Plan Nacional de I+D, pero en realidad era la formalización y acentuación del modelo separado; el inicio de la competencia por los recursos presupuestarios entre ATYCA (he-

redera del PATI y otros programas) y el Plan Nacional de I+D.

En el Ministerio de Educación y Cultura, además de la desaparición de la ciencia de su nombre, se habían producido algunos cambios; el más importante fue la integración (o eliminación como se prefiera) de la Secretaría General del Plan Nacional de I+D y su fusión (o conversión) en la Dirección General de Investigación y Desarrollo de la Secretaría de Estado de Universidades, Investigación y Desarrollo

En enero de 1997 se produjo un cambio simbólico importante; el presidente del Gobierno, José María Aznar, pasó presidir la CICYT (Sanz Menéndez, 1997b), sustituyendo a la ministra de Educación y Cultura; se cambió su composición y se incluyeron a otros ministros. La CICYT se convirtió *de facto* en una comisión delegada del Gobierno, pero presidida por el presidente; era casi un Consejo de Ministros para estos temas, lo cual podría no ser muy eficiente. Hay que recordar también que la Ley 50/1997 del Gobierno, aprobada en noviembre de 1997, hacia a este más presidencial y más colegial, con comisiones delegadas del Gobierno que dejaban a las «comisiones interministeriales» en segundo plano, aunque esta CICYT presidencial mantenía un carácter singular.

En marzo de 1998, la CICYT se dotó de un organismo de apoyo, la Oficina de Ciencia y Tecnología (OCYT), que quedó adscrita directamente a Presidencia del Gobierno, y a la que se hizo responsable del Plan Nacional de I+D.

El III Plan Nacional de I+D (1996-1999), aprobado por el Gobierno de Felipe González, sería implementado por el nuevo Gobierno de Aznar; esta circunstancia de planes implementados por Gobiernos que no habían sido responsables de su aprobación se ha repetido en más ocasiones, lo que sugiere un escaso papel (más allá de la legitimación) de la planificación indicativa. El III Plan Nacional de I+D (1996-1999) ponía mayor énfasis en la cooperación entre la ciencia y la industria, y esa visión se consolidaba, de modo que la política de ciencia se orientaba hacia lo aplicado y hacia las empresas, aunque el Plan Nacional de I+D siguiese anclado administrativamente en el Ministerio de Educación y Cultura.

Lo cierto es que, primero desde Educación y luego desde la OCYT, se desarrolló un proceso de incorporación retórica de la innovación tecnológica a la política de ciencia y tecnología. Mientras, desde el Ministerio de Industria se impulsaba el Proyecto de Ley de Innovación Tecnológica, que incluía entre otras propuestas la mejora de la regulación de las desgravaciones en el impuesto de sociedades, que no llegó a tramitarse por el fin de la legislatura. De hecho, el *Libro blanco sobre la innovación* (Fundación Cotec, 1998) que servía de inspiración, ofrecía un enfoque integral de la política de innovación, integrando en ella las acciones de fomento de la I+D.

Al final del primer mandato de Aznar, por acuerdo del Consejo de Ministros de 12 noviembre de 1999, se aprobó el IV Plan Nacional de I+D (2000-2003) (Aldana, 1999), con el cambio de nombre y la inclusión en el título del mismo de la palabra «innovación» (I+D+i), algo que parecía desbordar lo establecido por la Ley de la Ciencia.

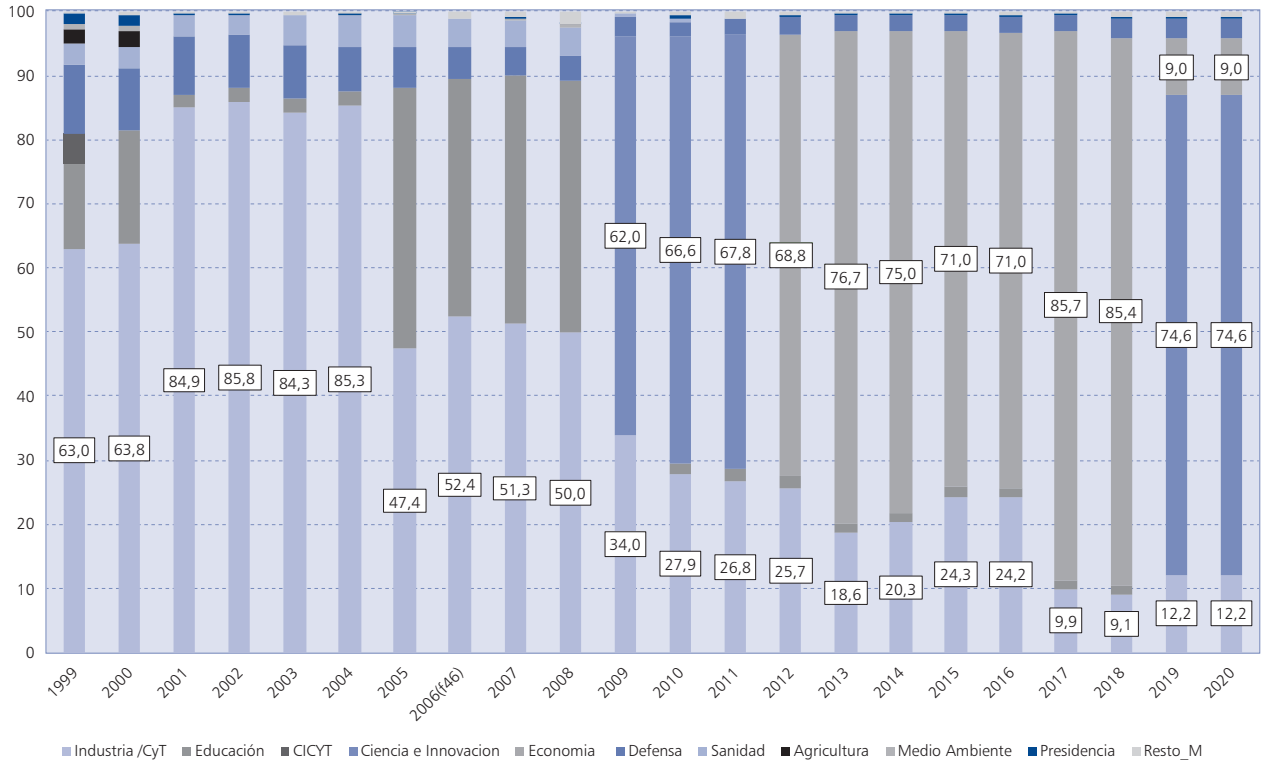
Al final de la década, el reparto presupuestario entre los ministerios (gráfico 3) señalaba que había dos ministerios principales (6): Industria y Educación, a la vez que en términos presupuestarios la CICYT tenía aún un papel relevante (y el denominado Fondo Nacional de I+D), por su responsabilidad sobre los fondos competitivos.

En marzo de 2000, las elecciones generales, y la mayoría absoluta del PP, inauguraron el segundo mandato de José María Aznar (abril 2000-abril 2004).

IV. VISIBILIDAD MINISTERIAL Y SUBORDINACIÓN DE LA POLÍTICA DE INNOVACIÓN: 2000-2009

El año 2000 representa una «coyuntura crítica» (Collier y Collier, 1991) para las políticas de ciencia y de innovación. La decisión, a comienzo del segundo mandato de Aznar, de la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT) suponía señalizar esta política como prioritaria y, además, reforzar el peso de la innovación y el papel de las empresas. Sin embargo, no fue una creación *ex novo,* sino la transformación del Ministerio de Industria, con estructuras asentadas y consolidadas, en el nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología; al mismo se incorporaron programas, actividades y unidades del Ministerio de Educación. La cesión de competencias y recursos no se hizo sin batalla por parte del Ministerio de Educación que, como responsable de las universidades, tenía interés en conservar la administración de esos recursos.

GRÁFICO 3
DISTRIBUCIÓN DE PRESUPUESTO DE I+D E INNOVACIÓN POR MINISTERIOS PRINCIPALES, 1999-2020
(En porcentaje)



Fuente: Presupuestos Generales del Estado.

Los años de integración político-administrativa de la ciencia y la innovación en la Secretaría de Estado de Política Científica y Tecnológica (SEPCT) en el MCYT se vieron acompañados, como consecuencia de la autoridad política única, de un intento de integración (en la mayoría de los casos retórica y *ex post*) de las políticas de innovación tecnológica en el Plan Nacional de I+D+i (Díaz y Cabezón, 2002); se mantuvo, sin embargo, la separación asentada en las diferentes unidades administrativas, y el foco en la subvención (o en los préstamos reembolsables) a las empresas (en realidad compitiendo con los programas del CDTI, también dependiente del ministerio). El Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT) (González Romero, 1999) que se había puesto en marcha por Orden Ministerial –MINER– de 7 de marzo de 2000, se consolidó integrándose nominalmente bajo el Plan Nacional de I+D+i (2000-2003), en el contexto del MICYT. Parecía volverse a los «felices ochenta», pero con un desplazamiento de la autoridad sobre la política hacia el lado de la industria.

Mientras que las actividades del PROFIT continuaban en su entorno natural, gestionar las políticas de ciencia con los patrones administrativos del Ministerio de Industria resultó un reto, y puso en evidencia el choque de las culturas de gestión (el Ministerio de Industria muy afectado por el marco comunitario de ayudas del Estado), además de una distinta orientación a los clientes.

La creación del MCYT generó importantes cambios en la gobernanza del sector público de I+D que perdurarían. Los más importantes derivados del traspaso de algunos organismos públicos de investigación (OPIS) al ámbito de tutela del MCYT. Ya estaban el CIEMAT y el IGME, llegaron el CSIC, el INIA y el IEO, y se creó una Secretaría General Política Científica, para tutelarlos y promover la coordinación. Se inició la estandarización del

ordenamiento administrativo de los OPI a través de la creación de un marco funcionarial común (escalas y movilidad teórica del personal). Con la justificación de la racionalización administrativa, se rompieron las relaciones de esos centros de I+D sectoriales (orientados por la misión) con sus ministerios de adscripción tradicional a los que habían servido durante décadas.

En este período también se produjeron algunas innovaciones en los instrumentos de la política de I+D como fue, en 2001, el programa Ramón y Cajal (Cruz-Castro y Sanz-Menéndez, 2005a) o la conversión de la acción IDE en el Programa Torres Quevedo (Cruz-Castro y Sanz-Menéndez. 2005b); mientras, la implementación y normalización del IV Plan Nacional de I+D+i (2000-2003) profundizaba la tendencia a convertir el Plan Nacional de I+D+i en un paraguas virtual de políticas diversas destinadas a clientes distintos (Díaz y Cabezón, 2002).

Con la concentración de recursos presupuestarios en un único ministerio (ver gráfico 3), se perdía también gran parte de la transversalidad de la política de I+D en otros ministerios. En los presupuestos para 1999, los Ministerios de Educación e Industria administraban respectivamente el 25 por 100 y el 30 por 100 de los créditos del PGE (cap. I-VII) y la CICYT más del 10 por 100. En 2001, primer año de presupuestos nuevos para el MCYT, este concentró casi el 70 por 100 del PGE (cap. I-VII) y más del 85 por 100 del total. Pero el cambio más radical se produjo porque otros ministerios (por ejemplo, Sanidad, Agricultura) perdieron su papel en la política de I+D.

El legado del MCYT, además de los nuevos programas, fue la concentración de los Organismos Públicos de Investigación (OPI). La concentración de los instrumentos y de los presupuestos (entonces función 54), se revirtió posteriormente, pero la pérdida de interés o el abandono de las políticas de I+D de otros ministerios se mantuvo, con excepción de la pugna entre Educación e Industria.

La concentración que pretendía la integración de las políticas de investigación e innovación no culminó de forma estable. Aunque el ministerio único como configuración institucional tenía el potencial de atenuar los conflictos distributivos típicos de este tipo de políticas (siempre que se estuviese en fase presupuestaria expansiva), sus cuatro años de existencia solo permiten constatar que fue una oportunidad perdida.

El MCYT estuvo afectado por la inestabilidad política: hubo tres ministros en una legislatura (Birulés, Piqué y Costa), dos secretarios de Estado de Política Científica y Tecnológica, tres secretarios generales de Políticas Científica y tres directores generales de Investigación; esto creó un contexto poco favorable a la consolidación de los cambios sustantivos en las políticas de investigación e innovación y, sobre todo, en las estructuras de gobernanza.

Al final del segundo mandato de Aznar también se aprobó, en el marco de ayudas de Estado definido por la UE y con un concepto más «administrativista», la Ley 38/2003 General de Subvenciones, que determinaría los procedimientos operativos de las políticas de innovación e investigación posteriores.

1. La configuración institucional importa: el primer Gobierno de Rodríguez Zapatero

A principios de marzo de 2004 el MCYT concentraba más del 85 por 100 del presupuesto de la función 54 (I+D) (y más del 70 por 100 del cap. I-VII), y se acababa de aprobar el V Plan Nacional de I+D+I (2004-2007) (Beltrán, 2003; León, 2003); pero la victoria de Rodríguez Zapatero en las elecciones de marzo de 2004, y el cumplimiento de la promesa electoral de suprimir este ministerio, hecha a los académicos, desplazó el péndulo al extremo contrario: dos ministerios responsables y compitiendo abiertamente.

A nivel de coordinación, se revirtieron las medidas del anterior Gobierno del PP, y la CICYT pasó al letargo. Además, otra vez, un Plan Nacional de I+D+i aprobado por un Gobierno (PP), se implementaría por otro (PSOE). En la nueva configuración institucional, los OPI quedaron integrados en el Ministerio de Educación y Ciencia, y el CDTI quedó en el área del Ministerio de Industria. En este período, de nuevo, se relanzaba la política industrial, otorgando a la innovación y al territorio un papel destacado (Trullén 2007). Los nuevos arreglos ministeriales dejaron las políticas de ciencia e innovación, aunque nominalmente integradas en el Plan Nacional de I+D+i, desarticuladas y separadas por clientes, con un modelo que se instaló y que ha perdurado.

Las actuaciones de las políticas de innovación, industrial, digitalización o de empresa que se agrupaban bajo el PROFIT, y se legitimaban como parte del

V Plan Nacional (2004-2007), seguían abiertamente líneas separadas en esta materia, y competían por recursos financieros dentro del Gobierno.

Fueron años de nuevos instrumentos en las políticas de innovación y de I+D para la empresa; por ejemplo, en PROFIT comenzaron a emerger iniciativas distintas, como los: *Profit Tractores* (PROFIT de desarrollo industrial) a lo largo de la cadena de valor. También se puso en marcha el Programa CENIT (Consorcios Estratégicos Nacionales de Investigación Técnica), instrumento diseñado en el contexto del programa denominado «INGENIO-2010» (junio 2005), y pensado para diferenciase de las políticas del Partido Popular (Plan Nacional 2004-2007). El CENIT visibilizó la movilización de recursos financieros adicionales de los que se disponía gracias la fase expansiva del ciclo económico y fue, en concepción y diseño, la operación más ambiciosa de política de innovación jamás ejecutada, para garantizar en los proyectos las relaciones entre las grandes empresas, las pymes y el sector científico, con las cadenas de producción de conocimiento y de valor como contexto. El problema fue que, a pesar de asignar más de mil millones de euros de presupuestos públicos desde su lanzamiento en 2006, solo duró hasta 2010 por la llegada de la crisis y los recortes presupuestarios; en todo caso, los resultados fueron extraordinarios (CDTI, 2015). Adicionalmente, INGENIO-2010 también tenía un componente de sociedad de la información potente: el programa @vanza.

La visión de la innovación que se consolidaba en España (y parcialmente en Europa) se centraba en la política de I+D destinada a las empresas y a la colaboración ciencia-industria, con una fuerte relación en el discurso con la política de investigación.

El ciclo económico había permitido al Gobierno, a partir de los presupuestos para 2005, potenciar significativamente la política de I+D, llegando a duplicarse –entre 2005 y 2008– el presupuesto de la nueva función 46.

En INGENIO 2010 también se incluyeron medidas destinadas a la investigación académica de excelencia, imitando las políticas de la UE (redes de excelencia), como el programa CONSOLIDER. Por añadidura, desde el Ministerio de Educación y Ciencia se abordaron reformas parciales en la Universidad (LOMLOU de 2007), y se puso en marcha un ejercicio de análisis de los instrumentos que se habían acumulado en el Plan Nacional de I+D (OCDE, 2007) y de preparación –por primera vez– de una visión estratégica a medio plazo: la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología (ENCYT) (Sanz-Menéndez, Cruz-Castro y Martínez, 2010).

La estabilidad política tampoco acompañó en el modelo dividido: dos ministras de Educación y dos ministros de Industria en una legislatura, además de dos secretarios de Estado de Universidades e Investigación, dos secretarios Generales de Política Científica y Tecnológica, etcétera.

2. El segundo mandato de Rodríguez Zapatero: ¿rectificar es de sabios?

Un nuevo cambio de estructuras ministeriales y delimitación de las competencias llegó en abril de 2008 con el segundo mandato de Rodríguez Zapatero. Se creó un nuevo Ministerio de Ciencia e Innovación (MICIN) que acumulaba, además de las políticas de ciencia e innovación y el CDTI, la política universitaria. Además, se incorporaba a la tutela del ministerio otro OPI (el ISCIII), junto a los que ya estaban (CSIC, CIEMAT, INIA, IEO, IGME).

A diferencia de la experiencia anterior, este nuevo ministerio nació de la nada, en tierra de nadie y con su presupuesto para 2008 atribuido a los ministerios de Educación y de Industria, justo unos meses antes del estallido de la mayor crisis financiera y económica de las últimas décadas.

En la definición de las competencias del MICIN se incluía «la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de universidades, investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en todos los sectores, así como la coordinación de los organismos públicos de investigación de titularidad estatal» (Real Decreto 432/2008); parecía la vuelta al ministerio único, ahora ampliado con las competencias en universidades; sin embargo, en el Ministerio de Industria se quedaban las de «desarrollo industrial (..) PYMES (..) y telecomunicaciones y sociedad de la información», muy próximas con las de innovación, e incluso la Empresa Nacional de Innovación (ENISA). Además, las relaciones entre los dos Ministerios no fueron fáciles (Lucena, 2013).

Cuando se estaba organizando la infraestructura administrativa del nuevo MICIN, llegó la crisis de Lehman Brothers. Ade-

más, en abril de 2009 se produjo una crisis ministerial fruto de la salida del ministro de Economía y Hacienda (Pedro Solbes), con reorganización de las competencias y devolución de la política de universidades al Ministerio de Educación, que pasó a ocupar el entonces presidente de la CRUE (Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas) y rector de la UAM, Ángel Gabilondo. En diciembre de 2009 se produjo la sustitución del titular de la Secretaría de Estado de Investigación, y se vislumbraron los primeros efectos de la crisis con la reducción de presupuestos y altos cargos.

Solo a finales de 2009 se definía en la estructura del MICIN una Secretaría General de Innovación que se ocuparía prioritariamente de la política de innovación y de la supervisión del CDTI. Pero a pesar de la definición formal de las competencias, el Ministerio de Industria parecía políticamente fuerte (como indicador añadir que tenía cuatro secretarías de estado en 2009) y técnicamente competente (Miguel Sebastián había sido jefe de la Oficina Económica de Presidencia); este ministerio proponía una visión de la política industrial con planes y actuaciones de desarrollo industrial y de apoyo a las empresas (para lo que tenía una Secretaría General de Industria, con una estructura y recursos históricos).

Lo ocurrido durante este Gobierno de Rodríguez Zapatero puede tomarse como ejemplo de que, a pesar de la atribución formal de las competencias sobre un ámbito (innovación tecnológica) a un solo ministerio (Ciencia e Innovación), lo cierto es que competencias colindantes (por ejemplo, desarrollo industrial, sociedad de la información, pymes y apoyo a las empresas u otras) permiten a otro ministerio (en este caso Industria), si tiene poder político, presupuesto, control regulatorio y capacidades, desarrollar efectivamente políticas de innovación en el contexto de sus políticas industriales o de empresa. Esta lección no se aprendió, puesto que la situación se ha repetido en los Gobiernos recientes del PSOE.

Otro de los problemas prácticos de crear ministerios *ex novo,* o de la nada, al poco de aprobar los presupuestos generales del Estado fue que, cuando se creó el MICIN, el presupuesto de I+D para 2008 estaba asignado o repartido entre los de Educación y de Industria, por lo que la gestión presupuestaria dependía de, y estaba subordinada a, los ministerios anteriores y se tuvo que hacer a distancia. Los PGE para 2008 (aprobados con dos ministerios responsables) significaron el mayor presupuesto de I+D (y de innovación) de la historia, tanto globalmente como excluyendo los capítulos financieros (Capítulo VIII y IX), y concentraban entre los dos ministerios casi el 80 por 100 del cap. I-VII y casi el 90 por 100 del total.

Pero el entorno cambia y, a pesar de que la existencia del MICIN favoreció la visibilidad de las políticas de investigación e innovación, le correspondió la ingrata tarea de iniciar la política de recortes en los presupuestos para 2009, y de consolidarla en los de 2010 y 2011, aunque siempre maquillados con un expansivo capítulo VIII (que luego no se ejecutaba); unos recortes cuyos efectos solo se verían años después, por ejemplo, con la crisis presupuestaria en el CSIC en 2012 y 2013.

V. LA GRAN DEPRESIÓN: PROPUESTAS DE POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN UN MAL MOMENTO

La gestión de las universidades por parte del MICIN –mientras la tuvo– y su gestión de la política de ciencia no han sido bien calificadas, al menos según se deduce de las críticas de actores como la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) o la CRUE. En materia de innovación, tras la creación en junio de 2009 de la Secretaría General de Innovación, el ministerio intentó ser más activo, y propuso un esquema de diferenciación entre la política de innovación y la de I+D.

Se aprobó el Plan Nacional de I+D+i (2009-2012) y, en 2010, una Estrategia Estatal de Innovación (E2I) (2010-2015) como primer paso de una idea: dos políticas y un único ministerio. La E2I (Arana 2011) es una muestra de objetivos «disparatados e inalcanzables», ignorancia del contexto presupuestario del Estado, y carencia de ideas pegadas al terreno (Lucena, 2013).

La propuesta de las dos políticas quedó institucionalizada en la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación que definía un Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y otro Plan Estatal de Innovación (art. 42 y 43), en el contexto de las Estrategias de Ciencia y tecnología y de Innovación (ambas definidas a ocho años). El problema fue que, en tiempos de escasez presupuestaria, los actores académicos in-

terpretaron este paso como un movimiento de transferencia de los fondos presupuestarios desde la academia a las empresas, y empezaron a surgir problemas y resistencia.

La Ley, que se aprobó casi por unanimidad, pasaba a tener 47 artículos y múltiples disposiciones transitorias, finales y adicionales hasta llegar a las 68 páginas del BOE, frente a los 19 artículos de la Ley 13/1986. Sustituía la focalización y la sencillez por un enfoque ómnibus, que consolidaba la dualidad entre ciencia e innovación (eso sí, pretendidamente en el mismo ministerio), e integraba la ciencia y la innovación en la maquinaria burocrática de la Administración General de Estado.

La Ley 14/2011 ha sido criticada por ser una ley extremadamente reglamentista y focalizada en el sistema de gestión pública de la investigación, por consolidar la burocratización creciente de la ciencia, y por no resolver los problemas estructurales; no era una ley que gestionase las singularidades de la ciencia y la innovación, sino de estandarización de esta política.

Las nuevas estrategias y planes de innovación requeridos por la Ley no llegaron a ponerse en marcha, por la agudización de la crisis financiera y presupuestaria, que implicaba una capacidad de planificación limitada.

En el mismo campo de la innovación y la empresa, el Ministerio de Industria había promovido con anterioridad la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (2 de marzo), que incluía un apartado entero sobre ciencia e innovación y, específicamente, sobre la promoción de las relaciones ciencia e industria, y la facilitación de la innovación tecnológica, incluyendo el reconocimiento de mecanismos como la compra pública innovadora, o la promoción de las *start ups* o *spin offs*. Este mismo ministerio había puesto en marcha un ambicioso Plan Integral de Política Industrial 2020 (PIN-2020) (MICYT, 2010) que definía una estrategia general sobre cinco ejes, uno de los cuales era la I+D y la innovación, y que se había fraguado en la «Comisión Interministerial de Política Industrial».

Resulta curioso que, aunque las leyes sean propuestas de los Gobiernos, las medidas más interesantes de lo que podría llamarse política de innovación de esos años parece que fuesen más el resultado de la iniciativa política del Ministerio de Industria (y de Economía), que del MICIN que tenía «oficialmente» todas las competencias; sin embargo, la coyuntura de aprobación, las prisas y la falta de colaboración interministerial contribuyeron a que, en gran parte, muchas medidas de política de innovación quedasen en «papel mojado» (Lucena, 2013).

Desde 2008, frente a su encaje histórico en el Ministerio de Industria, el CDTI quedó incorporado a la órbita del Ministerio de Ciencia (o sus sucesores), convirtiéndose *de facto* en el organismo de la política de innovación.

En el terreno de los instrumentos de política del MICIN hubo innovaciones relevantes, casi siempre relacionadas con la política de investigación; algunas perduraron, por ejemplo, el Programa de Centros de Excelencia Severo Ochoa, puesto en marcha en 2010; frente a otras de política de innovación, como el CENIT, que lamentablemente desaparecieron. La crisis económica y presupuestaria situó las prioridades en otro ámbito, la política de contención del gasto, que afectó gravemente a las políticas de I+D e innovación (Cruz-Castro y Sanz-Menéndez, 2016), en un contexto en que los problemas de implementación se hicieron más agudos.

Haciendo balance de la gobernanza de la ciencia y la innovación en esos años, más allá del intento fracasado de diferenciación de planes, se podría hablar de una victoria simbólica o retórica de la política de investigación, que se confunde y absorbe a la de innovación bajo su manto; a ello contribuyeron los efectos legitimadores de la política europea y, sobre todo, la visión de los actores académicos que conciben la política de I+D como parte de la financiación del sector público, y un cierto desinterés de los sectores empresariales que se relacionan con el CDTI.

En perspectiva, la segunda legislatura de Rodríguez Zapatero ofreció un Ministerio de Ciencia e Innovación unificado y concentrando competencias y presupuestos de I+D e innovación a niveles nunca vistos, y controlando la agencia especializada más visible (CDTI). A la vez, un Ministerio de Industria comprometido con la conexión entre la innovación tecnológica con las políticas industriales y llevando adelante políticas de innovación «informales». Por último, esa legislatura abrió el camino de los recortes presupuestarios en estas políticas, y aunque reconstruyó el marco normativo y reconoció un espacio propio a la política de innovación, la realidad fue otra. Como muestra, entre 2007 y

2014, la financiación pública del gasto privado en I+D se redujo a la mitad en valores absolutos, pasando de representar un 16,3 por 100 a un 9,7 por 100 del gasto empresarial en I+D.

A pesar del crecimiento presupuestario inicial, los procesos de inestabilidad política y ministerial, incluyendo el reparto competencial y su implementación, no ayudaron, sino que desviaron la senda de articulación, abierta en 2000 con el Ministerio de Ciencia y Tecnología, entre la política de I+D y la política industrial, la base histórica de las políticas de innovación. Esto ocurrió por dos razones: Primero, por la decisión de 2004 de separar las competencias en un momento de enorme crecimiento presupuestario. Y después, en 2008, por el experimento de concentración de recursos y competencias formales de I+D e innovación en un Ministerio de Ciencia e Innovación, mientras que las actividades del Ministerio de Industria competían en la conceptualización de la política de innovación, dejando hitos legislativos –no completamente implementados– como fue la Ley 2/2011.

1. Las cosas pueden empeorar

En diciembre de 2011, en una situación crítica por el déficit de las administraciones públicas y los problemas de endeudamiento para financiarlo, el PP llegó al Gobierno, y se inició el primer mandato de Mariano Rajoy (diciembre 2011-diciembre de 2015).

Aunque los recortes y la inejecución presupuestarios habían comenzado tres años antes, las estadísticas oficiales aún no los reflejaban, por el efecto retrasado. Unos días antes del cambio de Gobierno se presentaban los datos de 2010, y se batía otro récord en el nivel de gasto de I+D sobre el PIB (1,35 por 100 del PIB); sin embargo, el frenazo en el gasto en I+D de las empresas, y del gasto en innovación, ya se había producido en 2008, anticipando la tendencia. Mientras en Europa se estaba produciendo el salto a favor de la idea de innovación, en España (y algunos otros países) solo había una política: austeridad y control del gasto público.

Con la reducción radical de ministerios, el Ministerio de Ciencia e Innovación se transformó en una Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación (SEIDI) y quedó adscrita al Ministerio de Economía y Competitividad. Las políticas de digitalización, industrial y de pymes quedaron en el Ministerio de Industria; ahora eran dos ministerios del área económica los responsables de las políticas de I+D e innovación, formal e informales.

Este nuevo encaje institucional podía suponer una nueva oportunidad para la política de innovación, vinculada esta vez a la política económica y de apoyo a la empresa; sin embargo, otros asuntos tuvieron más prioridad en la agenda durante la primera parte de la legislatura. Las medidas de ajuste, contención y control del gasto que se tomaron a partir de enero de 2012 acentuaron las tendencias existentes (Cruz-Castro y Sanz-Menéndez, 2016) y lo que se podría denominar una paralización de las políticas de innovación.

En 2013 se aprobó la nueva Estrategia Española de Ciencia Tecnología e Innovación 2013-2020, e inmediatamente el Plan Estatal de I+D+i (2013-2016), dejando sin efecto la previsión de dos estrategias y dos planes.

En 2013, el Ministerio de Economía y Competitividad (SEIDI) (gráfico 3) concentraba casi el 80 por 100 del presupuesto de I+D e innovación, en un momento de presupuestos decrecientes. De hecho, la política del Gobierno del Rajoy solo comenzó a ser ligeramente expansiva en términos presupuestarios en la última fase de la primera legislatura. También, coincidiendo con el final de la misma, se aprobó la puesta en marcha de la Agencia Estatal de Investigación (AEI) como entidad autónoma dedicada a la financiación de la I+D académica –lo que ha tranquilizado a los académicos sobre el destino del presupuesto–. De ese modo se complementaban las tareas del CDTI, dirigidas a las empresas, que en la práctica ha devenido más un banco público de financiación de proyectos empresariales, vinculados a la I+D y la tecnología, que una agencia de promoción de la innovación.

La integración y la influencia de la UE en estos años aumentó de forma significativa, no solo por la situación de España dentro del procedimiento de déficit excesivo, sino también por el efecto de la puesta en marcha del «semestre europeo», y la revisión y evaluación por los pares del ERAC de las políticas de investigación e innovación (ERAC, 2014), cubriendo la falta de evaluaciones de las políticas españolas.

Las elecciones de diciembre de 2015, y su repetición en junio de 2016, llevaron a un período de estancamiento (y prórroga

presupuestaria de los PGE para 2015) de casi un año, hasta que en octubre de 2016 se constituyó el nuevo Gobierno de Rajoy y poco después, en noviembre, se redefinió el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, incluyendo las competencias en materia de industria (y pymes). Esto, en teoría, pudo abrir la puerta a una mayor integración de las políticas industriales, de empresa y de innovación, sin embargo, el Gobierno minoritario, y las prórrogas sistemáticas de los PGE, junto con la dificultad de su aprobación, marcaron decisivamente los acontecimientos (incluyendo la salida del Ministro de Economía De Guindos a principios de 2018), hasta mayo de 2018, cuando se produjo la moción de censura y el cambio de Gobierno en mitad de la legislatura parlamentaria.

El Plan Estatal de I+D+I (2017-2020) se acababa de aprobar por el Gobierno del PP, que no sería el responsable de su ejecución. En esta ocasión, además, los presupuestos generales del Estado para 2018 se habían aprobado unos días antes de la moción de censura.

2. La importancia del discurso y de las formas más que de la sustancia

En junio de 2018, con la llegada de Pedro Sánchez al Gobierno, la SEIDI, a la que se añadió la competencia en universidades, se transformó en Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU); parecía una vuelta al modelo inicial de 2008, con los mismos problemas que conlleva crear un ministerio de la nada. De nuevo se puso de manifiesto la influencia de los juegos políticos (*politics*) en la configuración institucional de las competencias sobre las políticas (*policies*), y las consecuencias no calculadas de esas decisiones en el desempeño de las mismas.

La nueva coyuntura política, con un Gobierno minoritario, un parlamento dividido y coaliciones inestables, impidió que el nuevo MICIU, con competencias formales en todas las políticas relacionadas, se concentrase en las reformas pendientes o en el relanzamiento de las mismas, más allá de algunas reformas nominativas sobre el sector público de I+D (OPIS) y la organización y consolidación de la AEI.

La estructura del ministerio era atípica. Una Secretaría de Estado con las mismas competencias que el conjunto del ministerio y dos secretarías generales (ninguna de innovación y con estos temas asignados a una dirección general de I+D+i y delegados, *de facto*, en el CDTI). De nuevo, el área de innovación en el diseño del ministerio quedó marginada con relación a las de Investigación y Universidades.

Además, con unos presupuestos para 2018 y gestionados a distancia desde el Ministerio de Economía, no parecía haber mucho margen de actuación. De hecho, tras las elecciones generales de abril de 2019, un nuevo período de gobierno en funciones y la inestabilidad política culminarían en la segunda repetición de las elecciones en noviembre de 2019. Estos últimos años se han caracterizado por una cierta falta de iniciativa, especialmente visible en el ámbito de la política de innovación, que se ha limitado a la actividad financiadora del CDTI.

La crisis generada por la pandemia en 2020, tras la formación del Gobierno de coalición, y el inicio del segundo mandato de Pedro Sánchez, ha creado una situación de profunda incertidumbre que no ha hecho más que ahondar la dinámica. Aunque en esta reconfiguración ministerial se creó una Secretaría General de Innovación (febrero de 2020), de la que depende el CDTI, no se puede hablar de ningún cambio significativo, más allá de la separación de las competencias sobre las universidades en otro ministerio.

Se aprobaron, eso sí, la nueva Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación (2021-2027) y más recientemente el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación (2021-2023), con una aproximación continuista y destinada, sobre todo, a encauzar los esperados fondos europeos de recuperación.

De hecho, lo más destacable de estos últimos años ha sido la creciente subordinación de las políticas de I+D e innovación a la política europea, en un contexto de creciente dependencia financiera (Cruz-Castro y Sanz-Menéndez, 2021), y el papel simbólico de la innovación en el Ministerio de Ciencia e Innovación, que se hace más efectiva de modo informal en el Ministerio de Industria, o en otros ministerios como Economía y Agenda Digital o Transición Ecológica.

VI. BALANCE Y CONCLUSIONES PROVISIONALES

De acuerdo con los resultados actuales en materia de innovación, no puede afirmarse que las políticas de innovación de

los últimos treinta y cinco años hayan supuesto un éxito, con la excepción del programa CENIT. En este artículo se han sugerido algunas explicaciones plausibles: la subordinación de la política de innovación a la de I+D, guiada por el modelo lineal; la inestabilidad de las configuraciones institucionales y ministeriales; los cambios y la discontinuidad bajo el mismo partido de gobierno; la lucha continua por las competencias oficiales (el territorio) y el descuido de la transversalidad de la innovación como eje de otras políticas sectoriales a las que se negaba el derecho a incluir la innovación; las leyes, planes y programas concebidos burocráticamente, reglamentistas y sin objetivos e instrumentación adecuada. Sin duda, otros factores han contado, pero la idea esencial es la baja calidad de las instituciones a cargo: el acierto en las configuraciones ministeriales es necesario para, si quiera, tener una oportunidad de éxito.

La historia dibuja una trayectoria que se inicia con un esquema gubernamental y de las políticas que orientaba la política de innovación (fundamentalmente tecnológica) hacia las empresas, en el marco general de la política industrial. A pesar de que esta concepción estrecha de la innovación ligada esencialmente a la tecnología ha sido matizada recientemente (Mulet, 2021), lo cierto es que la configuración institucional de los ochenta, de separación ministerial coordinada entre la política de I+D y la de innovación, fue equilibrada. En los noventa, la separación se convirtió en división y se perdió la coordinación interministerial, lo que favoreció una dinámica de ocupación del espacio de la innovación tecnológica por parte de la política de I+D.

Ya en este siglo, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, construido sobre la estructura institucional de Industria, fue una oportunidad perdida para que la innovación se convirtiese en el marco global en el que integrar la política de I+D y no en una parte de la misma; en este resultado, el papel de los actores académicos no fue menor. En su lugar, se acabó definitivamente con la transversalidad de la política de I+D, con la separación de los OPI sectoriales de sus ministerios. El movimiento pendular de la política de ciencia e innovación desde la separación a la integración y viceversa continuó con la vuelta al reparto entre Educación e Industria de sus respectivas clientelas, agencias financiadoras e instrumentos. En esos años destacó muy positivamente el programa CENIT, quizá la iniciativa más ambiciosa y exitosa en el terreno de la política de innovación.

Podría decirse que la política de innovación ha tenido más oportunidades cuando la configuración institucional la ha separado formalmente de la órbita de la ciencia. Por el contrario, cuando ha habido integración del dominio de la política (I+D más i), en general, se han acrecentado los conflictos distributivos entre destinatarios, con una tendencia por parte de las empresas (7) a abandonar dicho espacio, y presionar a favor de vías más flexibles al apoyo a la innovación como son las desgravaciones fiscales.

De hecho, los períodos de ministerio único, incluso sin comparar los presupuestos, se han saldado con un balance negativo para la política de innovación, que se desatiende y resurge en otras áreas gubernamentales, sin alcanzar la transversalidad. En el caso del MCYT, por la pérdida de la transversalidad, y en el caso del MICIN, a pesar de una visión que diferenciaba estrategias y planes, y dotaba de cierta autonomía a la política de innovación, por la coyuntura económica que profundizó la dependencia de la ciencia académica de los recursos públicos, y a la cual quedó subordinada en la práctica todo lo demás. Aunque sin rango ministerial, la SEIDI en Economía adoleció de los mismos problemas del espacio compartido, en un contexto de crisis. La política del actual Ministerio de Ciencia e Innovación y su situación organizativa no contradice, de momento, este argumento.

La innovación (que es transversal y desde la visión general de la economía) no ha tenido en España buenos valedores y cuando se la ha defendido se ha hecho con el modelo de las «subvenciones directas a empresas», no con la idea de eliminar los obstáculos y mejorar los incentivos, promover la compra pública innovadora, o mejorar el uso de las desgravaciones fiscales.

Con todo, el CDTI, como organismo, ha sido un espacio protegido de la política pública hacia las empresas en el ámbito de la tecnología y la innovación, a lo cual ha contribuido su estrategia de implicación en la gestión del programa marco; sin embargo, en su capacidad de influir en los resultados generales de innovación, el CDTI, que desde 2008 ha sido el responsable *de facto* de esta política, no ha logrado grandes avances. Menos visible en todos estos años ha sido ENISA, la Empresa Nacional de Innovación, que hace casi lo mismo que el CDTI

a menor escala (prestar recursos públicos, bajo formato participativo), y que sigue dependiendo de Industria.

Si pensamos en el esquema clásico de análisis de políticas públicas que contrapone ideas, instituciones e intereses (Sanz-Menéndez, 1997a), el análisis llevado a cabo pone de manifiesto que sería erróneo sobreestimar el papel de los Gobiernos y los decisores públicos, sus preferencias y sus ideas. Aunque la orientación hacia las empresas ha sido mayor en los Gobiernos del PP que en los del PSOE, sin embargo, los actores del sector, en una política distributiva como esta, y su diferente «dependencia» de recursos e instituciones públicas importan sobremanera. La idea de la innovación solo mueve los intereses de las empresas parcialmente; otras políticas claves (en manos de Economía y Hacienda o de Industria) los movilizan con más intensidad; mientras la I+D mueve completamente los intereses de otros actores (públicos), que tienen pocas alternativas, las empresas (que ya de por sí en España no tienen una gran orientación a la innovación y a la I+D) tienen opciones financieras para obtener ayudas y recursos en forma de préstamos, y pueden elegir presionar en otras líneas (por ejemplo, desgravaciones fiscales) que dependen de otros ministerios.

En el terreno de las estructuras organizativas y las instituciones, la historia demuestra que crear estructuras ministeriales no produce efectos inmediatos en las políticas y, sin duda, no siempre los efectos deseados. Aunque la integración de las políticas en este ámbito en un solo ministerio lleva a la concentración de competencias formales y de recursos presupuestarios, la inercia institucional y, especialmente, el marco de implementación, es profunda. No puede olvidarse que el sustrato administrativo dentro del Gobierno para las relaciones con las empresas ha estado tradicionalmente en el área económica de los Gobiernos (Economía e Industria), y que las empresas han desarrollado estrategias estables a lo largo del tiempo, aunque en general poco visibles comparadas con la influencia «mediática» de las políticas de ciencia y tecnología.

Además de los intereses y las instituciones, el análisis revela que factores externos como la coyuntura económica y otro tipo de crisis limitan fuertemente la capacidad de los Gobiernos de llevar a cabo sus preferencias, aunque en este ámbito, estas no se han caracterizado por su nitidez.

Tras tantos años de luchas por el nominalismo y las competencias formales por «las políticas de innovación en todos los sectores» acaso ha llegado el tiempo del realismo y la coordinación efectiva de las acciones y políticas de innovación de todos los ministerios, pero para eso quizá se debe acabar primero con la subordinación competencial de la política de innovación a la política de I+D. Tal vez es hora de cambiar las palabras y las asignaciones oficiales para que se adapten a la realidad, y evitar que la realidad de las políticas de innovación aplicadas en diferentes campos por otros ministerios (Industria y pymes en Industria; Transición y Energía en el Ministerio de Transición Ecológica; Farmacéutica en Sanidad; o Digitalización en Economía) quede oculta en los repartos competenciales oficiales.

NOTAS

(1) La falacia sobre el buen estado de la investigación académica (la ciencia) se consolidó en torno a 2008, cuando los responsables del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICIN), ante las reducciones de los presupuestos iniciadas en el PGE para 2009, insistían en los grandes logros de la ciencia española, incluido el argumento de que éramos la séptima potencia científica mundial; esas posiciones quedaron en los documentos del MICIN y se intuyen en el preámbulo de la Ley 14/2011. Este argumento sobre el buen estado de la ciencia se utilizó en las batallas políticas por la agenda, la atención y los presupuestos, y para promover la política de innovación (o el apoyo y subvención directa a las empresas), en los tiempos de creciente escasez que comenzaron en 2009. Esto último, cuando había un ministerio único, fue percibido siempre como una amenaza por la comunidad académica, más en tiempos de recesión.

(2) Bien es verdad que la política de investigación e innovación de la UE, de momento, tampoco parece haber alcanzado los efectos que se deseaban, dada la débil posición de Europa en la innovación mundial, pero al menos en la Comisión Europea se analizan sus resultados y se redefinen sus objetivos.

(3) Incluso se podrían descontar los efectos de la posible asociación por las empresas entre innovación e I+D, derivados de la ejecución conjunta de ambas estadísticas por el INE, en la infravaloración del dato de innovación.

(4) Recordemos también que este proceso de reconocimiento y propuesta de medición de la innovación culminó, en 1992, con el denominado Manual de Oslo de la OCDE.

(5) Ahora que tenemos perspectiva para valorar las soluciones institucionales posibles, podemos decir que la Ley de 1986 fue una pieza maestra de construcción institucional de la gobernanza de las políticas de I+D, por su sencillez, claridad y capacidad de crear un espacio protegido y razonablemente coordinado dentro de las administraciones públicas.

(6) A lo largo del artículo nos referimos a los ministerios con su denominación básica (por ejemplo, Educación o Industria), más allá de la denominación oficial en cada momento.

(7) También han promovido el desarrollo de «instituciones» centradas en la idea de «innovación» como fue –históricamente– la fundación COTEC en las décadas de los 90 y 2000.

BIBLIOGRAFÍA

Aldana, F. (1999). Un nuevo impulso al sistema español de ciencia-tecnología-empresa. El plan nacional de I+D+I para el período 2000-2003. *Economía Industrial*, 327, pp. 25-30..

Arana, L. (2011). La estrategia estatal de innovación, e2i. El compromiso para acelerar el cambio de modelo económico. *Papeles de Economía Española*, 127, pp. 13-28.

Arregui, J. (2020). Europeanization of Political Structures and Public Policies. En D. Muro e I. Lago (eds.), *The Oxford Handbook of Spanish Politics*, pp. 131-150. Oxford University Press.

Barajas, A., Huergo, E. y Moreno, L. (2015). La innovación: Ahora más que nunca. *Funcas*, 144, pp. 139-153.

Beltrán, A. (2003). El Plan Nacional de I+D+I, coordinador e impulsor del Sistema Español Ciencia-Tecnología-Empresa. *Economia Industrial*, 357(VI), pp. 11-24.

Bonaccorsi, A. (2007). Explaining poor performance of European science: Institutions versus policies. *Science and Public Policy*, 34(5), pp. 303-316.

Callejón, M. R. y García, J. (2011). Nuevas tendencias en las políticas de innovación. *Papeles de Economía Española*, 127, pp. 176-192.

Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) (2015). *Análisis de los resultados e impacto de los proyectos CDTI finalizados en 2012-2014. Cuadernos CDTi de Innovación Tecnológica,* n.º 13.

Collier, R. B. y Collier, D. (1991). *Shaping the Political.* Princeton University Press.

Cruz-Castro, L. y Sanz-Menéndez, L. (2005a). The employment of PhDs in firms: Trajectories, mobility and innovation. *Research Evaluation*, 14(1), pp. 57-69.

Cruz-Castro, L. y Sanz-Menéndez, L. (2005b). Bringing science and technology human resources back in: The Spanish Ramón y Cajal programme. *Science and Public Policy*, 32(1), pp. 39-53.

Cruz-Castro, L. y Sanz-Menéndez, L. (2016). The effects of the economic crisis on public research: Spanish budgetary policies and research organizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 113, Part B, pp. 157-167.

De la Dehesa, G. (1979). La política industrial frente a la crisis. *Papeles de Economía Española*, 1, pp. 208-218.

Díaz, V. y Cabezón, T. (2002). Una aproximación al sistema español de ciencia-tecnología-empresa. *Economía Industrial*, 346, pp. 185-196.

Dorado, R., Rojo, J. M., Triana, E. S. y Martínez, F. (eds.). (1991). *Ciencia, tecnología e industria en España: Situación y perspectivas*. Fundesco.

ERAC. (2014). *ERAC Peer Review of the Spanish Research and Innovation System | RIO – H2020 PSF*.

Espina Montero, A. (1992). Diez años de política industrial. *Leviatán: Revista de hechos e ideas*, 50, pp. 39-64.

Fariñas, J. C. y Fernández, J. (eds.) (2014). *La empresa española ante la crisis del modelo productivo.* Fundación BBVA.

Fariñas, J. C. y Huergo, E. (2017). ¿Qué política de innovación para España? Un debate. *FEDEA Policy Paper*, 2017/05.

Fanjul, O. y Maravall, F. (1980). Política industrial, competencia y crecimiento: algunas reflexiones sobre el caso español. *Economía Industrial*, 197, pp. 38-46.

Freeman, C. y Soete, L. (1983). Cambio tecnológico y políticas de ajuste. *Papeles de Economía Española*, 15, pp. 386-395.

Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica (1998). *El Sistema Español de Innovación: diagnósticos y recomendaciones. Libro Blanco*. COTEC.

Godin, B. (2008). *Innovation: The history of a category* (Monographie n.º 1; Issue 1). Institut national de la recherche scientifique, Centre Urbanisation Culture Société. http://espace.inrs.ca/id/eprint/10023/

González Romero, A. (1999). Bases de la nueva política industrial y tecnológica española. Instrumentos de fomento. *Economía Industrial*, 327, pp. 11-24..

Hall, P. A. (1986). *Governing the Economy: The Politics of State Intervention in Britain and France*. Oxford University Press.

Heijs, J., Buesa, M., Vergara, D. M., Gutiérrez, C., Arenas, G. y Guerrero, A. J. (2020). *Innovación, crecimiento y competitividad: el papel de la política tecnológica en España* (Vol. 1, Estudios de la Fundacion 94).

Hood, C. (1983). *Tools of Government.* MacMillan Press.

Huergo Orejas, E.y Rojas Pizarro, F. (2014). Evaluación de políticas públicas de apoyo a la I+D+i empresarial. En J. C. Fariñas García y J. Fernández de Guevara (eds.), *La empresa española ante la crisis del modelo productivo*, pp. 247-276. Fundación BBVA.

Landabaso, M. (2000). Las nuevas políticas regionales de promoción de la innovación en la Unión Europea. *Economía industrial*, 335, pp. 51-66.

Lasswell, H. D. (1936). *Politics: Who Gets: What, When and How*. McGraw-Hill Books.

León, G. (2003). El papel del plan nacional de I+D+I en la evolución del Sistema Español de Ciencia-Tecnología-Empresa. *Economía Industrial*, 349-350(I/II), pp. 83-101.

Lucena, M. (2013). *En busca de la pócima mágica. Las políticas industriales y de innovación que funcionan… Y las que no.* Antoni Bosch Editor.

Maravall, F. (1987). *Economía y Política Industrial en España*. Pirámide.

Martín, C. y Rodríguez Romero, L. (1979). Sugerencias para una nueva política tecnológica. *Papeles de Economía Española*, 1, pp. 219-226.

Martín, C. y Rodríguez Romero, L. (1983). La política tecnologica, una vía de ajuste positiva a la crisis. *Papeles de Economía Española*, 15, pp. 336-351.

Mazzucato, M. (2014). *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths* (Revised edition). Anthem Press.

Ministerio de Industria y Energía (1995). *Libro blanco de la industria: una política industrial para España*. Ministerio de Industria y Energía.

MITYC_Secretaría General de Industria (2010). *Plan Integral de Política Industrial 2020 (PIN-2020)*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Mimeo.

Mulet, J. (2011). Un diagnóstico del estado de la innovación en España. *Papeles de Economía Española*, 127, pp. 2-12.

Mulet, J. (2016). Política de Innovación para España. Necesidades y condicionantes. *FEDEA Policy Paper* 2016/12.

Mulet, J. (2021). La política de innovación, un nuevo centro de la política industrial. *ICE, Revista de Economía*, 919, Article 919.

Muñoz, E. y Ornia, F. (eds.) (1986). *Ciencia y tecnología: una oportunidad para España*. Ministerio de Educación y Ciencia.

Myro, R. (ed.) (2016). *Una nueva política industrial para España*. Consejo Económico y Social de España.

Myro, R. (2018). La apuesta por la industria y la política industrial. En E. Huerta y M. J. Moral (eds.), *Innovación y competitividad: desafíos para la industria española*, pp. 117-142. Madrid: Funcas.

OCDE. (2007). *R&D and innovation in Spain: Improving the tools*. OECD. FECYT.

Petitbo i Juan, A. y González Romero, A. (1993). Política industrial y competitividad. *Papeles de Economía Española*, 56, pp. 295-318.

Pierson, P. (2004). *Politics in Time*. Princeton University Press.

Piqué, J. (1999). La nueva política de fomento de la innovación del MINER. *Papeles de Economía Española*, 81, pp. 276-283.

Pressman, J. L. y Wildavsky, A. (1984). *Implementation* (3rd expanded ed. [1st 1973]). Univ of California Press.

Rodríguez-Navarro, A. (2021). La evaluación de la investigación: España suspende. *Revista Española de Física*, 35(2), Article 2.

Sanz Menéndez, L. (1997a). *Estado, ciencia y tecnología en España (1939-1997)*. Madrid: Alianza Editorial.

Sanz Menéndez, L. (1997b). Aznar, presidente de la CICYT. *El País*, 15 de enero de 1997.

Sanz Menéndez, L. (2001). ¿Por qué cambian las políticas? La política europea de investigación y desarrollo tecnológico. *Revista Española de Ciencia Política*, 4, pp. 97-121.

Sanz Menéndez, L. y Cruz-Castro, L. (eds.) (2010). *Análisis sobre ciencia e innovación en España*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. FECYT.

Sanz-Menéndez, L. y Cruz-Castro, L. (2017). La investigación en España: las actitudes de empresas, Gobiernos y ciudadanos. *El Observatorio Social. Fundación «La Caixa» Dossier «Investigación e innovación: ¿qué nos jugamos?»* https://observatoriosociallacaixa.org/-/la-investigacion-en-espana-las-actitudes-de-empresas-gobiernos-y-ciudadan-1

Sanz Menéndez, L., Cruz-Castro, L. y Martínez, C. (2010). Estabilidad y cambio en las políticas de ciencia, tecnologia e innovación. En C. Bazdresch Parada y L. Meza González (eds.), *La tecnología y la innovación como motores del crecimiento de México,* pp. 315-374. FCE.

Scheiffler, M. (2016). Política de innovación. En R. Myro (ed.), *Una nueva política industrial para España,* pp. 53-73. Consejo Económico y Social de España.

Teubal, M. (1987). *Innovation Performance, Learning, and Government Policy: Selected Essays.* University of Wisconsin Press.

Triana, E. (1991). El sistema de promoción tecnológica. En R. Dorado, J. M. Rojo, E. Triana y F. Martínez (eds.), *Ciencia, tecnología e industria en España: situación y perspectivas,* pp, 125-186. Fundesco.

Trullen, J. (2007). La nueva política industrial española: innovación, economías externas y productividad. *Economía industrial*, 363, pp. 17-31.

FACTORES CULTURALES DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Miguel Á. QUINTANILLA FISAC
Instituto ECYT - Universidad de Salamanca

Resumen

Hay muy diferentes tipos de innovación y muy diferentes perspectivas desde las que se puede hablar de la innovación. En este artículo hablamos de la innovación tecnológica, para analizar cómo la capacidad y la intensidad de las innovaciones tecnológicas, en distintos tipos de sistemas sociales, pueden verse afectadas por factores culturales. Para ello, proponemos un modelo de análisis de la cultura científica y tecnológica, y presentamos algunos de los resultados más relevantes que hemos obtenido, aplicándolo a la interpretación de datos extraídos de diferentes fuentes (encuestas de percepción de la ciencia y análisis de contenido de manuales escolares). Comenzamos definiendo los conceptos que se usan en nuestro modelo, en concreto los de innovación, cultura, tecnología, y cultura tecnológica.

Palabras clave: innovación, tecnología, cultura, cultura científica.

Abstract

There are very different types of innovation and very different perspectives from which you can talk about innovation. In this article we write about technological innovation, to analyze how the capacity and intensity of technological innovations, in different types of social systems, can be affected by cultural factors. To do this, we propose a model of analysis of scientific and technological culture, and we present some of the most relevant results we have obtained applying it to the interpretation of data extracted from different sources (surveys of perception of science and analysis of content of school textbooks). We begin by defining the concepts that are used in our model, specifically those of innovation, culture, technology, and technological culture.

Keywords: innovation, technology, culture, technological culture.

JEL classification: O31.

I. LA INNOVACIÓN COMO PROCESO SOCIAL

EL término innovación se utiliza en contextos de políticas científico-tecnológicas y de gestión empresarial como un término comodín con significados en apariencia claros, pero en realidad bastante ambiguos. Proponemos entender la *innovación* como un proceso que consiste en utilizar el conocimiento disponible para diseñar, producir y distribuir un nuevo bien (producto o servicio) con valor añadido. Se pueden distinguir diferentes tipos de innovación, según el tipo de conocimiento que se aplica, la naturaleza del resultado que se consigue y el alcance del mismo. Inicialmente, el concepto de innovación se utilizó en el contexto de la teoría económica para resaltar la importancia de la *innovación tecnológica* (Schumpeter, 1939; y 2009). Esta se caracteriza porque se basa en el *conocimiento científico y tecnológico* disponible (o que se puede conseguir a través de proyectos de investigación y desarrollo) y consiste en *diseñar, producir y difundir una nueva clase de sistemas técnicos, con valor añadido de carácter social o económico.*

Naturalmente, no todas las innovaciones de valor económico o social tienen que ser innovaciones tecnológicas. De hecho, en la economía de mercado se introducen de forma continua innovaciones cuyo valor económico puede estar condicionado por la aplicación de conocimientos, no necesariamente científicos o tecnológicos, que hasta entonces no habían sido aplicados. Existe, por ejemplo, la posibilidad de introducir novedades en el proceso productivo basadas en la experiencia del trabajador, en la interacción con el proveedor o con el cliente, etc. Pero se supone que el valor de una innovación es tanto más elevado cuanto más exclusivo. En otras palabras: la apuesta de una empresa por la innovación se justifica por las condiciones de ventaja competitiva que representa para su actividad. Pues bien, en términos generales, se puede esperar que la ventaja competitiva será tanto mayor cuanto más exclusiva sea la fuente de conocimiento nuevo en que se basa la innovación. Y la novedad y el valor intrínseco del conocimiento es justo lo que caracteriza al conocimiento científico y tecnológico. Podemos generalizar así el concepto de innovación como un complejo proceso de introducción de novedades en la actividad social y económica (1) y preguntarnos por la influencia de factores culturales en ese proceso. Pero antes, necesitamos aclarar también el concepto de cultura tecnológica.

II. CULTURA TECNOLÓGICA

Utilizaremos aquí la propuesta de Mosterín (1993), según la cual *cultura es la información transmitida por aprendizaje social entre animales de la misma*

especie. Esta información puede ser de tres tipos: representacional (información acerca de las características y propiedades del medio); práctica (información acerca de cómo hay que actuar); y valorativa (información acerca de qué estados de cosas son preferibles, convenientes o valiosos). Como el propio Mosterín señala, esta concepción de la cultura recoge, precisándolo, el contenido esencial del concepto de cultura que se usa en la antropología y la etología científicas. La cultura de un grupo social estará formada por el conjunto de rasgos culturales (representaciones, creencias, reglas y pautas de comportamiento, sistemas de preferencias y valores) presentes en los miembros de ese grupo. Por otra parte, el conjunto de todos los rasgos culturales que constituyen la cultura de un grupo social se pueden clasificar en varias culturas específicas, en función de los contenidos de esos rasgos culturales: puede hablarse así de la cultura religiosa, política, científica, deportiva, empresarial, laboral, académica, etc. Dentro de este marco de ideas, la expresión *cultura técnica o tecnológica* (2) puede tener dos acepciones. Por una parte, puede referirse al conjunto de técnicas (como conocimientos prácticos) de que dispone un determinado grupo social (la técnica forma parte de la cultura); por otra parte, puede referirse a un conjunto de rasgos culturales (representaciones, reglas y valores) relacionados con las técnicas. Aquí nos atendremos a este segundo sentido, más amplio, de cultura técnica o tecnológica

De hecho, los sistemas técnicos son en realidad sistemas híbridos, *socio-técnicos*. Incorporan, por tanto, componentes culturales, económicos y organizativos o políticos, y además funcionan y se desenvuelven en un entorno formado por otros sistemas sociales más amplios que influyen en ellos y a su vez son afectados por ellos. Parte del entorno social de cualquier sistema técnico es un *sistema cultural*, que incluye conocimientos científicos y tecnológicos, pero también otros componentes culturales referidos a valores, habilidades, representaciones o creencias, etc. La situación se pude resumir en los siguientes términos: *la cultura forma parte de los sistemas técnicos y la técnica forma parte de la cultura*.

A partir de estas consideraciones, podemos definir la *cultura técnica de un grupo social como una cultura específica, formada por todos los rasgos culturales (información descriptiva, práctica y valorativa) que se refieren a, o se relacionan de algún modo con, sistemas técnicos*. Los componentes principales de la cultura técnica son pues (3):

1. Los conocimientos, creencias y representaciones conceptuales o simbólicas sobre las técnicas y sobre los sistemas técnicos. Llamaremos a esto *el contenido simbólico o representacional de la cultura técnica*.

2. Las reglas y pautas de comportamiento, habilidades y conocimientos operacionales referidos a sistemas técnicos. Llamaremos a esto el *componente práctico de la cultura técnica*.

3. Los objetivos, valores y preferencias relativos al diseño, adquisición, uso, etc., de sistemas técnicos y de conocimientos técnicos. Llamaremos a esto el *componente valorativo o axiológico de la cultura técnica*.

Estos componentes de la cultura técnica se pueden presentar en dos modalidades: aquellos que *están incorporados* a sistemas técnicos y aquellos otros que, aun siendo parte de la cultura técnica de un grupo social, *no están incorporados* a ningún sistema técnico. En el primer caso hablaremos de cultura técnica *incorporada*; en el segundo hablaremos de cultura técnica *no incorporada*.

III. CULTURA TÉCNICA INCORPORADA

En efecto, los sistemas técnicos *incorporan* muchos contenidos culturales. Un sistema técnico está compuesto en parte por agentes humanos que actúan intencionalmente (operadores, gestores o usuarios del sistema). Para actuar en el sistema técnico, estos agentes necesitan determinada *información* que forma parte de su propia cultura, en especial:

1. Los *conocimientos, creencias o representaciones* que poseen acerca de los componentes, la estructura y el funcionamiento del sistema.

2. Las *habilidades prácticas y reglas de actuación* que son capaces de seguir para operar con el sistema, o para diseñarlo y construirlo.

3. Los *valores referidos especialmente a los objetivos y resultados* de cada una de sus acciones así como del sistema en su conjunto y a la relación entre ambos.

Todos estos elementos culturales se pueden considerar incorporados a cada sistema técnico a través de sus operadores y constructores humanos. El contenido cultural de cada sistema técnico concreto puede ser (y generalmente será) diferente, puesto que también lo es la cultura de los diferentes agentes humanos. *El conjunto de los contenidos culturales incorporados a todos los miembros de una clase de sistemas representativos de una determinada técnica constituye el contenido cultural de esa técnica en sentido estricto (cultura técnica incorporada)*.

Por ejemplo, actualmente la tecnología del transporte individual mediante automóviles incluye una verdadera «cultura del automóvil» con muchas variantes. Hay, sin embargo, un contenido cultural mínimo que debe incorporarse a cada uno de los sistemas de transporte individual que se encuentran funcionando. En este caso, ese contenido mínimo de cultura tecnológica suele estar fijado por las leyes y reglamentos del tráfico y es objeto de enseñanza especializada y de control mediante exámenes, que los conductores de automóviles deben superar para obtener el permiso de conducción.

Obviamente, la técnica de conducir automóviles no es idéntica a la técnica que se utiliza para construirlos. El automóvil que sale de la fábrica incorpora muchos elementos culturales en su diseño y en los procesos de fabricación que se han llevado a cabo para producirlo. Algunos de estos elementos serán transparentes para el usuario, pero otros no. Para que el sistema funcione de forma adecuada, el repertorio cultural de los usuarios del automóvil tendrá que incluir al menos una parte de los contenidos incorporados por el diseñador y el fabricante, pero no necesariamente todos ellos ni solamente ellos. Los miembros de una sociedad pueden usar automóviles aunque no sepan fabricarlos. E incluso pueden constituir con ellos sistemas técnicos con propiedades diferentes de las previstas por su diseñador.

Naturalmente, no todos los contenidos culturales se pueden incorporar de igual forma a cualquier sistema técnico, ni un mismo sistema técnico funciona igual en diferentes contextos culturales. Por ejemplo, cuando empezaron a difundirse las primeras lavadoras automáticas de uso doméstico, algunos usuarios tardaron en comprender la función del programador incorporado en las nuevas máquinas, y en vez de utilizarlo para seleccionar un programa preestablecido, tendían a usarlo como un sistema para dar manualmente sucesivas instrucciones a la máquina, a lo largo del proceso de lavado, de manera que en la práctica suprimían el carácter automático de las nuevas máquinas y reducían de manera considerable sus prestaciones. El nuevo sistema necesitaba una cultura diferente por parte del usuario, una cultura en la que se incorporara la noción de *programa*, y otras relacionadas con ella, en el contexto de la tecnología doméstica (4).

Hay otros muchos fenómenos observables en los procesos de cambio técnico y de transferencia de tecnologías que ponen de manifiesto la importancia de los contenidos culturales *incorporados* a los sistemas técnicos.

Son conocidos también los problemas encontrados en la transferencia de tecnologías avanzadas a países en vías de desarrollo. La mayoría de estos problemas derivan del *desfase cultural* entre el contexto en el que se desarrolló originariamente la tecnología y el nuevo contexto al que se transfiere. Este desfase puede afectar no solo al nivel de conocimientos técnicos y de las habilidades de los usuarios, operarios y gestores del nuevo sistema, sino incluso a las preferencias y valoraciones respecto a los objetivos del sistema. Lo mismo se puede decir de los procesos de incorporación de novedades tecnológicas en el ámbito de una empresa: la nueva maquinaria o los nuevos productos y servicios ofrecidos por la empresa requieren, por lo general, poner en marcha procesos de adaptación de la plantilla de la empresa, sus rutinas, su formación, etc. En definitiva: la cultura tecnológica incorporada es, con frecuencia, el principal factor de innovación tecnológica en el sistema económico.

IV. CULTURA TÉCNICA NO INCORPORADA

Cabe hablar también de *contenidos técnico-culturales de la cultura de un grupo social no incorporados a ningún sistema técnico*. Los sistemas técnicos se desenvuelven en un contexto social más amplio, con el que interactúan de diferentes formas. En el contexto social de un sistema técnico puede haber individuos, que pueden o no ser agentes o usuarios del sistema, pero cuya cultura incluye representaciones, reglas y valoraciones de esos sistemas técnicos. Por ejemplo, pueden disponer de conocimientos científicos potencialmente aplicables al diseño y realización de sistemas técnicos, pueden

tener una filosofía determinista de la técnica, o una concepción lineal y teleológica del desarrollo tecnológico, o pueden mantener una ideología antitecnológica, o por el contrario tecnocrática; pueden tener ideas religiosas o morales acerca del valor de determinados objetivos técnicos (la fecundación *in vitro,* las centrales termoeléctricas, nucleares, etc.) o reglas de actuación que les prohíben usar determinadas técnicas (control de la natalidad, transfusión de sangre, por ejemplo) o representaciones ideológicas de algunas técnicas como elementos perversos o beneficiosos para la sociedad (por ejemplo, las distintas representaciones de los efectos de las innovaciones tecnológicas sobre el empleo, o del papel de las tecnologías de la comunicación en la organización democrática de la sociedad, etc.). En fin, pueden, simplemente, tener intereses o caprichos (valores económicos, políticos, estéticos, religiosos, etc.) a favor o en contra de una técnica o de todas las técnicas. Todos estos rasgos culturales pueden considerarse también parte de la *cultura técnica de un grupo social en sentido lato*, algunos de ellos pueden llegar a formar parte de la cultura técnica incorporada a alguna clase de sistemas técnicos, pero otros pueden ser parte importante de la cultura técnica aunque nunca formen parte del contenido cultural de ningún sistema técnico propiamente dicho.

Las fronteras entre la cultura técnica incorporada y no incorporada no son fijas. El desarrollo y la difusión de las tecnologías tienen un doble efecto: por una parte amplían el espectro de contenidos culturales que se incorporan a los sistemas técnicos; por otra parte suscitan la aparición de nuevos rasgos técnico-culturales en sentido lato. Un ejemplo celebrado del primer tipo es la incorporación de algunos rasgos culturales de la sociedad japonesa a la organización de los procesos de producción en la industria del automóvil. Un ejemplo del segundo tipo es la extensión al público en general de las controversias tecnológicas acerca de la idoneidad, el riesgo, el impacto ambiental o las consecuencias sociales de determinados sistemas o proyectos tecnológicos.

Existen límites objetivos en estos procesos de trasvase cultural. Hay rasgos culturales que no son compatibles con el funcionamiento de determinados sistemas técnicos: un testigo de Jehová no puede ser, por el momento, un cirujano eficiente; un operario analfabeto no puede manejar un sistema de control complicado, de la misma forma que un ciego, con la tecnología actualmente disponible, no puede conducir un automóvil. Y hay sistemas técnicos que no pueden difundirse en una sociedad en la que predominan determinados rasgos culturales: una elevada valoración de la organización jerárquica puede hacer inviable la introducción de nuevas técnicas de producción que dejan en manos del operario una buena parte de la gestión del sistema. Los ingenieros de una factoría industrial no se pueden sustituir por chamanes de una tribu, y una empresa que apuesta por innovaciones tecnológicas radicales no tendrá éxito si no incorpora a su plantilla personal técnico con formación adecuada para gestionar la nueva tecnología.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la reflexión sobre la historia de la técnica es precisamente comprender cómo los rasgos culturales característicos de diferentes sociedades se relacionan con las diferentes líneas de desarrollo tecnológico. Un caso especialmente llamativo es el de la distinta suerte que tuvieron en China y en Occidente algunos inventos muy significativos (la pólvora, la imprenta) cuyas potencialidades tecnológicas nunca se desarrollaron plenamente en la cultura que les dio origen. Otro caso llamativo, aunque en sentido contrario, es el del desarrollo de la tecnología de las armas de fuego en Japón: primero, fueron aceptadas (siglo XVI) y llegó a desarrollarse una industria significativa; posteriormente, fueron relegadas para preservar las armas y las técnicas militares propias de la cultura tradicional japonesa (siglo XVII); en última instancia fueron de nuevo incorporadas tras la apertura del Japón al exterior (1876) hasta desarrollar una potente industria militar que convirtió rápidamente a Japón en una potencia moderna en el primer tercio del siglo XX (Basalla, 2011).

Ante estos casos debemos preguntarnos cuál es realmente el papel de los elementos culturales en el desarrollo y difusión de las tecnologías. La cultura china hizo posible la invención de la pólvora y de la imprenta; pero no facilitó que estos inventos se desarrollaran y se difundieran como lo hicieron en Occidente. La cultura japonesa tradicional fue un obstáculo (a través de una decisión política) para la difusión de la tecnología de las armas de fuego occidentales; pero, tras otra decisión política, permitió posteriormente su rápida incorporación y su desarrollo. ¿Qué factores culturales jugaron en cada caso y cómo jugaron?

Una forma de contestar a estos interrogantes consiste en analizar con más detenimiento los mecanismos de trasvase de contenidos culturales desde los sistemas técnicos a los sistemas sociales de cualquier dimensión (países, empresas, etc.), y a la inversa.

V. LA DINÁMICA DE LA CULTURA TÉCNICA

La cultura técnica de una sociedad en un momento dado se caracteriza por:

1. La *cultura técnica incorporada* a los sistemas técnicos de que dispone esa sociedad. Esto incluye:

   a) *Componentes cognitivos,* representacionales o simbólicos: conocimientos técnicos y científicos aplicados.

   b) *Componentes prácticos u operacionales:* reglas de operación, habilidades técnicas de diseño, producción y uso de artefactos.

   c) *Componentes valorativos:* objetivos incorporados a los sistemas técnicos y valoración de sus resultados, actitudes ante el riesgo, la incertidumbre, el cambio social necesario asociado a los diferentes sistemas técnicos, etc.

2. La *cultura técnica no incorporada* a sistemas técnicos, aunque referida a ellos o relevante para su producción, uso, etc. Esto incluye:

   a) *Conocimientos básicos* (científicos, en el caso de la cultura tecnológica), no incorporados a sistemas técnicos, pero con potenciales aplicaciones técnicas. Representaciones simbólicas de la realidad, especialmente de los sistemas técnicos y sus relaciones con la sociedad. Mitos tecnológicos (o antitecnológicos, etc.).

   b) *Reglas de actuación* de carácter social, moral, religioso, político, económico, etc., que pueden ser significativas para el comportamiento relativo al uso y desarrollo de sistemas técnicos.

   c) *Valores y preferencias significativas para el uso y desarrollo de sistemas técnicos. Por ejemplo, la valoración de la vida puede tener* incidencia en el desarrollo de las técnicas médicas, la preferencia por la estabilidad frente al cambio puede impedir las innovaciones tecnológicas, etc.

La cultura técnica cambia y evoluciona como el resto de la cultura: casi continuamente los individuos están creando y ensayando nuevos rasgos culturales, algunos de los cuales tienen éxito, se consolidan, se enseñan a otros miembros de la sociedad y son aprendidos (y posiblemente modificados) por estos, etc. Lo específico de la dinámica de la cultura técnica es la importancia que en ella tiene el trasvase de contenidos culturales entre los sistemas técnicos y el resto de la cultura.

Muchos *mitos* ancestrales de la cultura occidental son el resultado de una transferencia de elementos culturales que se originan con el desarrollo de los sistemas técnicos y se generalizan al resto de la cultura en forma de mitos. El más significativo de estos es el *mito de Prometeo*, (castigado por haber entregado el fuego a los humanos, y con él las artes y las técnicas industriales). Entre los mitos tecnológicos de la cultura moderna, uno de los más significativos es el de *Frankenstein*, muy ligado al desarrollo de las técnicas biomédicas y al descubrimiento de las propiedades y fenómenos electromagnéticos.

Es conocida también la influencia de la *experiencia técnica artesanal* en el nacimiento de la ciencia moderna (Bacon, Galileo, etc.) y en las representaciones filosóficas de la cultura moderna: el hombre máquina de los cartesianos, por ejemplo, y en la actualidad el *homo deus* de Harari o el modelo antropológico del transhumanismo (Diéguez, 2017).

La influencia de las *tecnologías más avanzadas* en la cultura actual es también fácil de percibir: la sociedad postindustrial, la sociedad de la información, del conocimiento, son representaciones de la realidad social inspiradas en las tecnologías de la comunicación y de la información (Mazlish, 1993).

La influencia de algunas *pautas de comportamiento* ligadas al funcionamiento de determinados sistemas técnicos sobre el resto de la sociedad también es bien conocida. Una de las más notables es seguramente la influencia que el reloj mecánico tuvo sobre la organización de la vida de toda la sociedad occidental a partir de finales de la Edad Media (Mumford, 1934; Pacey, 1974). La idea de un tiempo uniforme y constante y de intervalos invariablemente iguales solo se pudo extender a partir de

la disponibilidad de relojes mecánicos con un nivel suficiente de precisión y fiabilidad. Hasta el siglo XIV la vida social había podido funcionar con sistemas de medición del tiempo bastante imprecisos y dependientes de la duración variable el día y la noche, según la época del año. Podemos hacernos una idea de la magnitud del cambio cultural que esto ha supuesto si nos paramos a pensar cómo podría vivir una sociedad moderna actual si de repente dejaran de funcionar todos los relojes. El famoso *efecto 2000* de los ordenadores (la alteración de los calendarios internos de muchos grandes equipos informáticos que pasarían a contar el año 0, cuando llegara el año 2000) y los quebraderos de cabeza que dio durante meses, es un pálido reflejo de lo que podría ser nuestro mundo si dejara de funcionar la *cultura del tiempo uniforme* que se consagró con el uso de los primeros relojes mecánicos medievales (5).

Hay también *valores* de origen tecnológico, que se han generalizado al resto de la cultura. Los ilustrados del siglo XVIII prácticamente hacían equivalentes las nociones de progreso técnico y de felicidad y progreso moral. Todavía hoy identificamos el bienestar como objetivo vital con el confort y la disponibilidad de artefactos tecnológicos eficaces y fiables. Pero esto requiere una atención especial. En la cultura tecnológica occidental hay dos valores que desempeñan un papel central. Se trata de los valores de *eficiencia* e *innovación*. En mi opinión se trata de valores estrictamente técnicos cuya generalización al resto de la cultura ha contribuido a configurar el núcleo de lo que hoy se considera la cultura moderna occidental (Quintanilla, 1993; 1997; 998) (Quintanila, 1996) y son inseparables de la noción de progreso tecnológico.

VI. FACTORES CULTURALES DEL CAMBIO TÉCNICO

Una teoría integral del cambio técnico debe tener en cuenta todas sus dimensiones y su objetivo debe ser articular el conjunto de factores que intervienen en ese complejo proceso.

Desde luego, no existe un conjunto de condiciones sociales que garantice una elevada producción y difusión de invenciones técnicas viables. Pero sí se puede establecer que algunos factores culturales facilitan y otros dificultan la *aparición de nuevas ideas prácticas, útiles y eficientes*. Una sociedad con un elevado nivel de formación científica y técnica tendrá más posibilidades de diseñar nuevas aplicaciones técnicas del conocimiento disponible y de utilizar sus recursos cognitivos para resolver de forma innovadora problemas prácticos. Naturalmente, esto no es suficiente; pero mejora la situación si además se dispone de un buen repertorio de prácticas técnicas y predominan en esa sociedad pautas de comportamiento y valores guiados por los principios de eficacia y eficiencia, y además se trata de una cultura abierta a la novedad y en la que se valora la creatividad. En cualquier época histórica y ambiente social, en los que se pueda localizar una elevada concentración de novedades técnicas, casi siempre encontraremos también una fuerte presencia de todos estos componentes culturales.

Los procesos de *innovación y difusión de las innovaciones* están más directamente condicionados por factores económicos y sociales que por los estrictamente culturales. Pero estos también desempeñan un papel importante. En primer lugar, la velocidad y la intensidad de la difusión de las novedades tecnológicas depende en buena medida del acceso a la información por parte de los agentes involucrados en el cambio técnico, usuarios, tecnólogos, empresarios, etc. En una sociedad cerrada, con una cultura técnica basada en el secreto industrial, será más difícil la difusión de las innovaciones que en una sociedad en la que la información técnica pueda circular ampliamente: la mayor parte de las innovaciones técnicas surgen de la imitación y adaptación de otras innovaciones. En segundo lugar, algunas actitudes y pautas de comportamiento en relación con la producción y la distribución de bienes tecnológicos pueden también condicionar la difusión de innovaciones. Por ejemplo, la desconfianza hacia los productos industriales nacionales (o por el contrario, hacia los extranjeros) puede dificultar o facilitar la difusión de innovaciones de uno u otro origen. Y por último, la influencia de determinados valores en relación con la seguridad, el riesgo, la alteración del medio ambiente, etc., pueden ser poderosos baluartes de resistencia ante determinadas innovaciones técnicas o, por el contrario, actuar como motores del cambio técnico. De hecho, uno de los fenómenos más característicos de la cultura tecnológica actual en los países más desarrollados consiste en la generalización de los debates públicos sobre la conveniencia o no de determinados proyectos tecnológicos que son percibidos como amenazas a la seguridad, la salud, el medio ambiente, etcétera.

En nuestro modelo, el *cambio social e institucional* es una dimensión inherente al cambio técnico. No se trata, desde luego, de volver a introducir el determinismo tecnológico, sino de reconocer, siguiendo el modelo de Freeman y Soete (1997), Pérez (1983) y Freeman y Pérez (1988), que el desarrollo tecnológico es inseparable del cambio social e institucional. Pues bien, también a este nivel hay una incidencia obvia de los factores culturales. En primer lugar, la propia idea que una sociedad tiene de sí misma y de la tecnología puede tener una influencia decisiva sobre el cambio técnico. Por ejemplo, una sociedad que se concibe a sí misma como algo fijo e inmutable no tendrá el mismo éxito para adoptar los cambios que acompañan al desarrollo tecnológico que otra que se considera abierta y mutable. Por otra parte, también sería útil analizar hasta qué punto los mitos tecnofóbicos de nuestra época (la «hipermáquina», la rebelión de las máquinas pensantes, etc.) condicionan las transformaciones sociales contemporáneas. Las costumbres, modas y formas de vida también son factores importantes a la hora de explicar determinados movimientos de adaptación y acompañamiento de la sociedad a los cambios tecnológicos. Como se puede constatar, siguiendo los pasos de la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX, la introducción de nuevas formas de utilizar las herramientas y máquinas en el proceso productivo, de nuevas relaciones laborales o de nuevas formas de gestión, no se produce igualmente en sociedades agrarias que en sociedades industriales. Y por último, un cúmulo de valores morales, religiosos, políticos, etc., que afectan a los mecanismos de generación de consenso en torno a los grandes proyectos a largo plazo de una sociedad, pueden tener repercusiones importantes en los procesos de innovación social y tecnológica a todos los niveles. Los debates sobre la tecnología militar durante los años de la guerra fría, o los actuales debates sobre las repercusiones a largo plazo de la ingeniería genética, pueden ser importantes para la orientación del desarrollo tecnológico y la transformación de la sociedad.

Desde luego, junto a este amplio repertorio de factores culturales, no debe olvidarse, por una parte, la incidencia de los factores económicos y sociales y, por otra, la importancia de las propias trayectorias tecnológicas previas. Los cambios técnicos en un momento dado no son independientes de los que se han producido en momentos anteriores: por mucho espíritu innovador y creativo que haya en la cultura de una sociedad, pocas innovaciones tecnológicas podrán llevarse a cabo si el equipamiento tecnológico previamente acumulado es nulo o despreciable. Los procesos de innovación tienen una fuerte inercia o *impulso* en terminología de Hughes (1987): en una sociedad con fuerte tradición innovadora, la tendencia a introducir innovaciones tecnológicas continuará mucho tiempo después de que hayan desaparecido las condiciones culturales, económicas y sociales que contribuyeron a dar los primeros pasos en la senda de la innovación. Y, al contrario, una sociedad sin tradición de innovación tecnológica tardará años y requerirá grandes esfuerzos hasta que consiga despegar en el camino de la innovación tecnológica.

En resumen, una sociedad o una empresa con capacidad e interés por la innovación tecnológica tiene que dirigir su atención no solo a los factores económicos, financieros, organizativos y mercantiles, sino también a los factores culturales que pueden ser decisivos para el éxito o el fracaso de su proyecto. El disponer de un modelo coherente y detallado de la cultura científica y tecnológica, como el que hemos presentado aquí, nos puede ayudar a mejorar nuestro conocimiento de los mecanismos culturales que intervienen en los procesos de innovación tecnológica, tanto nivel micro (empresas, instituciones, grupos sociales) como macro (países, organizaciones internacionales). A continuación veremos algunos resultados concretos de la aplicación de nuestro modelo al análisis de fuentes de información sobre cultura científica y tecnológica en tres ámbitos decisivos: la cultura que se transmite en el sistema escolar, la percepción social de la ciencia y la tecnología que se observa a través de las encuestas de opinión, y el análisis de una encuesta sobre cultura científica empresarial.

VII. LA CULTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA ESCOLAR

La cultura científica y tecnológica que caracteriza a las sociedades actuales se aprende y se difunde a través del sistema de escolarización universal que se da en casi todos los países en nuestra época. El resto de la información cultural sobre ciencia y tecnología llega a la población a través de los medios de comunicación masiva, y últimamente también a través de las nuevas tecnologías de las redes sociales

y la comunicación digital. En todos estos campos, hemos iniciado estudios que nos pueden ayudar a comprender mejor el alcance de las transformaciones que está experimentando la cultura científica y tecnológica y las consecuencias que esto puede tener. Veamos, en primer lugar, el proyecto dedicado al análisis de la cultura científica y tecnológica en los libros de texto de dos cursos de la enseñanza obligatoria en España (Groves, Quintanilla, y Escobar 2012). Relatamos aquí los objetivos y resultados generales de este proyecto y remitimos al lector interesado al repositorio documental Gredos de la Universidad de Salamanca, para consultar el informe final completo.

Este proyecto forma parte del trabajo que realiza nuestro grupo en cultura tecnológica. El objetivo general del grupo es analizar el concepto de cultura tecnológica y explorar en qué medida diversos factores relacionados con él pueden ayudarnos a comprender mejor las necesidades y posibilidades de innovación en la economía española. En este contexto general, el objetivo específico de este estudio fue analizar la importancia y los tipos de elementos de la cultura científica y tecnológica y de la cultura de la innovación presentes en los libros de texto de la ESO. Para ello analizamos 81 libros de todas las asignaturas obligatorias y de algunas optativas que utilizaron los alumnos de primero y cuarto de la ESO durante el curso 2005-2006, editados por alguna de las cuatro editoriales de libros de texto más importantes de España. El tratamiento estadístico de la inmensa cantidad de párrafos de texto analizados nos permitió obtener resultados relevantes:

1. Detectar el peso relativo de la cultura científica y tecnológica en todo el cuerpo de conocimientos que se transmite a los estudiantes de la ESO, distribuidos por asignaturas, cursos y editoriales.

2. Analizar los tipos de cultura científica y tecnológica de los libros de texto, según las categorías interpretativas de nuestro modelo analítico.

3. Analizar la presencia y la importancia relativa de dos tipos de metáforas (de amenazas y de promesas) asociadas a la percepción de la ciencia, la tecnología y la innovación en los libros de texto de la ESO.

Las conclusiones más relevantes para nuestro proyecto de cultura científica y tecnológica son las siguientes:

1. A partir del peso de las distintas materias en los libros de texto que examinamos, se puede decir que en la Educación Secundaria Obligatoria existe un claro *equilibrio entre los contenidos científicos y tecnológicos, por un lado, y los contenidos humanísticos y sociales, por otro.*

2. El análisis de las redes semánticas entre diferentes contenidos científicos revela una densa red de relaciones entre ellos, que traspasa los límites tradicionales de las disciplinas académicas. Esto significa que todas las disciplinas están conectadas con *contenidos genéricos que pueden ser relevantes para la cultura de innovación empresarial*. Solo hay una aparente excepción: *Matemáticas, que es la asignatura que más pesa en el currículo escolar, pero* no tiene relaciones significativas con el resto de asignaturas.

3. Otra característica significativa que revela el análisis automático de contenido es el claro *predominio de las tecnologías de la información, desde la perspectiva del usuario*, en el área de Educación Tecnológica.

4. No obstante, existen elementos suficientes en los libros de la ESO que permiten conectar contenidos científicos y tecnológicos con *conceptos relevantes de la cultura de la innovación empresarial*, como los conceptos genéricos de conocimiento, competitividad, industria, producción, economía, etc.

5. El análisis manual de los párrafos codificados como Innovación Empresarial, Ciencia y Tecnología refuerza la conclusión de que los libros de la ESO se caracterizan por una *visión académicamente sesgada de la cultura científica*. Por un lado, existe muy poca relación entre contenidos científicos y tecnológicos; por otro lado, existe muy poca relación entre los elementos intrínsecos y extrínsecos de la cultura científica. Los contenidos científicos no se relacionan significativamente con sus aplicaciones prácticas a través de la tecnología. Y la tecnología se percibe más como un instrumento que hay que aprender a utilizar que como un conjunto de soluciones prácticas basadas en el conocimiento científico. Además, parece haber una división en cuanto a la transmisión de la cultura científica: los libros de ciencia proporcionan contenido de conocimiento científico, mientras que los libros de disciplinas humanísticas y ciencias sociales transmiten

representaciones de la ciencia y actitudes hacia ella.

6. A pesar de todo esto, la *percepción de la ciencia que se transmite a los estudiantes no es ni pesimista ni negativa*; en realidad, es optimista o polarizada (visiones tanto pesimistas como optimistas de la ciencia).

VIII. ACTITUDES Y CONOCIMIENTOS

En su origen, los estudios de sociología de la ciencia pretendían comprender un aspecto de la cultura científica que se daba como un hecho indudable: el apoyo de los ciudadanos a la ciencia y la confianza en los resultados y procedimientos de la investigación científica eran tanto más probables y robustos cuando mayor fuera el nivel de alfabetización científica que alcanzasen. A lo largo de los años, esta suposición se ha ido debilitando y hoy predomina entre los especialistas la idea de que un elevado nivel de alfabetización puede ser compatible con diferentes perfiles de cultura científica. La situación aconseja, por tanto, cambiar el enfoque unidimensional de configuración y maduración de la cultura científica como participación en el saber por un enfoque multidimensional en el que la variación de la cultura científica no se mida solamente en términos de niveles de conocimiento alcanzado por la población, sino que tenga en cuenta, como variables independientes, otras dimensiones de la cultura científica, más allá de la alfabetización. En concreto, durante los últimos años, hemos estado analizando los resultados de las encuestas de percepción de la ciencia que cada dos años lleva a cabo la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) aplicando la estrategia sugerida por el modelo de cultura científica y tecnológica que hemos descrito más arriba. Como variable representativa de la cultura científica extrínseca hemos utilizado AGC (actitud general hacia la ciencia) y como representativa de la cultura científica intrínseca, la variable NCCI, que mide el nivel de cultura científica intrínseca, basado en las respuestas de los encuestados a preguntas típicas del modelo de alfabetización. Algunas de las conclusiones más notables que se derivan de nuestro análisis son las siguientes:

1. Se ha comprobado la idoneidad de un modelo bidimensional de cultura científica, compuesto por un índice de actitud general hacia la ciencia (índice actitudinal) y otro de cultura científica intrínseca (índice cognitivo). Se trata de indicadores independientes entre sí y está justificado que en los análisis de cultura científica deban ser contemplados y distinguidos claramente.

   A partir de estos indicadores, se pueden configurar cuatro perfiles de cultura científica y comprobar su robustez y estabilidad durante los últimos años en España. Entre ellos destaca que el grupo mayoritario de la población (casi el 40 por 100) manifiesta una actitud general positiva hacia la ciencia y acredita un nivel alto de familiaridad con el conocimiento científico. En cambio, el grupo más alejado de la cultura científica, tanto en conocimiento como en actitud es minoritario (6 por 100) y tiende a disminuir.

2. El nivel de apoyo de la población al gasto en ciencia y tecnología en España está más asociado con los niveles de actitud general positiva hacia la ciencia, que con los niveles de cultura científica intrínseca. Esto sugiere que una campaña de extensión de la cultura científica, si se hiciera, debería orientarse, principalmente, hacia la promoción de actitudes positivas hacia la ciencia, y no simplemente a elevar el nivel de conocimiento científico.

3. Con la información disponible en las encuestas, se podría deducir que una actitud positiva hacia la ciencia y un nivel elevado de conocimiento científico son compatibles con la confianza en determinadas prácticas no científicas en el área de la salud. Por ello, se ha de profundizar en el conocimiento de los mecanismos sociales que condicionan la disposición de la población hacia ellas, a fin de que desaparezca el vínculo que une una actitud favorable hacia la ciencia con una opinión también positiva hacia prácticas sanitarias con ninguna efectividad comprobada. Si ello se confirmara, sería aconsejable incluir en los temarios de educación y en las campañas de difusión de la cultura científica apartados específicos dedicados a los efectos perversos de las pseudociencias.

IX. FACTORES CULTURALES DE LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL

Recientemente hemos aplicado nuestro modelo de cultura

científica y tecnológica al análisis de la encuesta sobre cultura de la innovación tecnológica dirigida a empresarios españoles (6). Se trataba de averiguar si, con la información proporcionada por la encuesta, era posible detectar la influencia de factores culturales sobre la capacidad innovadora de las empresas. Como variable dependiente utilizamos una medida de la capacidad innovadora de la empresa basada en la información sobre proyectos de I+D en los que está implicada y patentes registradas. Como variables intermedias, utilizamos variables de cultura científica y tecnológica de carácter intrínseco y extrínseco, como en otras aplicaciones el mismo modelo, aunque en este caso hemos aumentado el número y el tipo de variables, según la naturaleza objetiva o subjetiva de su contenido. Por ejemplo, que los dirigentes empresariales mantengan una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología es un indicador equivalente a la AGC de nuestro modelo, de carácter subjetivo, mientras que el hecho de que el directivo que contesta la encuesta indique que es partidario de tomar decisiones de gestión empresarial guiándose por criterios científicos acreditados (RADE), se puede interpretar como indicador de cultura científica intrínseca incorporada a la gestión de la empresa, aunque en este caso sea de naturaleza subjetiva. Lo mismo ocurre con los factores de cultura científica extrínseca, como la ubicación de la empresa en el entorno de un parque científico empresarial (PAR), o intrínseca como la disponibilidad de un departamento propio de I+D (DPID) en la propia empresa.

Cuando se hagan públicos los resultados completos de la encuesta será el momento de calibrar hasta qué punto son coherentes con el modelo explicativo de la cultura tecnológica que estamos proponiendo. Mientras tanto, podemos adelantar lo siguiente:

En conjunto, podemos decir que la capacidad innovadora de las empresas está muy vinculada a la disponibilidad de un departamento propio de I+D (factor objetivo intrínseco) y a la actitud general hacia la ciencia (AGC) de los dirigentes de la empresa. También influye la ubicación de la empresa en un parque científico. Frente a esto, la racionalidad de la toma de decisiones en la gestión de la empresa (RADE) no parece ser relevante como factor de innovación. En todo caso, la combinación de los factores objetivo intrínseco (DPID) y subjetivo extrínseco (AGC) parece claramente *la mejor opción para explicar la capacidad innovadora de la empresa: disponer de departamento propio de I+D y de dirigentes con actitudes positivas hacia la cultura científica*, algo que encontraremos más fácilmente en empresas con directivos masculinos, con *formación de nivel de universitario, no pertenecientes al sector de la construcción, mejor si se ubican en parques científicos y su empresa no posee un pequeño tamaño*, y da igual que en su trabajo de gestión empresarial se atengan a pautas tradicionales o por el contrario incorporen las más avanzadas técnicas de gestión racional.

La situación de la cultura científica empresarial es similar a la que observamos con carácter general en las encuestas de percepción pública de la ciencia: la situación óptima se da en el grupo de encuestados que destacan por una actitud general hacia la ciencia más positiva y por un nivel igualmente elevado de cultura científica intrínseca. En el caso de la encuesta empresarial, el grupo equivalente es el que forman las empresas cuyos dirigentes tienen una actitud positiva hacia la cultura científica y sus empresas disponen de infraestructura de I+D que les permite aportar innovaciones tecnológicas propias.

Si pretendiéramos extraer conclusiones prácticas para diseñar políticas culturales de ciencia y tecnología orientadas a mejorar la capacidad innovadora de las empresas, podríamos adelantar algunas recetas plausibles:

1. Apoyar a las empresas de tamaño mediano o grande que se decidan a invertir en I+D creando sus propios laboratorios.

2. Elevar el nivel educativo general y difundir la cultura científica, en especial las actitudes positivas hacia la ciencia y la tecnología, entre los dirigentes empresariales.

3. Promover la creación de parques científicos y tecnológicos y la instalación de empresas en ellos.

Como contrapartida, podríamos ensayar también alguna «contrarreceta». Los datos disponibles no autorizan a concluir que la mejora en la capacidad de innovación tecnológica de una empresa dependa del empleo de técnicas de gestión más racionales y científicas, así que debería ponerse sumo cuidado en no ahogar la creatividad científica y empresarial cargando a los laboratorios y a las empresas con tareas burocráticas improductivas y palabrería pseudocientífica (*business bulshit* [Spicer, 2017]).

NOTAS

(1) Y también en el lenguaje, el pensamiento, la filosofía, la política, hasta convertir el concepto de innovación en una especie e idea trascendental que se puede aplicar con generosidad. No seguiremos aquí ese camino ya iniciado brillantemente por otros filósofos como Echeverría (2018).

(2) Siguiendo la convención que propuse en mi libro (Quintanilla, 1989), utilizo el término «técnica» en sentido genérico para referirme a cualquier tipo de técnica, reservado el término «tecnología» para referirnos a un tipo específico de técnicas de base científica y aplicación industrial.

(3) Nuestro planteamiento difiere, aunque no es totalmente incompatible con el de otros autores que se han ocupado intensamente de los aspectos culturales de la tecnología. Por ejemplo, Pacey (1983) distingue tres *aspectos* en la *práctica tecnológica:* el propiamente técnico, el organizacional y el cultural. Este último incluye los objetivos, valores, creencias sobre la técnica (como la creencia en el progreso, etc.).

(4) En la actualidad, los denodados esfuerzos por encajar la tecnología de Internet en los esquemas culturales de los medios tradicionales de información (televisión, multimedia) y comunicación (telefonía personal y empresarial) nos proporcionan una buena muestra de esta deriva «procustiana» (lo nuevo debe encajar en lo viejo) de la cultura tecnológica.

(5) No hace falta ir tan lejos en el tiempo. ¿Alguien podría imaginar cómo sería nuestra vida cotidiana si de repente desaparecieran todos los teléfonos móviles? Se trata de una tecnología reciente, que se ha expandido de forma casi instantánea por toda la tierra y que ha alterado aspectos fundamentales de la cultura universal.

(6) Realizada por Jesús Rey Rocha e Irene López Navarro. Los resultados de la encuesta están aún pendientes de ser publicados.

BIBLIOGRAFÍA

Basalla, G. (2011). *La evolución de la tecnología*. Barcelona: Crítica.

Diéguez, A. (2017). *Transhumanismo: la búsqueda tecnológica del mejoramiento humano escrito por Antonio Diéguez*. Barcelona: Herder.

Echeverría, J. (2018). *El arte de innovar. Naturalezas, lenguajes, sociedades*. Madrid: Plaza y Valdés.

Freeman, Ch. y Soete, L. (1997). *The economics of industrial innovation*. Psychology Press.

Groves, T., Quintanilla, M. Á. y Escoba, G. (2012). Scientific and Technological Culture in Secondary Education Textbooks in Spain. En *Os Manuais escolares e os jóvenes: tédio ou curiosidade pelos saberes?,* pp. 135-150. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Mosterín, J. (1993). *Filosofía de la cultura*. Alianza Editorial.

Quintanilla, M. Á. (1989). *Problemas filosóficos de la tecnología. Tecnología un enfoque filosófico,* pp. 19-38. Madrid: Fundesco.

Quintanilla, M. Á. (1993). Seis conferencias sobre filosofía de la tecnología. *Plural (Administración de Colegios Regionales),* pp. 11-12.

Quintanilla, M. Á. (1997). El concepto de progreso tecnológico. *Arbor-Ciencia Pensamiento y Cultura,* 157, pp. 377-390.

Quintanilla, M. Á. (1998). Technical Systems and Technical Progress. *Techné: Research in Philosophy and Technology,* 4(1), pp. 72-79.

Quintanilla, M. Á., Escobar, M., Groves, T., Montero, J. A., Palacios, R., Orellana, A., McBride, E. y Montañés Perales, Ó. (2011). *Scientific and technological culture in ESO textbooks. La cultura científica y tecnológica en los libros de texto de la ESO.* Salamanca: Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Universidad de Salamanca.

Rey, J. y López, I. (eds.) (2021). *Cultura científica y empresa. Percepciones y actitudes del sector empresarial hacia la ciencia, la tecnología y la innovación en España, en los albores del siglo XXI (en prensa).*

Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles*. New York: McGraw-Hill.

Schumpeter, J. A. (2009). *Can Capitalism Survive?: Creative Destruction and the Future of the Global Economy*. Harper Collins.

Spicer, A. 2017. *Business Bullshit*. Routledge.

COLABORACIONES

II.
LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL EN ESPAÑA

EL PAPEL DEL ESTADO EN EL FOMENTO DE LA INNOVACIÓN EN ESPAÑA

Agustí SEGARRA BLASCO

Universitat Rovira i Virgili

Resumen

La senda de convergencia de la economía española en términos de inversiones en I+D e innovación ha experimentado una involución durante el período 2008-2017. Este trabajo no busca a los responsables de esta situación, sino que detecta tres eslabones débiles en nuestro país: la falta de unas estructuras de transferencia del conocimiento que conecten el mundo de la ciencia con la innovación provoca grandes desajustes entre la ciencia desarrollada en nuestro país y las necesidades de nuestras empresas; la escasa agilidad en el diseño de los instrumentos de las políticas de ciencia, transferencia e innovación limita, en gran medida, las intervenciones públicas en la corrección de los fallos de mercado; y la casi nula coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, en particular entre el Gobierno central y los Gobiernos de las comunidades autónomas, aleja a las políticas públicas de la realidad territorial e institucional en la que opera la empresa española.

Palabras clave: ciencia, innovación empresarial, diseño de políticas públicas, externalidades del conocimiento.

Abstract

The Spanish economy's convergence path in terms of R&D and innovation investments experienced a regression in the period 2008-2017. This work does not seek those responsible for this situation, but rather detects three weak links in the Spanish innovation system: the lack of knowledge transfer structures which connect the world of science with innovation causes significant imbalances between the science developed in our country and our firms' needs; the scarce agility in the design of science, transfer and innovation policy instruments greatly limits public interventions to correct the traditional market failings linked to the nature of the public good of knowledge; and the almost non-existent coordination between the different levels of government, in particular between the central government and the governments of the autonomous communities, means that public policies are far from the territorial and institutional reality in which the Spanish firm operates.

Keywords: science, innovation, public policies, market failings.

JEL classification: D23, D62, H11, E61.

I. INTRODUCCIÓN

La clave de la innovación es enlazar la curiosidad por la ciencia fundamental con el trabajo más práctico de idear herramientas que se puedan emplear en nuestra vida, esos descubrimientos transformadores que van de la mesa del laboratorio directos al jardín de casa.

Walter Isaacson (2021)

DURANTE las últimas tres décadas, los responsables de la formulación de políticas se han preocupado cada vez más por el papel del Estado en el fomento de la innovación de las empresas privadas. Asistimos a un debate sobre la necesidad de revisar las políticas científicas, tecnológicas y de innovación y, en general, las intervenciones de los Gobiernos de los países industrializados para modernizar y promover la competitividad de sus tejidos productivos.

Desde la Gran Recesión de 2008, este debate cobra más fuerza en el seno de la Unión Europea (UE) por los mejores resultados obtenidos por Estados Unidos y otros países en términos de productividad y de participación en los mercados internacionales. Cada vez son más los académicos y los gestores públicos que interpelan al Estado y a las administraciones públicas para que asuman sus responsabilidades a la hora de liderar las políticas que permitan superar los grandes desafíos que recaen sobre nuestro planeta. Ante los grandes retos globales que amenazan el futuro a medio y largo plazo, son muchas las voces que reclaman un mayor protagonismo del sector público. Se exige a los Gobiernos que establezcan objetivos más ambiciosos, diseñen políticas más activas y empáticas que busquen la complicidad de un mayor número de agentes y, por si fuera poco, involucren mejor a las empresas privadas. La tan de moda colaboración público-privada no es nada nuevo, sino una práctica política más sugerente y convincente.

Estas voces consideran que las políticas de innovación basadas en la corrección por parte de los Gobiernos de determinados fallos de mercado se quedaron obsoletas. Han cambiado los desafíos de todos los países y la acción pública ha de adaptarse a esta nueva realidad (Edler y Fagerberg, 2017). Se reclama un mayor protagonismo estratégico de los Gobiernos a todos los niveles y, al mismo tiempo, un marco legislativo que garantice que las empresas operen en mercados competitivos.

En esta exposición vamos a abordar las fortalezas y las limitaciones de las políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) llevadas a cabo por los países miembros de la UE. Pondremos

un énfasis especial en las políticas de fomento de la innovación empresarial ejecutadas en España por los distintos niveles de gobierno.

A lo largo del texto se evita cargar las culpas de la preocupante deriva seguida por la economía española en los años posteriores a la crisis de 2008. No se trata de buscar a los responsables del pobre potencial innovador que exhibe la economía española, sino de establecer las principales carencias de nuestro sistema de innovación. Se determinan tres grandes carencias de las políticas de CTI ejecutadas en España por los diferentes Gobiernos y agencias implicadas. En primer lugar, la falta de unas estructuras de transferencia del conocimiento que conecten el mundo de la ciencia con la innovación de nuestras empresas. En segundo lugar, la escasa agilidad de las políticas de CTI para adaptarse a los cambios y a la realidad heterogénea de las regiones españolas. Y, por último, la falta de estructuras de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno. Desde nuestro punto de vista, si no se lleva a cabo una apuesta decidida por corregir esta situación, será difícil que programas tan ambiciosos como el *Next Generation* alcancen los objetivos previstos. No se trata tanto de mejorar los recursos asignados –que también– como de establecer un nuevo estilo en las políticas de fomento de la innovación que invite a las empresas españolas a dar el salto tecnológico que tanto necesitamos.

Encontrar el equilibrio entre los diferentes actores implicados no va a resultar fácil para un país como España. Por cultura y por tradición, somos apasionados a la hora de dibujar los grandes retos del país, pero estamos atrapados por nuestras políticas cortoplacistas. A pesar de que necesitamos unas políticas ambiciosas que persigan sus objetivos a largo plazo, a la hora de entrar en acción, nos cuesta compartir una misma visión de las metas individuales y colectivas. Hemos de aprender de aquellos que acompañan sus grandes ambiciones con unos compromisos tangibles y estables, donde se involucran todos los Gobiernos y los agentes privados afectados.

Sin duda, en este reto, el liderazgo del sector público es innegable, como bien se ha puesto de relieve en el transcurso de la actual pandemia. Al igual que los directores de orquestas más aclamados, los Gobiernos deben marcar el ritmo de la melodía sin arriesgar el protagonismo de sus integrantes. El concepto del tiempo, el ritmo y la sincronización entre los protagonistas es clave para conseguir una mejora de ese sistema de innovación que lleva mucho tiempo dormido. En este reto, el Gobierno ha de dibujar nuestro futuro y la empresa privada, como principal agente de la innovación, está obligada a culminar su actual proceso de modernización.

II. EL PAPEL DEL ESTADO EN EL FOMENTO DE LA INNOVACIÓN

Desde los tiempos de Adam Smith, las funciones que corresponden al Estado en el ámbito económico han sido objeto de debate. El propio autor escocés fue un liberal en el terreno político, aunque consciente de que en materia económica el Gobierno no podía inmiscuirse por completo. En *La riqueza de las naciones,* defendía que el Estado –el Soberano en su época– tiene entre sus obligaciones legislar y hacer cumplir las reglas del juego competitivo, la defensa de los intereses de la nación, el fomento de las artes y el comercio, el buen funcionamiento de los mercados, así como la provisión de servicios esenciales como la justicia y la educación. En los últimos párrafos del libro IV de *La riqueza de las naciones*, Adam Smith nos indica los tres deberes que recaen sobre el soberano en una sociedad liberal:

> «Primero, el deber de proteger a la sociedad de la violencia e invasión de otras sociedades independientes. Segundo, el deber de proteger, en cuanto sea posible, a cada miembro de la sociedad frente a la injusticia y opresión de cualquier otro miembro de esta, o el deber de establecer una exacta administración de la justicia. Y tercero, el deber de edificar y mantener ciertas obras públicas y ciertas instituciones públicas que jamás será del interés de ningún individuo o pequeño número de individuos el edificar y mantener, puesto que el beneficio nunca podría reponer el coste que representarían para una persona o un reducido número de personas, aunque frecuentemente lo reponen con creces para una gran sociedad» (Smith, 1776).

Desde los tiempos de la Revolución Industrial, el papel del Estado y todos sus organismos quedó limitado a estas funciones esenciales. Años más tarde, las dos grandes escuelas de pensamiento, la neoclásica y la keynesiana, otorgaron un rol secundario al Estado y a la empresa. Las dos instituciones fueron consideradas actores pasivos en materia económica, carentes de iniciativa propia para decidir por su cuenta al margen de la dinámica general determinada por la

lógica de los mercados. Aunque el protagonismo otorgado por los economistas keynesianos a los Gobiernos y al sector público siempre fue mayor que la escasa capacidad de decisión que reservan los modelos de equilibrio general al Estado y a las empresas. En efecto, los economistas keynesianos reclamaron al Estado un mayor compromiso, especialmente como fuerza compensadora del crecimiento del paro en las fases recesivas de las crisis económicas.

John Maynard Keynes nos advierte en varios de sus escritos sobre las tareas que ha de asumir el gobierno a lo largo del proceso global de transformación del capitalismo:

> «La agenda del Estado más importante no se refiere a aquellas actividades que los individuos privados ya están desarrollando, sino a aquellas funciones que caen fuera de la esfera del individuo, aquellas decisiones que nadie toma si el Estado no lo hace. Lo importante para el Gobierno no es hacer cosas que ya están haciendo los individuos. y hacerlas un poco mejor o un poco peor, sino hacer aquellas cosas que en la actualidad no se hacen en absoluto» (Keynes, 1926).

Aquí Keynes reclama que el Estado no se limite a reactivar la economía en las fases recesivas del ciclo, sino que además fije nuevos rumbos que permitan hacer lo que en realidad no se está haciendo en absoluto. A pesar de estas afirmaciones, entre los economistas keynesianos el Estado sigue relegado a un papel secundario. No deja de ser un actor pasivo, al que se le reclama un mayor esfuerzo inversor como sustituto de la iniciativa privada, sin apenas otorgarle capacidad alguna para salir de la senda marcada y abrir nuevos escenarios.

A pesar de todos estos matices, las diferencias entre las dos corrientes de pensamiento acerca del papel del Estado y las empresas eran escasas. Si bien los teóricos de la escuela de Chicago, Friedman, Lucas, Sargent y otros liberales conservadores defendían que el Estado participase en el terreno económico en muy contadas ocasiones, Keynes y los liberales reformistas abogaban por que solo un Estado más comprometido en los períodos de recesión podía salvar al propio capitalismo del desempleo masivo y de su colapso final. Así pues, consideraban que en las fases del ciclo donde la demanda agregada era insuficiente, el sector público debía compensar los fallos del mercado (1).

Había que retroceder unas décadas para encontrar en la tesis doctoral de Joseph Schumpeter, defendida en 1911, una defensa contundente del papel de la empresa innovadora y del Estado. En efecto, en su brillante *Theory of Economic Development*, escrita mientras impartía sus clases en la actual Chernivtsi, Ucrania, el joven Schumpeter interpreta el crecimiento económico a través de una secuencia cíclica e irregular donde el empresario capitalista se erige en el gran protagonista del cambio y la innovación (2). Para Schumpeter ignorar el gran protagonismo de las empresas en la dinámica económica es como representar «Hamlet sin el príncipe danés» (3). Así pues, a principios del siglo XX, el autor austriaco sitúa a los principales protagonistas del relato capitalista –el Estado y la empresa privada– en el centro de la obra, a diferencia del trato que dispensó Shakespeare a su príncipe Hamlet.

Ya bien entrada la segunda mitad del siglo XX, las contribuciones más acertadas de la obra de Schumpeter se van abriendo paso entre algunos economistas que se sentían incómodos con los planteamientos estáticos del pensamiento económico dominante. Poco a poco, los enfoques dinámicos y evolutivos fueron calando entre algunos jóvenes académicos.

Los argumentos a favor de un mayor protagonismo del Estado y sus agencias cobraron fuerza cuando algunos teóricos abordaron la propia naturaleza del conocimiento y sus efectos sobre el conjunto de la economía. Según Robert Nelson (1959), el conocimiento es un bien casi-público que genera intensas externalidades que benefician a terceros sin arriesgar nada en el proceso innovador. Por su parte, Kenneth Arrow (1962) considera que el conocimiento tiene tres atributos distintivos: la *subaditividad*, esto es, su imposibilidad de poder ser repartido en partes; la *aproviabilidad incompleta*, es decir, las limitaciones de las empresas innovadoras para apropiarse de todos sus beneficios; y los problemas de inversiones ocasionados por las *asimetrías informativas*. A partir de estas contribuciones, se reclamó un mayor compromiso del Estado en las políticas científicas, tecnológica y de innovación como agente reparador de los fallos de mercado generados por la naturaleza del conocimiento como bien público.

Estas fueron las bases teóricas del marco normativo que abriría las puertas a la acción pública en el proceso de generación de

conocimiento y su transferencia a la empresa privada para generar innovaciones. Para los economistas neoclásicos, la presencia de fallos de mercado es una condición necesaria pero no suficiente. Solo cuando las intervenciones públicas consigan que las ganancias asociadas a la eliminación de los fallos de mercado sean superiores a los costes derivados de los fallos de gobierno quedará justificada la acción del Estado (Wolf, 1995). Si bien la teoría de los fallos de mercado plantea ideas interesantes, en el mejor de los casos resulta útil para describir un Estado estacionario en el que las políticas públicas se limitan a reparar los fallos originados por la propia naturaleza de bien público del conocimiento (Mazzucato, 2017).

Sin embargo, durante la segunda parte del siglo XX, el Estado y las agencias públicas han ido más allá de esta función reparadora. En los grandes paradigmas tecnológicos de nuestra época –Internet, la carrera espacial, las energías renovables, las TIC y muchos otros casos–, el sector público no solo financió el desarrollo inicial de estas tecnologías, sino que también creó una red de actores públicos y privados descentralizados, financiando a las grandes compañías actuales durante sus etapas tempranas (Block y Keller, 2015).

Durante los años ochenta del siglo XX, los economistas evolucionistas reclamaron un mayor compromiso de los Gobiernos en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación. Para estos economistas, la acción del Estado no puede limitarse a la de mero reparador de determinados fallos de mercado, sino que debe ir mucho más allá. Hoy se reclama un mayor compromiso a los Gobiernos en el desarrollo de sistemas de innovación en los que participan una gran variedad de actores públicos y privados. Las nuevas políticas que se están llevando a cabo no solo pretenden eliminar las ineficiencias de los mercados, sino que también buscan crear nuevos espacios que permitan a las empresas privadas y a los organismos públicos crear un mundo más empático y sostenible (Lütkenhors, 2017).

Ya no se trata de corregir los fallos de mercado, sino de sincronizar procesos muy complejos e interactivos relacionados con la heterogeneidad de los actores participantes, los mecanismos de selección, la dinámica de los mercados y los efectos de la incorporación de las innovaciones. El avance en el análisis del proceso innovador es evidente: si la teoría neoclásica se centraba en los obstáculos para pasar de un equilibrio determinado a otro, en adelante los economistas evolucionistas se interesaron por los procesos de cambio, los impactos de las innovaciones sobre la dinámica de los mercados, y otros aspectos hasta ahora ignorados, como el aprendizaje o la capacidad absortiva de las empresas (Nelson y Winter, 1982). Para estos economistas, las innovaciones llevadas a cabo por las empresas pasan a ser la principal fuerza del cambio y el progreso, no solo tecnológico, sino también social. Para ellos, la innovación es el resultado de un proceso complejo e incierto que surge del progreso de la ciencia y lleva los nuevos conocimientos hasta el mercado (Dosi y Nelson, 1994). Sin embargo, la ciencia no es la única fuente de la innovación, pues esta es el resultado de un proceso de aprendizaje interactivo entre agentes heterogéneos.

Todo el proceso que arranca en el laboratorio del científico y finaliza en el mercado se ha vuelto más largo e incierto. Por ello, las grandes corporaciones industriales redujeron sus inversiones en el ámbito científico, sobre todo en la ciencia básica, mientras los Gobiernos y las finanzas públicas fueron cobrando un mayor protagonismo en el desarrollo científico, la transferencia y la innovación sistémica. La caja de los instrumentos tradicionales que servían para corregir determinados fallos de mercado se ha vuelto insuficiente. y muchos economistas reclaman un mayor liderazgo de los Gobiernos en la creación de nuevos escenarios de desarrollo (Mazzucato y Penna, 2014). Para hacer frente a los grandes retos globales que amenazan el planeta, se necesita un compromiso más activo del sector público.

La pandemia global que estamos padeciendo ha reforzado el papel esencial del Estado en el cometido de superar la encrucijada en la que se encuentra la humanidad. Quedaron atrás los viejos debates sobre el peso óptimo que deben alcanzar el sector público y la iniciativa privada en el terreno económico, para reclamar ahora un mayor protagonismo de los Gobiernos. La COVID-19 ha reforzado el papel de los Gobiernos y del sector público en la gestión de los retos globales bien conocidos por todos: las crecientes desigualdades en la distribución de la renta, la pobreza, la degradación medioambiental del planeta, la incorporación de los jóvenes en el mundo laboral, la gestión de recursos escasos como el agua y la salubridad de nuestros mares,

la sobrepoblación y la salud global, entre otros aspectos.

Ya no se debate sobre el peso de lo público frente a lo privado o del papel del estado como reparador de los fallos de mercado, sino que cada vez son más los académicos y los gestores públicos que reclaman al sector público un mayor compromiso para superar los grandes retos del siglo XXI.

Este interés por reclamar un mayor compromiso de los Gobiernos, más allá de su papel tradicional como mero reparador de determinados fallos de mercado, no es nuevo. El concepto de *entrepreneurial capitalism* propuesto por Baumol (2002), acuñado por otros como *entrepreneurial state* (Mazzucato, 2013), comparte con la *entrepreneurial economy* diseñada por Audrescht y Thurik (2004) el papel clave de la figura del emprendedor en el desarrollo de innovaciones y la aparición de externalidades relacionadas con el conocimiento. Mientras otros sostienen que es necesario repensar el papel del Estado y de sus instituciones para que los Gobiernos recuperen la dimensión pública de la política (Mazzucato, 2014; Pérez, 2016; Lundvall, 2013; Dosi *et al*, 2018; Papaioannou, 2020).

En todas estas contribuciones teóricas, no encontramos un mundo ideal formado por redes de pequeñas empresas en contraposición al capitalismo de las grandes corporaciones industriales, sino un escenario mucho más heterogéneo, dinámico y complejo. E incluso más divertido. En este marco, la cooperación entre las estructuras científicas y tecnológicas con las grandes y las pequeñas empresas innovadoras (*young innovative companies, high growth firms, start-ups, spin-off*, etc.) persiguen el mismo objetivo ambicioso. Mientras el Estado en todos sus niveles –estatal, regional o local– junto con las estructuras científicas y de transferencia del conocimiento, diseñan los escenarios futuros en el que colaboran y compiten las grandes y las pequeñas empresas,como los grandes protagonistas del cambio y la innovación.

III. LAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE INNOVACIÓN

Sin duda, las políticas de fomento de la ciencia y la innovación y, en general, las políticas industriales han regresado con aires nuevos. Hoy, estas intervenciones públicas son más transversales, están más interrelacionadas y reclaman un mayor compromiso del sector público. Y, por si fuera poco, los objetivos que persiguen son más ambiciosos y estratégicos. Ya no se trata de elegir a los ganadores y descartar al resto, sino de integrar a una gran variedad de actores públicos y privados en un gran objetivo global.

En este nuevo escenario, el Estado adopta un gran protagonismo en su empeño por transformar la realidad económica. En la actualidad, la política industrial y las políticas de innovación están estrechamente relacionadas. Los Estados promueven la ciencia y la tecnología de sus respectivos países, crean una gama de organizaciones públicas y privadas para facilitar el tránsito del laboratorio al mercado y, por último, fomentan una atmosfera competitiva que incentiva a las empresas a innovar e imitar a los líderes del mercado. Hoy, en muchos países que se sitúan cerca de la frontera tecnológica, una parte nada despreciable de los recursos públicos de las políticas industriales se asignan a la investigación y el desarrollo tecnológico, que las estructuras de intermediación acaban transfiriendo a las empresas para facilitar su potencial innovador y su capacidad absortiva (Lundvall y Borrás, 2005).

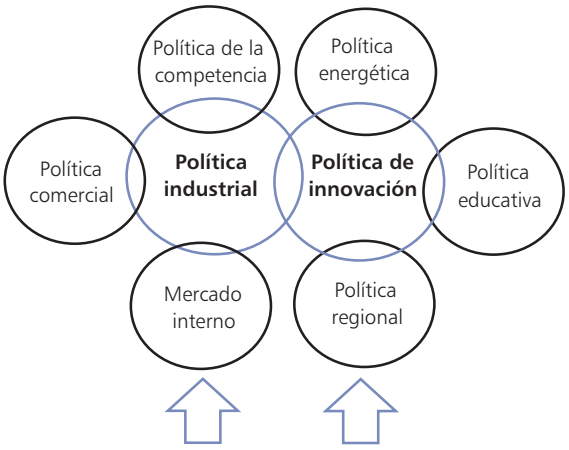
En la UE, los mediocres resultados obtenidos por las políticas industriales y sus diferentes frentes han abierto un debate entre los académicos y los *policymakers* sobre los nuevos enfoques que deben adoptar todos los países miembros. En efecto, cuando comparamos el rendimiento de las políticas industriales en Estados Unidos con los resultados obtenidos en la UE, el balance no puede ser más preocupante.

En el esquema 1 podemos observar la gran complejidad que adoptan las nuevas políticas, que persiguen un cambio en la conducta de las empresas privadas para lograr los objetivos sociales y económicos pendientes. La innovación ya no se considera un fenómeno estrictamente económico, sino que también adopta un gran protagonismo a la hora de superar los grandes retos sociales y medioambientales que nos afectan a todos. La política de innovación junto con las relacionadas con la competencia, la educación o la formación interactúan en el tiempo y el espacio para configurar una política industrial sistémica mucho más ambiciosa (Aiginger, 2012; 2014).

Las intervenciones públicas que pretenden incentivar a las empresas privadas para que in-

ESQUEMA 1
LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES Y DE INNOVACIÓN

Fuerzas de arrastre (*pulling forces*)
Visión de una nueva ruta de crecimiento (bienestar más allá del PIB)
Objetivos sociales (salud, clima y cohesión social)
Excelencia en tecnologías específicas (por ejemplo, eficiencia energética)



Fuerzas de empuje (*pushing forces*)
Competencia, apertura y globalización
Mano de obra activada, formada y reconvertida (flexiguridad)
Ventajas competitivas (respaldadas por políticas)
Cambio climáticoy envejecimiento

Fuente: Elaboración propia a partir de Aiginger (2014).

viertan más y mejor en actividades de I+D y en innovación se han vuelto más complejas, ya que implican a una gran variedad de actores y atañen a todos los niveles de gobierno. Sin embargo, las políticas aplicadas por muchos Gobiernos continúan ancladas en concepciones de la acción pública excesivamente lineales y caducas. Hoy, los mecanismos de transmisión entre el avance científico y la innovación son mucho más complejos e indirectos que décadas atrás. La realidad económica y social en la que vivimos se ha vuelto más líquida y los instrumentos más complejos y versátiles. Sin embargo, muchos países adoptan unas políticas de CTS erróneas que pecan de lineales y simples. Sin duda, el conocimiento no transita desde el laboratorio al mercado sin grandes trabas, sino que requiere del esfuerzo de muchos organismos públicos y privados (Jaffe y Jones, 2015). A pesar de ello, países como España se resisten a formular políticas más coherentes y transversales.

En los países líderes, la innovación se percibe cada vez más como un sistema complejo en el que adquieren un gran protagonismo fenómenos como el aprendizaje dinámico, la capacidad para absorber el conocimiento externo o los procesos de retroalimentación entre los actores implicados. Profundizar en estos procesos es esencial para poder diseñar una serie de políticas de CTI más efectivas y realistas.

En la actualidad, las políticas de innovación incorporan en un solo campo de acción las políticas de ciencia y tecnología. ya que se ocupan del proceso de innovación en su conjunto, desde la ciencia hasta la aplicación de tecnologías específicas, y su introducción en el mercado. De este modo, la política de innovación presta atención no solo al contenido científico y tecnológico de las innovaciones, sino también al marco institucional y a los cambios más amplios que son necesarios para que las innovaciones se introduzcan en el mercado y se utilicen. También prestan una creciente atención a otras formas de aprendizaje, más allá de la ciencia y la tecnología, que también podrían conducir a innovaciones, como aprender haciendo, usando o interactuando (Chaminade y Lundvall, 2019).

Dada la creciente diversidad de las políticas públicas aplicadas, no resulta fácil realizar una presentación sintética de las diferentes políticas de fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación aplicadas por los países más avanzados. A pesar de todo, algunos académicos han agrupado los diferentes enfoques que han ido adoptando las políticas de innovación en tres grandes frentes. En primer lugar, encontramos las políticas de innovación que tienden a corregir los fallos de mercado, dado el comportamiento de bien casipúblico del conocimiento; en segundo lugar, tenemos todas

las actuaciones de los Gobiernos destinadas a la consolidación de los sistemas de innovación de sus respectivos países; y, en tercer lugar, figuran las nuevas formulaciones de las políticas de innovación orientadas a la consecución de ambiciosas misiones. En los siguientes apartados mostramos los aspectos más relevantes de esta propuesta.

1. El Estado como reparador de los fallos de mercado

Desde hace décadas, existe un gran consenso entre los economistas al considerar que los incentivos de las empresas privadas para invertir en I+D se sitúan por debajo del nivel óptimo que la sociedad reclama. La naturaleza del conocimiento es, para muchos, la principal responsable de la falta de incentivos que ofrecen los mercados libres para que las empresas inviertan y corran riesgos en proyectos de I+D y se esfuercen por llevar el fruto de sus investigaciones hasta los consumidores.

En este sentido, la teoría de los fallos de mercado reserva al Estado y a las agencias públicas la responsabilidad de reparar en parte estos errores. En definitiva, al sector público se le reclama que corrija los problemas de asignación subóptima de estos mercados derivados de la naturaleza de bien casi-público del conocimiento (Aghion, David y Foray, 2009; Mazzucato y Penna, 2014). En su empeño por corregir estos fallos de mercado, los Gobiernos desplegaron una gran variedad de instrumentos (Martin, 2016; Borrás y Edquist, 2013).

Así, entre los países miembros de la UE, los instrumentos empleados por los Gobiernos para fomentar la ciencia y la innovación han sido diversos y no han dejado de aumentar en los últimos tiempos. Algunos instrumentos inciden sobre el entorno de la empresa a través del apoyo público a las universidades, los institutos de investigación o los centros tecnológicos, mientras que otras actuaciones recaen directamente sobre las empresa, ya que fomentan la demanda pública de tecnología y los acuerdos empresariales en el desarrollo de proyectos de I+D o bien reducen el coste en el que incurren las empresas al llevar a cabo actividades relacionadas con la innovación (4).

En el marco de la UE, las políticas de innovación se han llevado a cabo a través de diversas tipologías de instrumentos, que podemos sintetizar siguiendo la propuesta de Edler *et al*. (2016).

CUADRO N.º 1

INSTRUMENTOS Y OBJETIVOS DE LAS POLÍTICAS DE INNOVACIÓN LLEVADAS A CABO EN LA UNIÓN EUROPEA

	ORIENTACIÓN		*OBJETIVOS*					
INSTRUMENTOS DE LAS POLÍTICAS DE INNOVACIÓN	*OFERTA*	*DEMANDA*	*AUMENTO DE LA I+D*	*FOMENTO DE HABILIDADES*	*FOMENTO DE LA EXPERIENCIA*	*MEJORA DE LA CAPACIDAD SISTÉMICA*	*MEJORA DE LA DEMANDA DE INNOVACIÓN*	*MEJORA DEL ENTORNO INSTITUCIONAL*
1 Incentivos fiscales para I+D	●●●		●●●	●				
2 Soporte directo a las empresas (subvenciones, préstamos, etc.)	●●●		●●●					
3 Políticas de fomento de las capacitación y habilidades	●●●			●●●				
4 Políticas de emprendimiento	●●●				●●●			
5 Servicios técnicos y asesoramiento	●●●				●●●			
6 Políticas de clúster	●●●					●●●		
7 Políticas para facilitar la colaboración	●●●		●		●	●●●		
8 Políticas de red de innovación	●●●					●●●		
9 Demanda privada de innovación		●●●					●●●	
10 Compra pública de tecnología		●●●	●●				●●●	
11 Premios a la innovación	●●	●●	●●				●●	
12 Normativas y reglamentos	●●	●●					●	●●●
13 Regulaciones	●●	●●					●	●●●

Nota: ●●● = relevancia mayor, ●● = relevancia moderada y ● = relevancia menor para la orientación general y los objetivos de política de innovación considerados.
Fuente: Elaboración a partir de Edler *et al.,* 2016.

El cuadro n.º 1 distingue entre los instrumentos de innovación que se centran en la oferta o la demanda, considera los principales objetivos que se persiguen con su aplicación y, finalmente, muestra cómo estos instrumentos se relacionan con los objetivos que persiguen. Es importante observar que algunos instrumentos se relacionan con varios objetivos y, a la inversa, varios objetivos son abordados por más de un instrumento.

Algunos instrumentos apoyan el proceso de innovación, fomentando la creación de conocimiento, las actividades de formación o el emprendimiento. Se trata de las políticas del lado de la oferta. Por el contrario, otras políticas e instrumentos generan una demanda de innovación, por ejemplo, nuevas regulaciones que implican la mejora de bienes existentes, los derechos de propiedad industrial o la compra pública de tecnología de cara a favorecer la producción y comercialización de conocimiento. Nos referimos a las políticas del lado de la demanda.

Entre los trece instrumentos recogidos por Edler *et al*. (2016), los dos primeros incentivan las inversiones en I+D de las empresas con objeto de fomentar la generación de nuevo conocimiento y facilitar su aplicación en el mercado. Los tres instrumentos siguientes (tres a cinco) apoyan el desarrollo de capacidades y habilidades para generar y comercializar la innovación, teniendo en cuenta la necesidad constante de aprendizaje en los sistemas de innovación. Los tres instrumentos siguientes (seis a ocho) respaldan diversas formas de interacción y colaboración entre los actores del sistema, el aprendizaje individual colectivo, así como la formación de clústeres. Por último, los cinco instrumentos finales potencian la intensidad innovadora de las empresas desde la vertiente de la demanda, a través de la compra de tecnología, las normativas y las regulaciones que inciden sobre la conducta innovadora de las empresas.

La eficiencia de cada instrumento depende en gran medida del contexto socioeconómico e institucional en el que se emplea. Por ello, es importante que cada instrumento sea diseñado específicamente según las características del contexto en el cual se aplica. No hay que perder de vista que cada instrumento es un elemento de un abanico de acciones que interactúan y se llevan a cabo al mismo tiempo. Por ello, carece de sentido estimar los impactos de cada instrumento al margen del resto (Reillon, 2018).

Ante la diversidad de herramientas disponibles y la variedad de los objetivos que se persiguen, es importante que los Gobiernos y sus agencias seleccionen los instrumentos más adecuados en función de los objetivos que se persigan. De la elección de los instrumentos, los efectos dinámicos que se puedan generar entre ellos y la secuencia en la que sean aplicados dependerá la eficiencia de las políticas de CTI ejecutadas por los Gobiernos. Es importante que estas acciones se adapten al contexto institucional y territorial en el que operan las empresas destinatarias.

Durante la última década, la proliferación de herramientas y objetivos ha facilitado que organizaciones como la OCDE afirmaran que las políticas de innovación son el resultado de una combinación de instrumentos y actuaciones (OCDE, 2010). Esto pone de relieve la necesidad de diseñar estas intervenciones públicas bajo el concepto de *innovation policy mix*, a fin de destacar la conveniencia de evaluar los efectos de las distintas combinaciones de instrumentos, además de remarcar la necesidad de coordinar todas las acciones públicas y las estrategias llevadas a cabo por los diferentes niveles de gobierno.

El concepto de *combinación de políticas de innovación* (*innovation policy mix*) ha ganado popularidad entre las políticas de ciencia, tecnología e innovación durante las últimas dos décadas. Esta evidencia queda justificada por varios aspectos. Sin duda, los grandes desafíos sociales a los que se enfrentan los Gobiernos apremian a los *policy-makers* a explorar nuevas políticas que permitan sincronizar mejor la intervención pública con los múltiples frentes que tienen abiertos los responsables públicos. Además, esta mayor complejidad en el diseño de los instrumentos, sus interrelaciones en el tiempo y en el espacio, y la diversidad de objetivos que persiguen las políticas de ciencia, tecnología e innovación aconsejan un esfuerzo creciente en el seguimiento y la evaluación de los resultados obtenidos (Meissner y Kergroach, 2019).

2. Las políticas orientadas a los sistemas de innovación

A finales del siglo XX vieron la luz una serie de enfoques que abordaron la complejidad del proceso innovador. En particular, un concepto muy utilizado por académicos y técnicos es el de sistema de innovación desarrollado por Freeman (1991) y Lundvall

(1988). Este concepto escapa de la relación unidireccional de los modelos lineales de innovación al incorporar fenómenos hasta entonces pasados por alto como las dinámicas de aprendizaje y la capacidad absortiva de las empresas, la interacción entre empresas, la conectividad entre las estructuras de transferencia tecnológica y las empresas innovadoras, las sinergias territoriales y sectoriales, etc. Sin duda, estos enfoques amplían los factores que justifican la participación del Estado en las políticas de I+D+i. Desde esta perspectiva, ya no se trata de corregir exclusivamente determinados fallos de mercado, sino también los fallos de sistema. Sin duda, al pasar de un enfoque centrado en compensar los fallos del mercado a otro que trata de compensar los fallos del sistema el espectro de las políticas públicas adquiere una dimensión más estratégica, con una mayor presencia de objetivos que se materializan a medio y largo plazo.

Los sistemas de innovación se articulan y construyen en varios niveles territoriales y sectoriales. Así pues, se habla de sistemas de innovación nacionales cuando el marco de acción es el estatal, de sistemas de innovación regionales cuando se acota en los límites de una región o de sistema de innovación sectoriales si los procesos de innovación se materializan dentro de un determinado sector o industria. En todas las variantes, el sistema de innovación incluye aquellas instituciones, administraciones públicas, universidades, institutos de investigación, centros de transferencia tecnológica y empresas que forman parte de un determinado ecosistema de innovación.

En las últimas décadas, las grandes corporaciones se han retirado paulatinamente de la investigación básica. La gran incertidumbre de la ciencia ha limitado notablemente el interés de las grandes empresas por asumir unos riesgos tan elevados. Esta retirada ha sido reemplazada por la creciente implicación del Estado. Junto a la diversidad de instrumentos destinados a incentivar a las empresas privadas a invertir en I+D e innovación, se han ido configurando redes de institutos públicos de investigación, centros tecnológicos con una creciente participación empresarial y otras iniciativas como los parques científicos y tecnológicos, las incubadoras de empresas y una diversidad de fondos semilla (Mazzucato, 2013).

Todas estas iniciativas han ido configurando entornos cada vez más favorables para que las empresas innovadoras absorban el conocimiento generado fuera de sus límites. Huelga decir que en estos ecosistemas participan una multitud de actores heterogéneos que fomentan la investigación y el desarrollo tecnológico. También facilitan el diálogo fluido entre los gestores de las políticas de CTI, las universidades, los organismos públicos, los centros de transferencia tecnológica y las empresas.

En los últimos tiempos, los Gobiernos regionales han adquirido un protagonismo creciente en el diseño de las políticas de innovación. Además, la concentración espacial de determinadas industrias pone de relieve que los sistemas territoriales de innovación presentan características propias, por lo que es conveniente la aplicación de políticas adaptadas a las condiciones específicas de cada región (Nauwelaers y Wintjes, 2008).

Un buen exponente de estas tendencias a consolidar a largo plazo unos sistemas de innovación eficientes podemos encontrarlo en Alemania. Este país destaca por la coordinación de su Gobierno federal con los Gobiernos regionales en aras de construir unas redes de ciencia, tecnología e innovación eficientes. Los objetivos perseguidos son simples pero robustos: facilitar que los avances científicos puedan introducirse con éxito en los mercados. Para ello, el Gobierno federal y los *Länder* despliegan toda una batería de actuaciones. Primero encontramos una red de organismos públicos de elevado nivel de excelencia científica –los acreditados institutos Max Planck–; después, una robusta red de centros de transferencia tecnológica –la red de centros tecnológicos Fraunhofer– que son gestionados en gran medida por las empresas; y por último, toda una diversidad de agencias y organizaciones públicas y privadas que facilitan el acceso a la financiación, la localización en entornos dinámicos y los derechos de propiedad industrial, entre otras dimensiones.

Todas estas iniciativas son acompañadas simultáneamente por un amplio abanico de instrumentos financieros y fiscales que incentivan las actividades de I+D e innovación en las empresas y los centros públicos, fomentan la cooperación entre los diferentes actores del sistema innovador, articulan los clústeres territoriales y regionales y, por último, impulsan la creación de nuevas empresas y *start-ups* (Eickelpasch, 2013).

Los principales actores de la política de innovación alemana son el Gobierno federal, la UE y los Gobiernos regionales de los *Länder*. En cierto modo, la perseverancia en las inversiones, el diseño de agendas de políticas estratégicas con objetivos a largo plazo, la coordinación multinivel entre los diferentes Gobiernos y la consolidación de centros públicos y privados de ciencia y tecnología son los ejes centrales de las políticas de ciencia e innovación. La persistencia en la ejecución de las intervenciones públicas y la coordinación horizontal y vertical de los Gobiernos competentes nos ilustran acerca del gran potencial innovador de las empresas germanas.

3. Las políticas orientadas a la misión

En los últimos años, los grandes desafíos sociales, económicos y medioambientales a los que se enfrentan todos los países han reclamado un mayor compromiso de los Gobiernos a la hora de determinar los objetivos que deben perseguir las políticas. Las políticas de innovación orientadas a la misión (*mission-oriented innovation policies*, *MIP*) reclaman un papel estratégico del sector público dentro del sistema de innovación y un mayor compromiso en el desarrollo de nuevos escenarios tecnológicos, al igual que se hizo en los casos de la puesta en marcha de Internet, la carrera espacial, la digitalización, el desarrollo de nuevos medicamentos o las energías renovables (Mazzucato y Semieniuk, 2017; Fagerberg, 2015 y 2018).

Estas acciones parten de objetivos generales, buscan la complicidad de una gran variedad de actores y, conforme van progresando y desarrollándose, establecen los objetivos concretos que, posteriormente, serán abordados por los diferentes niveles de gobierno, las agencias oficiales, las universidades, las instituciones científicas y de transferencia tecnológica, y las empresas innovadoras (Wanzenböck *et al*., 2020). Se trata de políticas de innovación que tienen como objetivo la resolución de un determinado problema social, tecnológico o medioambiental, para el que es imprescindible implicar a una gran variedad de actores en un marco temporal, territorial e institucional concreto. A menudo, estos grandes desafíos globales han de ser abordados en el ámbito de la UE y es necesario involucrar a distintos Estados miembros.

En la UE, los responsables políticos de varios países han comenzado a establecer objetivos ambiciosos para temas como salud, fomento de las energías renovables, digitalización y reducción de la contaminación, entre otros aspectos. Estas misiones utilizan objetivos específicos para ejercer una fuerza de demanda sobre las actividades de innovación públicas y privadas, dirigiendo e intensificando así las inversiones en investigación. Estas políticas también pueden servir para mejorar la gobernanza y el papel activo de las administraciones en el desarrollo de grandes innovaciones disruptivas. El atractivo de las misiones se ve reforzado por su capacidad para estimular también la competitividad económica. Dado el pobre balance de las políticas de I+D y de innovación aplicadas por los países miembros de la UE desde la Agenda de Lisboa, la Comisión Europea advierte a los Gobiernos del riesgo de cometer los mismos errores. Por ello, para implementar estas políticas, se ofrecen algunas recomendaciones (Ständer, 2019).

Para países de potencial innovador moderado, como es el caso de España, uno de los errores frecuentes es quedarse atrapado en la retórica y en las proclamas grandilocuentes, sin capacidad alguna para coordinar los diferentes niveles de las cadenas de mando, adaptar las intervenciones a la realidad institucional y territorial, y pasar de los objetivos generales a la realidad concreta que persigue transformar. Los países de bajo perfil innovador deberían evitar estos riesgos.

Qué duda cabe que las nuevas políticas basadas en misiones aportan un aire fresco a la formulación de las políticas científicas y de innovación (Mazzucato, 2017). Van mucho más allá de las políticas reparadoras de los fallos de mercado y reclaman un papel más ambicioso y creativo de los Estados y todas las instituciones implicadas en el cambio social y económico. Por si fuera poco, las políticas orientadas a las misiones no requieren un Estado grande, sino un Estado ágil, con personal cualificado y organizaciones flexibles y transparentes (Aiginger, 2014), un Estado que diseñe correctamente las estrategias de futuro, integre al mayor número de actores y distribuya las responsabilidades.

No se trata tanto de diseñar más políticas, sino de recuperar la ambición perdida, especialmente en países como España, donde las medidas restrictivas aplicadas después de la Gran

Recesión de 2008 nos apartaron de la senda de la convergencia tecnológica. Sin duda, la modernización de las administraciones públicas y la gobernanza es un factor clave para garantizar el éxito de estas políticas tan ambiciosas. En efecto, las misiones requieren una gobernanza más flexible y ágil que otorgue a las organizaciones involucradas un elevado grado de autonomía en el diseño, la gestión y la evaluación de todos los programas desplegados. Para llevar a cabo estas tareas, las agencias públicas y los organismos implicados en este proceso de diseñar políticas ambiciosas a largo plazo han de contar con unas estructuras ágiles y autónomas, además de con personal altamente cualificado (Ständer, 2018).

IV. LAS POLÍTICAS DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA

Después de abordar los principales enfoques de las políticas de fomento de la innovación y los instrumentos que utilizan los países miembros de la UE para alcanzar sus objetivos, proponemos hacer un recorrido por las principales actuaciones llevadas a cabo en España. La propuesta consiste en observar el protagonismo de los diferentes niveles de gobierno, especialmente del Gobierno español y de algunos Gobiernos regionales, así como sus agencias públicas. Se trata de calibrar la naturaleza de las políticas aplicadas en España que están relacionadas con la innovación empresarial, sin ignorar los avances registrados en la articulación de robustos sistemas de transferencia de conocimiento a través de las diversas estructuras de generación de conocimiento, la transferencia y el desarrollo tecnológico, y la capacidad de las empresas españolas para llevar el conocimiento generado hasta el mercado.

En España las políticas de innovación llegaron con cierto retraso. La crisis económica de 1973 puso de relieve las deficiencias del modelo de crecimiento desarrollista y las bases poco sólidas de la industria española. Con la crisis económica mundial cayeron los flujos de capitales y las inversiones exteriores, descendieron las exportaciones agrarias e industriales y se puso fin al proceso migratorio de trabajadores a Europa. La intensa dependencia tecnológica del exterior y el encarecimiento de la energía puso en evidencia las carencias de un tejido productivo muy centrado en las ramas industriales de bajo valor añadido. Superado todo el proceso de transición democrática, podemos afirmar que en España las políticas de innovación surgen con la llegada de la democracia.

Las políticas de innovación en España han corrido a cargo del Gobierno español y un pequeño grupo de regiones. Las acciones del Gobierno español se orientaron tradicionalmente a combatir los fallos de mercado ocasionados por la propia naturaleza del conocimiento y la innovación. Por otra parte, determinadas actuaciones de política industrial puestas en marcha a partir de mediados de los años ochenta por algunos Gobiernos regionales, en particular la Comunidad Valenciana, Cataluña y el País Vasco, dieron lugar a la creación de una serie de agencias destinadas al fomento de la internalización y la innovación de sus empresas industriales. En el plano estatal, merece una mención especial el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), que pronto se convirtió en la agencia pública más activa a la hora de promover la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas. Los principales instrumentos utilizados para contribuir a la mejora del nivel tecnológico de las empresas españolas han sido las ayudas públicas (las subvenciones y los préstamos preferenciales) y los programas que facilitan la participación española en programas internacionales de cooperación tecnológica.

A nivel regional, la Comunidad Valenciana creó en el año 1984 el Instituto de la Mediana y Pequeña Industria (IMPIVA) con el objetivo de promover la innovación y apoyar a las pequeñas y medianas empresas localizadas en diversos distritos industriales de su territorio. En Cataluña se creó, el año 1985, el Centro de Innovación y Desarrollo Empresarial (CIDEM) para fomentar la innovación y la proyección internacional de las empresas catalanas. Por último, a lo largo de la década de los ochenta, la comunidad autónoma del País Vasco fue la primera en adoptar las competencias sobre el desarrollo regional, que fueron otorgadas por la Constitución española. El Gobierno vasco llevó a cabo su propia política de transferencia e innovación a través de la Agencia Vasca de Desarrollo Empresarial (SPRI).

En general, tanto las agencias regionales como el CDTI han desplegado toda una batería de acciones destinadas a corregir los problemas de mercado relacionados con la elevada incertidumbre y la baja apropiabilidad de las innovaciones. Los instrumentos más empleados han sido las subvenciones no retornables, los préstamos preferenciales, las des-

CUADRO N.º 2

LOS INSTRUMENTOS DE LAS POLÍTICAS DE CIENCIA, TRANSFERENCIA E INNOVACIÓN CORRECTORES DE LOS FALLOS DE MERCADO

FALLO DEL MERCADO	*INSTRUMENTOS*
Incertidumbre elevada: Cuando la investigación o la innovación presenta una incertidumbre elevada y/o bajos beneficios económicos.	• Fondos públicos para institutos públicos de investigación • Ayudas a la ciencia en las universidades • Subvenciones y préstamos bonificados • Desgravaciones fiscales
Problemas de atraso de las empresas: Los problemas presupuestarios de las empresas a corto plazo.	• Subvenciones y préstamos bonificados • Desgravaciones fiscales
Incapacidad de apropiación: El conocimiento es fácil de copiar y la innovación puede perder su elevada inversión en I+D.	• Derechos de propiedad industrial (marcas, patentes y modelos industriales)
Elevadas externalidades en la red y numerosos actores en el mercado: El mercado no es capaz por sí mismo de generar interconectividad, dando lugar a pérdidas de oportunidades en las dinámicas tecnológicas.	• Ayudas públicas a la cooperación entre empresas • Fondos públicos para la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) • Ayudas a los centros tecnológicos
Baja difusión del conocimiento: Baja transparencia y accesibilidad al conocimiento generado por las instituciones de investigación públicas.	• Ayudas a instituciones puente como las fundaciones universitarias y los centros tecnológicos

gravaciones y los préstamos fiscales (Segarra, 2014). Sin embargo, han sido poco utilizados otros instrumentos de fomento de la I+D desde la vertiente de la demanda como la compra estratégica de tecnología (Zabala, 2017). Los instrumentos de la política de innovación más utilizados en España están en consonancia con las actuaciones realizadas por el resto de los países miembros de la UE (Edler *et al.,* 2016). En el cuadro n.º 2, se sintetizan los principales instrumentos utilizados tanto por el CDTI como por los Gobiernos de determinadas comunidades autónomas.

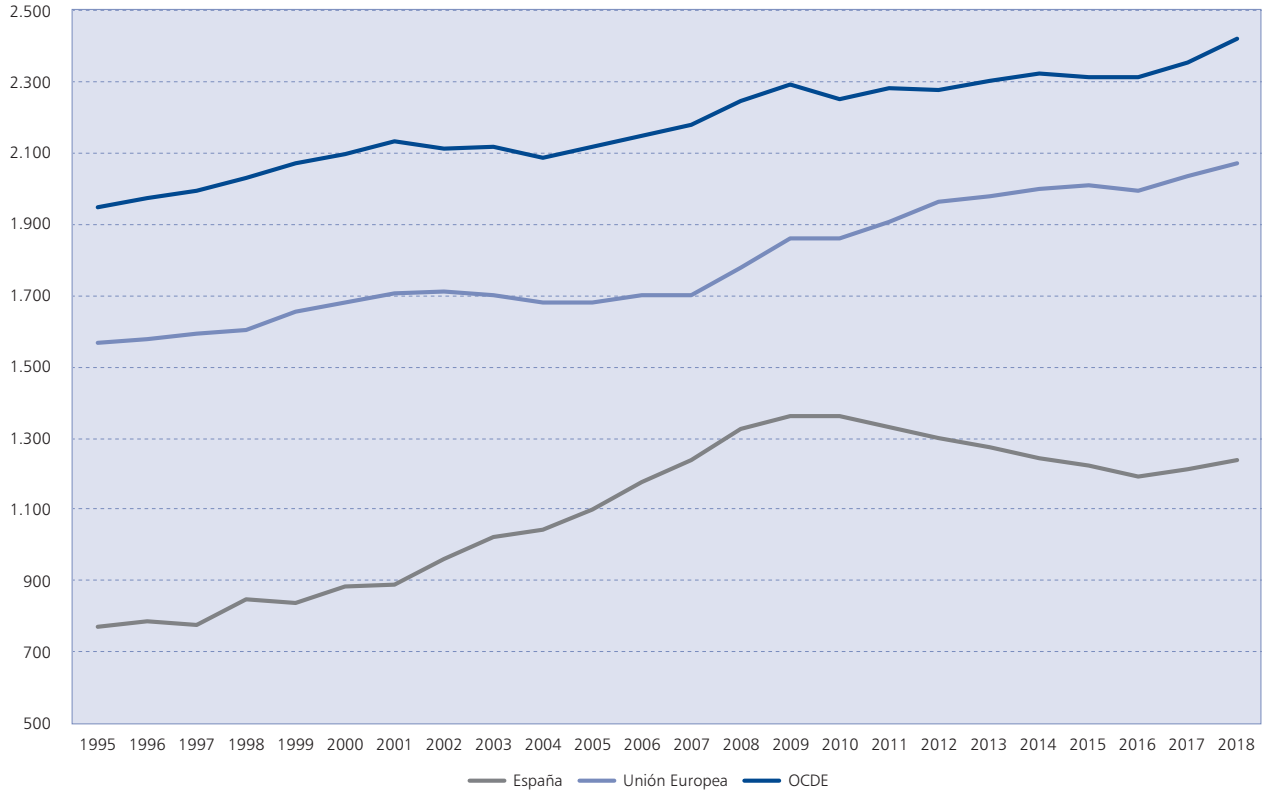
Los dos instrumentos de apoyo a la I+D y a la innovación empresarial más empleados por el Gobierno español y algunas comunidades autónomas han sido, por un lado, las subvenciones a fondo perdido y los prestamos preferenciales, y por otro, los incentivos fiscales (véase Anexo I sobre los instrumentos fiscales para el fomento de la inversión privada en I+D). Junto a estas medidas, encontramos una serie de herramientas que inciden sobre la demanda de tecnología a través de los contratos públicos, las compras estratégicas de productos de alta tecnología y los concursos, que han sido poco utilizados en países como el nuestro. Desde los primeros años del siglo actual, los préstamos y las desgravaciones fiscales aplicados por el Gobierno español están cobrando un gran protagonismo.

Para situar en un contexto internacional el esfuerzo realizado por España, en el gráfico 1 se representa la participación de las inversiones en I+D en el conjunto de la producción para la UE y los países de la OCDE. Los datos disponibles corresponden al período 1995-2018. El gráfico 1 recoge la evolución del gasto en I+D (no en innovación) sobre el PIB de España en relación con la media de la UE y la OCDE. Más allá del conocido retraso de la economía española, destaca la trayectoria errática de las inversiones españolas.

En una primera fase, entre 1995 y 2008, la ratio española converge hacia los estándares internacionales, aunque con la llegada de la gran recesión esta tendencia favorable desaparece. En 2008, el gasto de I+D sobre el PIB en España se sitúa a tan solo 0,45 puntos del promedio europeo y a 0,92 puntos de la OCDE. A partir de este ejercicio, el gasto interno en I+D de España cae de manera contundente y no es hasta el ejercicio 2017 cuando las inversiones españolas en I+D empiezan a remontar. En términos absolutos, la inversión total en I+D en España disminuye entre los ejercicios 2011 y 2014, y solo a partir de entonces aumentan moderadamente (COTEC, 2020) (5).

A partir de estas cifras, una consideración inmediata consiste en buscar los responsables del endémico retraso español y de la divergencia registrada desde la crisis de 2008 con respecto a los promedios de la UE y la OCDE. Unos dirán que el Gobierno español es el principal responsable de alejarnos de los estándares europeos, por los duros recortes que se aplicaron en los servicios públicos y en

GRÁFICO 1
GASTOS EN I+D INTERNA SOBRE PIB EN UE, OCDE Y ESPAÑA



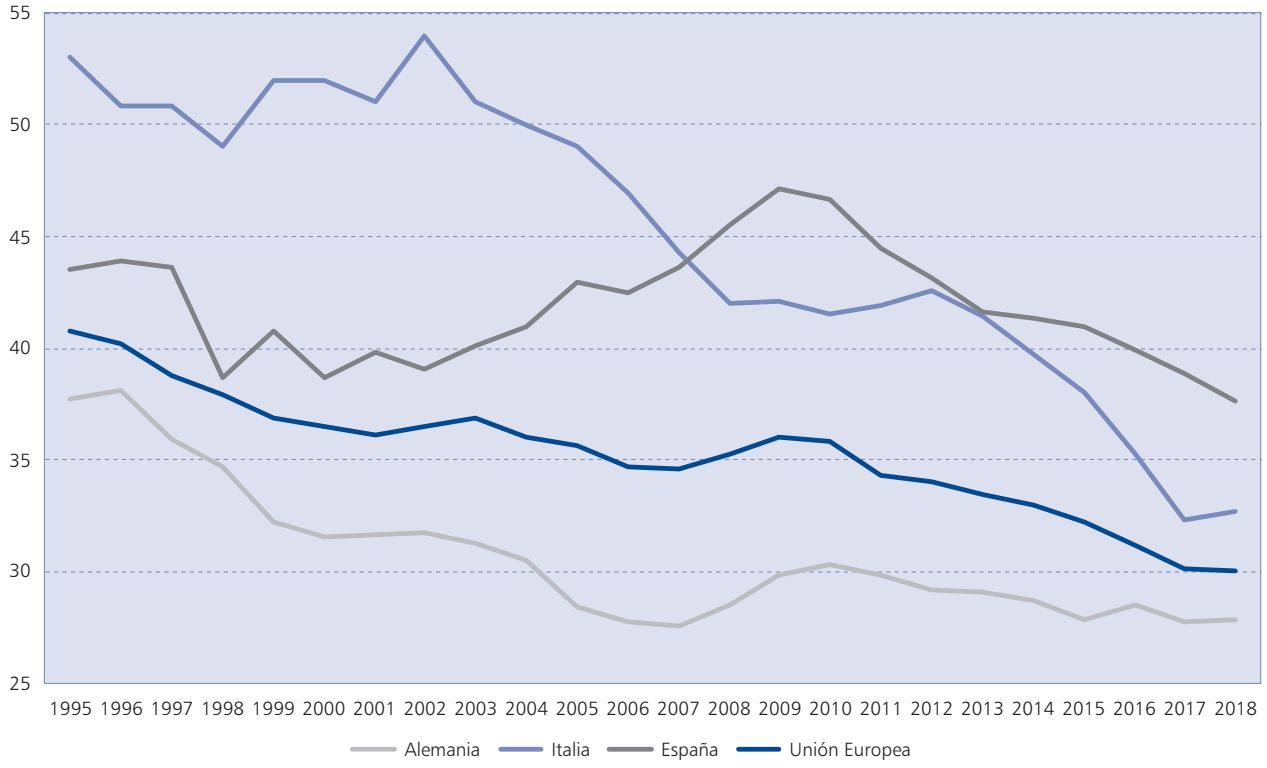
áreas tan estratégicas como el gasto interno en I+D. Otros pondrán el acento en la falta de estructuras robustas que permitan conectar los laboratorios con el mercado. Mientras que otros buscarán a los culpables entre las instituciones europeas, por exigir a los países mediterráneos unos ajustes presupuestarios tan duros; o bien señalarán que la moderada tradición innovadora de nuestras empresas –gran presencia de pymes, pobre especialización en actividades intensivas en conocimiento, un peso muy reducido de las exportaciones de productos de alta tecnología, etc.– es la principal responsable del drama.

En este aspecto, la situación actual de la economía española es ciertamente preocupante por el peso reducido que alcanzan sus exportaciones de bienes y servicios de alta tecnología y el déficit creciente de su balanza tecnológica. En la actualidad España ocupa el puesto 25 de la UE en términos de intensidad exportadora de productos de alta tecnología (Xifré, 2020).

Ahora bien, aunque repartir las responsabilidades entre unos y otros pueda resultar un ejercicio reconfortante, poco aporta si se pretende sentar las bases de las políticas adecuadas para que España logre superar de una vez por todas sus grandes desafíos en materia de tecnología e innovación.

Con objeto de profundizar en este tema, el gráfico 2 presenta el gasto de la I+D interna financiada por las administraciones públicas españolas en comparación con el mismo dato de Alemania e Italia y el promedio de la UE-27. A lo largo del período 1995-2018, la financiación pública de los gastos internos de I+D en España se sitúa por encima de la cifra de Alemania e Italia y del promedio europeo. Para España, cabe distinguir dos fases. Durante el período anterior a la crisis, la participación pública aumenta hasta representar prácticamente la mitad de las inversiones totales, y en 2009 el sector público llega a financiar el 47,1 por 100 de las actividades de I+D. Este dato no deja de ser relevante si tenemos en cuenta que, en ese mismo ejercicio, la financiación pública en Alemania es del 29,8 por 100; en Italia, del 42,1 por 100, y en el conjunto de la UE, del 36 por 100. A partir de entonces, la financiación oficial se

GRÁFICO 2
GASTOS EN I+D FINANCIADOS POR EL GOBIERNO EN ALEMANIA, ITALIA, UE Y ESPAÑA



reduce dramáticamente, igual que ocurre en Italia. Con la llegada de las políticas recesivas, las diferencias entre estas dos economías y el comportamiento más estable de las administraciones germanas son dramáticas.

En el ejercicio 2018, los datos de la OCDE reflejan que el Gobierno federal y los Gobiernos regionales en Alemania financiaban el 27,8 por 100 de las inversiones totales en I+D, mientras que en Italia la financiación pública fue del 32,6 por 100 y España alcanzó el 37,6 por 100 de las inversiones brutas. Estas cifras reflejan que los duros ajustes aplicados en España entre los años 2011 y 2014 lastraron toda posibilidad de encontrar la senda de la convergencia hacia los estándares europeos.

Entre 2009 y 2018, Alemania redujo la financiación pública de la I+D total en tan solo 1,9 puntos, mientras que Italia registró una caída de 9,4 puntos; España, de 9,5 puntos, y el conjunto de los 27 países comunitarios, de 5,9 puntos. Por si sirve de consuelo, Grecia redujo su compromiso público en 14,12 puntos. Sin duda, las políticas de recortes impuestas por la Comisión Europea a los tres países mediterráneos lastraron todas sus opciones para transformar su modelo productivo, tal como reclamaban por su parte los ambiciosos planes quinquenales de modernización de la UE. Es evidente que la contención en el esfuerzo inversor del Estado y todas sus agencias es uno de los factores que están detrás de la pérdida de posiciones de la economía española respecto a otras economías europeas.

Hasta la actualidad, nuestro país no ha recuperado los niveles de inversión bruta en I+D. En 2017, el gasto de las empresas en I+D alcanzaba los niveles anteriores a la crisis financiera, mientras que la financiación pública no los recuperaría hasta el ejercicio de 2019. Sin lugar a dudas, esta coyuntura adversa ha limitado la capacidad de nuestras empresas para competir en los mercados internacionales y también ha hipotecado la capacidad de nuestro país para superar los grandes desafíos del siglo XXI.

La crisis iniciada en el año 2008 provocó que la mayoría de las economías en la UE activaran

una serie de recortes que degradaron muchos de los servicios sociales (salud, educación, asistencia personal, etc.), lo que afectó negativamente a los colectivos más perjudicados por la crisis. En algunos países, en especial en España, estas restricciones presupuestarias también afectaron a los recursos destinados a las políticas de la ciencia y la innovación. Desde la crisis de 2008, en España el sector público ha reducido su compromiso con la innovación y la transición hacia un modelo productivo más eficiente e inclusivo (véase Anexo II sobre las debilidades y fortalezas del sistema de innovación español).

En España, las políticas de CTI han carecido de un análisis realista sobre la complejidad del fenómeno, la diversidad de actores necesarios, los mecanismos de coordinación intergubernamentales y las considerables diferencias regionales. Sin ser plenamente conscientes de ello, los responsables políticos y las agencias implicadas han seguido las pautas del modelo lineal que interpreta la transformación tecnológica como una secuencia que va desde el mundo de la ciencia hasta la empresa. Como hemos podido observar con el sistema de ciencia y tecnología germano, las cosas son mucho más complejas. Llegados a este punto, no se trata de buscar culpables directos de los malos resultados obtenidos desde la crisis de 2008, sino más bien de determinar las principales carencias del sistema español de ciencia, tecnología e innovación.

Sin duda, la economía española presenta un sistema de innovación débil. Sobresalen al menos tres grandes eslabones débiles a lo largo de todo el proceso que va de la ciencia al mercado: la falta de organismos de transferencia, la escasa agilidad en el diseño y la implementación de los instrumentos correctores de los fallos de mercado y la escasa convicción de las políticas públicas de fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación, además de la falta de estructuras de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno.

En primer lugar, hay que recordar la falta de estructuras de transferencia del conocimiento apropiadas que se ajusten a las necesidades del heterogéneo tejido empresarial español. En general, todas las iniciativas que han tenido cierto recorrido en materia de transferir el conocimiento a las empresas se han llevado a cabo desde la vertiente universitaria, adoptando un modelo secuencial excesivamente simple y voluntarista. En cambio, en la década de los ochenta entre las comunidades autónomas se desplegaron una serie de iniciativas de gran interés, especialmente a través del IMPIVA valenciano, que inició una interesante política tecnológica basada en sus tradicionales distritos industriales, y del Gobierno vasco, que apostó por fortalecer determinados centros tecnológicos en detrimento de las universidades. En otras regiones, como Cataluña, se formularon iniciativas de interés en la red de centros de transferencia gestionados por las empresas privadas –el caso más relevante es el del centro tecnológico de LEITAT de Terrassa–, aunque la falta de financiación y la poca ambición por articular una red de transferencia a largo plazo limitó el desarrollo del proyecto. En los últimos años, se ha experimentado en Cataluña una recentralización de las estructuras de transferencia con la creación del Centre Tecnològic de Catalunya (EURECAT), que tiene la sede corporativa en el distrito tecnológico del 22@ barcelonés. Esto ha dotado de una mayor masa crítica al Centro Tecnológico, a costa de reducir la capacidad operativa de los centros territoriales repartidos por toda Cataluña, pero también ha conllevado un mayor alejamiento de las necesidades de las pymes repartidas por toda la región.

En segundo lugar, la dimensión estática de los instrumentos de fomento de la I+D+i, muy insensible a la diversidad de realidades tecnológicas y territoriales en las que operan las empresas, ha ido en detrimento de las pymes españolas. Un buen ejemplo de las limitaciones de estos instrumentos es la normativa relacionada con las desgravaciones fiscales de las inversiones en I+D y otras actividades relacionadas con la innovación. A pesar de que las bonificaciones aplicadas por la Agencia Tributaria se sitúan entre las más favorables de los países de la OCDE, el acceso de las pymes españolas a estos incentivos es bastante reducido. En este caso, la legislación fiscal es excesivamente estática y rígida; por ello, es imprescindible implicar más intensamente a las agencias regionales, los centros tecnológicos y las propias universidades durante el proceso de certificación y la prescripción de las ayudas en función de las realidades territoriales.

Por último, encontramos un tercer eslabón relacionado con la escasa calidad de las políticas de CTI ejecutadas en España. La coordinación entre los Gobiernos, tanto desde una vertiente horizontal como vertical, es ahora más necesaria que nunca. Sin unos foros estables de coordinación, en los que las buenas

prácticas llevadas a cabo a todos los niveles sean compartidas por todos los agentes implicados, será prácticamente imposible invertir la tendencia de la creciente desconexión de las dinámicas registradas por la mayoría de los países miembros de la UE.

V. LA GOBERNANZA DE LAS POLÍTICAS DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA

Para que el Estado y sus agencias lleven a cabo una serie de políticas destinadas al fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación, hay que destinar recursos públicos, pero solo con esto no es suficiente. Tan importante o más que el montante destinado es la forma de gestionarlo y de sincronizar las actuaciones de los Gobiernos implicados en estas políticas. La gobernanza es una dimensión clave de las políticas de innovación, especialmente cuando los desafíos globales a los que se enfrentan todos los países son de gran calado (Lanahan y Feldman, 2015).

Desde la caída del muro de Berlín, el mundo se enfrenta a nuevos retos que solo pueden ser superados con la participación del Estado, las instituciones públicas y privadas, las empresas y el conjunto de la sociedad. No es tan relevante la acción de los Gobiernos, como la eficacia y la implicación de todas las instituciones y actores implicados. Sin duda, uno de los eslabones más débiles de las políticas de CTI en España es la escasa coordinación entre los Gobiernos, y la deficiente adaptación al entorno institucional y territorial en el que operan las empresas (Mazzucato y Semieniuk, 2017). En países en los que persiste la brecha tecnológica respecto a los líderes, alcanzar acuerdos generales para poner en práctica una nueva forma de gobernar es hoy más importante que nunca.

Recientemente, la UE y la OCDE emprendieron la iniciativa STIP Compass, liderada por la Comisión Europea y la OCDE, que pretende estudiar la eficiencia de los métodos de gobierno aplicados por 62 países industrializados (6). Los primeros trabajos realizados concluyen que la gobernanza es una dimensión clave de las políticas de innovación y de sus impactos sobre el conjunto de la economía (EC-OCDE, 2021). Estos estudios también ponen de manifiesto que no existe un único modo de diseño y gestión de las políticas de CTI, sino una gran variedad de estilos de gobierno. En efecto, una de las características de las políticas científicas y de innovación llevadas a cabo por los países desarrollados es la variedad de los diseños adoptados por cada país en función de su historia, su salud democrática, sus cartas magnas y su entramado institucional. Desde una perspectiva territorial, en algunos casos el protagonismo de las regiones es considerable, mientras que en otros estas políticas son competencia exclusiva del Estado y sus agencias. Sin duda, esta heterogeneidad en la distribución de las competencias está relacionada con el diseño institucional y las características históricas y geográficas de cada país.

En el cuadro n.º 3 presentamos el marco competencial en los ámbitos de la ciencia, la investigación, la tecnología y la innovación de los países miembros de la UE-27 (Russo y Pavone, 2021). Estos autores analizan el reparto de las competencias entre los Gobiernos centrales y las regiones en materia de investigación, innovación, tecnología, ciencia, formación y educación.

CUADRO N.º 3

DISTRIBUCIÓN DE LAS COMPETENCIAS EN MATERIA DE CIENCIA, INVESTIGACIÓN, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA

	NACIONAL	*REGIONAL*	*NO ESPECIFICADO*
Ciencia	Austria, Bulgaria, Croacia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Portugal, Rumanía, España, Suecia	Alemania, Italia, Portugal, Eslovaquia	Bulgaria, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Polonia, Portugal, Eslovaquia, Eslovenia, España
Investigación	Austria, Francia, Alemania, Grecia, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Portugal, Rumanía, España, Suecia, Hungría	Austria, Alemania, Italia, España	Austria, República Checa, Estonia, Francia, Alemania, Polonia, Portugal, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia
Tecnología	Bulgaria, Alemania, Hungría, Italia, Lituania, Malta, Portugal, Rumanía, España	Alemania, Italia, Portugal	Portugal, España
Innovación	Bulgaria, Francia Italia, Portugal, Bulgaria, Alemania, Hungría, Italia, Lituania, Malta, Portugal, Rumanía, España	Italia, Alemania	Francia, Portugal, Eslovenia, España

Nota: Elaboración propia a partir de Russo y Pavone (2021).

En este apartado nos centraremos en los primeros, más relacionados con la innovación y la ciencia. Sobre la distribución de las competencias por niveles de gobierno muchos países presentan una cierta ambigüedad en el diseño de sus competencias. Por ello, el cuadro presenta una tercera alternativa para las realidades más ambiguas.

Entre los países miembros de la UE, no existe un único diseño en la distribución de las competencias relacionadas con la ciencia y la innovación. Alemania e Italia destacan por el gran protagonismo que tienen las regiones en el diseño de sus políticas científicas, tecnológicas y de innovación. Otros países, como Bulgaria, Hungría y Rumanía, adoptan modelos muy centralizados, y el resto presenta una gran variedad de situaciones. Esta diversidad en el diseño de las políticas de fomento de la innovación entre países no debe llevarnos a la conclusión de que existe un marco competencial óptimo, sino más bien que cada país adapta sus modelos de innovación a sus propias características territoriales e institucionales.

En lo que respecta a España, las competencias científicas están distribuidas entre el Gobierno nacional y las comunidades autónomas, mientras que a medida que nos desplazamos hacia los ámbitos de la tecnología y la innovación las regiones van perdiendo protagonismo. Teniendo en cuenta la gran apuesta de nuestro marco constitucional por otorgar a nuestras comunidades autónomas competencias exclusivas en transferencia tecnológica e innovación, podemos concluir que, hasta la fecha, el desarrollo de estas competencias ha sido muy reducido.

Los indicadores y las estadísticas elaborados en el campo de la ciencia, la transferencia de tecnología y la innovación por los organismos oficiales de los Estados miembros y las instituciones europeas no pueden obviar la variedad de diseños existentes entre los distintos países. Por ello, es urgente reflejar en las fuentes estadísticas y en los estudios realizados la gran variedad de los instrumentos utilizados en las políticas de CTI, así como las grandes diferencias competenciales a nivel regional y local. Como ponen de relieve iniciativas como el RIS3, en los últimos años las políticas regionales están adquiriendo un creciente protagonismo de cara a adaptarse a la realidad de los distintos territorios (Magro y Wilson, 2019).

Por último, a la hora de evaluar las políticas de innovación es imprescindible destacar la diversidad de los actores implicados en el entorno innovador en el que participan las empresas. A menudo, en los estudios actuales, bajo el epígrafe genérico «intermediarios de la innovación» se incluyen toda una serie de organismos que tienen una gran responsabilidad a la hora de llevar a cabo el difícil reto de acompañar el fruto de la investigación desde el laboratorio hasta el jardín de nuestra casa.

VI. UNA NUEVA OPORTUNIDAD PARA ESPAÑA: LOS FONDOS *NEXT GENERATION*

La interpretación de la crisis actual que han realizado las autoridades europeas se ajusta mucho más a las necesidades de economías como la española que los ajustes impuestos a los países mediterráneos de la UE durante el largo período comprendido entre 2008 y 2014. Las nuevas políticas no solo buscan la recuperación de la crisis económica, sino también abordar los grandes retos que amenazan el futuro europeo, lo que nos permite ser mucho más optimistas. Sin embargo, es importante tener presentes las grandes dificultades de la tarea.

El riesgo de que los países mediterráneos (Grecia, Portugal, Italia o España) vuelvan a fracasar en sus planes de transformación tecnológica y económica no puede ignorarse. La historia es bien conocida por todos. Si bien es cierto que con la creación de los programas marco de la UE, allá por los años ochenta, los recursos destinados a las políticas de CTI no dejaron de crecer, y muchos países consolidaron sus sistemas de innovación (Ständer, 2019), también lo es que, desde el Tratado de la Unión Europea acordado en Maastricht en 1992, los programas marco europeos cometieron el error de perseguir los mismos objetivos para realidades muy distintas.

El Tratado de la Unión Europea consolidó un estilo de hacer política muy grandilocuente y poco efectivo, especialmente para los países que viven en realidades distintas a las de los países que forman el núcleo duro de la UE. Un buen ejemplo de este estilo fue la Estrategia de Lisboa aprobada en la capital lusa en el año 2000. Al hilo de sus ambiciosos objetivos en materia de ciencia e innovación, el Consejo Europeo de Barcelona, celebrado en el año 2002, estableció como gran objetivo que el gasto en I+D e innovación en la UE alcanzase el 3 por 100 del PIB para 2010. Aplicar idénticos objetivos en países de la UE que viven realidades distintas tiene el riesgo

de no poder cumplirlos, generar una gran frustración colectiva, y, por si fuera poco, diseñar unas políticas poco realistas. España y el resto de las economías mediterráneas no deberían volver a tropezar con la misma piedra.

Los fondos europeos *Next Generation* deberían ayudar a consolidar un estilo de gobernanza más ajustado a la heterogeneidad de la economía española. Como ha puesto de relieve la actual pandemia, es imprescindible crear a todos los niveles órganos de cooperación estables y efectivos que permitan compartir las buenas prácticas, dotar de un mayor protagonismo a las comunidades autónomas y ajustar las políticas a las realidades territoriales.

Ante esta nueva oportunidad para el cambio tecnológico y económico, es imprescindible diseñar una estrategia de desarrollo a largo plazo que presente tres dimensiones, como si de un cubo de Rubik se tratara. Primero, hay que establecer los mecanismos adecuados de coordinación horizontal –entre los ministerios implicados– y vertical –entre los diferentes niveles de gobierno. y adaptar nuestro diseño institucional a la diversidad de las regiones españolas. Segundo, hay que agilizar los instrumentos adecuados y consolidar a largo plazo un proceso de generación del conocimiento que va desde las universidades hasta el mercado, pasando por los centros públicos de investigación, los centros tecnológicos y las infraestructuras, como los parques científicos o las incubadoras de empresas de alta intensidad tecnológica. Y, por último, hay que diseñar un marco de incentivos que fomente la cooperación entre empresas, que sea sensible a las necesidades de las grandes empresas sin olvidar la realidad de las pymes españolas.

Sin duda, una mejor sincronización en el diseño de las políticas de fomento de la innovación, desde las diferentes instancias implicadas, permitiría adaptar mejor las actuaciones a la realidad específica de cada entorno. En general, la coordinación de los agentes públicos facilita que los Gobiernos implicados se adapten a las condiciones de cada territorio (Tödtling y Trippl, 2005; Nauwelaers y Wintjes, 2008). En este sentido, conviene llevar a cabo un reparto transparente de las competencias, a fin de que cada nivel de gobierno cubra un grupo determinado de fallos de mercado que afecta negativamente a la generación de incentivos para que las empresas inviertan en actividades de I+D.

En esta ingente tarea, el sector público debe asumir los mayores costes y riesgos. Ha de liderar las fases más arriesgadas del proceso innovador, especialmente las de investigación básica y aplicada, pero también los aspectos relacionados con la difusión del conocimiento, la cooperación empresarial, la financiación de las nuevas empresas y la compra externa de tecnología.

En la actualidad, los esfuerzos por encontrar un nuevo diseño de políticas de fomento de la innovación en España se están librando en dos escenarios. En el frente europeo, debemos recuperar el tiempo perdido, sobre todo desde la entrada en la UE de las trece economías del centro y el este de Europa, que gozan de una tradición científica y una cultura del cambio mayores que la nuestra. En el frente interno, es imprescindible mejorar los mecanismos de coordinación, el intercambio de buenas prácticas y la evaluación adecuada de las políticas ejecutadas.

Sin una gestión de las políticas públicas más eficiente, un diseño a largo plazo de objetivos más ambiciosos compartidos con el resto de los países de la UE, y una progresiva articulación de una red potente de centros tecnológicos que dé respuesta a las necesidades de las empresas españolas, el riesgo de perder otra vez esta gran oportunidad histórica no puede ser descartado.

NOTAS

(1) En palabras de Keynes: «Los sistemas de los Estados totalitarios de la actualidad parecen resolver el problema de la desocupación a expensas de la eficiencia y la libertad. En verdad el mundo no tolerará por mucho tiempo más la desocupación que, aparte de breves intervalos de excitación, va unida –y en mi opinión, inevitablemente– al capitalismo individualista de estos tiempos; pero puede ser posible que la enfermedad se cure por medio de un análisis adecuado del problema, conservando al mismo tiempo la eficiencia y la libertad» (Keynes, 1936, pp. 334-335).

(2) Entre los autores que criticaron algunos pasajes de *La riqueza de las naciones* sobresale la aportación de John Rae (1834), quien apreció que la fuente del progreso no es la división del trabajo ni tan siquiera la incorporación de máquinas más sofisticadas. Este autor considera que Smith interpreta el progreso técnico como un fenómeno automático e instantáneo, ignorando por completo que detrás siempre está la capacidad creativa de las personas. Para Rae, las nuevas máquinas que se incorporan a las fábricas gracias a la división del trabajo no caen del cielo, pues son el resultado de un largo proceso de fracasos y éxitos relacionado con la capacidad inventiva de las personas.

(3) *Teoría del desarrollo económico* (1911). Cap. 8.

(4) La literatura también distingue entre los instrumentos *verticales*, que recaen sobre un colectivo seleccionado de empresas, como son las subvenciones, los préstamos o las compras estratégicas de tecnologías, y los instrumentos *horizontales*, al alcance de todas las empresas innovadoras, como es el caso de los incentivos fiscales (Colecchia, 2007). Por último, también podemos distinguir entre los instrumentos *directos*, que benefician directamente a las empresas innovadora. y los *indirectos*, que recaen sobre los actores territoriales o sectoriales.

(5) Si recordamos que los planes recientes relacionados con la ciencia, la tecnología y la innovación situaron para el horizonte 2020 el objetivo del 2 por 100 sobre el PIB (Plan Estatal, 2017-2020) y del 2,12 por 100 (Objetivo Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027), hemos de concluir que las cifras registradas están muy lejos de estas metas.

(6) La plataforma *STIP Compass* es una iniciativa conjunta de la Comisión Europea y la OCDE que ofrece información sobre las políticas de ciencia, tecnología e innovación implementadas a través de 28 instrumentos por 62 países desarrollados, además de cinco regiones de la UE. En cierto modo, es un producto derivado de las bien conocidas encuestas bianuales de innovación empresarial llevadas a cabo en la UE a través de la *Community Innovation Survey* (CIS). El acceso a los datos es libre.

(7) La evolución de los incentivos fiscales de los Gobiernos para las inversiones en I+D de los países de la OCDE pueden consultarse en https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=RDTAX

La base de datos de incentivos fiscales para I+D de la OCDE proporciona un conjunto de indicadores que reflejan el nivel y la estructura del apoyo del Gobierno central y subnacional para la I+D empresarial en forma de incentivos fiscales para I+D y financiación directa en los países miembros de la OCDE y otras once economías.

(8) Los índices de cada país pueden variar de un año a otro. Por ejemplo, en la reciente edición de 2021, España continúa en el puesto 16 del tablero de innovación de la UE-27, mientras Portugal pierde posiciones. Sin embargo, los datos de convergencia entre los índices agregados reflejan una tendencia mucho más estable.

REFERENCIAS

Aghion, P., David, P. A. y Foray, D. (2009). Science, technology and innovation for economic growth: linking policy research and practice in 'STIG Systems. *Research Policy*, 38(4), pp. 681-693.

Agrawal, A., Rosell, C. y Simcoe, T. (2020). Tax Credits and Small Firm R&D Spending. *American Economic Journal: Economic Policy*, 12(2), pp. 1-21.

Aiginger, K. (2012). A systemic industrial policy to pave a new growth path for Europe. *WIFO Working Papers,* n.º 421.

Aiginger, K. (2014). Industrial policy for a sustainable growth path. *WIFO Working Papers,* n.º 469.

Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. En R. Nelson (ed.), *The rate and direction of inventive activity* (pp. 609-629). Princeton, NJ: Princeton University Press.

Audretsch, D. B. y Thurik, A. R. (2004). A model of the entrepreneurial economy. *Discussion Papers on Entrepreneurship, Growth and Public Policy,* n.º 1204.

Baumol, W. J. (2002). *The free-market innovation machine: Analyzing the growth miracle of capitalism*. Princeton University Press.

Block, F. L. y Keller, M. R. (2015). State of innovation: the US government's role in technology development. Routledge /Taylor & Francis Group.

Borrás, S. y Edquist, C. (2013). The Choice of Innovation Policy Instruments, *Technological Forecasting and Social Change*, 80, pp. 1513-22.

Chaminade, C. y Lundvall, B. Å. (2019). Science, Technology, and Innovation Policy: Old Patterns and New Challenges. En *Oxford Research Encyclopedia of Business and Management*.

Colecchia, A. (2007). Looking Ahead: *What Implications for STI Indicator Development?* En OECD (ed.), *Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World: Responding to Policy,* pp. 285-298.

COTEC, F. (2020). Informe COTEC 2020. *Tecnología e Innovación en España*. Madrid: Fundación COTEC.

Dosi, G. y Nelson, R. R. (1994). An introduction to evolutionary theories in economics. *Journal of Evolutionary Economics*, 4(3), pp.153-172.

Dosi, G., Lamperti, F., Mazzucato, M., Napoletano, M. y Roventini, A. (2018). The Entrepreneurial State at Work: an Agent Based Exploration. En *Growth Working Paper,* n.º 41.

EC-OECD (2021). *STIP Compass: International Database on Science, Technology and Innovation Policy (STIP)*, edition June 2, 2021, https://stip.oecd.org

Edler, J. y Fagerberg, J. (2017). Innovation policy: what, why, and how. *Oxford Review of Economic Policy*, 33(1), pp. 2-23.

Edler, J., Gök, A., Cunningham, P. y Shapira, P. (2016), Introduction: Making Sense of Innovation Policy. En J. Edler, P. Cunningham, A. Gök, y P. Shapira (eds.), *Handbook of Innovation Policy Impact*, pp. 1-17. Cheltenham: Edward Elgar.

Eickelpasch, A. (2013). *Innovation policy in Germany: Strategies and programmes at the federal and the regional level*. Department of Industry and Technological Innovation, Tuscany's Regional Government.

Fagerberg, J. (2015). Innovation policy, national innovation systems and economic performance: In search of a useful theoretical framework. *Working Papers on Innovation Studies,* n.º 20150321.

Fagerberg, J. (2018). Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on transformative innovation policy. *Research Policy*, 47(9), pp. 1568-1576.

Freeman, C. (1991). Networks of innovators: A synthesis of research issues. *Research Policy*, 20(5), pp. 499-514.

Isaacson, W. (2021). *The Code Breaker: Jennifer Doudna, Gene Editing, and the Future of the Human Race*. Simon and Schuster. Traducción al español: *El código de la vida: Jennifer Doudna, la edición genética y el futuro de la especie humana.* Editorial Debate.

Jaffe, A. B. y Jones, B. F. (2015). *The changing frontier: Rethinking science and innovation policy*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Keynes, J. M. (1936). *The general theory of employment, interest, and money*. Traducción española en *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero.* Fondo de Cultura Económica. Méjico.

Keynes, J. M. (1926). *The End of Laissez-Faire*. En The Collected Writings of John Maynard Keynes. *Essays in Persuasion*, Volume IX, Royal Economic Society, Palgrave MacMillan, 1972.

Lanahan, L. y Feldman, M. P. (2015). Multilevel innovation policy mix: A closer look at state policies that augment the federal SBIR program.

Research Policy, 44(7), pp. 1387-1402.

Lundvall, B.A. (2013) Innovation studies: a personal interpretation of the state of the art. En Fagerberg J., Martin B.R., Andersen E.S. (eds.) *Innovation studies: evolution & future challenges*. Oxford: Oxford University Press.

Lundvall, B. A. y Borrás, S. (2005). Science, technology and innovation policy. *The Oxford Handbook of Innovation*, pp. 599-631.

Lundvall, B.A. (1988). Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the national system of innovation. En G. Dosi (ed.), *Technical change and economic theory,* pp. 349-369. London, U.K.: Pinter.

Lütkenhors, W. (2017). La política industrial para el desarrollo sostenible. *Políticas industriales y tecnológicas en América Latina.* Santiago: CEPAL, 2017. LC/TS. 2017/91, pp. 504-548.

Magro, E. y Wilson, J. R. (2019). Policy-mix evaluation: Governance challenges from new place-based innovation policies. *Research Policy*, 48(10), pp. 1012-103.

Martin, B. R. (2016). R&D Policy Instruments–A Critical Review of What We Do and Don't Know. *Industry and Innovation*, 23, pp. 157-176.

Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State: Debunking Publicvs. Private Myths in Risk and Innovation*. London: Anthem Pres. Versión Española en Mazzucato, M. (2014). *El Estado emprendedor. Mitos del sector público frente al privado.* Barcelona: RBA.

Mazzucato, M. (2014). The entrepreneurial state: debunking public vs. private sector myths. London: Anthem Press.

Mazzucato, M. (2017). Mission-oriented innovation policy. *UCL Institute for Innovation and Public Purpose Working Paper*.

Mazzucato, M. (2021). *Mission economy: a moonshot guide to changing capitalism*. Allen Land.

Mazzucato, M. y Penna, C. (2014). *Beyond market failures: the market creating and shaping role of state investment banks, SPRU Working Paper,* SWPS 2014-21, Universidad de Sussex.

Mazzucato, M. y Semieniuk, G. (2017). Public financing of innovation: New questions. *Oxford Review of Economic Policy,* 33(1), pp. 24-48.

Meissner, D. y Kergroach, S. (2019). Innovation policy mix: mapping and measurement. *The Journal of Technology Transfer*, pp. 1-26.

Nauwelaers, C. y Wintjes, R. (2008). Innovation policy, innovation in policy: policy learning within and across systems and clusters. En *Innovation policy in Europe. Measurement and Strategy*, pp. 225-268. Cheltenham: Edward Elgar.

Nelson, R. (1959). The Simple Economics of Basic Scientific Research, *Journal of Political Economy,* 67(3), pp. 297-306.

Nelson, R. y Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Papaioannou, T. (2020). Reflections on the entrepreneurial state, innovation and social justice. *Review of Evolutionary Political Economy*, 1(2), pp. 199-220.

Pérez, C. (2016). Capitalism, technology and a green global golden age: the role of history in helping to shape the future. En Jacobs M., Mazzucato M. (eds.), *Rethinking capitalism: economics and policy for sustainable growth*. Oxford: Wiley-Balckwell.

Rae, J. (1834). *Statement of some new principles on the subject of political economy: exposing the fallacies of the system of free trade, and of some other doctrines maintained in the Wealth of nations.* Boston: Hilliard, Gray.

Reillon, V. (2018), *EU Innovation Policy – Part I Building the EU innovation policy mix*, EPRS | European Parliamentary Research Service.

Russo, M. y Pavone, P. (2021). Evidence-based portfolios of innovation policy mixes: A cross-country analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, pp. 120708.

Schumpeter, J. (1911). The theory of economic development. *Harvard Economic Studies.* vol. XLVI.

Segarra Blasco, A. (2014): La política de innovación. En R. Myro (coord.), Un nuevo modelo económico para España. Reformas estructurales para la recuperación y el crecimiento. *Mediterráneo Económico*, 25, pp. 251-264.

Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: William Strahan and Thomas Cadell Editorial. Versión española: (1997). *Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. Edición de Carlos Rodríguez Braun. Madrid: Alianza Editorial.

Ständer, P. (2019). Missions for EU Innovation Policy why the right set-up matters. *Bertelsmann Stiftung Policy Paper,* n.º 224.

Sterlacchini, A. y Venturini, F. (2019). R&D tax incentives in EU countries: does the impact vary with firm size? *Small Business Economics*, 53(3), pp. 687-708.

Thomson, R. (2013). Measures of R&D tax incentives for OECD countries. *Review of Economics and Institutions*, 4(3), 1-35.

Tödtling, F. y Trippl, M. (2005). One size fits all?: Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy*, 34(8), pp. 1203-1219.

Wanzenböck, I., Wesseling, J. H., Frenken, K., Hekkert, M. P. y Weber, K. M. (2020). A framework for mission-oriented innovation policy: Alternative pathways through the problem-solution space. *Science and Public Policy*, 47(4), pp. 474-489.

Warda, J. (2001). Measuring the Value of R&D Tax Treatment in OECD Countries. Special Issue on New Science and Technology Indicators, 27.

Wolf, C. (1995). *Mercados o Gobiernos: elegir entre alternativas imperfectas*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales.

Xifré, R. (2020). Las exportaciones españolas de alta tecnología. *Cuadernos de Información económica* (278), pp. 69-75.

Zabala-Iturriagagoitia, J. M. (2017). La Política de Compra Pública como estímulo a la innovación y el emprendimiento. *Journal of Technology Management & Innovation*, 12(1), pp. 100-108.

ANEXO I

LOS INSTRUMENTOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LA INVERSIÓN PRIVADA EN I+D

Los incentivos fiscales han alcanzado un gran protagonismo como herramienta política para estimular la I+D de las empresas privadas en los países de la OCDE (Thomson, 2013). A diferencia de las subvenciones y los préstamos, donde la empresa innovadora presenta un proyecto siguiendo las directrices marcadas por la convocatoria de ayudas, en este caso son las empresas innovadoras las que deciden sus proyectos y sus inversiones en I+D. Los incentivos fiscales proporcionan a las empresas una mayor autonomía, ofrecen una mayor estabilidad que las subvenciones (que pueden variar en cada convocatoria) y facilitan que las compañías puedan asumir más riesgos en proyectos a largo plazo. Sin embargo, el complejo proceso de certificación de las inversiones en I+D suele beneficiar a las grandes empresas en detrimento de las pymes locales.

En general, se utilizan dos tipos de incentivos fiscales para estimular la I+D en los países de la OCDE: las desgravaciones y los créditos fiscales. Además de los incentivos fiscales al gasto en I+D, algunos gobiernos promueven la innovación a través de una serie de incentivos fiscales relacionados con las inversiones en capital riesgo y en *start-ups.* En España, en 2008 se introdujo un régimen especial del impuesto sobre sociedades vinculado a la explotación de activos intangibles, conocido como *patent box.* Las empresas pueden deducirse de la cuota del impuesto de sociedades el 25 por 100 de los gastos de I+D y el 12 por 100 de los destinados a innovación tecnológica. Actualmente, estas deducciones se regulan en los artículos 35 y 39 de la Ley 27/2014, de 27 de noviembre del impuesto sobre sociedades. Además de estas deducciones por los gastos en I+D e innovación, las inversiones en inmovilizado material e intangibles relacionadas con las actividades de I+D gozan de una deducción más reducida que alcanza el 8 por 100.

La consideración de gastos con derecho a deducción requiere que las empresas aporten un informe motivado emitido por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Este informe debe contener información relativa al cumplimiento de los requisitos científicos y tecnológicos para calificar las actividades del contribuyente como investigación y desarrollo o como innovación tecnológica. A pesar de las grandes ventajas que ofrece la normativa tributaria, en España el número de empresas que se benefician de estos instrumentos fiscales no deja de ser reducido, sobre todo entre las pymes (Sterlacchini y Venturini, 2019; Agrawal, Rosell y Simcoe, 2020).

Esta situación se agravó durante los años siguientes a la crisis internacional de 2008. Entre 2007 y 2018, el número total de beneficiarios de las desgravaciones fiscales en I+D disminuyó en España en casi un 30 por 100, pasando de 3.300 a 2.380 empresas beneficiarias (7). En España, la caída de las empresas beneficiarias fue especialmente intensa durante el período de recesión comprendido entre 2008 y 2015.

Para comparar la generosidad de los diferentes sistemas de apoyo público a la I+D y la innovación a través de incentivos fiscales, la OCDE desarrolla anualmente el índice-B en función de la situación y la dimensión de las empresas (Warda, 2001). Este índice mide la subvención fiscal marginal teórica, es decir, el nivel de ahorro fiscal que genera un euro adicional destinado a los gastos en I+D e innovación. Un índice superior señala una mayor generosidad del beneficio fiscal.

El cuadro n.º A1 muestra los valores del índice-B para un grupo de países europeos, distinguiendo entre empresas las grandes y las pymes así como entre las que tienen beneficios o pérdidas. Podemos observar que Francia, Portugal y España presentan una normativa de desgravaciones fiscales a la I+D mucho más generosa que el resto de los países, con sistemas de incentivos fiscales que alcanzan unas deducciones que oscilan entre el 34 y el 42 por 100 de los gastos en I+D+i.

Desde principios de siglo, un grupo de países europeos ha incrementado sus incentivos fiscales a los gastos empresariales en I+D+i. Tal como podemos apreciar en el siguiente gráfico, Francia y Portugal

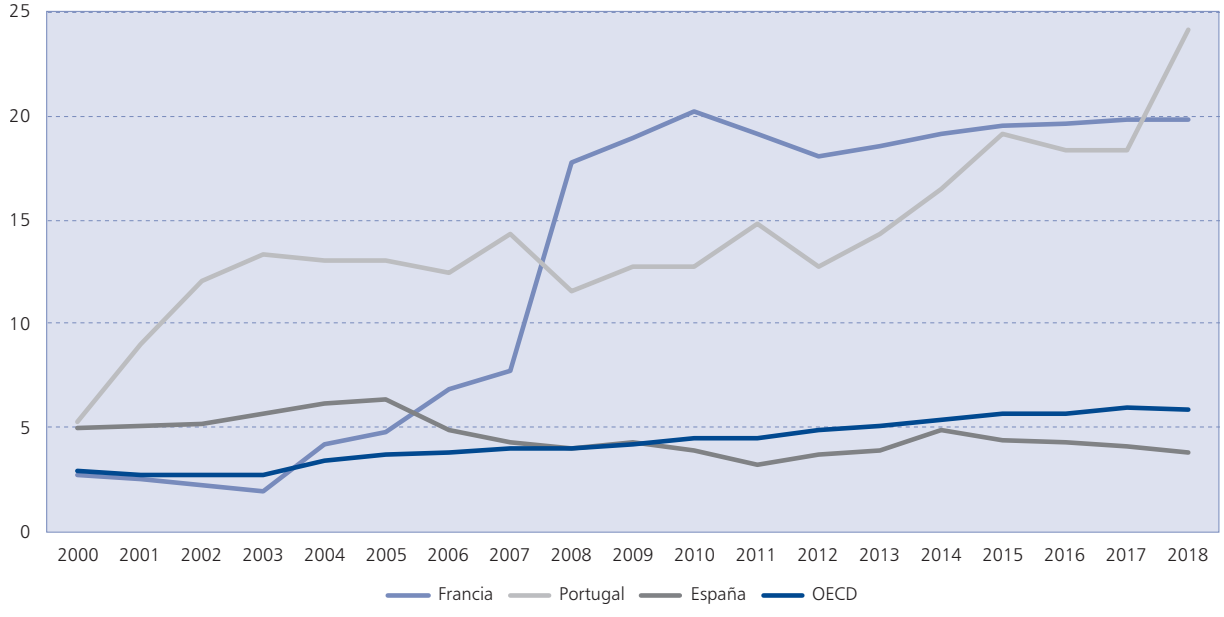
CUADRO N.º A1

DEDUCCIÓN MARGINAL TEÓRICA DEL INCENTIVO FISCAL
(% DE DEDUCCIÓN POR CADA EURO DE GASTO ADICIONAL DESTINADO A I+D E INNOVACIÓN)

PAÍSES	*EMPRESAS GRANDES (CON BENEFICIOS)*	*PYMES (CON BENEFICIOS)*	*EMPRESAS GRANDES (EN PÉRDIDAS)*	*PYMES (EN PÉRDIDAS)*
Francia	0,42	0,42	0,33	0,42
Portugal	0,39	0,39	0,31	0,31
España	0,34	0,34	0,26	0,26
Irlanda	0,29	0,29	0,23	0,23
Eslovenia	0,17	0,17	0,17	0,17
Bélgica	0,15	0,16	0,14	0,15
Países Bajos	0,15	0,31	0,14	0,30
EU-15	0,14	0,17	0,12	0,14
Rumanía	0,11	0,26	0,11	0,26
Grecia	0,08	0,08	0,06	0,06
Suecia	0,05	0,05	0,05	0,05
Italia	0,04	0,04	0,04	0,04

Fuente: *Base de datos de incentivos fiscales a la I+D y la innovación.* OCDE.
https://www.oecd.org/sti/rd-tax-stats.htm

GRÁFICO A1
APOYO GUBERNAMENTAL INDIRECTO A TRAVÉS DE INCENTIVOS FISCALES A LA I+D



han superado el régimen fiscal de España, que partía de un sistema de incentivos más generoso. La mayoría de los países de la UE han mejorado su sistema de incentivos fiscales a la I+D+i, especialmente desde los inicios de la crisis financiera de 2008.

En el gráfico A1 podemos observar que, a pesar de la crisis, España ha experimentado un estancamiento en el volumen de recursos que captan las empresas a través de las desgravaciones fiscales a la I+D+i. Esta tendencia contrasta con la trayectoria seguida por otros países europeos que han visto incrementados los recursos destinados a las empresas privadas de forma significativa como respuesta

a la crisis financiera y la creciente competencia internacional. En la economía española, el peso de los incentivos fiscales a la I+D+i sobre el PIB se ha mantenido estancado en torno al 3 por 100, mientras que Francia y Portugal incrementaron considerablemente su apoyo público indirecto a través de los incentivos fiscales a la I+D+i.

Estas cifras indican que no se trata solo de contar con unas normativas fiscales generosas, como es el caso de España, sino de llegar hasta las empresas, se trate de pymes o de grandes corporaciones. En nuestro país, la legislación fiscal es muy favorable a que las empresas desgraven sus gastos en I+D, pero las empresas encuentran muchas barreras a la hora de justificar sus gastos y beneficiarse de estas ayudas. Este hecho pone de relieve la amplia distancia que hay entre la eficacia potencial de las desgravaciones fiscales en los gastos de I+D y los incentivos reales que perciben las empresas españolas, especialmente las pymes.

En un estudio reciente realizado por la Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal (AIReF) sobre las características de la normativa y el rendimiento que se obtiene con las deducciones por I+D e innovación se proponen una serie de reformas en el sistema español actual. En primer lugar, este organismo propone establecer un mecanismo de acreditación de la I+D+i mucho más rápido y ágil, especialmente para las empresas que inviertan poco en I+D. En segundo lugar, sugiere la transparencia de estas medidas y hacer pública la lista de las empresas beneficiarias del incentivo. Y, por último, recomienda informar mejor a las potenciales empresas beneficiarias sobre las características de la normativa, la composición del gasto en I+D y los resultados de la innovación para mejorar la evaluación.

Finalmente, quisiéramos destacar que la normativa fiscal se está convirtiendo en el principal instrumento de fomento a las inversiones en I+D+i de las empresas españolas. Por ello, se corre el riesgo de dejar fuera de su diseño e implementación a las comunidades autónomas, así como a los organismos públicos y privados más cercanos a la realidad en la que viven las empresas españolas. Por ello, es imprescindible en países tan heterogéneos como España abrir la gestión y la certificación de estos instrumentos fiscales a una mayor participación de las agencias especializadas.

ANEXO II

DEBILIDADES Y FORTALEZAS DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN ESPAÑOL

Una de las fuentes más solventes a la hora de profundizar en las fortalezas y las debilidades de los sistemas de innovación en los países europeos es el *European Innovation Scoreboard.* Anualmente esta monografía, de periodicidad anual, ofrece una evaluación comparativa de los resultados de la investigación y la innovación en los países de la UE y en otros países líderes en innovación. Permite a los responsables políticos evaluar los puntos fuertes y débiles relativos de los sistemas nacionales de investigación e innovación. En este anexo nos vamos a centrar en la edición del año 2020, que nos permitirá realizar un análisis comparativo de un total de 27 indicadores durante el período 2012-2019. En este período España ha mejorado en 17 indicadores y ha empeorado en 10.

Cuando observamos la evolución de los índices agregados de innovación de los 27 países miembros de la UE actuales, encontramos dos trayectorias claramente diferenciadas. En primer lugar, cabe destacar que la capacidad innovadora del conjunto de la UE-27 creció entre 2012 y 2019 a una tasa anual del 8,9 por 100, una cifra nada despreciable, si tenemos en cuenta que los buenos resultados se registran a partir de 2016. En segundo lugar, llama la atención el intenso proceso de convergencia de los índices entre los 27 países miembros. En efecto, este proceso de convergencia tiene lugar tanto en términos de a-convergencia —los países rezagados crecen a mayor velocidad que los líderes— como de bconvergencia —la dispersión entre países de los indicadores de cada país se reduce—. Este proceso tiene lugar por el buen comportamiento de algunas economías rezagadas (Lituania, Malta, Letonia, Portugal y Grecia) y por el estancamiento de la mayoría de las economías líderes, sobre todo Dinamarca, Alemania, Luxemburgo, Suecia y Holanda.

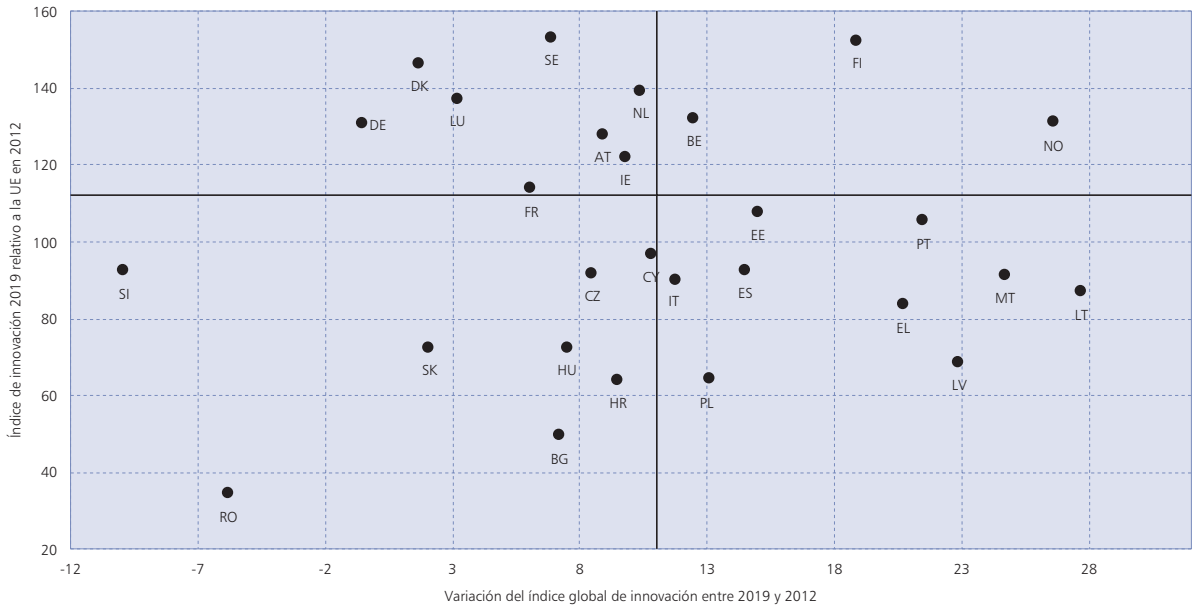
En este proceso de *caching-up* sobresale el buen comportamiento de Portugal, puesto que abandona el grupo de los innovadores moderados para entrar en el colectivo de los innovadores fuertes. Entre 2012 y 2019, Portugal ha escalado cinco posiciones en la clasificación europea de la innovación, mientras que la economía española continúa estancada en el grupo de los innovadores moderados. Según las estimaciones del Scoreboard 2021, nuestro país se estanca en la posición 16ª del *ranking* de la UE-27 desde el 2102, en el grupo de países europeos moderados en términos de innovación. Mientras otras economías que se incorporaron recientemente al proyecto europeo muestran una mayor capacidad para reducir su brecha con los países líderes. Es preocupante que algunas de estas economías que se integraron en el proyecto europeo a principios de siglo XXI estén acortando la brecha que les separa de los países líderes en innovación, un hecho que pone de manifiesto la endeble situación de nuestra economía (8).

El gráfico A2 presenta la dinámica convergente registrada por las economías europeas en sus índices globales de innovación. El eje vertical representa el índice de innovación del año 2019 con respecto al agregado europeo de 2012, y el eje horizontal recoge la variación absoluta de los índices de cada país de la UE-27 entre 2012 y 2019. Además, la línea horizontal interior del gráfico representa el índice de innovación del conjunto de la UE en 2019 con respecto a la UE en 2012, y la línea vertical el crecimiento absoluto de los índices correspondientes a 2012 y 2019.

Se aprecia que algunos países del centro y este de Europa como Eslovenia, Eslovaquia y Rumanía se están quedando rezagados en términos de innovación, mientras que países como Lituania, Noruega, Malta y Letonia son los que más mejoran sus sistemas de innovación. Otros países que partían de posiciones de desventaja, como Italia, Polonia o España, reducen sus brechas a ritmos mucho más moderados, tal como podemos apreciar en el gráfico A2.

Desde las primeras ediciones, el *Innovation Scoreboard* sitúa a España en una posición poco optimista. Los veintisiete países miembros de la UE se distribuyen en cuatro grupos (líderes de la innovación, seguidores en la innovación, innovadores moderados, e innovadores modestos) en función

GRÁFICO A2
EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN (2012-2019)



del índice de innovación obtenido por la agregación de los índices individuales. Desde los primeros ejercicios, España está relegada al grupo de los innovadores moderados. En los últimos años, ha perdido algunas posiciones al verse sobrepasada por algunas economías del centro y este de Europa, que han demostrado un mayor acierto en sus políticas científicas y tecnológicas. Esta realidad merece una reflexión profunda sobre los errores que se están cometiendo debido a los duros ajustes que se están aplicando en España desde los años siguientes a la Gran Recesión de 2008.

CUADRO N.º A2

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN ESPAÑOL EN 2019 SEGÚN EL *INNOVATION SCOREBOARD* 2020

PUNTOS FUERTES (POR ENCIMA DEL NIVEL DE LA UE-27)	*PUNTOS DÉBILES (POR DEBAJO DEL NIVEL DE LA UE-27)*
Nuevos doctorados	Publicaciones más citadas
Población con educación terciaria	Emprendimiento impulsado por oportunidades
Aprendizaje permanente	Finanzas y apoyo a la innovación
Publicaciones científicas internacionales en coautoría	Gasto en I+D del sector público
Estudiantes de doctorado extranjeros	Inversiones empresariales
Entorno favorable a la innovación	Gasto en I+D de las empresas
Penetración de la banda ancha	Presencia de innovadores
Inversiones en capital riesgo	Innovaciones de productos y proceso de las pymes
Empresas que imparten formación en TIC	Innovaciones organizativas y de márquetin de las pymes
Solicitudes de marcas registradas	Vínculos entre empresas
Impacto de la innovación en el empleo	Colaboración entre pymes innovadoras
Empleo en empresas de rápido crecimiento	Activos intelectuales
Exportaciones de servicios intensivos en conocimiento	Solicitudes de patentes internacionales
	Aplicaciones de diseño
	Empleo en actividades intensivas en conocimiento
	Impactos de la innovación en las ventas
	Exportaciones de productos de media y alta tecnología
	Exportaciones de servicios intensivos en conocimiento

El cuadro n.º A2 muestra los índices de la economía española que se encuentran por encima (fortalezas) o por debajo (debilidades) del conjunto de la UE-27.

Los resultados que se desprenden son concluyentes. España sobresale en los aspectos relacionados con la formación de doctores y las publicaciones científicas, así como en los relativos a la presencia de empresas de rápido crecimiento. Por el contrario, exhibe grandes carencias en inversiones en I+D, tanto públicas como privadas, en innovaciones tecnológicas (producto y proceso) y no tecnológicas (organizativas o de *marketing*), en la solicitud de patentes internacionales y en las exportaciones de bienes y servicios intensivos en tecnología y conocimiento. Esta información pone de relieve la fragilidad del sistema de innovación español. En efecto, a pesar de obtener buenos resultados en materia de investigación, sus empresas mantienen una escasa intensidad en las innovaciones.

LA EMPRESA INNOVADORA ESPAÑOLA

Juan MULET

Dr. Ingeniero de Telecomunicación

Resumen

Este artículo comienza con una presentación de las características del colectivo empresarial español que tienen influencia en su propensión a innovar. Se comparan con las de los tejidos productivos de Alemania, Francia e Italia. Las actividades de alta tecnología merecen una atención especial. Continúa con un análisis de la innovación empresarial española de nuevo en comparación con la de los tres países citados. Se tratan tanto los rasgos diferenciales del entorno en el que debe moverse esta actividad empresarial como la manera en que es desarrollada por las empresas.

Palabras clave: innovación, empresas, España, Unión Europea.

Abstract

This article first introduces the characteristics of that part of the Spanish industrial sector that has a stronger leaning towards innovation. It then compares these firms to those of Germany, France and Italy. Special attention is given to the high technology sectors. A comparison of the Spanish industrial innovation sector follows with reference to those three countries. The analysis then focuses on its differential features and the environmental conditions in which this activity is developed by companies in Spain.

Keywords: innovation, firms, Spain, European Union.

JEL classification: L25, O32.

I. INTRODUCCIÓN

EL objeto de este artículo es analizar, en el contexto europeo, las características del colectivo empresarial español que condicionan su propensión a innovar. El tamaño y la estructura sectorial se consideran los rasgos más diferenciadores junto con el entorno económico y social en el que la actividad innovadora debe desenvolverse (Mokyr, 2018).

A medida que aumentan su tamaño, las empresas disponen de más recursos y más posibilidad de asumir los riesgos de la innovación. Se admite que un colectivo con mayor porcentaje de empresas de mayor tamaño tendrá más propensión a innovar. Como es lógico, la inmensa mayoría de las empresas de cualquier país serán las más pequeñas, por lo que los porcentajes en la totalidad del colectivo de los países de las llamadas grandes empresas se diferencian solo en las décimas. En Alemania son el 0,48 por 100, en Francia el 0,14 por 100, en Italia el 0,09 por 100 y en España el 0,12 por 100.

La necesidad y posibilidad de innovar dependen de cada sector empresarial. Las innovaciones pueden ser «tecnológicas» y «no tecnológicas», dependiendo del conocimiento en que se basan. Actualmente tanto los sectores manufactureros como los de servicios dependen de ambas. Por esto es necesario insistir en que los procesos de producción reducen costes también gracias a innovaciones no tecnológicas, y los de servicios se aprovechan de las tecnológicas para ofrecer mejores productos (Mulet, 2019).

Es bien reconocido que la innovación es un fenómeno complejo, cuya implementación exitosa requiere que los líderes emprendedores puedan actuar en un entorno cultural propicio, ya que deben asumir un conjunto amplio y diverso de papeles y relaciones, tanto dentro como fuera de la empresa, con actores que tienen formas diferentes de pensar y actuar como consecuencia de su formación y experiencia. Cuando este entorno comprende las exigencias de la innovación, esta es más fácil y frecuente.

En este artículo, los datos españoles se comparan con los de Alemania, Francia e Italia porque estos países europeos son los más cercanos a España en dimensión y nivel de desarrollo y tienen mayor capacidad de innovación. La intención es aportar ideas para mejorar la situación innovadora española.

La sección siguiente compara el tamaño y la estructura sectorial de los países de referencia, a partir de la información de las bases de dato*s Main Science and Technology Indicators (MSTI)* y *STAN Database for Structural Analysis,* ambas de la OCDE, y de Eurostat de la Comisión Europea. La tercera sección analiza el entorno de las empresas de los cuatro países a partir de la más reciente

CUADRO N.º 1

TOTAL DE EMPRESAS EN LOS CUATRO PAÍSES, AÑO 2016

N.º EMPRESAS	*MICRO (0-9)*	*PEQUEÑAS (10-19)*	*PEQUEÑAS (20-49)*	*MEDIANAS (50-250)*	*GRANDES (MÁS 250)*	*TOTAL*
Alemania	2.022.140	249.416	123.860	60.505	11.762	2.467.686
España	2.538.801	82.487	43.359	15.072	3.185	2.682.905
Francia	2.909.125	78.082	47.158	19.657	4.199	3.058.220
Italia	3.526.539	122.744	47.546	19.518	3.249	3.719.596

Fuente: Eurostat.

CUADRO N.º 2

PORCENTAJE DE EMPRESAS EN CADA PAÍS, AÑO 2016

	MICRO (0-9)	*PEQUEÑAS (10-19)*	*PEQUEÑAS (20-49)*	*MEDIANAS (50-250)*	*GRANDES (MÁS 250)*	*TOTAL*
Alemania	81,94	10,11	5,02	2,45	0,48	100
España	94,63	3,07	1,62	0,56	0,12	100
Francia	95,12	2,55	1,54	0,64	0,14	100
Italia	94,81	3,30	1,28	0,52	0,09	100

Fuente: Eurostat.

edición del *European Innovation Scoreboard (EIS)* de la Comisión Europea, así como la situación de la innovación española según se deduce de la última encuesta del INE, realizada con la metodología del *Manual de Oslo 2018* de la OCDE. Las conclusiones que se deducen de las evidencias presentadas son objeto de la cuarta y última sección.

II. UNA VISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL COLECTIVO EMPRESARIAL ESPAÑOL

Se analiza en este punto el tamaño y la estructura sectorial de Alemania, Francia, Italia y España, como condicionantes de su capacidad innovadora (Audretsch y Acs, 1991). Desgraciadamente, la actualización de las bases de datos de las que necesariamente debe partir este análisis no es inmediata, y en el momento de escribir este artículo los datos completos más recientes son de 2016. Esto no debería restar actualidad a las conclusiones porque las variaciones de estos indicadores son muy lentas, aunque hay que reconocer que no permiten adelantar las consecuencias que ya tiene y tendrá la actual pandemia. La primera comparación se refiere al tamaño, para pasar después a la estructura sectorial.

1. El tamaño de las empresas

El indicador más utilizado para medir el tamaño de las empresas es el número de empleados, seguramente el más indicado para hablar de innovación. Con este criterio, las empresas acostumbran a clasificarse en cuatro grupos: microempresas, que ocupan hasta diez personas; pequeñas, entre 10 y 49 empleados; medianas, entre 50 y 250 empleados, y grandes las que tienen mayores nóminas. Con frecuencia, se opta por hablar solamente de pymes y de grandes empresas, incluyendo en el primer grupo unas veces a las microempresas y en otras no. Tampoco es extraño, como hace Eurostat, distinguir entre las pequeñas empresas que emplean entre 10 y 19 personas de las que cuentan entre 20 y 49 empleados. Según Eurostat, el número de empresas de cada categoría en los países de referencia era en 2016 el que se muestra en el cuadro n.º 1.

Alemania cuenta con el mayor número de empresas en todas las categorías salvo en microempresas, siendo relevante la distancia en grandes empresas con los otros tres países. Más interesante es el reparto porcentual del cuadro n.º 2. Las microempresas son siempre las más

CUADRO N.º 3

PORCENTAJE DEL VAB GENERADO POR CADA CATEGORÍA DE EMPRESA, AÑO 2016

	MICRO (0-9)	*PEQUEÑAS (10-19)*	*PEQUEÑAS (20-49)*	*MEDIANAS (50-250)*	*GRANDES (MÁS 250)*
Alemania	15,3	8,2	10,6	20,5	45,3
España	24,1	8,2	10,9	17,6	39,1
Francia	23,0	7,0	10,0	15,5	44,5
Italia	27,9	10,4	11,2	17,9	32,7

Fuente: Eurostat.

CUADRO N.º 4

VAB POR EMPLEADO PARA CADA CATEGORÍA DE EMPRESA, AÑO 2016

	MICRO (0-9)	*PEQUEÑAS (10-19)*	*PEQUEÑAS (20-49)*	*MEDIANAS (50-250)*	*GRANDES (MÁS 250)*
Alemania	8.748	24.475	53.219	92.394	127.833
España	9.757	8.590	47.145	64.951	120.521
Francia	13.860	14.031	74.782	88.356	181.863
Italia	13.436	11.201	48.601	88.818	121.721

Fuente: Eurostat.

frecuentes. En Alemania solo representan el 81,9 por 100, mientras que en los demás países están alrededor del 95 por 100. En las demás categorías, las alemanas tienen en todos los casos valores significativamente superiores.

El valor añadido bruto (VAB) total de cada país se reparte según la categoría de sus empresas como muestra el cuadro n.º 3. Las cifras de este cuadro muestran que las microempresas alemanas tienen el porcentaje menor de todos los países, mientras que las medianas y grandes tienen el mayor.

La explicación de las diferencias entre los dos cuadros anteriores queda justificada con los datos del cuadro n.º 4, que muestra como el VAB por empleado aumenta con el tamaño de las empresas en Alemania y Francia, mientras que en Italia y España esto solo ocurre a partir de las pequeñas empresas de más de 20 empleados.

Por las razones anteriores, un interés declarado en todos los países es aumentar el tamaño de sus empresas, pero muchos estudios han demostrado que muchas legislaciones nacionales desincentivan este crecimiento.

2. El reparto sectorial

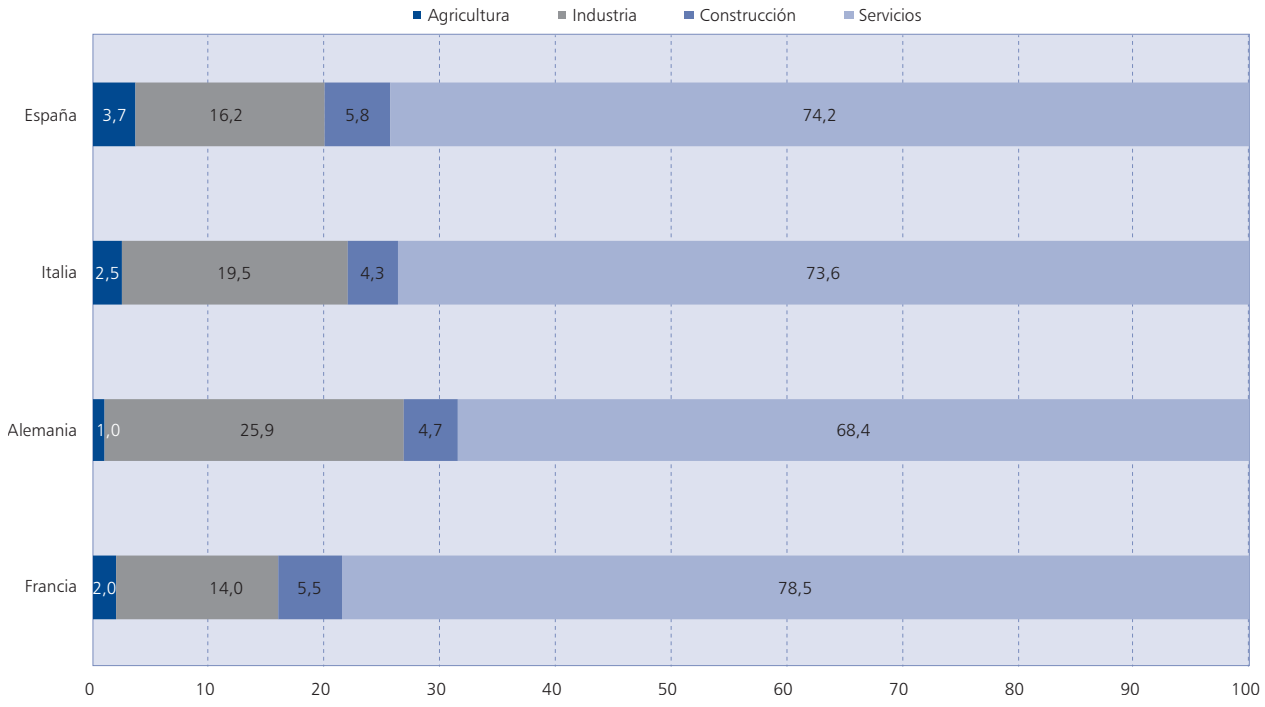
También es una característica diferencial de los tejidos productivos de los países la contribución al VAB de sus diferentes sectores productivos, que puede obtenerse de la base de datos de la OCDE *STAN Database for Structural Analysis*.

El gráfico 1 muestra la estructura productiva porcentual de los cuatro países considerados en 2016. En cifras absolutas, el valor del VAB total alemán, con 1.938.622 millones de euros supera en casi tres veces al español, que fue de 999.543 millones de euros. En todos los países, el sector Servicios es el más importante: Francia tiene el porcentaje más alto (78,5 por 100) y Alemania el más bajo (68,4 por 100).

Los sectores manufactureros tienen pesos porcentuales diferentes en el VAB total de este tipo de empresas en los países, así como en valores absolutos. De nuevo, Alemania es la que tiene la cifra más elevada con 649.638 millones de euros, seguida de Italia con 248.226 millones, mientras que España tiene la menor cifra, con 125.283 millones de euros. El cuadro n.º 5 muestra el gran peso que tiene entre las manufacturas alemanas los apartados de Maquinaria y Bienes de equipo y Equipos de transporte. En España son los Productos químicos, Metales y su manufactura y Equipos de transporte los que destacan.

En los sectores de servicios las diferencias son menos importantes. Alemania presenta también los mayores valores absolutos, con 1.522.129 millones de euros, casi tres veces el de España, con 742.151 millones de euros. El cuadro n.º 7 muestra el peso porcentual de cada sector en el total de los servicios. El comercio es siempre el de más peso porcentual, si se excluyen los grandes conglomerados, que son los Servicios de alquiler, comunitarios y generales para empresas. Destaca, como es lógico, el gran peso que tiene la Hostelería en España.

GRÁFICO 1
REPARTO SECTORIAL DEL VAB, AÑO 2016
(Porcentaje)



Fuente: STAN Database (OCDE).

CUADRO N.º 5

PESO PORCENTUAL DE LOS SECTORES MANUFACTUREROS EN EL VAB, AÑO 2016

	ALEMANIA	*ESPAÑA*	*FRANCIA*	*ITALIA*
Alimentación y bebidas	7,07	19,93	19,43	11,14
Textil y cuero	1,15	7,18	2,28	9,68
Madera, papel y artes gráficas	3,92	5,84	4,87	5,98
Productos químicos	19,43	24,03	23,05	18,34
Metales y su manufactura	11,80	13,22	11,02	15,31
Maquinaria y Bienes de equipo	27,72	9,76	13,33	22,17
Eq. Transporte	22,72	12,10	13,12	8,52
Muebles y otras manufacturas	6,19	7,96	12,90	8,86
Total	100	100	100	100

Fuente: STAN Database (OCDE).

3. Las actividades de alta tecnología

Para el objetivo de este artículo es obligado analizar el peso que tienen en los países considerados los sectores manufactureros y de servicios de alta tecnología. El concepto de «empresa de alta tecnología» no tiene todavía una definición consensuada (Goldschlag y Miranda, 2016). Por el contrario, hay un gran consenso en reconocer que la «alta tecnología» supone para las empresas una rápida renovación de conocimientos, muy superior a la de otras tecnologías y en que, dado su elevado grado de complejidad, exige un continuo esfuerzo en investigación y una sólida base tecnológica. Las inversiones en I+D y educación son las que generan los conocimientos de ciencia y tecnología que son el más característico insumo de estas empresas.

Según la NSF (2018), las empresas que incorporan intensamente nuevos conocimientos y avances tecnológicos en su

CUADRO N.º 6

PESO PORCENTUAL DE LOS SECTORES DE SERVICIOS EN LOS PAISES, AÑO 2016

	ALEMANIA	*ESPAÑA*	*FRANCIA*	*ITALIA*
Comercio	14,38	17,49	13,33	16,08
Logística	6,48	6,24	5,85	7,68
Hostelería	2,28	8,37	3,51	5,14
Información	1,58	0,98	1,61	0,80
Telecomunicaciones	1,31	1,93	1,57	1,67
Informática	3,83	2,01	3,40	2,74
Finanzas y seguros	5,98	4,80	5,11	7,11
Inmobiliaria, alquiler, servicios a las empresas	31,86	26,53	32,50	30,58
Servicios comunitarios y personales	32,30	31,65	33,11	28,20

Fuente: STAN Database (OCDE).

producción representan casi un tercio (31 por 100) de la producción económica mundial. Estas empresas pueden ser tanto manufactureras como de servicios. Las manufactureras comparten las características siguientes (Frías y Guerediaga, 2000): a) actúan en mercados de competencia imperfecta; b) obtienen mayores externalidades y retornos tecnológicos; c) tienen costes de puesta en marcha elevados; d) procuran compartir riesgos; e) su intensidad de I+D es elevada; f) los ciclos de vida de los productos son cada vez más cortos; y g) tienen un alto grado de movilidad de los factores, tanto de capital como de mano de obra.

Las empresas de servicios de esta categoría ofrecen a sus clientes, que pueden ser privados o públicos, conocimientos que benefician a sus actividades productivas o comerciales, y por eso se les denomina «servicios intensivos en conocimiento», *knowledge-intensive services (KIS)*. Se caracterizan por depender en gran medida del conocimiento profesional y por ser fuentes primarias de información y conocimiento, o utilizar el ya creado para ayudar a los procesos de producción de sus clientes y tener influencia en su competitividad, que estos reconocen y aprecian (Miles *et al*.,1995).

No es fácil clasificar las actividades empresariales según su dependencia de la ciencia y la tecnología. Es necesario decidir si debe basarse en la manera de desarrollar su cometido o en las cualidades de su oferta, y además hay que tener en cuenta la intensidad y frecuencia con que estas tecnologías están presentes en sus procesos de producción. Las empresas que intuitivamente se consideran de alta tecnología tienen siempre un porcentaje elevado de empleados con conocimientos científicos y tecnológicos, se apoyan en funciones de I+D propias o de otros y disponen de bienes y métodos de producción sofisticados. Son estas las características en las que se basan y se han basado los muchos intentos para clasificar a estas empresas. Los más populares han optado por la formación de su personal o por la intensidad con que recurren a actividades de generación de conocimiento, I+D.

Un ejemplo de primer procedimiento es el del Bureau of Labor Statistics (BLS) de Estados Unidos que sugiere recurrir al porcentaje de trabajadores con capacitación adecuada, por ejemplo, los que pertenecen a los grupos 6, 7 y 8 de la *International Standard Classification of Education*, actualmente *SCED-11* (Hecker, 2005). Con este criterio las empresas de alta tecnología incluso se pueden clasificar en varias categorías, según las veces que superen en sus nóminas los porcentajes medios de personas con estas cualificaciones. Obviamente, tomar como referencia la media de una población la hace depender del entorno sectorial o geográfico elegido, y otra crítica inmediata es que no se puede asegurar que estas personas se dediquen realmente a actividades que puedan calificarse de alta tecnología.

Por su parte la OCDE ha aplicado el criterio de intensidad de I+D, utilizando estos gastos en relación con el valor añadido y la facturación de la empresa, así como los relativos a la tecnología incorporada en los insumos intermedios y en los bienes de equipo. Esta metodología fue propuesta para los sectores manufactureros por Hatzichronoglou en 1997, y ha sido actualizada en repetidas ocasiones. La disponibilidad de la base de datos de la OCDE garantiza una comparabilidad internacional única, por lo que esta clasificación es la más aceptada, especialmente en Europa por ser la adoptada por Eurostat, utilizando la Nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea (NACE). Según estos criterios, los sectores empresariales se dividen en cuatro categorías: alta tecnología, media-alta tecnología, media-baja tecnología y baja tecnología.

La utilización del gasto de I+D como criterio de clasificación de las empresas de servicios no resulta muy adecuada, por lo que tanto la OCDE como Eurostat han recurrido a criterios más amplios aportados por expertos. Esto ha llevado a lo largo del tiempo a complejas y variantes clasificaciones de las empresas de servicios. Actualmente, Eurostat distingue entre «servicios intensivos en conocimiento» (*KIS*) y «servicios menos intensivos en conocimiento» (*LKIS,* por sus siglas en inglés). Dentro de los primeros propone una categoría de servicios de alta tecnología.

Estas dos metodologías de clasificación ofrecen listas diferentes de los sectores empresariales, que son elegidas según los objetivos perseguidos, lo que induce con frecuencia a confusión. En el anexo I se recogen las clasificaciones del BLS y de Eurostat. La del BLS selecciona los sectores estadounidenses con número de empleos de ciencia y tecnología que superaban el promedio nacional, que sitúa en el 14,5 por 100, en dos veces y media, y los clasifica en manufactureros de alta tecnología, servicios de alta tecnología y otras empresas de alta tecnología. La clasificación de Eurostat utilizando NACE Rev.2., agrupa las industrias manufactureras en los cuatro grupos citados, mientras que para las empresas de servicios intensivos en tecnología KIS distingue cuatro subgrupos: servicios de alta tecnología, servicios de mercado, servicios financieros y otros servicios.

La National Science Foundation (NSF), aceptando la definición de empresas de alta tecnología del BLS, sin duda mucho menos estricta que la de la OCDE, calcula, como ya se ha dicho, que el 31 por 100 de la producción mundial procede de ellas. En Estados Unidos es el 38 por 100. Históricamente, estas producciones han estado principalmente en los países desarrollados, pero a medida que aumentan sus capacidades en ciencia y tecnología se van desplazando a las economías en desarrollo, entre las que China ha jugado un papel muy importante. Tras la recesión económica mundial de finales de la década de 2000, Estados Unidos ha tenido un fuerte crecimiento en muchos sectores intensivos en conocimiento, en contraste con la menor actividad de la Unión Europea (UE) y Japón. China se ha convertido en el mayor productor mundial de productos manufactureros de uso intensivo de tecnología. Mientras que Estados Unidos y la UE siguen siendo los líderes mundiales en servicios de alta tecnología, aunque el crecimiento de China es actualmente mayor.

Las empresas manufactureras de alta tecnología son las más globalizadas, porque la comercialización de sus productos y la internacionalización de sus cadenas de valor están aumentando su interdependencia. Pero todavía el suministro de partes y componentes de alta tecnología siguen teniendo su origen en Estados Unidos y en la UE, al igual que es en estas zonas geográficas donde se continúan llevando a cabo las actividades de mayor valor añadido, debido a la mayor disponibilidad de trabajadores cualificados y una mayor protección de la propiedad intelectual. Pero es evidente que China está invirtiendo en instalaciones de I+D y aumenta las colaboraciones con la investigación académica, por lo que es de esperar que pronto se comporte en este sentido como los países más desarrollados. Ya es un hecho que Vietnam se ha convertido en un lugar de bajo coste al que se trasladan las fábricas chinas, y con ello ha conseguido ser el país de más rápido crecimiento de exportaciones de alta tecnología.

Los datos de la OCDE y Eurostat, que siguen el método de clasificación basada en intensidad de I+D, son mucho más bajos porque se limitan a contabilizar los sectores de alta tecnología, en manufactura: NACE 21: Preparaciones y productos básicos farmacéuticos y NACE 26: Fabricación de ordenadores y productos electrónicos y ópticos. Por lo que se refiere empresas de servicios, se consideran los de NACE 59 a 63: Cine, televisión, radio y registro musical, Programación informática, Telecomunicación, Consultoría y NACE 72 Servicios de información. El cuadro n.º 7 permite comparar

CUADRO N.º 7

VALOR AÑADIDO DE LAS ACTIVIDADES NACE DE ALTA TECNOLOGÍA, 2018

VAB 2018	*ALEMANIA*	*ESPAÑA*	*FRANCIA*	*ITALIA*
Total economía	1.857.660,8	530.639,4	1.006.183,2	752.459,9
Manufactura total	650.200,9	120.875,6	241.204,6	246.941,3
Manufactura alta tecnología	66.031,5	9.414,0	42.021,9	20.032,1
Servicios alta tecnología	157.439,7	39.683,4	98.320,5	55.588,6

Fuente: Eurostat.

CUADRO N.º 8

VAB DE LAS ACTIVIDADES OCDE DE ALTA INTENSIDAD EN I+D, 2016

	VAB	*% DEL VAB TOTAL DEL PAÍS*
Francia (M€)	58.346,00	3,01
Alemania (M€)	89.996,00	3,19
Italia (M€)	32.388,60	2,18
España (M€)	13.766,00	1,38
EE. UU. (M$)	530.245,00	3,04

Fuente: OCDE.

el VAB de las empresas de alta tecnología de los cuatro países europeos de referencia con los de sus economías.

La OCDE también calcula el VAB de lo que denomina actividades con alta densidad de I+D, que permite poner en contexto los valores europeos y americanos, como muestra el cuadro n.º 8.

4. Las consecuencias del tamaño y de la estructura sectorial para la innovación

La empresa debe decidir si asume la innovación y el gasto que debería dedicar para implementarla. El tamaño de la empresa influye de forma diferente en cada una de estas decisiones que definen su propensión a innovar, como han evidenciado desde hace mucho tiempo numerosas investigaciones empíricas. La facilidad con que fluye la información en las empresas de pequeña dimensión facilita la evaluación de los riesgos que supone cualquier innovación. Por el contrario, en la empresa más grande son muchos criterios los que intervienen en la estimación de riesgos y desde muy diferentes perspectivas, por lo que esta primera e imprescindible etapa de cualquier innovación es más difícil y con un resultado más incierto.

En sentido contrario influye el tamaño de la empresa a la hora de implementarla, porque depende de la financiación necesaria, especialmente si esta es importante y no puede ser abordada con los fondos propios. Las dificultades para acceder a créditos bancarios suelen ser muchas para las empresas pequeñas y el recurso a la ampliación de capital supone siempre una dilución de la propiedad, que puede no interesar a los socios actuales. Ante perspectivas sobresalientes de una innovación, cabe la posibilidad de vender o licenciar la propiedad industrial, lo que en el momento actual se ha convertido en una nueva forma de plantear el negocio de las microempresas, que exige la existencia del interés por parte de empresas mayores que tienen músculo financiero y comercial para rentabilizar la innovación. Es la manifestación más clara de lo que se llama actualmente la «innovación abierta» que practican cada día con mayor frecuencia las empresas tomando ejemplo de lo que es habitual en los sectores de Farmacia y de Tecnologías de la Información. La gran empresa tiene más fácil acceso a la financiación exterior, pero de nuevo la comunicación interna menos fluida es una dificultad añadida para la implementación de sus innovaciones, incluso cuando las financiaciones necesarias no son relevantes y puedan estar incluidas en las líneas de crédito abiertas para la empresa.

También es conocido que la propensión a innovar es fuertemente dependiente del sector económico. En algunos, la competitividad y la supervivencia de la empresa estarán supeditadas a su capacidad innovadora, en muchos otros será siempre una ventaja competitiva, que se sumará en mayor o menor medida a muchas otras. Aunque es evidente que las empresas de alta tecnología tratadas más arriba tienen que presentar mayor propensión a innovar que las demás, no es menos cierto que se enfrentan a grandes dificultades que los estudios empíricos muestran que aumentan a medida que pasan los años (Therin, 2003), fundamentalmente debido a que dan menos importancia al aprendizaje y a los planteamientos estratégicos y organizativos.

No hay que olvidar que la innovación no es una cuestión tecnológica, sino económica (Drucker, 1994) y que es una oportunidad para la competitividad de las empresas. Muchos sectores, especialmente los de servicios, desarrollan innovaciones sin I+D y obtienen el conocimiento necesario tanto de su propia experiencia como de otras empresas e instituciones.

Numerosos estudios empíricos han caracterizado la propensión a innovar de las empresas según su categoría en tamaño (Audretsch y Acs, 1991). Las empresas que ocupan a menos de diez empleados, las microempresas, y especialmente cuando son innovadoras, tienen una intensidad de innovación (porcentaje de facturación dedicado a gasto de innovación) muy alta, porque para ellas su objetivo más frecuente es demostrar la viabilidad económica y comercial de su actividad para que otras más grandes se decidan a comprarlas,

incluso antes de que hayan comenzado a facturar. Muchas de las empresas que emplean entre 10 y 50 personas, las empresas pequeñas, nacen para atender a mercados muy bien establecidos y buscan su competitividad lejos de su innovación. Cuando son innovadoras, tienen una firme voluntad de crecer porque su acceso a financiación y talento es difícil. Las empresas medianas tienen mayor estabilidad y las innovadoras tienen la vocación de ofrecer sus productos a las empresas grandes aprovechando de su mayor flexibilidad para innovar.

En todo caso, en relación con los otros tres países de referencia, España está como se ha visto en una posición más débil en cuanto a tamaño de sus empresas y al peso de los sectores con más posibilidades de basar su competitividad en la innovación. Esta situación se analiza en la siguiente sección.

III. LA INNOVACIÓN EN LA EMPRESA ESPAÑOLA

La descripción de la innovación de la empresa española debe basarse por lo menos en dos enfoques. Uno del entorno en el que las empresas se ven obligadas a desarrollar sus procesos innovadores y otro el de su propia manera de actuar. Afortunadamente se dispone de amplia información comparada en el marco europeo para cada uno de estos enfoques.

El conocido *European Innovation Scoreboard (EIS)* de la Comisión Europea ofrece cada año una descripción de los entornos nacionales en el que se mueven sus empresas. Como muchos otros informes anuales internacionales, en este informe se ofrece un índice sintético que resume la situación comparada de cada país.

Por otra parte, en la página web del Instituto Nacional de Estadística (INE) se pueden consultar los resultados de su *Encuesta de innovación* desde el año 1998, siempre realizada siguiendo la metodología del vigente *Manual de Oslo* en cada momento, por lo que ofrece una cierta comparabilidad europea, ya que es el origen de los datos españoles de los que se surte el *Community Innovation Survey (CIS),* que Eurostat publica cada dos años. Estas dos visiones, basadas en estas fuentes, se presentan a continuación.

1. El entorno de la innovación empresarial española y su comparación con Europa

La metodología del *European Innovation Scoreboard (EIS)* parte de 27 indicadores primarios obtenidos de estadísticas nacionales que armoniza para el conjunto de los países europeos y los convierte en un índice relativo que facilita su comparación. El valor de un determinado indicador armonizado para la media europea es siempre 100. En lo que sigue, se utilizan los valores de la edición de 2020 del *EIS*.

Estos 27 indicadores normalizados se agrupan en diez dimensiones, que de nuevo son normalizadas para asignar el valor 100 a la media de la UE. Finalmente, con los 27 indicadores primarios de cada país se genera su índice sintético global, de nuevo con 100 para la media de la UE. El valor de este índice sintético global permite a la Comisión Europea clasificar la innovación de los 27 países de la Unión en cuatro grupos. El primero está formado por los países cuyo índice supera el 125 por 100 de la media europea. Fueron, en la edición de 2020, Dinamarca, Finlandia, Luxemburgo, Países Bajos y Suecia, y por esto calificados de «líderes en innovación». Un segundo grupo, que tienen un valor del índice entre el 95 por 100 y el 125 por 100 de la media europea, reciben el nombre de «innovadores fuertes» y son Austria, Bélgica, Estonia, Francia, Alemania, Irlanda y Portugal. Los países que tienen un valor de su índice entre el 50 por 100 y el 95 por 100 de la media son «innovadores moderados» y son los 13 siguientes: Croacia, Chipre, Chequia, Grecia, Hungría, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, Eslovaquia, Eslovenia y España. Finalmente, el cuarto grupo, el de los innovadores modestos, tienen un valor de su índice menor del 50 por 100 de la media, y son Bulgaria y Rumanía.

También el *EIS* permite comparar en detalle la situación de los diferentes países recurriendo al valor relativo de las diez dimensiones citadas y de los indicadores armonizados que entran en su construcción.

En lo que sigue se analizan las diferencias de España con Alemania, Francia e Italia. El valor del índice sintético global alemán es 119,9, lo que junto a Francia, con 104,5, los sitúa en el grupo de innovadores fuertes. Italia y España son innovadores moderados con 82,8 y 85,1 puntos respectivamente. Con aquellas diez dimensiones forma cuatro grupos, llamados: «Condiciones marco de la innovación», «Inversiones», «Actividades innovadoras» e «Impactos».

Los valores de cada dimensión para los países ayudan a entender las diferencias.

Tres dimensiones capturan las «*condiciones marco de la innovación*», porque describen los principales impulsores externos a la empresa para su actitud innovadora. Son las siguientes:

– *Recursos humanos*, que mide la disponibilidad en el entorno de personas con alta cualificación tecnológica. Captura el número de nuevos graduados de doctorado, la población de 25 a 34 años con educación terciaria completa y la población de 25 a 64 años que reciben educación y formación.

  La mayor puntuación de este subíndice de los cuatro países es para España con un valor de 154,5. Le sigue Francia con 138,4, Alemania con 94,4 e Italia con 53,4. Es bien sabido que España tiene un alto porcentaje de personas con formación superior, que no siempre encuentran su lugar en el mercado español de trabajo. Los indicadores primarios explican estas situaciones, porque los valores de los dos primeros están por encima del 125 por 100 de la media europea, y el tercero, el de formación continua, 99 puntos, está en el segundo grupo de valoraciones europeas.

– *Atractivo del sistema de innovación*, que es evaluado con los tres indicadores que miden la competitividad internacional del sistema de ciencia y tecnología del país: número de publicaciones conjuntas científicas internacionales, número de publicaciones con más citas y número de doctorandos extranjeros.

  Esta condición no resulta favorable a España, porque su puntuación es de 92,1, frente a la de Francia con 123,4, o las de Italia con 97,3 y Alemania con 92,2. De los tres indicadores primarios españoles, solo uno, el de estudiantes de doctorado extranjeros con el valor de 100,8 está en el segundo grupo en calidad (95-125), los otros dos están en el tercero.

– *Entorno favorable a la innovación,* capturado mediante dos indicadores: la penetración de la banda ancha entre las empresas y el espíritu empresarial impulsado por las oportunidades, este último intenta medir el grado en que las personas realizan actividades empresariales a medida que ven nuevas oportunidades.

  Como es bien sabido, la penetración de la banda ancha en España es modélica en el entorno europeo y este indicador está en el primer grupo, mientras que el segundo indicador, con un valor de 49,7, está en el último grupo, muy alejado del de los otros tres países.

En consecuencia, hay que concluir que las condiciones marco en las que deben desenvolverse las empresas españolas no son realmente favorables, solo la posibilidad de contar con personal titulado y una excelente conectividad informática les son propicias. No destacar en formación continua es también negativo, dada la velocidad a la que evoluciona el conocimiento en un contexto educativo anclado en viejas prácticas.

El *EIS* intenta capturar los costes incurridos por la innovación mediante dos nuevas dimensiones en otro grupo de indicadores, el llamado *Inversiones*, una referida al sector público y otra al empresarial, que denomina de la siguiente manera:

– *Financiación y apoyo,* que incluye dos indicadores, con uno mide la disponibilidad de recursos monetarios provenientes de capital de riesgo y otro el apoyo de los Gobiernos para actividades de I+D en universidades y organizaciones gubernamentales de investigación. Los valores españoles de ambos indicadores se sitúan en el tercer grupo europeo: el capital riesgo con 91,8 puntos y el gasto público en I+D con 66,4.

– *Inversiones de las empresas*, medidas con tres indicadores, con uno se captura el gasto empresarial en I+D, con otro los gastos en actividades de innovación diferentes de I+D y con el tercero los que dedican a mejorar las habilidades en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) de su personal. El peor indicador español de este grupo, el de gasto empresarial en I+D, con 47 puntos, está en el cuarto grupo europeo, el de «otras actividades de innovación» en el tercero, mientras que el de formación en TIC con 94,4 puntos está en el segundo.

Respecto a los países europeos y por supuesto a los tres que sirven de referencia, la situación de la inversión en innovación es claramente desfavorable para España. Alemania consigue en Financiación y apoyo 119,8 puntos, frente a los 78,3 de España. Para Inversiones empresariales, la diferencia es todavía mayor: Alemania con 146,3 y España 64,4.

Con un tercer grupo de dimensiones, *Actividades innovadoras*, *EIS* captura diferentes aspectos de la innovación en el sector empresarial, estas son:

- *Innovadores*, incluye tres indicadores que se refieren a las pymes. El primero mide la proporción de pymes que han introducido en el mercado innovaciones de producto. En este indicador España tiene solamente 40,7 puntos, que le colocan en el cuarto grupo de países europeos. El segundo indicador se refiere al porcentaje de pymes que han declarado innovaciones comerciales u organizativas, que con 67,5 puntos pertenece al tercer grupo de países. Finalmente, el tercer indicador es para las pymes que han desarrollado sus innovaciones por ellas mismas, para el que España está de nuevo en el cuarto grupo con 30,4 puntos.

– *Relaciones* es una nueva dimensión que captura el grado de colaboración entre los diferentes agentes del sistema de innovación. De nuevo son tres los indicadores primarios utilizados para su medida. Uno se refiere a la colaboración para la innovación entre pymes, en el que España recibe 64,4 puntos que le colocan en el tercer grupo de países. Otro indicador refleja la colaboración público-privada para publicaciones científicas, sus 56,8 puntos suponen estar también en el tercer grupo de países. El tercer indicador mide la financiación privada de la I+D publica, en el que España recibe la más alta puntuación de esta dimensión con 71,2 putos, que de nuevo la dejan en el tercer grupo de países.

– *Activos intelectuales* que muestran la importancia de los derechos de propiedad industrial e intelectual (IPR) solicitados gracias al proceso de innovación. Un primer indicador es el número de patentes solicitadas, que dan a España 61,3 puntos y la colocan en el tercer grupo de los países de la UE. Las solicitudes de marcas registradas hacen que España se coloque en el segundo grupo de países con 106,2 puntos. Finalmente, las solicitudes de Diseño, con 64,7 puntos están en el tercer grupo de los países europeos.

En las tres dimensiones anteriores, España pertenece al tercer grupo de países, y a considerable distancia de los tres de referencia. En la dimensión Innovadores, sus 45,8 puntos quedan lejos de los 136,9 de Alemania, de los 130,7 de Italia o de los 127,5 de Francia. Menos distancia hay en Relaciones, Alemania con 135,6 puntos pertenece al primer grupo de países, mientras que Francia está en el segundo e Italia y España en el tercero. En Activos intelectuales, Alemania, con 128,2 puntos, es el único que se sitúa en el primer grupo, Francia e Italia en el segundo y España con 75,1 puntos en el tercero.

El cuarto grupo de dimensiones se refiere al *Impacto* de la innovación, que lo busca en las consecuencias para el empleo y en las ventas.

– *Impacto en el empleo* en dos tipos de actividades características de la innovación: las ocupaciones intensivas en conocimiento y las empresas de rápido crecimiento. En el primer indicador, España recibe 81,3 puntos y pertenece al tercer grupo, mientras que para el segundo, con 126,8 puntos, se sitúa en el primer grupo.

– *Impacto en las ventas* medido con tres indicadores. Exportaciones de bienes de media y alta tecnología, que con 71,8 puntos le corresponde el tercer grupo de países. Exportaciones de servicios intensivos en conocimiento, con 29,1 puntos y un puesto en el cuarto grupo. Proporción de Ventas de innovaciones nuevas para su mercado sale puntuado con 172,7 puntos y un puesto en el grupo de cabeza.

La comparación de España con los otros tres países de referencia en estas dos dimensiones es desigual. Mientras que en Impacto sobre empleo España está, con 106,5 puntos, junto con los tres países de referencia en el segundo grupo, en Impacto en ventas, con sus 84,4 puntos, España pasa con Francia e Italia al tercer grupo. Alemania, con 119,8 puntos pertenece al segundo grupo.

2. El comportamiento innovador de las empresas españolas

La información más reciente sobre la innovación española es de 2019 y ha sido obtenida por el INE, al igual que la de 2018, según la nueva metodología del *Manual de Oslo 2018*. Estos datos muestran un panorama distinto del que daban las encuestas anteriores, que será comentado en lo que sigue. Sin embargo, la fuente para la comparación con lo que ocurre en otros países europeos, el *Community Innovation Survey* (*CIS*), que se realiza cada dos años

CUADRO N.º 9

GASTO EN INNOVACIÓN EN 2019

	PYMES	*GRANDES*	*TOTAL*
Primario	148	45	193
Manufactura	2.881	6.186	9.068
Servicios	4.035	5.807	9.842
Construcción	168	119	287
Total	7.232	12.157	19.390

Fuente: INE.

fue publicada en 2018 con datos de años anteriores, por lo que todavía no responde para muchos países a la nueva metodología y en ningún caso tiene información sobre costes de toda su actividad innovadora, que sí recoge la nueva metodología Oslo.

Los gastos españoles en actividades innovadoras fueron, en 2019, de 19.390 millones de euros, que se repartieron entre los diferentes sectores y según el tamaño de sus empresas, como indica el cuadro n.º 9. Manufactura y Servicios contribuyeron de forma diferente según el tamaño de las empresas. Las pymes de Servicios fueron las primeras, mientras que en Manufactura lo fueron las grandes empresas. Estas cifras suponen un ligero aumento respecto a 2018, año en que el gasto total fue de 18.700 millones de euros.

Los datos capturados en la metodología actual permiten distinguir el origen de gasto entre tres partidas: I+D interna, I+D externa (compra a otras organizaciones) y Otras actividades innovadoras. El peso de estas partidas depende del sector, así para el Manufacturero la I+D interna supone el 44,1 por 100, seguida de la de Otras actividades innovadoras. Para Servicios, el mayor peso es el de Otras actividades innovadoras, con el 52,5 por 100. La I+D externa, siempre menos relevante, representa solo el 17,1 por 100 para Manufacturas y todavía menos, el 5,7 por 100, para Servicios.

Cuando se ordenan los costes de 2019 por la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE), Información y Comunicaciones, Vehículos a motor y Servicios de I+D aportan individualmente más del 10 por 100 de los gastos españoles. Menos del 2 por 100 del total del gasto es la contribución de una treintena de códigos CNAE, lo que demuestra que la innovación es poco frecuente en muchos de los sectores del colectivo empresarial español.

El indicador que mejor refleja la actividad innovadora empresarial es el llamado «intensidad de innovación», que es el porcentaje de la facturación que representa el coste de las actividades innovadoras y que depende fuertemente del tipo de negocio característico de los CNAE. La intensidad de innovación fue en 2019 para el conjunto de las empresas españolas el 1,06 por 100, para las pymes el 0,9 por 100 y para las grandes el 1,18 por 100. Cuando se calcula este indicador solo para el conjunto de las empresas que declararon actividades innovadoras este indicador asciende al 1,94 por 100, siendo para las pymes del 2,89 por 100 y para las grades 1,62 por 100. Lógicamente para las empresas que tienen actividades de I+D estos porcentajes son mayores, para el total es el 2,14 por 100, para las pymes el 3,79 por 100 y para las grandes empresas el 1,71 por 100. Como es lógico, el CNAE 72 Servicios de I+D tiene una altísima intensidad de innovación. Están entre el 5 por 100 y el 11 por 100 los códigos CNAE siguientes: 26 Productos Informáticos, electrónicos y ópticos, 21 Farmacia, 62 Consultoría informática, 30 Otro material de transporte, que incluye 303 Construcción aeronáutica y espacial y 301 Construcción naval. Otros 24 códigos CNAE tienen intensidades menores del 2 por 100.

Como ya se ha dicho, la limitación actual del último *CIS* no permite la comparación internacional del gasto de innovación, pero si es posible recurrir al gasto empresarial en I+D interna de las empresas que se obtiene en la *Estadística de I+D* que se realiza en los países europeos con la metodología del *Manual de Frascati* de la OCDE, que tradicionalmente se ha considerado un *proxy* de las innovaciones nacionales. En el cuadro n.º 10 se compara el gasto en I+D total y empresarial (*GERD* y *BERD*, respectivamente por sus siglas inglesas) por habitante de los cuatro países, donde quedan patentes las grandes diferencias. Estos indicadores alemanes superan en más de cuatro veces a los españoles.

Si es posible, gracias al *Community Innovation Survey (CIS)* de Eurostat, comparar internacionalmente el número de

CUADRO N.º 10

GASTO INTERNO TOTAL Y EMPRESARIAL EN I+D POR HABITANTE EN 2019 (€)

		FRANCIA	*ALEMANIA*	*ITALIA*	*ESPAÑA*
Gasto interno total en I+D	*GERD*	788	1.318	429	331
Gasto empresarial en I+D	*BERD*	518	909	269	186

Fuente: OCDE (*MSTI*).

CUADRO N.º 11

NÚMERO DE EMPRESAS INNOVADORAS SEGÚN TAMAÑO POR MILLÓN DE HABITANTES, 2018

	PYMES	*GRANDES*	*TOTAL*
Alemania	1.122,3	84,2	1.206,5
España	436,8	29,9	466,8
Francia	542,4	49,5	591,9
Italia	1.205,9	34,7	1.240,6

Fuente: Eurostat.

empresas en sus diferentes categorías. El cuadro n.º 11 presenta el número de empresas con actividades innovadoras de los cuatro países por cada mil habitantes.

Un indicador de la calidad de la innovación que desarrollan las empresas en los diferentes países puede ser el porcentaje de las innovadoras que tienen actividades de I+D interna. En todo caso, hay que tener en cuenta que este criterio no considera que puedan haber innovaciones sin I+D que aporten beneficios, más o menos importantes, económicos y sociales. Este porcentaje es elevado en las grandes empresas, que va desde el 62,7 por 100 de España al 71,1 por 100 de Alemania. La dispersión es mayor en las pymes, Francia con un 57 por 100 tiene el mayor porcentaje y España con el 33,4 por 100 el menor.

Las innovaciones en procesos de negocio son causa de ventajas competitivas porque reducen costes o mejoran el acceso a los mercados, con consecuencias directas en los beneficios empresariales. Sus clases y el porcentaje de empresas de los cuatro países que declaran haberlas desarrollado es objeto del cuadro n.º 12.

Una consecuencia de la actividad innovadora, que se considera una medida de los resultados de esta actividad, es la solicitud de derechos de propiedad industrial. Sin duda, la modalidad que mejor valora la calidad de la innovación de un país es la patente de invención, siempre que obtenga un registro de calidad. El más reconocido es el de «patente triádica», que supone la admisión en la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Oficina de Patentes de Japón (JPO) y la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO). Para la atribución de una patente triádica a un país se considera el de residencia del inventor y la fecha en que se registró por primera vez en alguna

CUADRO N.º 12

PORCENTAJE DE EMPRESAS INNOVADORAS CON INNOVACIONES DE PROCESO DE NEGOCIO DEL TIPO INDICADO, 2018

	PYMES				*GRANDES EMPRESAS*			
	ALEMANIA	*ESPAÑA*	*FRANCIA*	*ITALIA*	*ALEMANIA*	*ESPAÑA*	*FRANCIA*	*ITALIA*
Innovación en procesos de negocio	81,3	76,4	78,3	85,0	86,0	78,9	83,0	90,7
Metodos de producción o de provisión, nuevos o mejorados	34,0	35,7	43,2	47,5	50,8	46,2	58,1	60,9
Logística	20,8	16,3	20,7	32,4	34,6	22,3	27,8	44,7
Procedimientos de organización y relaciones externas	27,6	13,2	27,9	32,9	49,5	20,9	32,9	44,0
Metodos de gestión	46,9	21,1	39,6	43,5	52,4	30,7	45,5	56,8
Sistemas de información	49,7	34,6	36,5	50,7	59,5	42,3	48,7	71,5
Métodos de contabilidad y de administración	37,1	24,9	30,3	36,2	45,0	23,9	29,1	45,7
Métodos de *marketing,* empaquetamiento, acceso al mercado y servicios posventa	33,7	25,1	28,2	35,2	38,6	28,6	32,3	45,7

Fuente: Eurostat.

CUADRO N.º 13

NÚMERO DE PATENTES POR MILLÓN DE HABITANTES DE CADA PAÍS

	PATENTES INTERNACIONALES	
	TRIÁDICAS (2018)	*PCT (2017)*
Alemania	57	228
España	7	35
Francia	31	110
Italia	15	59

Fuente: MSTI (OCDE).

de las tres oficinas. Otra vía para la protección internacional de las patentes es la que proporciona el Tratado de Cooperación en materia de Patentes, conocido generalmente como *PCT* (*Patent Cooperation Treaty*). Se creó con él un procedimiento único de solicitud de patentes para facilitar la protección de las invenciones en todos los países que participan en este Tratado. El número de patentes españolas en estas dos modalidades es reducido cuando se compara con el de los países de referencia, como muestra el cuadro n.º 13.

Las empresas recurren a otras modalidades de protección de sus derechos de propiedad industrial e intelectual, porque son menos costosas y se adaptan mejor a lo que se intenta proteger. Además del llamado modelo de utilidad, no admitido en todos los países, y justificado por la necesidad de proteger algunas características de configuración o estructura de las que se derivan algunas utilidades o ventajas prácticas, las empresas pueden proteger marcas, diseños y ciertas ideas o procedimientos. El porcentaje de empresas innovadoras que protegen su propiedad industrial varía con los países y con el instrumento utilizado, como muestra el cuadro n.º 14.

La más habitual de las barreras que denuncian las empresas para emprender innovaciones es el acceso a la financiación, que puede ser pública y privada. El cuadro n.º 15 presenta los porcentajes de empresas que en los tres países declaran haber accedido a financiación pública o privada. En el caso de la pública, la metodología de la encuesta permite conocer si esta financiación se aplicó a actividades innovadoras. Para la privada, distingue entre aumento de capital y acceso a créditos.

CUADRO N.º 14

PORCENTAJE DE LAS EMPRESAS INNOVADORAS QUE EN 2018 SOLICITARON DERECHOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

	PATENTES	*MARCAS*	*DISEÑOS*	*SECRETOS*	*COPYRIGHT*
Alemania	15,4	21,4	6,8	42,3	10,5
España	5,7	13,8	5,2	2,6	0,9
Francia	12,8	29,8	10,1	1,3	10,8
Italia	8,8	15,0	3,1	3,9	2,4

Fuente: Eurostat.

IV. CONCLUSIONES

En el actual mundo globalizado, la empresa innovadora considera su innovación como una ventaja competitiva, independientemente de su tamaño y tipo de actividad. La innovación es simplemente una más de las funciones empresariales y busca el cambio y lo aprovecha para

CUADRO N.º 15

PORCENTAJE DE LAS EMPRESAS INNOVADORAS QUE EN 2018 ACCEDIERON A FINANCIACIÓN PÚBLICA

		ALEMANIA	*ESPAÑA*	*FRANCIA*	*ITALIA*
Financiación pública	Todas las empresas	32,0	30,2	29,3	30,4
	Grandes empresas	40,0	43,1	35,6	35,7
Financiación pública aplicada a actividades de innovación	Todas las empresas	21,5	23,2	19,2	16,6
	Grandes empresas	35,2	37,7	26,1	18,0
Emisión de acciones	Todas las empresas	4,2	0,3	3,9	1,3
	Grandes empresas	6,6	0,5	6,6	2,6
Créditos	Todas las empresas	5,8	4,3	11,2	11,1
	Grandes empresas	11,7	7,4	nd	12,3

Fuente: Eurostat.

ofrecer productos y servicios más atractivos para sus clientes. La propensión a innovar de las empresas está condicionada por su tamaño, su sector y el entorno en el que se ven obligadas a desarrollar su actividad.

El ejemplo más claro de la microempresa innovadora es la que ha nacido para explotar una invención, su innovación busca demostrar la viabilidad tecnológica y comercial de aquella idea, con frecuencia para conseguir ser comprada por otras empresas con más músculo financiero y comercial. Las pequeñas empresas innovadoras buscan en su innovación una manera de crecer, porque su tamaño les impide acceder a los medios humanos y financieros que necesita su innovación. Para las empresas medianas su innovación aprovecha su flexibilidad para ofrecer productos que las diferencien, especialmente en el mercado de productos industriales donde se valora su iniciativa y capacidad de respuesta. Las grandes empresas innovan según les dicta su propia estrategia.

La distribución por tamaño del colectivo empresarial español no es favorable a la innovación. Son muy pocas las grandes empresas y menos las que se declaran innovadoras, unas tres por cada cien mil habitantes, un 41 por 100 del total de las empresas de esta categoría. Las microempresas suponen un porcentaje sobre el total similar al francés y al italiano, pero superior en 12 puntos al alemán. La gran diferencia con los tres países europeos está en el VAB por empleado en todas las categorías salvo en las grandes, lo que puede interpretarse como una consecuencia de su baja innovación.

A grandes rasgos, el reparto sectorial del VAB es parecido en todos los países considerados. El sector servicios aporta en todos ellos alrededor de tres cuartos del VAB total, desde el 68,4 por 100 para Alemania hasta el 78,5 por 100 para Francia. En España supone el 78,5 por 100. Pero las diferencias más importantes están en la contribución de los diferentes sectores empresariales. Entre los manufactureros, el peso en España de Maquinaria y Bienes de equipo es significativamente menor que en los otros tres países, y en Equipos de transporte dista mucho del de Alemania. Por el contrario, Alimentación y Bebidas y Productos químicos tienen en España un peso similar al de Francia. En los sectores de servicios, la Hostelería española resalta por su peso y también supera por poco a los demás países en Comercio y Telecomunicaciones. Siguiendo con esta tónica, el VAB de los sectores de alta tecnología, según los criterios de Eurostat, generado por las empresas españolas dista mucho en valores absolutos de los de los otros tres países, es menos de la mitad del de Italia y lo mismo ocurre con los sectores de alta densidad de I+D según los criterios de la OCDE.

España es calificada como un innovador moderado por el *European Innovation Scoreboard (EIS)* de la Comisión Europea, y comparte este grupo con Italia. Según este informe, que describe el entorno en el que deben desenvolverse las empresas de cada país, España destaca en la cualificación de sus recursos humanos y en conectividad informática. Sin embargo, tiene calificaciones significativamente por debajo de la media en actitud innovadora de sus pequeñas empresas, en propensión a patentar, en gasto empresarial en I+D y en oportunidades para el emprendimiento.

Para el gasto en innovación no es posible todavía realizar comparaciones internacionales. Sí se puede recurrir al gasto empresarial en I+D, que en España, cuando se mide por habitante, resulta ser cinco veces menor que el de Alemania y dos terceras partes del de Italia. En cuanto al número total de empresas innovadoras medidas por mil habitantes, el indicador alemán es dos veces y media mayor que el español y el francés un 25 por 100 superior. Si este indicador se limita a las grandes empresas, el valor español es ligeramente mayor. Para comparar la calidad de las innovaciones de los países se puede recurrir al porcentaje de las que tienen actividades de I+D, aunque este indicador no considera que pueda haber innovaciones sin I+D, cuyas consecuencias económicas y sociales pueden ser importantes. Este porcentaje es elevado en las grandes empresas, que va desde el 62,7 de España al 71,1 por 100 de Alemania. La dispersión es mayor en las pymes, Francia con un 57 por 100 tiene el mayor porcentaje y España con el 33,4 por 100 el menor.

Entre los resultados de la innovación están los derechos de propiedad industrial e intelectual que genera. Las patentes *PCT* españolas por millón de habitantes fueron 35 en 2107, seis veces y media menos que para Alemania, y tres menos que para Francia. Por lo que se refiere a las patentes triádicas, las diferencias son mayores, ocho veces menos que Alemania y cuatro veces y media menos que Francia. Cuando estas diferencias se

comparan con las que hay en el número de empresas innovadoras de cada país, es evidente que los resultados españoles son peores, porque el número de empresas innovadoras alemanas es solo cuatro veces y media mayor que el español y el de las francesas una vez y media. En cuanto a otros instrumentos de protección, las diferencias son menores, salvo en Secretos industriales respecto a Alemania.

En cuanto a financiación para actividades de innovación, la gran diferencia de España con los otros países está en la financiación privada vía capital. El porcentaje de empresas que reciben financiación pública tanto general como para actividades de innovación es parecido en todos los países, siendo siempre superior para las grandes empresas.

BIBLIOGRAFÍA

Audretsch, D. y Acs, Z. (1991). Innovation and Size at the Firm Level. *Southern Economic Journal,* 57(3), pp. 739-744.

CIS (2018). *Community Innovation Survey* (*CIS*). Eurostat.

Drucker, P. (1994). *La innovación y el empresario innovador: La práctica y los principios*. Barcelona: Edsa.

EIS (2020). *European Innovation Score Board (EIS), European Commission, 2020.*

Frías, J. y Guerediaga, M. A. (2020). El INE estrena indicadores de alta tecnología. *Economía Industrial*, n.º 334.

Goldschlag, N. y Miranda, J. (2016). Business Dynamics Statistics of High Tech Industries. *Discussion Papers, CES*,16-55 December. U.S. Census Bureau.

Hatzichronoglou, T. (1997). Revision of the High-Technology Sector and Product Classification. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, n.º 1997/02.

Hecker, D. E. (2005). High-technology employment: a NAICS-based update. *Monthly Labor Review* July, pp. 57-72.

Miles, I., Kastrinos, N., Flanagan, K., Bilderbeek, R., Den Hertog, P. y Huntik, W. (1995). Knowledge intensive business services: Users, carriers and sources of innovation, European innovation monitoring system (EIMS), publication n.º 15, European Commission, 1995, Brussels.

Mokyr, J. (2018). The past and the future of innovation: Some lessons from economic history. *Explorations in Economic History*, 69(C), pp. 13-26. Elsevier.

Mulet, J. (2019). *Los fundamentos de la innovación empresarial*. Thomson Reuters.

NSF (2018). *Science & Engineering Indicators, 2018 Report*. NSF.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2003). *Science, Technology and Industry Scoreboard 2003*, Annex 1.

Therin, F. (2003). Organizational Learning and Innovation in High-Tech Small Firms *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences*.

Wolf, M. y Dalton, T. (2016). The high-tech industry, what is it and why it matters to our economic future. *Beyond the Numbers: Employment and Unemployment*, vol. 5, n.º 8. U.S. Bureau of Labor Statistics.

ANEXO I

CLASIFICACIÓN DE EMPRESAS DE ALTA TECNOLOGÍA SEGÚN CUALIFICACIÓN DE SUS EMPLEADOS

Empresas manufactureras de alta tecnología	Productos de petróleo y carbón
	Químico básico
	Resina, caucho sintético y fibras y filamentos sintéticos artificiales
	Farmacéutica y medicina
	Maquinaria industrial
	Fabricación de maquinaria para la industria comercial y de servicios, incluida la cámara digital
	Equipos de transmisión de potencia, turbinas y motores
	Otra maquinaria de uso general
	Fabricación de equipos informáticos y periféricos, excepto cámaras digitales
	Equipo de comunicaciones
	Equipo de audio y vídeo
	Semiconductor y otros componentes electrónicos
	Instrumentos de navegación, medición, electromédicos y de control
	Fabricación y reproducción de soportes ópticos y magnéticos
	Fabricación de equipos eléctricos
	Productos y piezas aeroespaciales
Servicios de alta tecnología	Transporte por tubería
	Editores de *software*
	Operadores de telecomunicaciones por cable
	Operadores de telecomunicaciones inalámbricas (excepto satélite)
	Satélite, revendedores de telecomunicaciones y todas las demás telecomunicaciones
	Procesamiento de datos, alojamiento y servicios relacionados
	Otros servicios de información
	Servicios de arquitectura, ingeniería y relacionados
	Diseño de sistemas informáticos y servicios relacionados
	Servicios de consultoría administrativa, científica y técnica
	Servicios de investigación y desarrollo científico
	Gestión de empresas y emprendimientos
Otras empresas de alta tecnología	Silvicultura
	Extracción de petróleo y gas
	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica
	Educación del Gobierno estatal

Fuente: U.S. Bureau of Labor Statistics, mayo 2016.

ANEXO II

CLASIFICACIÓN DE EMPRESAS DE ALTA TECNOLOGÍA, NACE Rev. 2

MANUFACTURAS	NACE Rev. 2	DESCRIPCIÓN
Alta tecnología	21	Fabricación de productos farmacéuticos básicos y preparaciones farmacéuticas.
	26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos.
Tecnología media-alta	19	Fabricación de sustancias químicas y productos químicos.
	27 a 30	Fabricación de equipos eléctricos. Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p. Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques. Fabricación de otros equipos de transporte.
Tecnología media-baja	19	Fabricación de coque y productos refinados del petróleo.
	22 a 25	Fabricación de productos de caucho y plástico. Fabricación de otros productos minerales no metálicos. Fabricación de metales básicos. Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipamiento.
	33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo.
Baja tecnología	10 a 18	Fabricación de productos alimenticios, bebidas, productos del tabaco, textiles, prendas de vestir, cuero y productos relacionados, madera y de productos de madera, papel y productos de papel, impresión y reproducción de soportes grabados.
	31 a 32	Fabricación de muebles. Otras manufacturas.
Servicios de mercado intensivo en conocimiento	50 a 51	Transporte de agua. Transporte aéreo.
	69 a 71	Actividades legales y contables. Actividades de las sedes centrales, actividades de consultoría de gestión. Actividades de arquitectura e ingeniería, ensayos y análisis técnicos.
	73 a 74	Publicidad e investigación de mercado. Otras actividades profesionales, científicas y técnicas.
	78	Actividades de empleo.
	80	Actividades de empleo.
Servicios intensivos en conocimiento de alta tecnología	59 a 63	Producción de películas, vídeo y programas de televisión, grabación de sonido y música. Actividades de programación y radiodifusión. Telecomunicaciones. Programación informática consultoría y actividades relacionadas. Actividades de servicios de información.
	72	Investigación y desarrollo científico.
Servicios financieros intensivos en conocimiento	64 a 66	Actividades financieras y de seguros (sección K).
Otros servicios intensivos en conocimiento	58	Actividades editoriales.
	75	Actividades veterinarias.
	84 a 93	Administración pública y defensa, seguridad social obligatoria (sección O). Educación (sección P), Actividades de salud humana y trabajo social (sección Q). Arte, entretenimiento y recreación (sección R).

Fuente: Eurostat.

LAS *START-UPS* COMO AGENTES DISRUPTIVOS: RETOS Y OPORTUNIDADES

Mercedes TERUEL
Universitat Rovira i Virgili

Resumen

Este artículo estudia los retos y las oportunidades a los que se enfrentan las *start-ups* españolas comparándolas con empresas ya establecidas y con *start-ups* internacionales. En primer lugar, se analizan los elementos característicos de las *start-ups* que suponen ventajas y desventajas frente a otros modelos de negocio. En segundo lugar, se comparan *start-ups* españolas y europeas según el nivel de riqueza y el acceso a financiación. Y, en tercer lugar, se detalla la situación del ecosistema español en función de diferentes variables a través de un análisis descriptivo y de la relación entre las características y su valoración de mercado.

Palabras clave: *start-ups,* ecosistema, innovación, disrupción.

Abstract

This article studies the challenges and opportunities Spanish start-ups face, comparing them with already established companies and with international start-ups. First, we analyse the elements of start-ups that represent advantages and disadvantages compared to other business models. Second, Spanish and European start-ups are compared according to the level of wealth and access to financing. Third, the situation of the Spanish ecosystem is detailed according to different variables through descriptive analysis and the relationship between the characteristics and their market valuation.

Keywords: start-ups, ecosystem, innovation, disruption.

JEL classification: L26, 032.

I. INTRODUCCIÓN

La adopción de las nuevas tecnologías digitales ha acelerado la cuarta revolución industrial. En este proceso, las *start-ups* (empresas jóvenes con modelos innovadores) aparecen como agentes clave. Si bien el rol disruptivo de las empresas jóvenes e innovadoras no es ninguna novedad, tal vez sí lo es la forma de financiación, la aplicación de metodologías ágiles de innovación, el desarrollo de nuevos modelos de negocio y el elevado potencial de escalabilidad que las caracteriza.

En comparación con las empresas establecidas, las *start-ups* están mejor posicionadas debido a su agilidad, menor burocracia organizativa y mayor apertura para crear soluciones digitales específicas e innovadoras para negocios tradicionales (Nambisan, 2017). Tales características actúan como una fuente útil para la exploración de tecnologías o mercados en la era de la transformación digital (Rindfleisch, O'Hern y Sachdev, 2017). Por tanto, actúan como motores de creación de empleo y crecimiento económico, y contribuyen a la disrupción de los paradigmas existentes en la industria y a la identificación de oportunidades (Decker *et al*., 2014; Glaeser, Pekkala Kerr y Kerr, 2015). Además, las *start-ups* representan un revulsivo para la productividad y el desplazamiento de la frontera tecnológica de los ecosistemas empresariales (Aghion *et al*., 2009). Así, se erigen como agentes disruptivos con capacidad de transformar la estructura del mercado de sectores tanto tecnológicos como tradicionales. Por todo lo anterior, los responsables del diseño de políticas han centrado su atención en esta categoría de empresas.

En el actual contexto de crisis pandémica, estas empresas merecen una especial atención, ya que son sensibles a las condiciones de financiación y a las disrupciones de oferta y demanda. Así, pequeños cambios en este colectivo pueden conllevar efectos magnificados a nivel macroeconómico. En primer lugar, el número de empleos ligados a estas empresas puede disminuir. En segundo lugar, las *start-ups* nacidas en tiempos de recesión nacen más pequeñas y con menor potencial de crecimiento. Y, en tercer lugar, tienen unas ratios de supervivencia inferiores a las empresas ya establecidas en el mercado (Haltiwanger, Jarmin y Miranda, 2013). Por tanto, el tema es relevante dada la actual crisis de oferta y demanda, que puede magnificar estos problemas. Conocer el ecosistema de las *start-ups* españolas con respecto al entorno internacional, así como sus características más destacadas, será el objetivo principal de este artículo.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma: en la

sección segunda se sintetizan los elementos característicos de las *start-ups*; en la tercera, se caracteriza la situación del ecosistema emprendedor español en comparación con el contexto internacional; en la sección cuarta se describen las *start-ups* españolas, y, finalmente, se presentan las principales conclusiones, así como las implicaciones políticas que de estas se derivan.

II. LAS *START-UPS* COMO AGENTES DISRUPTIVOS

Las *start-ups* se caracterizan por una experiencia en el mercado limitada, por una elevada flexibilidad para explorar nuevas oportunidades comerciales y por proporcionar soluciones novedosas a problemas que suelen ser desconocidos en un entorno de mercado volátil (Mercandetti *et al.,* 2017). Las tendencias transformadoras de la digitalización han reducido las barreras de entrada de estas empresas, cuyo modelo de negocio se basa en una infraestructura ágil, con pocos activos e impulsadas por la tecnología.

Desde el punto de visto tecnológico, con frecuencia las *start-ups* son creadas para desarrollar o aplicar tecnología emergente. A pesar de que este no es un requisito para que una empresa sea clasificada como *start-up*, la introducción de tecnologías disruptivas o modelos de negocio innovadores permiten a las empresas aumentar su competitividad, mejorar el posicionamiento en el mercado y, en definitiva, crecer de forma exponencial.

Además, las *start-ups* se caracterizan por adoptar modelos ágiles de desarrollo de proyectos, lo que las convierte en una fuente constante de generación de innovaciones. Por un lado, el modelo de prueba y error (Bingham y Eisenhardt, 2011; Baumann y Siggelkow, 2013) permite que los emprendedores comprendan la efectividad de sus acciones mediante el contraste con la realidad. Por otro lado, McDonald y Eisenhardt (2020) describen el modelo de *parallel play* (o jugada en paralelo), con el que las *start-ups* tecnológicas aprenden de empresas similares a ellas. Con estos modelos de desarrollo, las empresas aplican ajustes constantes en contextos inciertos, ambiguos y de rápido cambio (Rindova y Kotha, 2001; Eisenhardt y Bingham, 2017). Estos movimientos en paralelo les permiten tener un crecimiento exponencial de una forma muy eficiente.

Con respecto a los equipos que integran las *start-ups*, la evidencia muestra que el personal al mando de la empresa dispone del conocimiento tácito necesario para el desarrollo y la posterior comercialización de los proyectos (Hitt *et al*., 2001; Rauch, Frese y Utsch, 2005; Koch, Späth y Strotmann, 2013). La naturaleza propia de las *start-ups* hace que la calificación de los trabajadores sea superior a la de otras empresas y que se caractericen especialmente por incorporar a científicos e ingenieros. Así, Hitt *et al.* (2001) destacan que los trabajadores altamente cualificados facilitan la absorción y la aplicación de nuevo conocimiento, el desarrollo de recursos específicos, la mejora de habilidades innovadoras de las empresas, la explotación de tecnologías punteras y la aceleración de respuesta a los cambios de mercado y tecnológicos (Cooper, Gimeno-Gascón y Woo, 1994; Gimmon y Levie, 2010).

Con todo, debido a su naturaleza exploratoria e interactiva, las *start-ups* tienden a ser más abiertas y adaptables a las expectativas cambiantes de los clientes (Antolín-López *et al*., 2015). Como consecuencia, desempeñan un papel importante en la transformación de las empresas tradicionales facilitando la transformación de sus funciones y procesos (Stayton y Mangematin, 2016). Esta característica está relacionada con el hecho de que las *start-ups* pueden buscar colaboraciones de tipo financiero, tecnológico o de competencias para complementar el desarrollo de su proyecto de innovación.

No obstante, no todo son facilidades. A diferencia de las empresas activas en el mercado y con cierta consolidación, las *start-ups* tienen una falta de legitimidad en el mercado debido a su inexperiencia. Si bien el menor tamaño y su juventud da agilidad al modelo de negocio y a la toma de decisiones, también existen desventajas derivadas de la falta de experiencia en el mercado y de una falta de aprovechamiento de las economías de escala (Coad, Segarra y Teruel, 2013 y 2016). También la elevada incertidumbre asociada a las tecnologías emergentes contribuye a esta falta de legitimidad de las *start-ups* (Ugur, Trushin y Solomon, 2016), lo que dificulta el aprovechamiento de su potencial disruptivo.

Finalmente, otra de las dificultades a las que se enfrentan las *start-ups* por la naturaleza del negocio es el acceso a la financiación. Los mercados de capitales padecen problemas de selección adversa y riesgo moral que pueden agravarse en el caso de empresas jóvenes e innovadoras. La falta de histo-

rial crediticio y garantías para préstamos es especialmente relevante para estas empresas, si bien disponen de otros instrumentos más especializados. Así, las rondas de financiación de inversores privados como son los *business angels* o el capital de riesgo acostumbran a facilitar el desarrollo y crecimiento de la empresa, especialmente en las fases más tempranas (Huergo y López, 2020). Estos inversores, en cambio, centran su valoración en intangibles como el capital humano, las redes de contactos y el capital intelectual (Baum y Silveman, 2004; Mason, Botelho y Zygmunt, 2017).

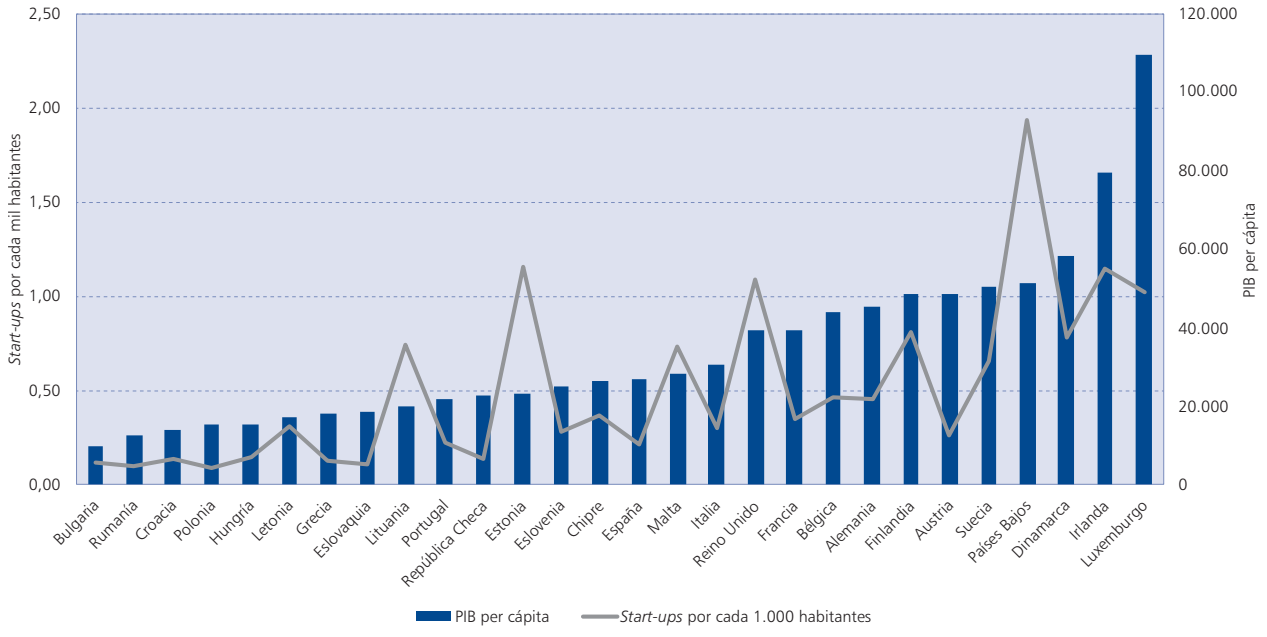
En definitiva, las *start-ups* desempeñan un rol importante en el ecosistema emprendedor. El concepto de ecosistema emprendedor se utiliza para representar un conjunto de actores y factores interdependientes que coordinados permiten la creación de empresas productivas (Autio *et al*., 2018).

III. UNA COMPARATIVA INTERNACIONAL DE LA APARICIÓN DE *START-UPS*

Esta sección tiene como objetivo comparar la situación de las *start-ups* españolas y europeas. Para ello, nos basaremos en el proveedor de datos Dealroom.co, la principal base de datos internacional sobre *start-ups*, empresas escalables y ecosistemas tecnológicos, que recopila información y permite conocer la situación de los ecosistemas innovadores.

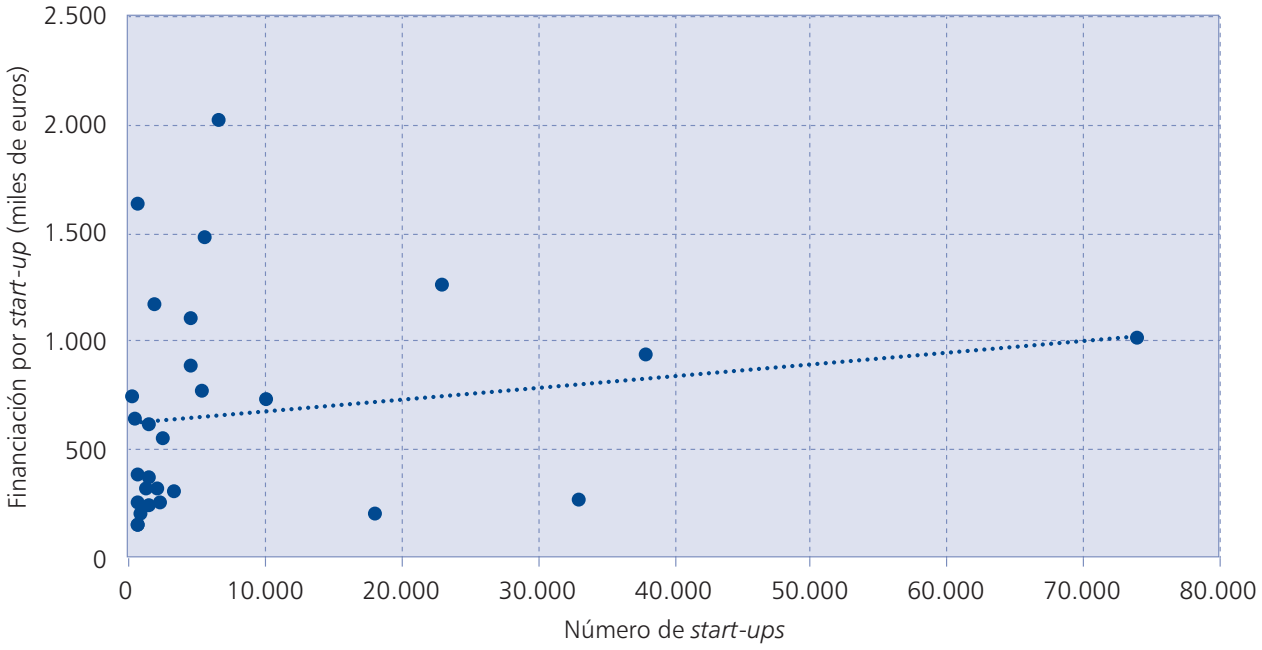
En primer lugar, es esperable que los entornos con un nivel de riqueza mayor sean aquellos con mayor capacidad de generar un ecosistema más dinámico de *start-ups*. Dicha afirmación se confirma al observar una cierta relación positiva entre países con un PIB per cápita superior y una mayor concentración de *start-ups* por habitante, aunque encontramos varias excepciones. En este sentido, el gráfico 1 muestra algunos países donde la concentración de *start-ups* por habitante es superior a su PIB per cápita. Esto nos indica los países con mayor dinamismo en cuanto a la creación de este tipo de empresas, que son Países Bajos, el Reino Unido, Estonia y su vecina Lituania. Contrariamente, podemos ver cómo el conjunto de países del este de Europa invierte esta tendencia con unos bajos resultados en lo que respecta a la tendencia del número de *start-ups* per cápita comparado con el PIB per cápita del país. A estos, debemos añadir países como Austria, Bélgica y Francia los cuales, a pesar de tener un PIB per

GRÁFICO 1
***START-UPS* POR CADA MIL HABITANTES Y NIVEL DE PIB PER CÁPITA**



Fuente: Elaboración propia a partir de Dealroom.co.

GRÁFICO 2
FINANCIACIÓN POR *START-UP* Y NÚMERO DE *START-UPS*



Nota: Valores en la mediana.

Fuente: Elaboración propia a partir de Dealroom.co.

cápita medianamente elevado, presentan una ratio de *start-up* relativamente baja.

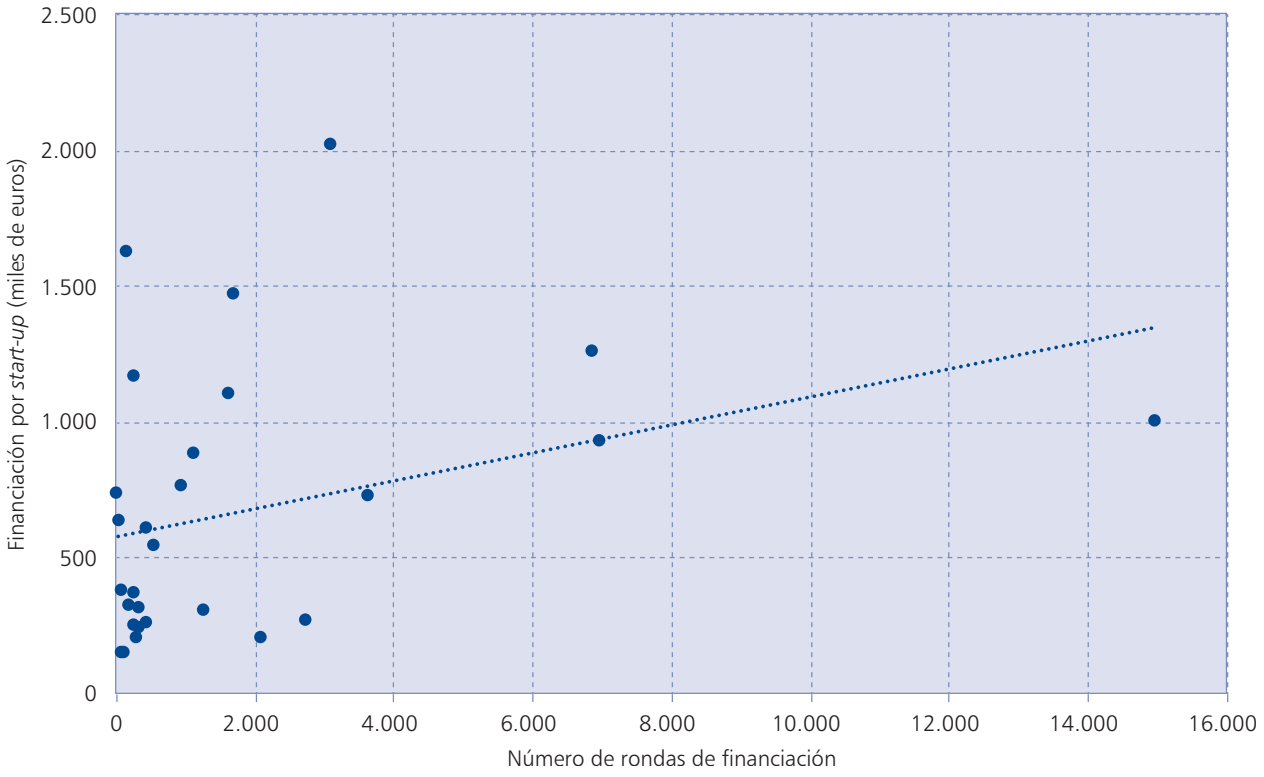
En números absolutos, los países en los que el número de *start-ups* por habitante es superior a 1 por cada 1.000 habitantes son Países Bajos, Estonia, Irlanda, Reino Unido y Luxemburgo. En este sentido, España obtiene una puntuación de 0,21 *start-ups* por cada mil habitantes o, lo que es lo mismo, 1 *start-up* por cada 4.762 habitantes. Esto ubica a España en la vigésima posición entre los países europeos en cuanto a densidad de *start-ups*, mientras que en cuanto a riqueza se ubica en la posición decimocuarta.

Otro elemento clave es el acceso a financiación en cada una de las empresas. El gráfico 2 presenta una débil relación entre el número de *start-ups* europeas y su financiación. La mayoría de los países de la Unión Europea analizados tiene menos de 10.000 *start-ups*, si bien estas presentan diferencias sustanciales en cuanto a su financiación. Así, por ejemplo, países pequeños, sobre todo del este de Europa, muestran una financiación por *start-up* con una mediana por debajo del medio millón de euros por *start-up*.

En cambio, varios países del norte de Europa presentan una financiación muy superior. Suecia alcanza más de 2 millones de euros y Luxemburgo e Irlanda, alrededor de 1,5 millones. Por tanto, podemos decir que en estos países el bajo número de *start-ups* no es debido a restricciones en la financiación y deberemos recurrir a otros factores como barreras legislativas o escasez de personal altamente calificado.

Cinco países destacan por un número superior de *start-ups*. Encabezando la clasificación figura el Reino Unido, que cuenta con 74.000 *start-ups* y una financiación media de 1 millón de euros. Detrás, Alemania y Francia con 38.000 y 23.000 *start-ups*, respectivamente, presentan una media que supera el millón de euros. Sorprendentemente, encontramos el caso de los Países Bajos, con una financiación muy baja (no llega a los 300.000 euros) y con más de 30.000 *start-ups* en el país. También es interesante analizar el caso de España, que se encuentra en la línea de tendencia al comparar las dos variables estudiadas, con 10.000 *start-ups* y una media de 730.000 euros por *start-up*.

GRÁFICO 3
FINANCIACIÓN POR *START-UP* SEGÚN NÚMERO DE RONDAS DE FINANCIACIÓN



Nota: Valores en la mediana.

Fuente: Elaboración propia a partir de Dealroom.co.

Todo ello destaca la heterogeneidad en la capacidad de acceder a financiación, lo cual puede afectar a la capacidad de fomentar el dinamismo en el ecosistema innovador.

El gráfico 3 muestra la relación entre la financiación por *start-up* y el número de rondas de financiación. La distribución de los países es similar al análisis del gráfico 2. La mayoría de los países de la Unión Europea, especialmente el grupo de los países del este de Europa más algún país también pequeño como Portugal, presentan una financiación baja (por debajo de los 500.000 euros de media) y un número de rondas también bajo (menos de 1.000). Esta conclusión se entiende incluso más si se relaciona con el análisis anterior; a menor número de *start-ups* en el país, menos rondas de financiación tienen lugar.

Los cinco países antes nombrados con mayor número de *start-ups* son también en los que se produce un mayor número de rondas de financiación: 15.000 en el Reino Unido, casi 7.000 en Alemania y en Francia, y entre 2.000 y 3.000 en el caso de Italia y los Países Bajos. Además, se añaden a este rango Suecia, con más de 3.000 rondas (y, recordamos, una financiación récord dentro del ranquin de más de 2 millones de euros de mediana), y España, que se encuentra en la línea de tendencia, con 3.640 rondas de financiación.

IV. LAS *START-UPS* ESPAÑOLAS

A continuación, caracterizamos la situación del ecosistema español en función de diferentes variables como son las rondas de financiación, la fase de crecimiento y la edad, y las tecnologías utilizadas por las empresas españolas. Para ello, realizaremos un análisis descriptivo y, posteriormente, un análisis de la relación entre las principales características y su valoración de mercado (1). La plataforma Dealroom.co estima la valoración de mercado de las

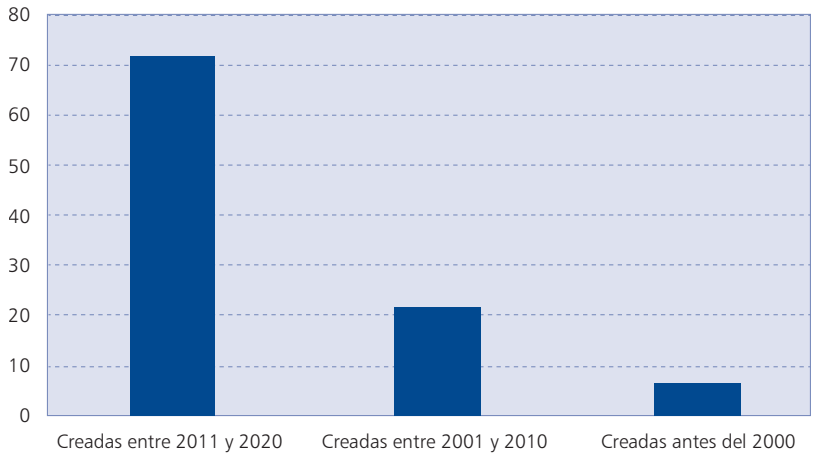
CUADRO N.º 1

DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS Y FASES DE CRECIMIENTO

PROVINCIA	*OBS.*		*FASES DE CRECIMIENTO DE LAS EMPRESAS*		
	NÚM.	*POR 100*	*SEMILLA*	*CRECIMIENTO*	*MADUREZ*
Barcelona	2.618	34,58	60,45	28,37	11,18
Madrid	1.979	26,14	62,09	25,03	12,88
Valencia	444	5,87	60,00	31,73	8,27
Málaga	188	2,48	59,52	20,24	20,24
Vizcaya	185	2,44	61,59	24,39	14,02
Sevilla	178	2,35	52,15	34,97	12,88
Alicante	158	2,09	67,46	20,63	11,90
A Coruña	134	1,77	61,86	24,58	13,56
Murcia	115	1,52	59,18	27,55	13,27
Baleares	113	1,49	66,67	23,96	9,38
Zaragoza	110	1,45	54,64	37,11	8,25
Guipúzcoa	105	1,39	62,07	33,33	4,60
Asturias	93	1,23	56,76	25,68	17,57
Navarra	77	1,02	56,34	30,99	12,68
Pontevedra	74	0,98	71,19	20,34	8,47
Girona	73	0,96	69,44	20,83	9,72
Granada	71	0,94	68,97	20,69	10,34
Santa Cruz de Tenerife	63	0,83	66,67	29,17	4,17
Álava	55	0,73	59,18	32,65	8,16
La Rioja	51	0,67	47,92	35,42	16,67
Salamanca	47	0,62	84,38	3,13	12,50
Valladolid	45	0,59	68,29	24,39	7,32
Lleida	44	0,58	54,05	29,73	16,22
Las Palmas de Gran Canaria	44	0,58	68,42	7,89	23,68
Tarragona	43	0,57	80,56	11,11	8,33
Almería	37	0,49	80,65	16,13	3,23
Cádiz	30	0,40	74,07	14,81	11,11
Castellón	30	0,40	74,07	11,11	14,81
Córdoba	29	0,38	50,00	37,50	12,50
León	29	0,38	46,43	42,86	10,71
Albacete	23	0,30	61,90	19,05	19,05
Badajoz	23	0,30	45,00	40,00	15,00
Santander	23	0,30	78,95	15,79	5,26
Burgos	21	0,28	69,23	15,38	15,38
Guadalajara	21	0,28	63,16	10,53	26,32
Jaén	21	0,28	69,23	7,69	23,08
Toledo	21	0,28	50,00	37,50	12,50
Cáceres	20	0,26	80,00	6,67	13,33
Ciudad Real	19	0,25	66,67	13,33	20,00
Lugo	18	0,24	85,71	0,00	14,29
Huelva	17	0,22	33,33	33,33	33,33
Ourense	15	0,20	71,43	28,57	0,00
Ávila	13	0,17	45,45	27,27	27,27
Huesca	12	0,16	75,00	25,00	0,00
Cuenca	9	0,12	62,50	12,50	25,00
Soria	8	0,11	100,00	0,00	0,00
Segovia	7	0,09	71,43	28,57	0,00
Zamora	7	0,09	0,00	100,00	0,00
Palencia	5	0,07	60,00	0,00	40,00
Teruel	5	0,07	50,00	50,00	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de Dealroom.co.

GRÁFICO 4
DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS SEGÚN EL AÑO DE CREACIÓN (Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia a partir de Dealroom.co.

start-ups tecnológicas a partir del valor revelado en operaciones públicas (ejemplo, operaciones de fusiones y adquisiciones) o a través de la estimación basada en la última ronda de financiación utilizando rondas similares como puntos de referencia.

El cuadro n.º 1 muestra como la provincia de Barcelona encabeza la lista de *start-ups*, con un 34,58 por 100 del total de España, un porcentaje que corresponde a 2.618 empresas. A continuación, encontramos la comunidad de Madrid, con un 26 por 100 y 1.979 *start-ups*. En tercera posición está la provincia de Valencia, con 444 *start-ups* que representan solamente el 5,87 por 100 del total nacional. El resto de las provincias españolas tienen una distribución más regular que no supera las 200 *start-ups* y representa entre un 0,1 por 100 y un 3 por 100 del total español. Por tanto, podemos concluir que la mayoría de las *start-ups* se localizan en la capital madrileña, el Arco del Mediterráneo y País Vasco. El dinamismo económico, por tanto, también conlleva un mayor dinamismo en el ecosistema empresarial por las mayores oportunidades económicas y una mayor concentración de recursos disponibles.

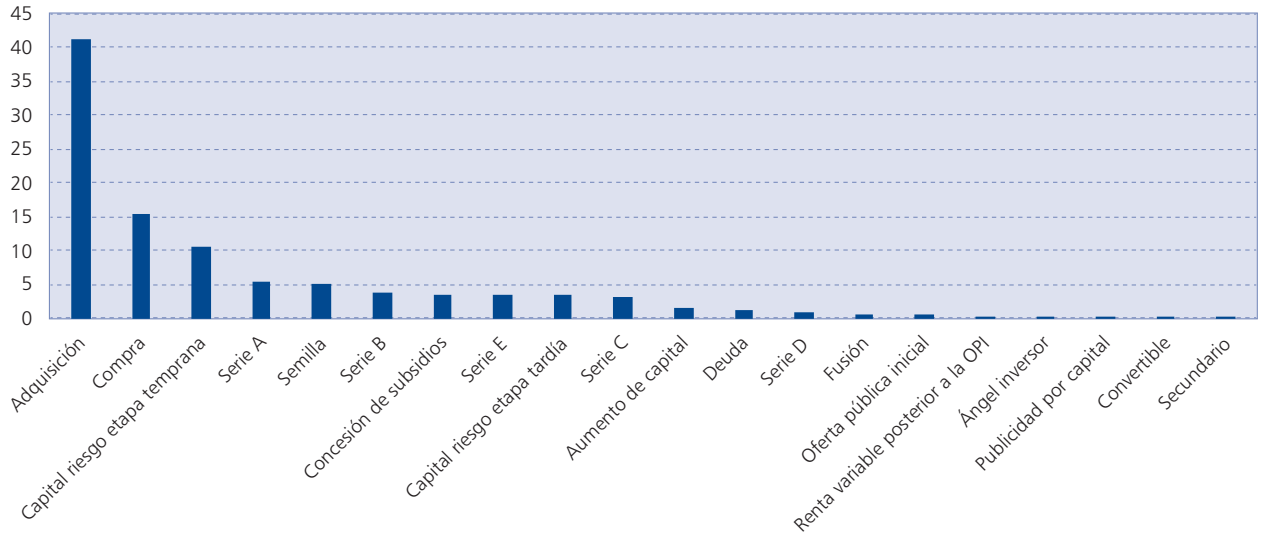
Con respecto a la fase de desarrollo, todas las provincias han mostrado tener un porcentaje de empresas en fase semilla superior al 50 por 100 sobre el total de *start-ups*. Además, las provincias con más de 50 *start-ups*, y por tanto más representativas, evidencian que hay un mayor porcentaje de empresas en fase de crecimiento inicial que de madurez. Este hecho resalta la dificultad de supervivencia de dichas empresas.

Aunque el concepto de *start-up* se asocia a juventud en el mercado, existen discordancias en la literatura sobre la fecha límite. En este sentido, el gráfico 4 muestra la distribución de las empresas según su año de creación. Se observa que las creadas entre los años 2010 y 2020 representan el 71,91 por 100 de *start-ups*, mientras que en la década anterior solo se creó un 21,59 por 100 y en los años anteriores al 2000, menos del 6,5 por 100 del total. Por tanto, observamos empresas con potencial de escalabilidad con edad superior a los veinte años, aunque representan una minoría.

La distribución de este gráfico refleja que un porcentaje elevado de las *start-ups* españolas llevan un máximo de diez años operativas. Este dato explica los siguientes cuadros, en los que se observa la clara necesidad de financiación por parte de estas empresas tan jóvenes.

Con respecto a la operación financiera (gráfico 5), más de un 40 por 100 del total de la financiación procede de procesos de rondas de adquisición. Los modelos de compra y capital de riesgo en etapa temprana también son populares entre las *start-ups* nacionales, ya que representan un 15,29 por 100 y un 10,43 por 100 del total, respectivamente, seguidos por la tipología de Serie A, con un 5,47 por 100 del total español. Destaca también la tipología de rondas de financiación Serie E, con una mediana de financiación equivalente a 130,39 millones de euros. En este cuadro se puede observar el elevado peso de las operaciones relacionadas con el cambio de la propiedad de la empresa, mientras que las operaciones que están más dirigidas a fomentar el desarrollo y el crecimiento del negocio de la *start-up* quedan relegadas a un segundo plano. No obstante, cabe destacar el rol del acceso a financiación en las etapas tempranas, ya que puede ser decisivo para el futuro desarrollo de la *start-up*.

GRÁFICO 5
DISTRIBUCIÓN DE LA FINANCIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE RONDAS
(Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia a partir de Dealroom.co.

En este sentido, a continuación estimamos la incidencia que las variables que caracterizan a las *start-ups* tienen en su valoración. Así, en el cuadro n.º 2 se analiza la influencia de las distintas características de las *start-ups* en su valoración de mercado (2). La columna [1] muestra la estimación conjunta para todas las *start-ups*, mientras que las columnas [2]-[4] presentan cada una de las fases de desarrollo de la nueva empresa tecnológica.

En la columna [1] se observa como las empresas que tienen un tamaño inferior a 10 trabajadores presentan una menor valoración que las que cuentan con más de 250 empleados. Resulta interesante que las empresas entre 51 y 250 empleados manifiestan una mayor valoración.

En cuanto al año de creación, se observa una relación positiva entre el año de creación y la valoración empresarial. Por tanto, la experiencia acumulada y la capacidad de dar legitimidad a su trayectoria afectan positivamente a la valoración de estas empresas.

Respecto al número de tecnologías utilizadas, la valoración de las *start-ups* que utilizan menos de 10 tecnologías es significativamente inferior a la de las empresas que usan más de 15 tecnologías. Por tanto, las empresas que utilizan una mayor variedad de nuevas tecnologías digitales reciben una mejor valoración en el mercado.

Por último, la tipología de la ronda de financiación muestra unos resultados interesantes. Así, por orden, las *start-ups* mejor valoradas son aquellas que han utilizado como métodos de financiación en la última ronda la diferentes series, seguidas por las de capital de riesgo en etapa tardía, las que acceden a financiación vía fusiones y adquisiciones, y, finalmente, las de capital de riesgo en etapa temprana.

Si tenemos en cuenta la etapa de crecimiento en la que se encuentra la empresa (columnas [2]-[4]), se observa el impacto heterogéneo de cada una de las características. Así, entre las empresas con entre 51 y 250 empleados, las que están en fase de crecimiento están mejor valoradas que las que se encuentran en una etapa de madurez, que son las peor valoradas. Por tanto, el aumento de tamaño a medida que las empresas avanzan en las fases de desarrollo parece ser crucial a la hora de conseguir una mayor valoración. Respecto a la edad, las empresas jóvenes son penalizadas en las fases semilla y de crecimiento (columnas [2] y [3]).

CUADRO N.º 2

DETERMINANTES DE LA VALORACIÓN EMPRESARIAL. MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS

VARIABLES	*TOTAL*	*FASE SEMILLA*	*FASE DE CRECIMIENTO*	*FASE DE MADUREZ*
	[1]	*[2]*	*[3]*	*[4]*
Tamaño de la empresa (referencia = empresas de más de 250 trabajadores)				
10 o menos empleados	-0,491***	0,220	-	-2,538
	(0,128)	(0,172)		(1,603)
De 11 a 50 empleados	0,131	-	0,160	-
	(0,135)		(0,253)	
De 51 a 250 empleados	0,858***	-	1,780*	-0,551*
	(0,173)		(0,965)	(0,282)
Edad de la empresa (referencia = empresas de más de 20 años)				
Menos de 10 años	-1,135***	-1,863***	-1,734***	0,120
	(0,247)	(0,592)	(0,407)	(0,420)
De 11 a 20 años	-0,745***	-1,514**	-1,396***	0,229
	(0,252)	(0,601)	(0,426)	(0,397)
Número de tecnologías utilizadas (referencia = empresas de más de 15 tecnologías)				
5 o menos tecnologías	-0,404***	-0,262*	-0,187	-0,909***
	(0,103)	(0,143)	(0,168)	(0,322)
De 6 a 10 tecnologías	-0,203*	0,0003	-0,145	-0,667*
	(0,118)	(0,167)	(0,176)	(0,395)
De 11 a 15 tecnologías	0,0155	0,0753	0,0882	0,110
	(0,103)	(0,149)	(0,149)	(0,336)
Tipología de última ronda de financiación (referencia = otras fuentes financiación)				
Concesión de subsidios	0,128	0,797***	-0,148	-0,374
	(0,198)	(0,295)	(0,285)	(0,644)
Semilla	-0,0986	0,389*	-0,114	-1,801***
	(0,155)	(0,224)	(0,238)	(0,498)
Capital de riesgo en etapa temprana	1,198***	1,667***	1,232***	-0,117
	(0,173)	(0,271)	(0,254)	(0,455)
Capital de riesgo en etapa tardía	1,619***	2,010**	0,830**	1,267**
	(0,302)	(0,854)	(0,406)	(0,596)
Fusiones y adquisiciones	1,493***	1,899***	1,318***	0,444
	(0,204)	(0,317)	(0,342)	(0,453)
Rondas tipo Series A, B, C, D y E	2,004***	1,971***	1,802***	1,075**
	(0,193)	(0,323)	(0,296)	(0,452)
Constante	1,822***	1,314**	2,408***	3,180***
	(0,298)	(0,662)	(0,505)	(0,565)
Observaciones	1,467	728	534	199
R^2	0,365	0,197	0,273	0,323
F	59,69	14,66	15,02	6,79
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Nota: Errores estándares entre paréntesis. *** $p<0,01$; ** $p<0,05$; * $p<0,1$.

En lo que respecta a las tecnologías usadas por las *start-ups*, se observa como las empresas en fase semilla que emplean cinco o menos tecnologías presentan peor valoración que las que se encuentran en la misma fase, pero que utilizan más de 15 tecnologías. Los resultados son negativos para las empresas que utilizan menos de 10 tecnologías cuando se encuentran en la fase de madurez.

Finalmente, la tipología de la ronda también arroja resultados interesantes. Para la fase semilla (columna [2]), las empresas mejor valoradoras han accedido a capital de riesgo, series, fusiones y adquisiciones, subsidios e inversión tipo semilla. En la fase de crecimiento, las empresas que acceden a las diferentes series, fusiones y adquisiciones, y capital de riesgo presentan una valoración empresarial superior. En cambio, las empresas que se encuentran en una fase de madurez tan solo son bien valoradas si consiguen financiación de capital de riesgo en etapa tardía, además de series, mientras que si acceden a una inversión de tipo semilla registran una menor valoración.

V. CONCLUSIONES FINALES

Este trabajo compara las *start-ups* españolas con las europeas y presenta las características principales de este subgrupo de empresas. El análisis de la densidad internacional de *start-ups* permite poner de manifiesto la dinamicidad en el país. Los datos agregados muestran una elevada heterogeneidad entre países, aunque se observa una cierta relación positiva entre el nivel de riqueza del que dispone una economía y la densidad de *start-ups*. En este punto, los resultados muestran como la densidad del ecosistema de *start-ups* españolas es inferior a la que le correspondería según su nivel de riqueza. Por tanto, existe un margen potencial para la mejora en nuestro país. Igualmente, destaca la necesidad de mejorar el acceso a la financiación destinada a empresas, puesto que es un elemento que atrae a nuevos emprendedores al permitirles materializar sus ideas.

Este trabajo también muestra la elevada heterogeneidad en cuanto a las características básicas de las empresas y sus fuentes de financiación. Los resultados

muestran la importancia de los diferentes instrumentos financieros en cada una de las fases de desarrollo de las *start-ups*, así como de las características de estas empresas.

También indican la necesidad de fortalecer el ecosistema de *start-ups*, y para ello es necesario un entorno adecuado caracterizado por un alto grado de asequibilidad digital, un sistema enfocado en la innovación transversal y la difusión horizontal del conocimiento.

Más allá del contexto actual de crisis económica después de la pandemia, se debe desplegar un amplio abanico de políticas que faciliten el entorno adecuado para generar las oportunidades que el talento emprendedor pueda explorar y explotar.

1. Tal como hemos visto, la complejidad tecnológica incrementa, y con ella, la necesidad de aprovechar los avances tecnológicos y generar nuevos negocios. Por ello, es necesario garantizar un sistema de transferencia tecnológica más fuerte y con procesos más estandarizados.

2. Para facilitar la captura de conocimiento y la generación de valor de las nuevas oportunidades, se debe garantizar un mercado laboral de elevado talento. El ecosistema de *start-ups* debe fomentar el entorno para atraer a emprendedores innovadores y generar la capacitación endógena. De esta forma, se puede frenar el riesgo de fuga de talento emprendedor.

3. Se deben apoyar financieramente las iniciativas de empresas emergentes. Más allá de las necesidades financieras a corto plazo de las empresas emergentes existentes (por ejemplo, con garantías de préstamos, préstamos directos, subvenciones o subsidios), se deben ampliar las iniciativas que apoyan la I+D y es necesario definir premios a innovaciones radicales y a la readaptación al nuevo contexto tecnológico. Además, se debe garantizar el acceso a la financiación a lo largo de todas las etapas y, en especial, en las etapas tempranas. La financiación público-privada debe fortalecerse para ampliar la implicación del sistema privado en la toma de riesgo inicial de los proyectos innovadores.

4. El sistema público debe disminuir los agujeros negros de tiempo y esfuerzo de las *start-ups* en dos sentidos. Por un lado, es necesario fortalecer el asesoramiento para la generación de empresas innovadoras y la renovación digital que fortalezca la digitalización de nuestra economía a través de incubadoras y aceleradoras, así como el *mentoring*. Por otro lado, es necesario minimizar las cargas administrativas de las empresas emergentes mediante la implementación de procedimientos simplificados y la aceleración de las transiciones al gobierno electrónico.

5. Finalmente, es importante destacar las políticas encaminadas a fortalecer los nexos entre agentes, generar plataformas y puestas en común entre agentes diversos como emprendedores y universidades, y promover las colaboraciones universidad-empresa para facilitar las aplicaciones industriales de la innovación y las transiciones de la Universidad al espíritu empresarial.

Por tanto, las *start-ups* deben encontrar un ecosistema que genere un caldo de cultivo para su aparición y crecimiento posterior, y así aprovechar el potencial para acelerar la cuarta revolución industrial.

NOTAS

(1) Los datos fueron extraídos con fecha de noviembre de 2020.

(2) Ver Anexo para un comentario del modelo econométrico.

BIBLIOGRAFÍA

Aghion, P., Blundell, R., Griffith, R., Howitt, P. y Prantl, S. (2009). The effects of entry on incumbent innovation and productivity. *The Review of Economics and Statistics*, 91(1), pp. 20-32.

Antolín-López, R., Martínez-del-Río, J., Céspedes-Lorente, J. J. y Pérez-Valls, M. (2015). The choice of suitable cooperation partners for product innovation: Differences between new ventures and established companies. *European Management Journal*, 33(6), pp. 472-484.

Autio, E., Nambisan, S., Thomas, L. D. y Wright, M. (2018). Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 12(1), pp. 72-95.

Baum, J. A. y Silverman, B. S. (2004). Picking winners or building them? Alliance, intellectual, and human capital as selection criteria in venture financing and performance of biotechnology startups. *Journal of Business Venturing*, 19(3), pp. 411-436.

Baumann, O. y Siggelkow, N. (2013). Dealing with complexity: Integrated vs. chunky search processes. *Organization Science*, 24(1), pp. 116-132.

Bingham, C. B. y Eisenhardt, K. M. (2011). Rational heuristics: the 'simple rules'

that strategists learn from process experience. *Strategic Management Journal*, 32(13), pp. 1437-1464.

Coad, A., Segarra, A. y Teruel, M. (2013). Like milk or wine: does firm performance improve with age? *Structural Change and Economic Dynamics*, 24, pp. 173-189.

Coad, A., Segarra, A. y Teruel, M. (2016). Innovation and firm growth: does firm age play a role? *Research Policy*, 45(2), pp. 387-400.

Cooper, A. C., Gimeno-Gascón, F. J. y Woo, C. Y. (1994). Initial human and financial capital as predictors of new venture performance. *Journal of Business Venturing*, 9, pp. 371-395.

Decker, R., Haltiwanger, J., Jarmin, R. y Miranda, J. (2014). The role of entrepreneurship in US job creation and economic dynamism. *Journal of Economic Perspectives*, 28(3), pp. 3-24.

Eisenhardt, K. M. y Bingham, C. B. (2017). Superior strategy in entrepreneurial settings: Thinking, doing, and the logic of opportunity. *Strategy Science*, 2(4), pp. 246-257.

Gimmon, E. y Levie, J. (2010). Founder's human capital, external investment, and the survival of new high-technology ventures. *Research Policy*, 39, pp. 1214-1226.

Glaeser, E. L., Kerr, S. P. y Kerr, W. R. (2015). Entrepreneurship and urban growth: An empirical assessment with historical mines. *Review of Economics and Statistics*, 97(2), pp. 498-520.

Haltiwanger, J., Jarmin, R. S. y Miranda, J. (2013). Who creates jobs? Small versus large versus young. *Review of Economics and Statistics*, 95(2), pp. 347-361.

Hitt, M. A., Biermant, L., Shimizu, K. y Kochhar, R. (2001). Direct and moderating effects of human capital on strategy and performance in professional service firms: a resource based perspective. *Academy of Management Journal*, 44, pp. 13-28.

Huergo, E. y López, A. (2020). Growth effects of economic conditions at birth: the role of public funding for technology-based start-ups. *Economics of Innovation and New Technology*, 1-28. doi.org/10.1080/10438599.2020.1837525

Koch, A., Späth, J. y Strotmann, H. (2013). The role of employees for post-entry firm growth. *Small Business Economics*, 41, pp. 733-755.

Mason, C., Botelho, T. y Zygmunt, J. (2017). Why business angels reject investment opportunities: Is it personal? *International Small Business Journal*, 35(5), pp. 519-534.

McDonald, R. M. y Eisenhardt, K. M. (2020). Parallel play: Startups, nascent markets, and effective business-model design. *Administrative Science Quarterly*, 65(2), pp. 483-523.

Mercandetti, F., Larbig, C., Tuozzo, V. y Steiner, T. (2017). Innovation by collaboration between startups and SMEs in Switzerland. *Technology Innovation Management Review*, 7(12), pp. 23-31.

Nambisan, S. (2017). Digital entrepreneurship: Toward a digital technology perspective of entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(6), pp. 1029-1055.

Rauch, A., Frese, M. y Utsch, A. (2005). Effects of human capital and long-term human resources development and utilization on employment growth of small-scale businesses: a causal analysis. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 29, pp. 681-698.

Rindfleisch, A., O'Hern, M. y Sachdev, V. (2017). The digital revolution, 3D printing, and innovation as data. *Journal of Product Innovation Management*, 34(5), pp. 681-690.

Rindova, V. P. y Kotha, S. (2001). Continuous «morphing»: Competing through dynamic capabilities, form, and function. *Academy of Management Journal*, 44(6), pp. 1263-1280.

Stayton, J. y Mangematin, V. (2016). Startup time, innovation and organizational emergence: A study of USA-based international technology ventures. *Journal of International Entrepreneurship*, 14(3), pp. 373-409.

Ugur, M., Trushin, E. y Solomon, E. (2016). Inverted-U relationship between R&D intensity and survival: Evidence on scale and complementarity effects in UK data. *Research Policy*, 45(7), pp. 1474-1492.

ANEXO I

La estimación de los determinantes de la valoración de las *start-ups* se realiza a través de una estimación con mínimos cuadrados ordinarios de la siguiente ecuación:

$$\ln_Val = \beta_0 + X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + X_3\beta_3 + X_4\beta_4 + \mu_1 \qquad [1]$$

donde $\ln_Val$ representa la valoración de la empresa en logaritmo. El conjunto de variables independientes es el siguiente:

- X_1 corresponde a valores *dummy* de tamaño (*start-ups* con una cifra de empleados igual o inferior a 10, entre 11 y 50, y entre 51 y 250 empleados).
- X_2 equivale a valores *dummy* de edad para empresas creadas entre 2011 y 2020 y entre los años 2001 y 2010.
- X_3 corresponde a valores *dummy* de número de tecnologías (para un número máximo de 5 tecnologías, cuando se utilizan entre 6 y 10 tecnologías distintas, o entre 11 y 15).
- Finalmente, el conjunto de variables X_4 representa valores *dummy* de la tipología de financiación de última ronda. Las variables generadas agrupan distintos métodos de financiación de última ronda: i) Series A, B, C, D y E; ii) fusión o adquisición; iii) financiación tipo semilla; iv) se reciben subsidios; v) se accede a capital de riesgo en etapa temprana; vi) y en etapa tardía.

Finalmente, μ_1 equivale al error aleatorio y β son los parámetros a examinar.

ANEXO II

LOS INSTRUMENTOS DE FINANCIACIÓN DE LAS *START-UPS*

El número de instrumentos de financiación a los cuales pueden acceder a las *start-ups* son amplias con características diferentes. A continuación, se presenta la definición de las principales fuentes:

- **Ángel inversor:** Financiación procedente de inversores ángeles individuales, grupos de inversores ángeles, amigos y familiares.
- **Bonos convertibles:** Financiación «intermedia» para ayudar a las empresas hasta que consiguen recaudar su próxima ronda de financiación. Cuando se da la siguiente ronda de financiación, el bono se convierte con un descuento al precio de la nueva ronda.
- **Capital riesgo en etapa temprana o en etapa tardía:** Financiación de un fondo de inversión destinada a las etapas iniciales o las fases de despegue y desarrollo de la empresa.
- **Deuda:** Capital prestado con la intención de que sea reembolsado con intereses adicionales.
- **Fusión y adquisición:** capital obtenido a través de la unión entre dos o más empresas o la toma de control de una empresa por parte de otra empresa.
- **IPO (Oferta pública inicial):** Capital obtenido a través de la salida de la empresa a la bolsa.
- **Mercado secundario y Post-IPO secundario:** Operaciones financieras en las que el inversor compra acciones de una empresa a otros accionistas en lugar de a la empresa directamente.
- **Pre-Semilla:** Financiación durante la fase de desarrollo de la idea que suele ser inferior a los 100.000 euros.
- **Ronda de financiación:** Término general utilizado para el proceso mediante el cual una *start-up* recibe financiación que necesita para el desarrollo de su negocio.
- **Semilla:** Primeras rondas de financiación en las que la empresa ya tiene definido un equipo y un producto mínimo viable. El capital suele estar entre 100.000 y 500.000 euros.
- **Series A y B:** Rondas de financiación para empresas en etapas iniciales que aún no disponen de beneficios pero que ya empiezan a generar ingresos. La financiación es inferior a los cinco millones de euros. En la Serie B, la financiación se destina a la expansión de la empresa y los importes oscilan entre los 5 y los 20 millones de euros.
- **Serie C:** Financiación destinada para el desarrollo de proyectos más ambiciosos como desarrollo nuevos productos o la preparación de la salida a bolsa. La financiación acostumbra a situarse de 20 a 250 millones de euros.
- **Series D y E:** Aunque menos frecuente, es capital destinado a expandir empresas que ya se encuentran consolidadas en el mercado o bien cuando la ronda anterior no ha acabado de generar los ingresos esperados.
- **Subsidios o subvenciones:** Financiación otorgada por una empresa, inversor o agencia gubernamental sin tener una participación accionarial en la empresa.

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO E INTERMEDIARIOS DE INNOVACIÓN

Francisco MAS VERDÚ (*)

Universitat Politècnica de València

Resumen

El objetivo de este artículo es analizar el papel que desempeñan los intermediarios de innovación en la transferencia de conocimiento. Estos intermediarios facilitan la colaboración entre organizaciones no académicas y la actividad investigadora. Los resultados del sistema español de innovación en materia de transferencia de conocimiento son muy pobres, tanto si se mide en términos del volumen de I+D facturado como en licencias de patentes. Una de las causas de esta debilidad reside en la ineficiencia de algunos de los instrumentos de interfaz en su función de enlace e intermediación. De forma específica, el artículo realiza un análisis y valoración, con propuestas de mejora, de dos de estos organismos intermedios: los centros tecnológicos y las oficinas de transferencia de los resultados de investigación.

Palabras clave: transferencia de conocimiento, intermediarios de innovación, centros tecnológicos, oficinas de transferencia de los resultados de investigación.

Abstract

The aim of this article is to analyse the role played by innovation intermediaries in knowledge transfer. These intermediaries facilitate collaboration between non-academic organizations and research activity. The results of the Spanish innovation system in terms of knowledge transfer are very poor, whether they are measured in terms of the volume of R&D provided to third parties or in terms of patent licenses. One of the causes of this weakness lies in the inefficiency of some of the intermediation instruments in their link and interconnection role. Specifically, the article analyses and assesses two of these intermediate organisms, namely technology centres and the research results transfer offices, providing some suggestions for improvement.

Keywords: knowledge transfer, innovation intermediaries, technology centres, research results transfer offices.

JEL classification: L14, O32, O33.

I. INTRODUCCIÓN

LOS resultados del sistema español de innovación en materia de transferencia de conocimiento son muy pobres, como lo demuestra el bajo volumen de I+D facturado por los centros de investigación o el reducido número de licencias de patentes.

Este déficit de transferencia tiene, al menos, tres causas. Primero, la demanda de conocimiento requiere de un tejido productivo y empresarial que asuma el papel clave que aquel tiene en la creación de ventajas competitivas. Ni por dimensión ni por pertenencia a actividades intensivas en tecnología, las empresas españolas dedican grandes esfuerzos a la I+D. El primer condicionante es, por tanto, el escaso esfuerzo inversor en I+D de las empresas españolas; la evidencia empírica reciente se explica con mayor detalle en la siguiente sección de este artículo. Segundo, la carrera académica de los investigadores suele estar asociada a la publicación de artículos científicos en revistas de impacto. Existen pocos incentivos, al menos hasta el momento, para que los académicos se involucren en actividades relacionadas con la actividad empresarial. De hecho, en 2019 solo una quinta parte del total de los investigadores universitarios estaba involucrado en actividades de transferencia de conocimiento (CRUE, 2021).

Tercero, los instrumentos de interfaz son débiles o ineficientes en su función de enlace e intermediación lo que dificulta la colaboración entre empresas y centros de investigación. Transformar los resultados de la investigación en algo que tenga uso social y económico no resulta sencillo. La transferencia requiere interacción entre diversas partes por lo que, de forma progresiva, va perdiendo su carácter transaccional (conocimiento a cambio de remuneración, como es el caso de las patentes) para adoptar un enfoque relacional basado en la colaboración y la interrelación prolongada entre organizaciones no académicas e investigadores (D'Este, García-Quevedo y Mas-Verdú, 2014). Para impulsar esta colaboración se requieren agentes con competencias y capacidades especializadas, los denominados intermediarios de innovación (Howells, 2006). Estos agentes fomentan, entre otros aspectos, los procesos de interacción entre los diversos actores del sistema (Russo *et al*., 2019).

El objetivo de este artículo se centra, precisamente, en analizar el papel que cumplen los intermediarios de innovación en la transferencia de conocimiento. Estos intermediarios, con el apoyo de las administraciones públicas, realizan trabajos de

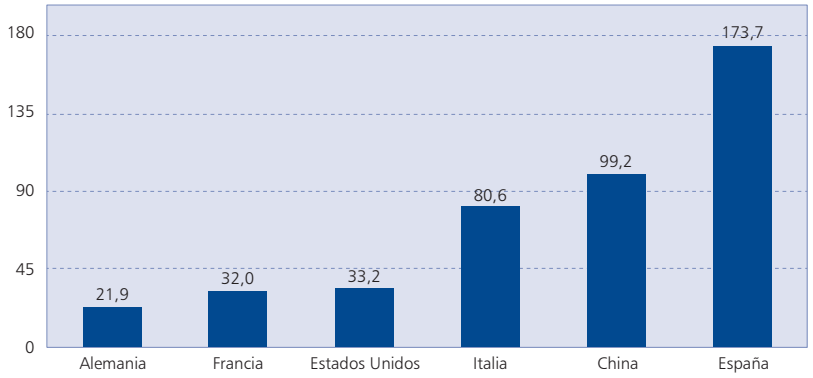
coordinación activa y de colaboración entre organizaciones públicas y privadas dedicadas a la I+D (Dhanaraj y Parkhe, 2006; Hurmelinna-Laukkanen *et al.*, 2012). Más allá de acciones concretas para conectar a actores individuales de su propia red, determinados intermediarios operan también en el ámbito más amplio del conjunto del sistema de innovación territorial (regional o nacional) (Klerkx y Leeuwis, 2009).

Este artículo está estructurado de la siguiente forma. Tras esta introducción, en la sección segunda se presenta evidencia empírica de la situación de la transferencia de conocimiento en España. En la sección tercera se examina el concepto, características y funciones de los intermediarios de innovación a partir de una revisión de la literatura reciente. Las secciones cuarta y quinta están destinadas, respectivamente, al análisis y valoración, con propuestas de mejora, de dos de estos organismos intermedios: los centros tecnológicos y las oficinas de transferencia de los resultados de investigación. El artículo concluye en la sexta y última sección con una síntesis de los principales resultados alcanzados y algunas recomendaciones de política de promoción de la transferencia.

II. EVIDENCIA EMPÍRICA DE LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

La relación entre la cantidad de artículos científicos publicados por cada país y el número de patentes conseguido puede ser un indicador aproximado de la intensidad de la relación ciencia-industria. Ciertamente, el indicador ha de ser tomado con prudencia por su carácter parcial, ya que, de un lado, la producción científica total no toma en consideración el nivel de calidad o excelencia de la actividad investigadora y, de otro lado, las patentes no son la única, ni siquiera la más importante, vía de transferencia de conocimiento desde los organismos de investigación (D'Este, García-Quevedo y Mas-Verdú, 2014). Pero tal indicador puede resultar útil, como primera aproximación, para tener una visión de conjunto, complementado con información adicional.

GRÁFICO 1
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS/PATENTES (2018)



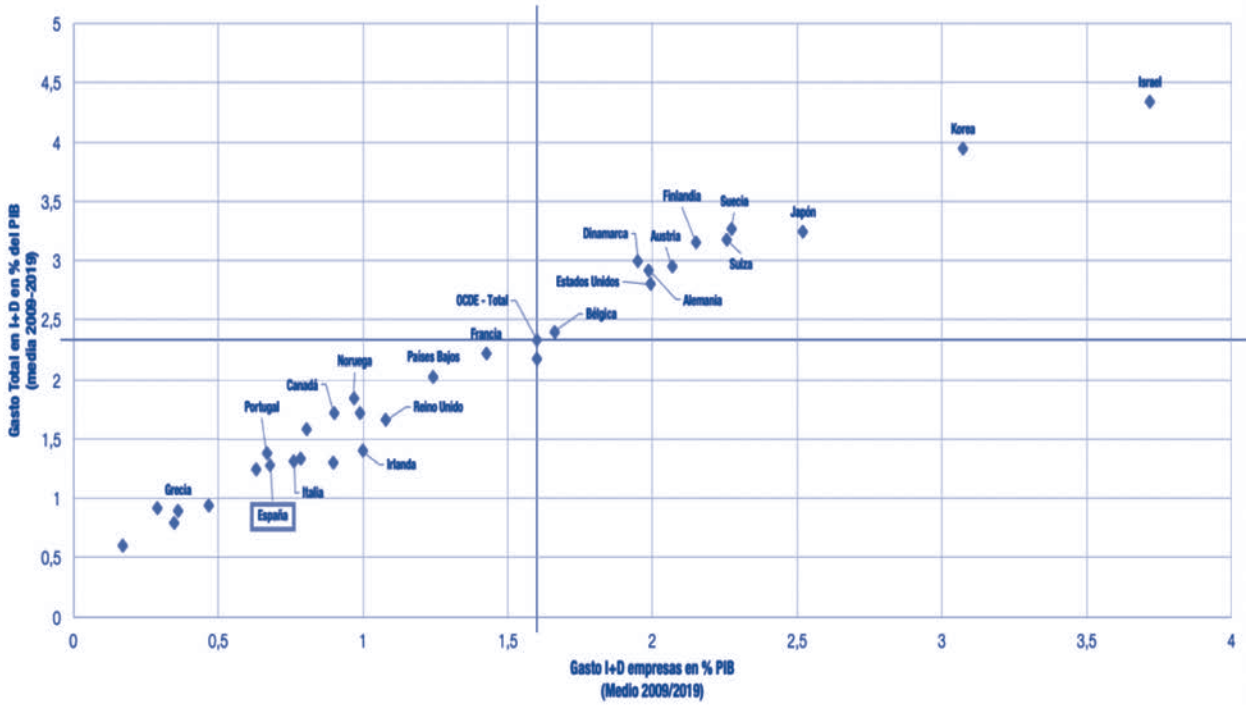
Fuentes: Elaboración propia con base en Banco Mundial y la OCDE (2021). Artículos en publicaciones científicas y técnicas y *Triadic patent families.*

Realizando este ejercicio de relacionar artículos científicos y patentes a partir de información obtenida del Banco Mundial y la OCDE, en el gráfico 1 se puede comprobar que, en el caso español, el número de publicaciones científicas que se requiere para contar con una patente triádica (con validez en EE. UU., Japón y la Unión Europea) es más elevado que en otros países. Se necesitan casi ocho veces más publicaciones científicas que en Alemania. En 2018 esta ratio se situó en España en la cifra de 173,7, en tanto que en Alemania se acercaba a tan solo 22, en Francia era de 32, en EE. UU. el 33,2, Italia cerca de 81, y China algo más de 99.

A pesar de la parcialidad y falta de precisión del indicador, el tamaño de la diferencia parece evidenciar un problema estructural del funcionamiento del sistema de innovación español. De un lado, desde las empresas existe desconocimiento de la actividad científica y de la forma en que la incorporación de conocimiento podría fortalecer sus estrategias competitivas. De otro lado, desde las universidades, existe un distanciamiento de los investigadores respecto a la realidad de la actividad empresarial. El resultado es que, sin una adecuada política pública, «ambos componentes del sistema de innovación caminan en paralelo sin encontrarse» (García Reche, 2020).

Desde el punto de vista de la demanda, como se ha adelantado en la introducción, una clara restricción para la transferencia de conocimiento está relacio-

GRÁFICO 2
GASTO TOTAL EN I+D Y GASTO EN I+D DE EMPRESAS EN LOS PAÍSES DE LA OCDE (MEDIA 2009-2019)
(En porcentaje del PIB)



Fuente: Elaboración propia con base en *OECD Main, Science & Technology Indicators* (OCDE Data base 2021).

nada con la estructura y composición del tejido empresarial y productivo español. La inexistencia de empresas suficientes en número y calidad para dar continuidad a una relación fluida con los centros de generación y desarrollo de conocimiento constituye un claro condicionante. Pocas empresas activas en I+D y peso relativamente reducido de las actividades intensivas en conocimiento, restringen esas relaciones.

Como se observa en el gráfico 2, en España no solo el gasto global en I+D en relación con el PIB está por debajo de la media de los países miembros de la OCDE, sino que en el caso específico de la inversión empresarial en I+D en relación con el PIB, este alejamiento de la media de países que forman la OCDE es aún más pronunciado.

En las universidades españolas la transferencia de conocimiento se realiza básicamente a través de actividades de apoyo técnico y prestaciones de servicio, por una parte, y de proyectos de I+D por encargo, por otra parte. De la información contenida en el gráfico 3 se pueden destacar varios resultados.

En primer lugar, se observa una evolución negativa en el conjunto del período analizado (2008-2019) del paquete agregado formado por los proyectos de I+D de universidades con empresas, y de los contratos de apoyo técnico para la transferencia de conocimiento. En términos absolutos se pasa de un total de 568 millones de euros de transferencia en 2008 a 341 millones de euros en 2019, lo que supone un descenso del 40 por 100. La caída en las cifras del volumen económico de la transferencia se mantiene de forma constante en el conjunto del período, pese a la débil recuperación que pareció iniciarse en 2016 y que luego quedó estancada a partir de 2018.

En segundo lugar, la I+D contratada por empresas y administraciones públicas con universidades, que es la parte de transferencia más intensiva en

conocimiento, no solo ha descendido en términos absolutos, sino que ha reducido su peso en términos relativos en el total de las actividades de transferencia. En 2008, la I+D por encargo representaba el 78,5 por 100 del volumen de contratación de las universidades españolas con terceros; en 2019 este porcentaje ha bajado casi 20 puntos y se sitúa en un 58,9 por 100, con la consiguiente subida del peso relativo de las actividades de apoyo técnico y prestaciones de servicio. A ello ha de sumarse, como se verá con más detalle en la sección quinta, el deterioro que está teniendo lugar en el alcance y contenido técnico de los trabajos de I+D por encargo y, especialmente, en las actividades de prestación de servicios, como se refleja en la reducción de los precios medios de estos contratos.

III. INTERMEDIARIOS DE INNOVACIÓN

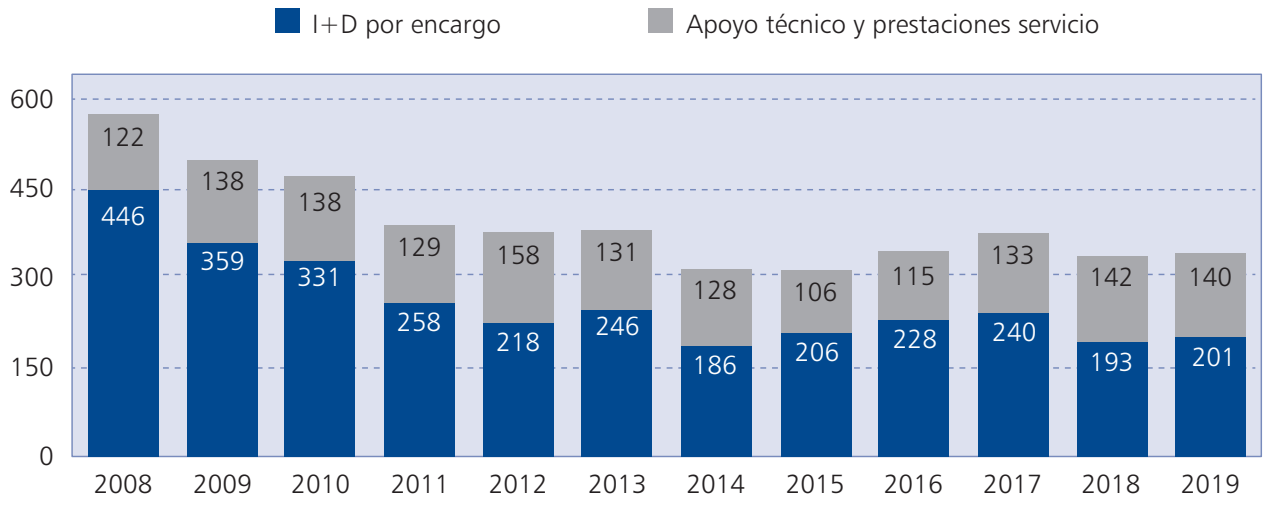
La innovación es el resultado de proyectos complejos e interactivos en los que interviene una diversidad de actores cuyas conexiones y retroalimentaciones son esenciales para la creación y transferencia del conocimiento (De Vasconcelos Gomes *et al.*, 2018). El funcionamiento de la estructura sistémica de la innovación se ve facilitada por la existencia de intermediarios adecuados capaces de promover las interrelaciones y la colaboración entre los actores del sistema (Katzy *et al.* 2013). Estos intermediarios establecen una relación entre las fuentes de conocimiento y sus clientes, facilitando la colaboración entre ellos y conectando dominios de conocimiento que, de otro modo, estarían inconexos (Colombo, Dell'Era y Frattini, 2015; Stewart y Hyysalo, 2008).

Tales intermediarios pueden mejorar la eficiencia de un sistema de innovación facilitando el trabajo conjunto de los diversos componentes del sistema y construyendo redes de colaboración (Kerry y Danson, 2016; Bacon, Williams y Davies, 2019). En ocasiones, los intermediarios son, a su vez, fruto de alianzas entre la academia, la industria y las administraciones públicas de cara a superar las barreras institucionales para el funcionamiento conjunto entre estos tres componentes (Meyer *et al.*, 2018; Gibson, Daim y Dabic, 2019).

1. Los intermediarios de innovación: concepto

Los intermediarios de innovación «actúan como agentes de intermediación en cualquier aspecto del proceso de innovación entre dos o más partes» (Howells, 2006: p. 720). Juegan

GRÁFICO 3
VOLUMEN ECONÓMICO DE LA RELACIÓN DE LAS UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS CON TERCEROS (I+D Y APOYO TÉCNICO)
(Millones de euros)



Fuente: Elaboración propia a partir de CRUE (2021).

el papel de instituciones externas que contribuyen a superar las brechas de conocimiento al facilitar y ampliar el acceso al conocimiento disponible fuera de las empresas.

Tales actividades pueden ser realizadas, por ejemplo, por oficinas de transferencia de tecnología y por centros de investigación colaborativa (Villani, Rasmussen y Grimaldi, 2017). Estos instrumentos son los que se analizarán para el caso español en las dos secciones siguientes.

En el concepto de intermediario conviven dos aproximaciones. En sus inicios, la literatura académica consideraba a tales intermediarios como organizaciones estructuradas en forma de *hubs* centrales que, de forma simultánea a su actividad central, conformaban y gestionaban su propia red de socios de I+D (Doz, Olk y Ring, 2000; Dhanaraj y Parkhe, 2006). En otros estudios, especialmente los más recientes, el término intermediario de innovación suele reservarse a entidades cuyo objetivo no es tanto participar en el desarrollo e implementación de innovaciones en sí mismas, sino promover que otras organizaciones innoven (Kilelu *et al*., 2011; De Silva, Howells y Meyer, 2018).

2. Intermediarios: organización y funciones

Algunos intermediarios están constituidos en forma de organizaciones públicas o privadas sin fines de lucro, a menudo con algún tipo de conexión con el sector público (Van Lente *et al*., 2003 Kivimaa, 2014; Janssen, 2020). Otros intermediarios son organizaciones privadas con fines de lucro (como es el caso de algunas entidades de EE. UU.).

No hay casos puros de intermediarios de innovación. Así, los centros tecnológicos (que se estudiarán en la sección cuarta) no son únicamente entidades de transferencia de conocimiento; su tarea de intermediación es una más de su función catalizadora del proceso de innovación (Giannopoulou, Barlatier y Pénin, 2019). Más allá de la transferencia, los intermediarios también están en condiciones de ofrecer oportunidades de aprendizaje mutuo entre organizaciones, lo que favorece la creación de nuevos conocimientos y contribuye a la mejora de la capacidad organizacional para innovar (Radnejad, Vredenburg y Woiceshyn, 2017; Lin, 2020).

Para facilitar la interacción entre las partes, los intermediarios realizan una amplia variedad de funciones: creación y mantenimiento de redes; intermediación de conocimientos; fomento de la confianza e impulso del consenso entre los actores de la red; articulación de la demanda y desarrollo de estrategias; gestión de proyectos complejos a medio y largo plazo; apoyo institucional; creación de condiciones para el *learning by doing, using and interacting*; suministro de información (estratégica) a medida, etc. (Howells 2006; Kilelu *et al*., 2011; Janssen, Bogers y Wanzenböck, 2020). De forma específica, estos agentes recopilan, desarrollan, monitorizan y difunden conocimientos y recursos técnicos para facilitar y coordinar esfuerzos, y hacer frente a retos a medio y largo plazo (Kilelu *et al*., 2011; Janssen, Bogers y Wanzenböck, 2020).

Los intermediarios pueden cumplir un papel estratégico para evitar la trampa de la cercanía. En efecto, las empresas, especialmente las de menor dimensión, tienen propensión, de un lado, a buscar conocimientos que puedan ser absorbidos con facilidad y, de otro, a colaborar con socios similares y que forman parte de su propio entorno territorial y cognitivo (Nooteboom, 2000; Boschma, 2005; Janssen, Bogers y Wanzenböck, 2020). La proximidad, no solo geográfica, sino también social e institucional, influye en los procesos de exploración y recombinación de activos que derivan en innovaciones (Savino, Messeni Petruzzelli y Albino, 2017). De esta forma, también las economías consideradas en su conjunto suelen limitarse a las denominadas actividades relacionadas (Boschma e Iammarino, 2009). Solo una actuación pública decidida puede contribuir a evitar el riesgo de reclusión en sí mismo que supone trabajar únicamente con el entorno más cercano. De hecho, escapar de esta trampa constituye una base clara para la intervención pública (Balland *et al*., 2018).

Para las empresas, la ventaja de contar con intermediarios es doble (Zhang y Li, 2010; Lin, 2020). En primer lugar, y en relación con lo que se acaba de exponer sobre la trampa de la cercanía, los intermediarios aumentan el alcance de la búsqueda de conocimiento externo gracias a las redes de relaciones que mantienen dentro y fuera del entorno territorial en el que se mueven las empresas. Al mismo tiempo, la posición de estos agentes intermediarios en la intersección de empresas y sectores económicos refuerza la densidad de tales redes.

En segundo lugar, los intermediarios reducen el coste de la búsqueda de conocimiento

externo de las empresas. Por su estructura y organización, los intermediarios están en condiciones de procesar información de manera experta y rápida. Las empresas con vínculos estrechos con intermediarios obtienen la información que necesitan más ágilmente, lo que acelera el proceso de incorporación de conocimiento externo y se traduce en mejoras de la capacidad y flexibilidad de las actividades relacionadas con la innovación.

IV. CENTROS TECNOLÓGICOS

Los centros tecnológicos (CCTT) se encuentran entre los proveedores de servicios intensivos en conocimiento. Sus funciones incluyen la oferta de una amplia y variada gama de servicios empresariales. El catálogo de servicios está determinado por tres variables: i) las demandas de los usuarios, en función de la especialización productiva del entorno; ii) las opciones estratégicas definidas por los órganos rectores de los CCTT; y, en su caso; iii) las estrategias definidas en las políticas públicas que contribuyen a la financiación de estos centros.

El conjunto de estos servicios se puede agrupar en tres tipos de actividades (García-Quevedo y Mas-Verdú, 2008). Un primer grupo está relacionado con la transferencia, difusión y transmisión del conocimiento (formación, información, demostración). Un segundo grupo se dirige a promover la interacción entre los agentes del sistema de innovación, y especialmente las empresas, a través de la promoción de actividades de cooperación o la mejora de las transacciones de información (intermediación). Finalmente, un tercer grupo de actividades va dirigido a la prestación de servicios específicos a las empresas individuales (consultoría y asesoramiento tecnológico, I + D por contrato, etc.).

La promoción de este tipo de centros, que tratan de contribuir a la competitividad empresarial mediante la innovación, se inicia en España en la segunda mitad del siglo pasado. En el caso español, no se contaba con una cultura arraigada de promoción de la competitividad a través de la tecnología lo que contrasta, por ejemplo, con el caso de Dinamarca, que ya en 1906 contaba con un Instituto Tecnológico Danés, los centros alemanes en la década de los cuarenta del pasado siglo, o el VTT de Finlandia puesto en marcha en 1942. Con casos pioneros como la fundación INASMET (creada en 1962) o INESCOP (constituido en 1971), buena parte de los centros tecnológicos se lanzan en España en la década de los ochenta del siglo XX. Fueron una de las formas de política industrial descentralizada que se desarrollaron en diferentes comunidades autónomas (CC. AA.) al asumir competencias y presupuestos en el ámbito indus-

CUADRO N.º 1

DISTRIBUCIÓN DE LOS CCTT POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

COMUNIDAD AUTÓNOMA	*NÚMERO CCTT*	*PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL ESPAÑA*	*NÚMERO DE EMPLEADOS CCTT*	*PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL ESPAÑA*
Andalucía	7	10,8	468	5
Aragón	2	3,1	308	3
Asturias	3	4,6	255	3
C. Valenciana	11	16,9	1.784	19
Cantabria	1	1,5	30	0
Castilla y León	5	7,7	601	6
Castilla-La Mancha	1	1,5	25	0
Cataluña	2	3,1	996	11
Extremadura	1	1,5	42	0
Galicia	7	10,8	878	9
La Rioja	2	3,1	64	1
Madrid	1	1,5	80	1
Murcia	5	7,7	214	2
Navarra	4	6,2	340	4
País Vasco	13	20,0	3.363	36
TOTAL	**65**	**100**	**9.448**	**100**

Fuente: Estimación propia a partir del registro del CCTT y de información de los centros. Ministerio de Ciencia e Innovación (2021).

trial tras la proclamación de los estatutos de autonomía. Se trataba de iniciativas dirigidas más al entorno empresarial que a las propias empresas directamente (Myro, 1994). Su puesta en marcha coincidió con la entrada de España en la Unión Europea, lo que permitió acceder a programas de apoyo dirigidos expresamente a promover estos instrumentos.

Una de las características de la distribución territorial de los CCTT en España es su concentración en dos CC. AA., el País Vasco y la Comunidad Valenciana, en las que se localiza cerca del 37 por 100 de los CCTT y el 55 por 100 de su personal.

Entre las causas de esta distribución territorial en determinadas regiones se encuentran desde las propias decisiones de promoción industrial y de política de innovación de las regiones hasta el modelo de localización empresarial desconcentrada en el territorio, pasando por la tipología (tamaño) empresarial o el peso relativo de la actividad industrial. Algunas experiencias internacionales vienen a concluir que el modelo de CCTT es una herramienta de promoción de la innovación especialmente ajustada a la localización en forma de clústeres.

Los modelos existentes, tanto en España como a nivel internacional, muestran una notable multiplicidad y disparidad. Coexisten formatos más o menos concentrados o descentralizados, así como la existencia o no de mecanismos de coordinación y la adopción de diferentes fórmulas de participación de los agentes empresariales en la gestión y dirección de los CCTT.

1. Financiación de los centros

El precio al que se ofrecen los servicios intensivos en conocimiento de los CCTT constituye un elemento clave, en la medida en que puede convertirse en una barrera para que crezca la demanda de servicios intensivos en conocimiento. Esto plantea una cuestión central en relación con los CCTT: los medios para financiar las instalaciones, los equipos y los servicios que prestan. Normalmente, la financiación tiene un carácter mixto, público-privado, en el que la financiación pública se canaliza básicamente a través de: i) ayudas basales (líneas nominativas) a la financiación de infraestructuras y funcionamiento, es decir de inversiones y coste de los servicios; ii) la financiación de proyectos específicos mediante contratos o convocatorias públicas de ayudas en las que los centros compiten entre sí o incluso con otros agentes del sistema de innovación.

Un aspecto crucial es la estabilidad de los apoyos del sector público, superando el aparente dilema existente entre autofinanciación y soporte público. La estrategia de autofinanciamiento a través de cuotas de afiliación y precios de los servicios se ha considerado, en ocasiones, como un objetivo de futuro. Sin embargo, esta opción, llevada al extremo, plantea dos tipos de problemas (Mas-Verdú, 2007). En primer lugar, se corre el riesgo de que los CCTT tiendan a proporcionar servicios estandarizados y de menor coste, es decir, el tipo de servicios para los que suele existir una demanda más definida y para los que el propio mercado es propenso a disponer de una oferta. Una segunda desventaja en una estrategia de máxima autofinanciación es el riesgo de focalizar la oferta de los servicios más intensivos en conocimiento y con mayor valor añadido en un reducido grupo de empresas de mayor tamaño. Para los CCTT esta sería una forma de reducir los costes de transacción que comporta la relación con un número elevado de empresas. En casos extremos, tal tendencia puede hacer que los centros tecnológicos compitan entre ellos para captar «los mejores clientes» con el riesgo de alejarse y dejar fuera de la oferta de servicios al tejido productivo de pequeñas y medianas empresas.

Como se observa en el cuadro n.º 2, buena parte de la financiación de los CCTT en España es privada (el 56,2 por 100). La mitad de los ingresos totales proviene de la suma de los ingresos por I+D contratada (25 por 100) y de los ingresos derivados de la venta de servicios tecnológicos (25,1 por 100). La financiación pública (el 43,8 por 100 de los ingresos de los CCTT) se canaliza mayoritariamente a través de subvenciones competitivas, en tanto que las líneas nominativas (basales o estructurales) tan solo representan el 22,7 por 100.

En coherencia con lo señalado al principio de esta sección en cuanto al protagonismo de las CC. AA. en la promoción de los CCTT, la mayor parte de la financiación pública (el 63,1 por 100) corre a cargo de los presupuestos de las CC. AA., siendo muy minoritaria la participación de la Administración General del Estado (un 5,6 por 100 de la financiación pública). Es creciente, sin embargo, la financiación internacional, básicamente proveniente de programas de la Unión Europea, que representó en 2019 el 30,4 por 100 del total

CUADRO N.º 2

FINANCIACIÓN DE LOS CCTT EN ESPAÑA

INGRESOS POR ACTIVIDAD	*2019 (Euros)*	*DISTRIBUCIÓN (Porcentaje)*
Ingresos totales	**381.262.913,00**	**100,0**
Ingresos I+D propia	153.832.673,00	40,4
Ingresos I+D contratada	95.250.142,00	25,0
Ingresos servicios tecnológicos y de negocio	95.688.261,00	25,1
Venta de patentes, modelos de utilidad o diseños	768.229,00	0,2
Ingresos formación	6.853.151,00	1,8
Ingresos difusión	1.824.422,00	0,5
Ingresos por otro tipo de actividad	27.046.034,00	7,1
INGRESOS POR ORIGEN	**381.262.912**	
Mercado	**214.289.186**	**56,2**
Contratación privada	190.383.582	88,8
Contratación con empresas públicas	4.370.335	2,0
Suscripciones de socios o patronos	4.122.857	1,9
Otros ingresos de mercado	15.412.411	7,2
Financiación Pública	**166.973.727**	**43,8**
Subvenciones competitivas	129.186.449	77,4
Subvenciones nominativas estatales	445.982	0,3
Otras subvenciones no competitivas	37.341.296	22,4
Procedencia de la financiación pública	**166.973.727**	
Administración General del Estado	9.421.340	5,6
Comunidades autónomas	105.311.351	63,1
Internacional	50.728.238	30,4
Otros	1.512.797	0,9

Fuente: Informe anual 2019 (Fedit, 2021).

CUADRO N.º 3

ESTRUCTURA DE FINANCIACIÓN DE ALGUNAS ORGANIZACIONES EUROPEAS DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA, DATOS DE 2015 (Porcentaje)

	PAÍS	*TOTAL FINANCIACIÓN PÚBLICA (Subvención global, financiamiento del programa o financiamiento competitivo)*	*TOTAL, FINANCIACIÓN PRIVADA (Contratos de investigación para la industria, ventas y tarifas)*	*PARTICIPACIÓN EN LA FINANCIACIÓN DEL PROGRAMA MARCO DE LA UE SOBRE EL TOTAL*
DTI	Dinamarca	34	66	3
Fraunhofer	Alemania	71	29	5
Imec	Bélgica	20	80	6
SINTEF	Noruega	50	50	8
VTT	Finlandia	78	22	12
FEDIT	España	33	66	9

Fuente: Zacharewicz, Sanz Menéndez y Jonkers (2017).

de la financiación pública, con un crecimiento del 15,7 por 100 sobre el año anterior

Aunque con diferentes formatos de organización y funcionamiento, que hace difícil una comparación precisa, el cuadro n.º 3 refleja el *mix* de composición público-privada de la financiación de otros centros europeos (datos de 2015). Destaca la importante financiación pública que reciben los *Fraunhofer* alemanes y el VTT (Technical Research Centre) de Finlandia.

2. Evaluación de impacto y algunas líneas de mejora

La literatura reciente (Lin *et al.*, 2020) reporta la existencia de un consenso que concluye que, en términos generales, los vínculos con los intermediarios tienen

un impacto significativamente positivo en el desempeño de las empresas en materia de innovación, al proporcionar acceso a fuentes externas de conocimiento. En el ámbito europeo se han realizado ejercicios de evaluación de impacto (Arnold, 2010), que confirman tal resultado para el caso de las RTO (Research and Technology Organizations; Organizaciones de Investigación y Tecnología) agrupadas en la EARTO (European Association of Research and Technology Organizations).

Para España se cuenta también con investigaciones sobre el efecto de los CCTT en la competitividad empresarial. En general, tales estudios muestran que las empresas reconocen la influencia de las relaciones con los CCTT en diferentes impactos técnicos, económicos, de inversión e intangibles (Modrego-Rico, Barge-Gil y Núñez-Sánchez, 2005; Barge-Gil y Modrego, 2008 y 2011). Estos análisis consideran diversas variables de resultados y desempeño innovador (captación de clientes, *spin-offs*, etc.) y también incorporan al panel de evaluación algunas variables financieras como facturación por empleado y autofinanciación, este último en cuanto indicador de la capacidad para captar fondos en concurrencia competitiva.

En relación con los CCTT, y a pesar de los resultados de las evaluaciones de impacto, se pueden apuntar varias líneas de mejora. En primer lugar, como muestra la experiencia internacional, es conveniente dotar de mayor estabilidad y previsibilidad, por ejemplo mediante compromisos de inversión plurianuales, a los fondos asignados al soporte de estas infraestructuras de apoyo a la innovación que constituyen los CCTT. Ello tendría un efecto positivo sobre el desempeño de estos centros a medio plazo. En este terreno, la Administración General del Estado, prácticamente ausente en la definición estratégica y contribución a la financiación de los CCTT, podría actuar de forma más decidida y comprometida, al menos en la línea que a continuación se apuntará con respecto a la Red Cervera.

En segundo lugar, y con carácter general, convendría, sin pérdida de autonomía de los CCTT y su colaboración con las respectivas CC. AA., mejorar la gobernanza global del sistema de centros tecnológicos de España, avanzando hacia una trama de CCTT crecientemente colaborativa y trabajando en forma de red. Uno de los componentes de esta nueva gobernanza ha de plantear un nuevo sistema de indicadores de gestión y seguimiento encaminado a la medición del impacto real de las actividades desarrolladas. De cara a promover una mayor colaboración entre CCTT, y con el apoyo de la Administración Central, la Red Cervera puede ser una vía de fortalecimiento estructural e integración para, entre otros aspectos, estimular la colaboración suprarregional entre centros tecnológicos y empresas de distintas comunidades autónomas.

En tercer lugar, y conectado nuevamente con la financiación, existe un riesgo latente de estandarización en la prestación de servicios frente a aquellos que se adaptan a la medida de las necesidades específicas de los clientes. Este riesgo supondría atender en mayor grado a usuarios de mayor dimensión que tienen una demanda más definida, para reducir los costes de transacción a los que hacen frente los CCTT cuando interactúan con un amplio conjunto de empresas de menor tamaño. El catálogo de servicios de los CCTT requiere combinar la tipología de servicios prestados reforzando, con el apoyo adecuado, la tendencia hacia la prestación de aquellos servicios más intensivos en conocimiento con un amplio alcance de posibles usuarios.

V. OFICINAS DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En principio, un elemento fundamental del actual sistema de conexión de la investigación realizada en las universidades con la actividad empresarial de innovación son las llamadas oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI). En el caso de las universidades, la transferencia de conocimiento va ligada a la denominada tercera misión de estas instituciones, junto a las funciones de docencia e investigación. En Fundación CYD (2019) puede encontrarse un amplio análisis de los mecanismos de transferencia en el ámbito universitario.

Las OTRI nacieron a finales del año 1988 como organizaciones que debían impulsar y facilitar la cooperación en actividades de I+D entre investigadores y empresas, tanto en el marco nacional como europeo. En su diseño inicial fueron concebidas como intermediarias en el sistema ciencia-tecnología-empresa, con la misión de dinamizar las relaciones entre los agentes del sistema. Para ello, las OTRI deberían identificar las necesidades tecnológicas de los sectores socioeconómicos para favorecer la transferencia de conocimien-

to entre el sector público y el privado, contribuyendo así a la aplicación y comercialización de los resultados de la I+D generada en las universidades y centros públicos de investigación (1).

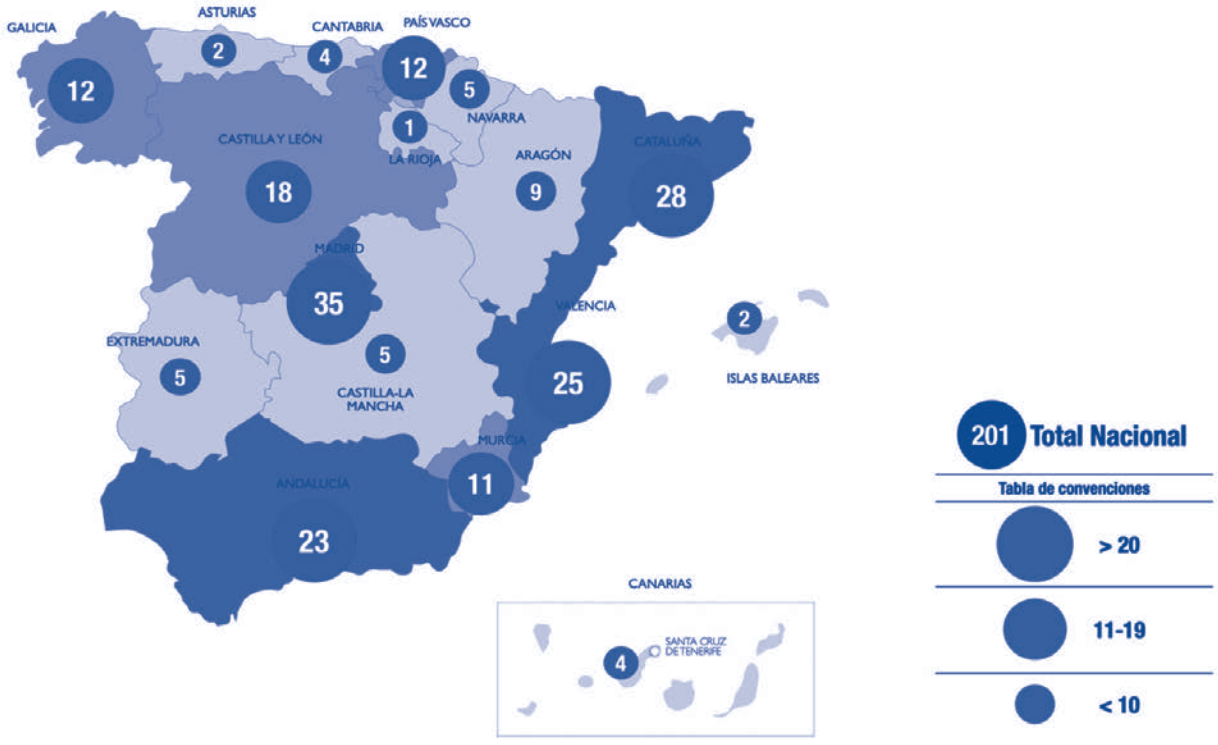
Como a continuación se verá, estos propósitos no se han visto cumplidos. Para atenderlos de forma adecuada se requeriría un proceso de refundación de las OTRI.

1. Elevada atomización y desplazamiento de las funciones de transferencia a tareas administrativas

A fecha de junio de 2021, el número de OTRI en España ascendía a más de 200 oficinas. En el mapa adjunto se aprecia la distribución de estas oficinas por CC. AA. Cada una de estas oficinas lleva a cabo su tarea de gestión de la transferencia de resultados de forma autónoma, desde las actividades de promoción y comercialización hasta las de interacción con empresas y la elaboración de contratos de transferencia. Es decir, las OTRI actúan –lo que resulta materialmente imposible– de forma independiente, con exigua coordinación entre sí y con una clamorosa falta de profesionales especializados. En la Comisión Sectorial de I+D+i de la CRUE (Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas) existe la RedOTRI de las universidades. En realidad, dicha red no realiza funciones de cooperación o coordinación más allá de la preparación de informes o la organización de actividades de formación entre dichas oficinas.

La atomización y dispersión que supone este elevado número de OTRI se pone de manifiesto en diversas vertientes. Desde la perspectiva de los *inputs*, es llamativa la escasez de recursos humanos destinados a la actividad de transferencia por parte de la academia. El personal en los servicios centrales de las universidades dedicado a la función de transferencia de conocimiento ascendía a 874 en el año 2019 (personal en equivalencia a dedicación plena, EDP), lo que significa una persona EDP dedi-

MAPA 1
OTRI POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS (2021)



Fuente: Registro de las OTRI (Ministerio de Ciencia e Innovación, 2021).

cada a funciones de transferencia por cada 100 investigadores (Encuesta I+TC; CRUE-RedOTRI, 2021). Además, a partir de esa misma fuente, un análisis de los recursos implicados en cada función de gestión muestra un claro desplazamiento de los recursos humanos a funciones de gestión económica y administrativa. Este mismo comportamiento se observa en las unidades de gestión de la investigación, en las que los recursos del personal se trasladan también a funciones de apoyo administrativo de la gestión de la investigación subvencionada y a la gestión económica de la misma. A principios de la pasada década, el personal dedicado a funciones de gestión económica y apoyo administrativo suponía un tercio del total de recursos humanos en investigación y transferencia de tecnología; a finales de la década dicho personal de apoyo administrativo había crecido hasta suponer cerca del 50 por 100 del total.

Este desplazamiento de las funciones de promoción hacia las tareas de gestión y supervisión se acentuó a partir de la entrada en vigor de la Ley de Subvenciones de 2003 (Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones). Esta ley tuvo, y continúa teniendo, un notable impacto negativo en la gestión de la investigación y, de forma específica, en las actividades de transferencia de conocimiento. El cumplimiento de los requisitos administrativos y las obligaciones derivadas de los procedimientos de control incorporados en dicha ley está exigiendo la dedicación de notables recursos presupuestarios y humanos a tareas administrativas por parte de los grupos de investigación.

En definitiva, una parte importante de la actividad de las oficinas de transferencia se ha ido transformando en tareas de intervención y de revisión administrativa, alejándolas, de este modo, de las que habrían de ser su actividad prioritaria: la promoción de acciones de comercialización y proyectos de transferencia.

2. Disminución del valor y alcance científico técnico de la transferencia

La transferencia de conocimiento por parte de las universidades españolas se realiza normalmente mediante la interrelación con terceros a través de actividades de I+D y apoyo técnico. Como se ha comprobado en la sección II, la contratación de I+D por terceros, ya sean empresas o administraciones públicas, no alcanzó en 2019 siquiera la cifra de 2008. Pero, además, se ha reducido tanto el volumen presupuestario individual de los contratos como la propia complejidad técnica de los trabajos de I+D por encargo y, sobre todo, de los contratos por actividades de asesoramiento y prestaciones de servicios técnicos menores.

La evolución de los precios medios de la I+D por encargo, consistente en las contrataciones de proyectos que dan lugar a conocimiento nuevo, ha descendido de forma notable en la última década, pasando de 44.400 euros por proyecto en 2010 a 25.100 euros en 2019. Más acusada todavía es la caída del coste medio de los contratos de apoyo técnico y prestaciones de servicio. En 2019 estos tuvieron un precio medio por contrato de tan solo 4.100 euros, cuando en 2010 el precio medio por contrato era de 15.300 euros.

Estos datos indican una desvalorización del peso científico-técnico de los contratos de I+D, pero también están reflejando que una parte de tales acuerdos con terceros tienen, en realidad, un contenido de consultoría y asesoramiento. En definitiva, se ha producido un deterioro en la composición del contenido y alcance de los contratos con terceros. En términos relativos, se ha incrementado la proporción de los servicios de consultoría en las relaciones universidad-empresa con unos precios medios que manifiestan una clara disminución del valor y alcance científico-técnico de estas actividades.

3. Volviendo a los orígenes

Ante la realidad que se acaba de presentar, y transcurridos más de treinta años desde su creación, resulta necesario afrontar un proceso de refundación, creando nuevas y auténticas OTRI que, al margen de tareas de control, cumplan efectivas funciones de transferencia, contando con medios suficientes y con la incorporación de expertos tecnológicos capaces de intermediar en tecnología.

La dedicación de las OTRI a tareas administrativas y de revisión las ha desviado de su verdadero objetivo estratégico: las acciones de promoción y desarrollo de negocio y de articulación de interrelaciones con otros componentes del sistema de innovación (empresas, Administración Pública, etc.). Las OTRI no solo disponen de escasos recursos de personal, sino, lo que resulta especialmente grave, estos no cuentan con suficiente especialización. Las oficinas de transferencia no pueden cumplir sus funciones sin incorporar a su estructura profesionales dota-

dos de alta especialización con competencias de desarrollo de negocio y enfoque comercial, al tiempo que con capacidad para desenvolverse adecuadamente tanto en entornos científicos como empresariales. De forma específica, se requiere una dotación adecuada de personal con competencias en licencia de patentes, protección del conocimiento, valorización de intangibles, etcétera.

El modelo puesto en marcha en Francia, las SATT (sociedades de aceleración de la transferencia de tecnología), puede ser una referencia en la línea de refundación de las OTRI. Las SATT se crearon en 2008, ante la crisis, como forma de aprovechar mejor el rol del conocimiento generado en las universidades. Con esta estrategia se trataba de disponer de oficinas de transferencia de mayor escala, capaces de prestar servicios de alto valor añadido en transferencia de conocimiento a mayor número de entidades. Sería una forma de aumentar la dimensión de las OTRI mediante, por ejemplo, procesos de mutualización con consorcios entre sector público y centros de investigación. Un menor número de oficinas con personalidad jurídica propia, podría atender demandas complejas, con una concentración de la gestión de la transferencia en aquellos aspectos más complejos y que requieren mayor especialización. Ésta podría ser una vía para mejorar la escala al tiempo que se reducen costes (Massaguer y Torralba, 2020)

Contando con recursos especializados y medios suficientes, sería posible explorar nuevas estrategias de transferencia (Fundación CYD, 2019) que incluyan formatos sustentados, entre otros aspectos, en las licencias de patentes y tecnología y en la generación de *spin-off*. Este último aspecto exigirá superar barreras de financiación, sobre todo en las fases iniciales o anteriores a la constitución de las nuevas empresas. Asimismo, las vías de licencia y de valorización de *start-up* y *spin-off* requerirán una mayor implicación por parte de los centros académicos en la promoción y difusión del emprendimiento. Mientras que las *start-up* suelen generarse en torno a la figura de un emprendedor que se ocupa, entre otros aspectos, de las acciones de gestión empresarial, las *spin-off* suelen tener su principal carencia en el desarrollo de negocio y en el acercamiento al mercado, pero tienen más cubiertos los aspectos relacionados con el *know-how*.

En todo caso, y con carácter más general, es necesario extender entre el personal investigador la cultura de la transferencia y de las posibles aplicaciones de los resultados de investigación. Como ya se ha señalado, en 2019 solo el 20 por 100 del profesorado universitario con el título de doctor estaba involucrados en actividades de transferencia de conocimiento. En este sentido, puede ser de interés el reciente sexenio de transferencia, aunque en su actual formato constituye una prueba experimental que requiere sedimentarse para poder realizar una valoración de su potencial alcance.

VI. CONCLUSIONES

La fortaleza de un sistema de innovación depende no solo del número y tamaño de los componentes, sino también de la intensidad y fluidez de las interrelaciones entre los diversos actores que conforman el sistema (empresas, universidades, administraciones públicas, etc.). La relación entre la actividad productiva y la estructura científica, lo que conocemos como transferencia de conocimiento, es muy pobre en el caso español como ha quedado demostrado con la evidencia presentada en este artículo.

Del análisis realizado en este trabajo se desprende que la transferencia se enfrenta a diferentes problemas. Algunos son sobradamente conocidos. Desde el lado de la demanda, buena parte del parque empresarial español no posee ni la dimensión ni la especialización productiva para incorporar conocimiento de forma intensiva en su actividad empresarial. Las empresas, en muchos casos, observan la actividad investigadora de universidades y centros científicos como alejada de sus necesidades prácticas. Faltan estrategias decididas de innovación y apuesta por la inversión en I+D dentro de las propias unidades productivas. Desde el lado de la oferta de conocimiento, las universidades han sido incapaces de lograr que las estrategias del sector productivo se planteen la incorporación de conocimiento e innovación externos, procedentes de los departamentos universitarios y centros de investigación, de cara a mejorar su desempeño empresarial. Tampoco los investigadores, al menos hasta recientemente, cuentan con incentivos para acercarse al mundo de la empresa.

Pero junto a estos problemas, los organismos de intermediación responsables de fomentar la interrelación entre universidades y empresas se han mostrado poco operativos en los últimos años, manifestando incapacidades e ineficiencias, incluso en

aquellos casos en los que ha habido interés en colaborar por parte de investigadores y empresas. Las OTRI se enfrentan a problemas estructurales de atomización, de desviación de sus funciones hacia tareas administrativas, de abandono de acciones de promoción y comercialización, de escasez de capital humano en número y especialización, etcétera.

Después de tres décadas de funcionamiento, se requiere una refundación de estas oficinas que pasa por realizar profundos cambios de gobernanza, funcionamiento y estructura. La puesta en marcha de nuevas estrategias de transferencia (que incluyan, entre otros aspectos, una mayor atención a licencias de patentes y tecnología, incubación de *spin-off*, etc.) pasa por contar con técnicos especializados que no solo se manejen convenientemente en ambientes científicos, sino que cuenten también con competencias (comercialización, desarrollo de negocio, etc.) cercanas a la actividad empresarial. Una vía para poder disponer de plantillas especializadas y en número suficiente podría ser, como en el caso de las SAAT francesas, la creación de oficinas mutualizadas para prestar servicios complejos de transferencia a varias entidades agrupadas mediante procesos de consorcio entre universidades y administraciones públicas. Esta sería una vía para incrementar la escala de las oficinas con la concentración de determinadas funciones muy especializadas de la gestión de la transferencia.

Con un carácter más específico resultaría de interés adaptar la normativa que regula la gestión de los contratos de investigación de las universidades con las empresas. El carácter privado de estos fondos, en el que prima el interés de la empresa que realiza el contrato, debería permitir una gestión más ágil y flexible, sin las ataduras y corsés propios del sector público. Igualmente convendría que, al menos parcialmente, una parte de aportación pública a la financiación universitaria tuviera en cuenta las actividades de transferencia (licencias de explotación, contratos con empresas, etc.) además de los resultados científicos (número de artículos publicados, citaciones, impacto de las revistas, etcétera).

En cuanto a los CCTT, y aunque cuentan con positivas evaluaciones de impacto, una de las principales dificultades para su funcionamiento reside en la falta de previsibilidad en su financiación, que lastra sus estrategias a medio plazo. Desde este punto de vista, conviene dotar de mayor estabilidad a los fondos públicos para su funcionamiento, aumentando los apoyos con un contenido plurianual. Igualmente, deberían reforzarse las acciones de cooperación y el trabajo en red para lograr una mayor gobernanza global de los CCTT. La Administración General del Estado está prácticamente ausente en la actividad de los CCTT, tanto a nivel presupuestario como estratégico. Una mayor apuesta desde los organismos de la Administración Central por la Red Cervera podría servir para estimular la cooperación entre empresas y CCTT de diferentes regiones. De igual forma, habría que fortalecer, con el soporte apropiado, la tendencia hacia la prestación de servicios crecientemente intensivos en conocimiento destinados a un amplio rango de posibles destinatarios.

En fechas recientes se han puesto en marcha algunas iniciativas en el campo de la transferencia de conocimiento que, aunque se encuentran en un estadio incipiente, resultan de interés y conviene tomar en consideración para seguir con detalle su desarrollo. La Agencia Valenciana de la Innovación (AVI), creada en 2018, además de programas de apoyo (proyectos estratégicos colaborativos; fortalecimiento de los interfaces de innovación, etc.) ha puesto en marcha comités de innovación especializados en los que se reúnen científicos de prestigio, empresarios y responsables de CCTT. Dichos comités definen los retos fundamentales en materia de innovación y diseñan soluciones y posibles acciones para su ejecución. Estos comités se complementan con la creación de *unidades científicas de innovación empresarial* en el interior de los centros de investigación para facilitar la transferencia de conocimiento en áreas como la fotónica, la neurociencia, la física corpuscular, los materiales y la biomedicina. El objetivo de estas unidades es el de «disponer de un equipo de personas dedicadas al desarrollo de innovaciones y tecnologías derivadas del conocimiento y la investigación acumulada «aguas arriba», en el núcleo duro de la institución, y, al mismo tiempo, explorar el mercado con el fin de ampliar el posible campo de investigación de aquella» (García-Reche, 2020, p. 176).

A lo largo de este trabajo se ha destacado el rol que desempeñan los organismos de intermediación para ampliar el alcance y reducir los costes de la búsqueda externa de conocimiento por parte de las empresas. Sin embargo, la actividad de los intermediarios no puede suplantar las actividades internas de las empresas en el ámbito de la

innovación y la I+D (Caloghirou, Kastelli y Tsakanikas, 2004; Teece, 2007; Lin *et al*., 2020). Los recursos externos suministrados por los intermediarios no son suficientes por sí mismos para generar un impacto positivo en el desempeño empresarial. Para que tales recursos externos puedan absorberse y aprovecharse en las empresas han de complementarse con capacidades y recursos internos, en el seno de las propias unidades productivas.

NOTAS

(*) El autor desea agradecer a los coordinadores de este número sus comentarios y sugerencias a una versión previa de este artículo; los errores que puedan subsistir son de responsabilidad exclusiva del autor. Asimismo, se agradece el apoyo de la Agencia Estatal de Investigación y el Fondo de Desarrollo Regional (FEDER) - RTI2018 - 093791-B-C22 (MCI, AEI/FEDER, UE).

(1) https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.7eeac5cd345b4f34f09dfd1001432ea0/?vgnextoid=14ab3a1375bb4410VgnVCM1000001d04140aRCRD

BIBLIOGRAFÍA

Arnold, E., Clark, J. y Javorka, Z. (2010). *Impacts of European RTOs: A Study of Social and Economic Impacts of Research and Technology Organisations: A Report to EARTO*. TechnopolisGroup. http://www.technopolisgroup.com/resources/downloads/reports/1336_EARTO_final_report_101110.pdf

Bacon, E., Williams, M. D. y Davies, G. H. (2019). Recipes for success: Conditions for knowledge transfer across open innovation ecosystems. *International Journal of Information Management*, 49, pp. 377-387.

Balland, P. A., Boschma, R., Crespo, J. y Rigby, D. L. (2019). Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, 53(9), pp. 1252-1268.

Barge-Gil, A. y Modrego, A. (2008). Are technology institutes a satisfactory tool for public intervention in the area of technology? A neoclassical and evolutionary evaluation. *Environment and Planning C: Government and Policy,* 26(4), pp. 808-823

Barge-Gil, A. y Modrego, A. (2011). The impact of research and technology organizations on firm competitiveness. Measurement and determinants. *The Journal of Technology Transfer*, 36(1), pp. 61-83.

Boschma, R. y Iammarino, S. (2009). Related Variety, Trade Linkages, and Regional Growth in Italy. *Economic Geography,* 85, pp. 289-311.

Caloghirou, Y., Kastelli, I. y Tsakanikas, A. (2004). Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance? *Technovation,* 24(1), pp. 29-39.

Colombo, G., Dell'Era, C. y Frattini, F. (2015). Exploring the contribution of innovation intermediaries to the new product development (NPD) process: a typology and an empirical study. *R&D Management*, 45(2), pp. 126-146.

CRUE (2021*). Investigación, transferencia de conocimiento y cultura científica en las universidades españolas.*

De Silva, M., Howells, J. y Meyer, M. (2018). Innovation Intermediaries and Collaboration: Knowledge-Based Practices and Internal Value Creation. *Research Policy,* 47, pp. 70-87.

De Vasconcelos Gomes, L. A., Facin, A. L. F., Salerno, M. S. y Ikenami, R. K. (2018). Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, pp. 30-48.

D'Este, P., García-Quevedo, J. y Mas-Verdú, F. (2014). Transferencia de conocimiento. Del modelo transaccional al relacional. *Mediterráneo Económico,* 25, p. 279-293.

Dhanaraj, C. y Parkhe, A. (2006). Orchestrating Innovation Networks. *Academy of Management Review,* 31, pp. 659-669.

Doz, Y. L., Olk, P. M. y Ring, P. S. (2000). Formation Processes of R&D Consortia: Which Path to Take? Where Does It Lead? *Strategic Management Journal,* 21, pp. 239-266.

Fundación CYD (2019). *Transferencia de la investigación universitaria*. Informe CYD, Barcelona.

García-Quevedo, J. y Mas-Verdú, F. (2008). Does only size matter in the use of knowledge intensive services? *Small Business Economics*, 31(2), pp. 137-146.

García Reche, A. (2020). *Qué hacer con el modelo productivo*. Valencia: Tirant lo Blanch.

Giannopoulou, E., Barlatier, P.-J. y Pénin, J. (2019). Same but different? Research and technology organizations, universities and the innovation activities of firms. *Research Policy*, 48(1), pp. 223-233.

Gibson, E., Daim, T. U. y Dabic, M. (2019). Evaluating university industry collaborative research centers. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, pp. 181-202.

Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35(5), pp. 715-728.

Hurmelinna-Laukkanen, P., Olander, H. Blomqvist, K. y Panfilii, V. (2012). Orchestrating R&D Networks: Absorptive Capacity, Network Stability, and Innovation Appropriability. *European Management Journal,* 30 pp. 552-563.

Janssen, M. J., Bogers, M. y Wanzenböck, I. (2020). Do systemic innovation intermediaries broaden horizons? A proximity perspective on R&D partnership formation. *Industry and Innovation*, 27(6), pp. 605-629.

Katzy, B., Turgut, E., Holzmann, T. y Sailer, K. (2013). Innovation intermediaries:

a process view on open innovation coordination. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(3), pp. 295-309.

Kerry, C. y Danson, M. (2016). Open innovation, Triple Helix and regional innovation systems: Exploring CATAPULT Centres in the UK. *Industry and Higher Education*, 30(1), pp. 67-78.

Kilelu, C. W., Klerkx, L., Leeuwis, C. y Hall, A. (2011). Beyond Knowledge Brokering: An Exploratory Study on Innovation Intermediaries in an Evolving Smallholder Agricultural System in Kenya. *Knowledge Management for Development Journal,* 7, pp. 84-108.

Kivimaa, P. (2014). Government-Affiliated Intermediary Organisations as Actors in System-Level Transitions. *Research Policy,* 43, pp. 1370-1380.

Klerkx, L. y Leeuwis, C. (2009). Establishment and Embedding of Innovation Brokers at Different Innovation System Levels: Insights from the Dutch Agricultural Sector. *Technological Forecasting and Social Change,* 76, pp. 849-860.

Lin, H., Zeng, S., Liu, H. y Li, C. (2020). Bridging the gaps or fecklessness? A moderated mediating examination of intermediaries' effects on corporate innovation. *Technovation*, 94, 102018.

Mas-Verdú, F. (2007). Services and innovation systems: European models of technology centres. *Service Business*, 1(1), pp. 7-23.

Massaguer, J. y Torralba, A, (2020). *Algunas consideraciones para la mejora del sistema de transferencia de los resultados de la investigación científica y técnica de las universidades públicas*. Fundación CYD.

Meyer, M., Kuusisto, J., Grant, K., De Silva, M., Flowers, S. y Choksy, U. (2018). Towards new Triple Helix organisations? A comparative study of competence centres as knowledge, consensus and innovation spaces. *R&D Management*, pp. 1-19.

Modrego-Rico, A., Barge-Gil, A. y Núñez-Sánchez, R. (2005). Developing indicators to measure technology institutes' performance. *Research Evaluation*, 14(10), pp. 177-184.

Myro, R. (1994). La política industrial activa. *Revista de Economía Aplicada*, 2(6), pp. 171-182.

Radnejad, A. B., Vredenburg, H. y Woiceshyn, J. (2017). Meta-organizing for open innovation under environmental and social pressures in the oil industry. *Technovation,* 66, pp.14-27.

Russo, M., Caloffi, A., Rossi, F. y Righi, R. (2019). Innovation Intermediaries and Performance-Based Incentives: A Case Study of Regional Innovation Poles. *Science and Public Policy,* 46(1), pp. 1-12.

Savino, T., Messeni Petruzzelli, A. y Albino, V. (2017). Search and recombination process to innovate: a review of the empirical evidence and a research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 19(1), pp. 54-75.

Stewart, J. y Hyysalo, S. (2008). Intermediaries, users and social learning in technological innovation. *International Journal of Innovation Management*, 12(3), pp. 295-325.

Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), pp. 1319-1350.

Van Lente, H., Hekkert, M., Smits, R. y Van Waveren, B. (2003). Roles of Systemic Intermediaries in Transition Processes. *International Journal of Innovation Management,* 7, pp. 247-279.

Villani, E., Rasmussen, E. y Grimaldi, R. (2017). How Intermediary Organizations Facilitate University-Industry Technology Transfer: A Proximity Approach. *Technological Forecasting & Social Change,* 114, pp. 86-102.

Zacharewicz, T., Sanz Menéndez, L. y Jonkers, K. (2017). *The internationalisation of research and technology organisations*. Luxemburg: Publications Office of the European Union, EUR, 28442.

Zhang, Y. y Li, H. (2010). Innovation search of new ventures in a technology cluster: the role of ties with service intermediaries. *Strategic Management Journal*, 31(1), pp. 88-109.

LA COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA PARA LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL: INNOVACIÓN ABIERTA

Angela TRIGUERO

Universidad de Castilla-La Mancha

Resumen

La innovación empresarial es hoy imposible sin la colaboración entre los diferentes agentes del sistema de innovación, construyendo un verdadero ecosistema innovador. La innovación abierta (IA) y el nacimiento de nuevas empresas en el seno de los organismos de investigación son manifestaciones actuales de estas colaboraciones entre ciencia y empresa. Los organismos internacionales señalan como una de las deficiencias del sistema de innovación español el escaso desarrollo de este ecosistema. Utilizando datos del período 2004-2016, se comprueba que la información procedente de los clientes, proveedores y competidores es más valorada por la industria que la que procede de las universidades (IA inbound no pecuniaria), lo cual no ocurre cuando se establecen acuerdos de cooperación entre la Industria y las Universidades (IA acoplada), sobre todo en la adopción de innovaciones de producto.

Palabras clave: innovación abierta, colaboración público-privada, cooperación industria-empresa, España.

Abstract

Business Innovation is impossible without collaboration between the different agents of the innovation system, building a true innovative ecosystem. Open innovation (OI) and the birth of new companies within research organizations are current manifestations of these collaborations between science and business. International organizations point to the poor development of this ecosystem as one of the shortcomings of the Spanish innovation system. Using data from the period 2004-2016, it is found that information from customers, suppliers and competitors is more valued by industry than that from universities (inbound OI non-pecuniary), which is not the case when cooperation agreements are established between Industry and Universities (coupled OI), especially in the adoption of product innovations.

Keywords: open innovation, public-private partnership, businessindustry cooperation, Spain, firms.

JEL classification: L60, O31, O32, O33.

I. INTRODUCCIÓN

EN una economía cada vez más globalizada y competitiva a nivel mundial, en la que apenas existen fronteras para el comercio de bienes y servicios y en la que el avance de las TIC ha disminuido los costes de transacción, también desaparecen los límites para la transferencia de conocimiento y su uso para la innovación. Las empresas se ven obligadas a buscar el conocimiento para innovar, y la menor duración de los ciclos de vida de los productos y el incremento de la competitividad lleva a compartir el conocimiento y a utilizar las ideas que proceden de terceros (Colombo *et al*., 2011). En este contexto surge el paradigma de la innovación abierta (IA) la cual hace referencia a la necesidad de usar los flujos internos y externos de conocimiento para aumentar la capacidad de innovación y generar más valor dentro de la empresa (Chesbrough, 2003; 2006).

La IA es un paradigma que parte del supuesto de que las empresas pueden y deben utilizar tanto las ideas externas como las internas, para acelerar el proceso de innovación y aumentar las posibilidades de exploración y explotación comercial del conocimiento (Chesbrough, 2006). Dicha visión, pese a no ser novedosa, puesto que autores como Von Hippel (1988) habían señalado la importancia de las fuentes externas de conocimiento a finales de los ochenta del siglo XX, se consolida como uno de los paradigmas más importantes en el ámbito de la economía de la innovación desde los inicios de este siglo. El mismo contrasta con el enfoque tradicional de «innovación cerrada» (*closed-innovation*) donde la empresa trata de proteger sus desarrollos tecnológicos para evitar los problemas de apropiabilidad que implica la imitación por parte de terceros.

Dicha concepción está vinculada con la perspectiva de los sistemas nacionales de innovación, denominados de forma más reciente «ecosistemas innovadores». Los mismos hacen alusión a la interacción entre los distintos *stakeholders* (agentes), destacando la importancia de la cooperación entre la Universidad y la Industria para la generación de capital social y la configuración de una *knowledge network* (red de conocimiento) valiosa para la innovación empresarial (1).

El objetivo de este trabajo es analizar cómo la adopción de distintas estrategias de IA por las empresas españolas contribuye a la innovación empresarial teniendo en cuenta la influencia de diferentes actores. La investigación se lleva a cabo utilizando información de la *Encuesta de innovación tecnológica* del período 2004-2016 a través de un análisis descriptivo y la estimación de modelos probit con efectos aleatorios. Dicha base de datos permite diferenciar el efecto en la probabilidad de innovar de diferentes estrategias de IA. A saber: el uso de las fuentes externas de información, la compra de I+D, el registro de patentes y la cooperación tecnológica, haciendo un especial hincapié en la diferencia entre la colaboración con el sector privado (proveedores, clientes, competidores) y el sector público (universidades y organismos públicos de investigación).

II. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1. Del sistema nacional de innovación al paradigma de la IA

Desde la concepción del *Sistema Nacional de Economía Política* por Friedrich List en (1841), se reconoce la importancia del marco institucional y la influencia de distintos actores en el proceso de innovación empresarial. Sin embargo, no será hasta la década de los ochenta del siglo pasado cuando los estudios realizados por Lundvall (1985) o Freeman (1987) sirvan como marco de referencia conceptual para abordar la importancia de los sistemas nacionales de innovación y los sistemas regionales (locales o sectoriales) de innovación. De forma más reciente, se viene utilizando el término ecosistema de innovación para hacer referencia a la interacción entre una ecología de actores diversos. En su configuración es fundamental la participación de la Universidad, la industria, el Gobierno y la sociedad civil siguiendo el esquema de la *Triple, Quadruple* e incluso la *Quintuple Helix* propuesto por Carayannis y Campbell (2012). Dicho planteamiento está muy relacionado con la propuesta de Chesbrough (2003), dado que para que se conforme ese sistema nacional de innovación es necesario que los distintos participantes interaccionen y formen parte de una *knowledge network* que promueva el desarrollo y comercialización del nuevo conocimiento (Laursen y Salter, 2006). La novedad de la propuesta de IA es que el rol que puede ejercer cada socio puede ser diferente, y de ahí, que se identifique a diferentes participantes (proveedores, clientes, competidores, universidades). Además, los resultados de la adopción de estrategias de IA dependerán no solo de la diversidad de socios con los que se establece la cooperación sino también de la intensidad y frecuencia de dichos acuerdos, de las características específicas de cada empresa y el nivel de competencia de la industria (Van de Vrande *et al*. 2010; Lichtenthaler, 2010).

Esta perspectiva también está relacionada con el concepto de capacidad de absorción tecnológica propuesto por Cohen y Levinthal (1990), dado que para estos autores dicha capacidad se refiere a reconocer el valor de la información procedente de terceros y combinarla con conocimiento interno. Es decir, el paradigma de la IA también defiende que el éxito innovador depende de que las empresas sean capaces de reconocer, adquirir y asimilar conocimientos externos, pero hace más hincapié en las características diferenciales de cada socio y la necesidad de permeabilidad de las fronteras de la empresa en lo que se refiere a la gestión de su conocimiento tecnológico, si se desea que dicha cooperación o interrelación con el entorno sea favorable. En suma, la IA hace referencia a un modelo cognitivo de interacción y de colaboración que permite hacer compatible la inversión en I+D en el interior de la empresa con la entrada y salida de conocimiento (Chesbrough, 2003; Dahlander y Gann, 2010).

De acuerdo con la literatura relacionada, hay dos tipos de estrategias de IA: la primera, se refiere al aprovechamiento del conocimiento procedente de terceros en el interior de la empresa (*outside-in*) mientras la segunda hace alusión a la transferencia de *know-how* desde la empresa hacia fuera (*inside-out*). Dichos modos de IA son denominados *inbound* y *outbound*, respectivamente. Igualmente, existe un tercer tipo de IA denominado *coupled* (acoplado) en el que la empresa, al mismo tiempo que utiliza flujos de conocimiento externo, transfiere conocimiento propio a terceros (Piller y West, 2014). Además, Dahlander y Gann (2010) distinguen diferentes tipos de estrategias de IA dependiendo de si la transferencia de conocimiento implica o no un coste/beneficio económico directo para la empresa. Por tanto, existen dos tipos de IA *inbound*: uso de fuentes externas de conocimiento (no pecuniaria) y compra de conocimiento (pecuniaria), y dos *outbound*: revelación (no pecuniaria) y venta de conocimiento (pecuniaria). Esto marca la diferencia con el concepto de *knowledge spillovers* tratado desde hace tiempo por los economistas.

Está claro que hay *spillovers* salientes y entrantes, pero la diferencia se encuentra en que, en la IA, la empresa utiliza de forma intencionada y consciente dicho conocimiento (Triguero y Fernández, 2018).

El primer tipo de estrategia de IA *inbound* está relacionado con el uso de fuentes externas (*sourcing*). Las empresas utilizan información procedente de proveedores, clientes, competidores, universidades, centros de investigación, asociaciones empresariales, antiguos empleados, etcétera. En este sentido, numerosos trabajos muestran la conveniencia de colaborar con el mayor número de socios posible para aumentar los resultados de innovación, el grado de novedad de dichas innovaciones, la productividad o el crecimiento empresarial (Tether, 2002; Belderbos *et al*., 2004; Nieto y Santamaría, 2007).

La segunda estrategia de IA *inbound* que pueden seguir las empresas es la adquisición de conocimiento externo a empresas especializadas. Para que dicha compra se vea reflejada en más innovaciones es necesario que se produzca la complementariedad entre el conocimiento interno y externo, lo cual dependerá de distintos factores como el tipo de I+D, el nivel de I+D interna o la proximidad tecnológica (Cassiman y Veugelers, 2006; Hagedoorn y Wang, 2012; Triguero y Fernández, 2018). Al adquirir tecnologías de fuentes externas, a través de la compra de I+D, las empresas pueden hacer frente a la creciente velocidad, coste y complejidad de los avances tecnológicos (Vanhaverbeke, Duysters y Noorderhaven, 2002). En la literatura relacionada ha sido también estudiado cuál es el mejor modo de acceder al conocimiento externo, contemplando las fusiones y adquisiciones de empresas por motivos tecnológicos, los contratos de licencia (licencias internas), la compra de tecnologías incorporada en la maquinaria y equipos, así como acuerdos cooperativos de I+D formales o informales.

En lo que respecta al primer tipo de estrategia *outbound (revealing-non-pecuniary*), se trata de que la empresa revele o transfiera conocimiento a terceros sin que por ello obtenga un beneficio o contraprestación económica inmediata de la otra parte. Pese a la aparente contradicción en la que podría parecer que incurren las empresas que apuestan por esta transferencia «gratuita» de conocimiento tecnológico, debido a los problemas de apropiabilidad y de recuperación de la inversión en I+D que ello implica, son cada vez más los autores que advierten de los peligros de un exceso de proteccionismo (*myopia of protectiveness*) de los desarrollos tecnológicos. Dicha falta de apertura explica que las empresas no se movilicen para que la colaboración con terceros permita que dichas invenciones se conviertan en aplicaciones y servicios comerciales (Dahlander y Gann, 2010). Dentro de la IA *outbound* también hay que contemplar la venta o comercialización de conocimiento (*selling*) por parte de la empresa a terceros (*outbound innovation-pecuniary*). En este caso, aunque se trate de una transacción de compraventa, se refiere a la forma en que las empresas ponen a disposición ajena sus invenciones y tecnologías mediante la venta o la concesión de licencias. Ello, sin duda, también es un modo de IA. En general, la información relativa a los métodos de fabricación, los datos de prueba de productos farmacéuticos, los diseños y dibujos de programas informáticos, así como otra información de tipo comercial (métodos de distribución, lista de proveedores y clientes y/o estrategias publicitarias) no se revela a terceros con el fin de tener una ventaja competitiva, pero la información registrada como propiedad intelectual es accesible para la competencia (2).

Por último, es necesario mencionar la IA acoplada en la que se da el intercambio de conocimientos en ambas direcciones (*inbound y outbound*). La mayoría de los estudios demuestran que la cooperación con distintos socios en los resultados de innovación es positiva en términos de innovación o *knowledge spillovers* (Becker y Dietz, 2004; Veugelers y Cassiman, 2005; Nieto y Santamaría, 2007). Sin embargo, el efecto de dicha cooperación tecnológica con cada tipo de socio difiere. La cooperación con los clientes permite el desarrollo de las innovaciones más radicales o innovaciones con mayor probabilidad de éxito. También la información procedente de proveedores es muy valiosa para la empresa, sobre todo en sectores de media o baja tecnología, en los que se accede a innovaciones de proceso a través de la tecnología incorporada en los nuevos equipos o reduciendo el grado de incertidumbre y los plazos de ejecución necesarios para el desarrollo o la mejora de un producto nuevo (Nieto y Santamaría, 2007; Tether, 2002; Amara y Landry, 2005; Ianmarino *et al*., 2012). Pero quizá lo más interesante es la colaboración con los competidores. Dicha colaboración es controvertida, pero lo cierto es que cuando las empresas se enfrentan a un problema común, la asociación con los que tienen mayor proximidad tecnológica es fundamental. La consecución de estándares básicos o cumplimiento de requisitos establecidos por la Administración también puede ser un buen motivo para colaborar con el competidor más cercano (Tether, 2002).

Esto es algo que ya habían señalado otros autores, al identificar el conocimiento que procede de los *spillovers* de la I+D realizada por los competidores y el conocimiento que se origina en otras industrias como las fuentes principales de conocimiento de la empresa, además de su propia I+D (Cohen y Levintahl, 1989). Por lo tanto, se puede afirmar que la cooperación interempresarial (socios que incluyen a los clientes, proveedores y competidores, etc.) tiene un impacto positivo en los resultados de innovación. De igual modo, numerosos estudios han confirmado los beneficios de la cooperación tecnológica con las universidades y de investigación. Dicha colaboración permite a las empresas compartir los costes de acceso a nuevas tecnologías, disminuir la incertidumbre que implica el gasto en I+D (Belderbos *et al.,* 2004; Ianmarino *et al.,* 2012). Al mismo tiempo, la cooperación con dichas instituciones es menos arriesgada que la colaboración con otros agentes de mercado en términos de apropiabilidad (Veugelers y Cassiman, 2005). De este modo, el Sector Público a través de las instituciones especializadas en investigación trata de corregir los fallos de mercado derivados de las características de bien público de la innovación. Además, las universidades transfieren conocimiento a través de los jóvenes recién licenciados (Díez, 2000). Por tanto, el papel del Sector Público para la configuración del ecosistema innovador es clave.

2. Colaboración universidades y empresas: transferencia de conocimiento e IA en el contexto de la Unión Europea

La colaboración entre las administraciones públicas y las empresas debe analizarse teniendo en cuenta el entramado que conforman los diferentes actores públicos y privados dentro de cada ecosistema innovador y las interacciones y relaciones que establecen. Etzkowitz y Leydesdorff (2000) tratan de explicar cómo influye en el proceso de innovación la relación entre la Universidad y la empresa a través del modelo de la Triple Hélice. Según estos autores, los poderes públicos deben promover que las universidades dejen de ser «las torres de marfil» que albergan el conocimiento más avanzado basado principalmente en la investigación básica (*science-based*) tratando de transferir ese conocimiento a las empresas. Dicha recomendación deja de manifiesto la preocupación respecto a las externalidades de conocimiento en la innovación empresarial de la investigación financiada por el sector público (Jaffe,1989; Cohen, Nelson y Walsh, 2002). Por esta razón, son fundamentales las estrategias o alianzas de empresas entre Universidad e industria, las cuales dependerán no solo de la capacidad de gestión del conocimiento y registro de patentes de las Oficinas de Transferencia y Resultados de Investigación (OTRI) de las universidades (Siegel *et al*., 2003), sino también del tipo de relación que se establece entre ambos actores. Las OTRI e incluso el desempeño de los alumnos en las prácticas que realizan en las empresas pueden ser vistos como una transferencia directa de conocimiento de la Universidad a la industria. Sin embargo, no hay que olvidar que ese aumento de las actividades de extensión y el emprendimiento en la Universidad española no es fácil de conseguir porque, con frecuencia, la innovación y el emprendimiento dependen de las características del tejido empresarial donde se ubica la universidad o el centro de investigación y el nivel de crecimiento económico de esa región (Audretsch y Keilbach, 2008). Por esta razón, es necesario que las políticas europeas, nacionales y regionales establezcan incentivos para que el conocimiento de las universidades localizadas en cada territorio sea aprovechado como un activo estratégico para aumentar la capacidad innovadora y la competitividad. Ello implica no solo fomentar el espíritu emprendedor del personal de investigación de las universidades, sino también que dicha investigación intente ir más allá de la etapa de I+D, y ayude a que las empresas, sobre todo pymes, sean más innovadoras (Orazbayeva *et al*., 2019).

En este sentido, hay que señalar que la colaboración entre las universidades, las empresas y las administraciones a nivel local y regional permitiría establecer un ecosistema innovador dada la mayor confianza que se deriva de la proximidad geográfica y la búsqueda de un interés común. La existencia de economías de aglomeración facilita la transferencia de conocimiento y los procesos de aprendizaje, dado que aumenta la frecuencia de las interacciones (Breschi y Lissoni, 2001; Abramovski y Simpson, 2011). Esto justifica que al modelo de crecimiento basado en el gasto en I+D privado y público (Universidad, industria y Gobierno) se añada un cuarto actor: la sociedad civil. Carayannis y Campbell (2012) vinculan este «Modo 3» con un modelo de innovación que llaman *Quadruple Helix* donde siguen siendo fundamentales las interrelaciones entre los distintos actores, pero en el que el papel de los ciudadanos es clave por sus valores y creencias (votos) y por ser los últimos beneficiarios/usuarios de los resultados del ecosistema innovador. Por ello no es de extrañar que la Comisión Europea en el di-

seño de su estrategia de especialización inteligente, recomiende a las regiones que cada RIS aproveche el conocimiento específico y el potencial endógeno que tiene cada territorio para obtener una ventaja competitiva (Comisión Europea, 2013). Debido a la complejidad del conocimiento, es necesario que la Universidad, la industria, el Gobierno y la sociedad civil (*end-users*-usuarios finales) sean capaces de alcanzar tres objetivos: competir y cooperar (*coopetition*), la coespecialización y la coevolución del conocimiento generado a través de la creación de redes de innovación y clusters de conocimiento en cada región (Carayannis y Grigoroudis, 2016). Por esta razón, la Unión Europea está dedicando esfuerzos para tratar de fortalecer el papel de las universidades en dicha cocreación de conocimiento (3). Sin embargo, la evidencia empírica no siempre muestra que la cooperación con las universidades mejore los resultados de innovación de las empresas. Algunos autores han estudiado los obstáculos que impiden que esa cooperación sea más efectiva. Entre ellos, hay que mencionar la falta de un modelo de investigación abierta y el elevado nivel de burocracia y formalidad en las universidades (Bruneel, d´Este y Salter, 2010; Hughes y Kitson, 2012). La cooperación entre la Universidad y la industria también dependerá de las características de la propia empresa y de su patrón de innovación. En este sentido, Teixeira, Veiga y Fernandes (2019) muestran cómo la cooperación con la Universidad es mayor cuando hay un empresariado más joven o las empresas están cerca de áreas urbanas o industriales. Si a ello se une que las barreras para que se produzca dicha cooperación en las regiones menos innovadoras son elevadas (Parmentola, Ferretti y Panneti, 2020), es necesario aunar esfuerzos para que el conocimiento que se genera en las universidades y centros de investigación se traduzca en patentes que estas puedan utilizar o permita la creación de *start-ups,* al amparo de parques científicos y tecnológicos promovidos por la Administración. Al respecto, Vásquez-Urriago, Barge-Gil y Rico (2016) han comprobado que las empresas españolas localizadas en parques científicos y tecnológicos consiguen mejores resultados de innovación debido al acceso a un conocimiento diversificado y de última generación.

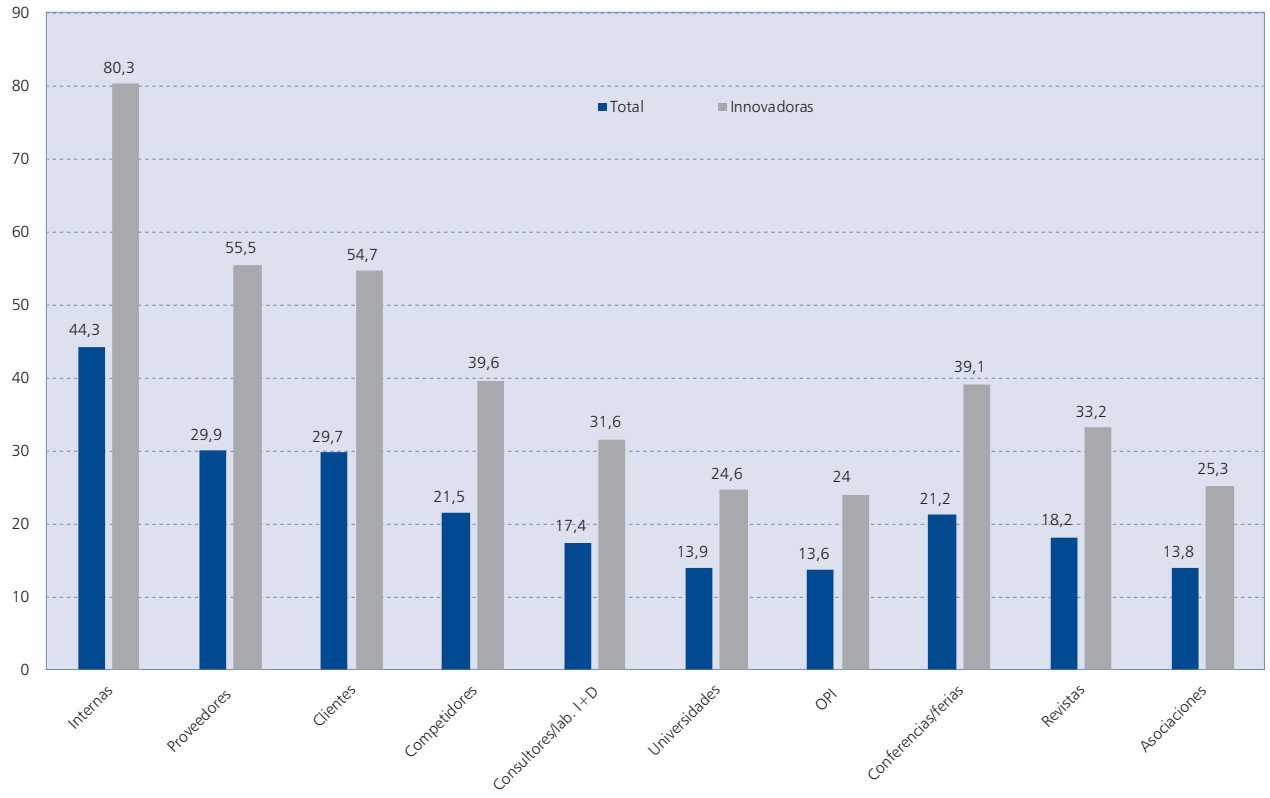
La cooperación entre la Universidad y la industria facilita el acceso a conocimiento avanzado y nuevas tecnologías y, para que se produzca esa transferencia de conocimiento es clave la IA (Santoro y Chakrabrati, 2002; Laursen y Salter, 2004). Sin embargo, la realidad es que las universidades europeas todavía están lejos de que esa cooperación consiga los beneficios de la estrategia de especialización inteligente propuesta por la Comisión. Lilles, Rõigas y Varblane (2020) llegan a la conclusión de que muchas regiones de los países del sur y centro no parecen tener el suficiente apoyo de los actores implicados para beneficiarse. En el caso de las regiones españolas lo más preocupante es la falta de apoyo del sector privado en la cooperación Universidad-industria, ya que exceptuando siete regiones (Cantabria, País Vasco, Navarra, Aragón, La Rioja, Cataluña y Madrid), en el resto faltaría iniciativa y colaboración empresarial para promover esas acciones. En lo que respecta al apoyo del sector público, todas las comunidades autónomas tendrían un nivel medio de apoyo (excepto el País Vasco y Madrid, donde el patrocinio de la Administración Pública sería fuerte). Por último, en lo que se refiere a la apuesta de las universidades por este binomio Universidad-Industria, solo habría cuatro regiones donde el esfuerzo por parte de estas es elevado (Andalucía, Madrid, Valencia y Cataluña). Por tanto, un crecimiento sostenible e inteligente exige que se produzca esa colaboración público-privada. Esto es aún más importante si tenemos en cuenta el elevado nivel de endeudamiento tanto de las administraciones públicas como del sector privado, donde los recursos financieros que existen para invertir en I+D son muy limitados, puesto que se trata de una inversión que entraña un elevado riesgo e incertidumbre. En este sentido, la recomendación es que se promueva la colaboración entre las empresas, las administraciones públicas, las entidades financieras, las universidades y organismos públicos de investigación. Las estrategias clave para promover dicha cooperación incluyen la mayor implantación de una cultura de investigación abierta dentro y fuera de la Universidad (Orazbayeva *et al*., 2019), lo cual está relacionado con la IA.

III. DATOS, METODOLOGÍA Y VARIABLES

1. Datos y análisis descriptivo: la adopción de estrategias de IA a nivel de empresa

Para el análisis empírico se utilizan datos del Panel Español de Innovación Tecnológica (PITEC) durante el período 2004-2016. La información es recogida anualmente por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en colaboración con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Fundación para la Innovación Tecnológica (COTEC). Dado que dicho cuestionario es el que se corresponde con la *Encuesta comunitaria de innovación*,

GRÁFICO 1
PORCENTAJE DE EMPRESAS QUE UTILIZAN FUENTES DE INFORMACIÓN EXTERNAS EN ESPAÑA. PERÍODO 2004-2016



Fuente: Elaboración propia a partir del PITEC.

los resultados pueden compararse con los obtenidos en otros trabajos similares realizados para otros países europeos y de la OCDE.

A diferencia de otros estudios que solo incluyen a la industria manufacturera o los servicios, la muestra utilizada incluye información relativa a empresas innovadoras que operan en 44 sectores económicos según la CNAE-2009, por lo que es posible analizar no solo la trayectoria tecnológica de cada empresa según el grado de apertura de su proceso innovador, sino también si existen diferencias en la estrategia de IA considerando las oportunidades tecnológicas en cada sector. Al mismo tiempo, y dada la heterogeneidad empresarial, se considera la influencia de cuatro variables determinantes en los recursos y capacidades innovadoras de la empresa: el tamaño, la edad, la vocación internacional y la pertenencia de la empresa a un grupo empresarial. Ello permitirá conocer el perfil de las empresas españolas que apuestan por la IA y colaboran con el sector público (en especial, con universidades y organismos públicos de investigación-OPI) y las consecuencias que ello tiene en su capacidad para innovar.

Siguiendo la propuesta de Amara y Landry (2005), se distingue entre *market sources* (fuentes de mercado), *research sources* (fuentes institucionales o de investigación) y, por último, las denominadas *generally available information sources* (fuentes de acceso abierto). Es decir, se considera que las empresas que declaran un grado de importancia elevado o intermedio del uso de información de proveedores, clientes, competidores y empresas de consultoría tecnológica; de instituciones especializadas en investigación; y, de ferias y exposiciones; revistas científicas y publicaciones profesionales y asociaciones empresariales o profesionales están adoptando estrategias de IA *inbound* no pecuniarias. Desde los inicios del paradigma de

IA, este tipo de estrategias ha sido el más estudiado posiblemente debido a la mayor disponibilidad de información sobre el uso de dichas fuentes y la generalización de la medición de apertura de Laursen y Salter (2004). Estos autores definen la apertura como «el número de fuentes diferentes de conocimiento externo al que recurre cada empresa en sus actividades innovadoras» (p. 1204). Dicho indicador permite medir la amplitud de la IA (*breadth of sources*).

Según la información disponible, aproximadamente un 81 por 100 utilizan alguna información procedente de socios externos. Respecto a las fuentes de mercado, el primer lugar corresponde a los proveedores, seguido de cerca de los clientes y los competidores, siendo también importante, aunque menor, el porcentaje de empresas que declaran recurrir a los servicios de consultores y laboratorios que comercializan I+D (casi el 40 por 100). Destaca también que haya un mayor número de empresas innovadoras que valoran la información que obtienen en conferencias, ferias comerciales, exposiciones o publicaciones en revistas científicas o técnicas, siendo algo más reducido el número de empresas innovadoras que utilizan la información procedente de asociaciones, universidades y Organismos Públicos de Investigación (OPI), en torno al 25 por 100 (gráfico 1).

Si se distinguen los tipos de innovación tecnológica (de proceso y de producto) y el grado de novedad de las innovaciones de producto (nueva para la empresa y nueva para el mercado) aún es más evidente que las empresas que utilizan información de terceros tienen mayor éxito innovador. Más de la mitad de las que innovan en producto usan información de proveedores y clientes. Sin embargo, la ratio de empresas que utilizan información de universidades, las OPI y asociaciones es menor (entre el 27 por 100 y el 32 por 100) (cuadro n.º 1).

Al igual que sucede con la I+D interna, el número de empresas que compran I+D en España es bajo. Dada esta situación, las estrategias de IA y, en particular, la contratación de I+D podría compensar la posible falta de conocimiento interno. Al respecto, los datos muestran que solo una tercera parte de ellas contratan I+D externa siendo insignificante el número de empresas que declaran adquirir conocimientos externos (cuadro n.º 2). Como era de esperar, dicha práctica es más habitual entre las empresas que son innovadoras de producto o adoptan innovaciones más radicales. Si se atiende a quienes son los proveedores de dicha I+D y su localización, lo que se observa es que son las empresas del sector privado localizadas dentro del territorio nacional las que proporcionan la mayor parte de esa I+D, siendo menos relevante el papel de las universidades y las OPI. Dichas diferencias siguen manteniéndose cuando se distingue por tipo de innovación según objeto y/o novedad (cuadro n.º 3).

Teniendo en cuenta la información disponible, el análisis de la importancia de las estrategias de IA tipo *outbound* resulta difícil. En el PITEC se pregunta sobre la concesión de licencias *out* o venta de patentes, derechos de diseño industrial, derechos de autor o marcas registradas a

CUADRO N.º 1

PORCENTAJE DE EMPRESAS ESPAÑOLAS INNOVADORAS SEGÚN PROCEDENCIA DE LA FUENTE EXTERNA Y TIPO DE INNOVACIÓN. PERÍODO 2004-2016

	INNOVACIÓN DE PROCESO	*INNOVACIÓN DE PRODUCTO*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA LA EMPRESA*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA EL MERCADO*
Proveedores	59,0 por 100	56,3 por 100	60,9 por 100	57,6 por 100
Clientes	54,6 por 100	60,6 por 100	64,4 por 100	65,2 por 100
Competidores	40,0 por 100	43,6 por 100	48,0 por 100	45,3 por 100
Consultores/lab. I+D	33,4 por 100	33,2 por 100	35,2 por 100	36,2 por 100
Universidades	25,4 por 100	27,0 por 100	27,7 por 100	32,0 por 100
OPI	24,7 por 100	26,4 por 100	27,1 por 100	31,3 por 100
Conferencias/ferias	40,2 por 100	43,1 por 100	45,8 por 100	48,0 por 100
Revistas	34,1 por 100	36,5 por 100	38,5 por 100	40,8 por 100
Asociaciones	26,5 por 100	27,0 por 100	29,0 por 100	29,6 por 100
N.º de observaciones	63.524	63.095	45.461	36.192

Fuente: Elaboración propia a partir del PITEC.

CUADRO N.º 2

PORCENTAJE DE EMPRESAS ESPAÑOLAS QUE REALIZAN GASTOS DE INNOVACIÓN (I+D EXTERNA Y OTRAS PARTIDAS). PERÍODO 2004-2016

	TOTAL	*INNOVADORAS*	*INNOVACIÓN DE PROCESO*	*INNOVACIÓN DE PRODUCTO*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA LA EMPRESA*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA EL MERCADO*
I+D externa	22,9 por 100	32,7 por 100	34,1 por 100	36,0 por 100	35,6 por 100	40,4 por 100
Compra de conocimientos externos	3,1 por 100	4,7 por 100	5,3 por 100	5,1 por 100	5,0 por 100	5,6 por 100
I+D interna	49,2 por 100	68,5 por 100	67,4 por 100	76,6 por 100	75,0 por 100	82,4 por 100
Compra de máquinas, equipo y *software*	16,8 por 100	26,0 por 100	31,8 por 100	24,7 por 100	25,8 por 100	25,5 por 100
Gastos relacionados con la producción y distribución de la innovación	7,2 por 100	10,8 por 100	12,0 por 100	12,4 por 100	12,9 por 100	14,2 por 100
Gastos en formación para la innovación	13,3 por 100	20,2 por 100	22,9 por 100	21,9 por 100	22,3 por 100	24,9 por 100
Gastos para la introducción de innovaciones	17,0 por 100	26,8 por 100	26,3 por 100	34,5 por 100	35,2 por 100	38,4 por 100
N.º de observaciones	135.795	84.353	63.521	36.191	45.461	36.192

Fuente: Elaboración propia a partir del PITEC.

CUADRO N.º 3

COMPRA DE SERVICIOS DE I+D SEGÚN TIPO Y LOCALIZACIÓN DE PROVEEDOR (MEDIA DEL PORCENTAJE DE CADA PARTIDA). PERÍODO 2004-2016

TIPOS DE PROVEEDORES DE I+D	*TOTAL*	*INNOVADORAS*	*INNOVACIÓN DE PROCESO*	*INNOVACIÓN DE PRODUCTO*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA LA EMPRESA*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA EL MERCADO*
España						
Empresas del grupo	1,76	2,61	2,76	2,82	2,94	3,08
Otras empresas	9,76	14,09	14,73	15,32	15,14	16,87
Asociaciones de investigación	3,85	5,28	5,41	5,99	6,20	6,64
Org. de la Ad. Pública	0,77	1,05	1,08	1,19	1,11	1,40
Universidades	3,65	5,14	5,35	5,63	5,32	6,66
Entidades privadas sin fines de lucro	0,58	0,81	0,83	0,92	0,80	1,07
Resto del mundo						
Empresas del grupo	0,87	1,26	1,34	1,40	1,35	1,54
Otras empresas localizadas en el extranjero	1,10	1,57	1,64	1,83	1,76	2,14
Ad. Públicas extranjeras	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09
Universidades extranjeras	0,11	0,16	0,16	0,18	0,17	0,19
Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL)	0,05	0,07	0,09	0,08	0,08	0,11
Otras organizaciones internacionales	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10

Fuente: Elaboración propia a partir del PITEC.

otra empresa, universidad o centro de investigación, pero desafortunadamente dicha información no está a disposición de los investigadores. Pese a ello, el registro de patentes y modelos de utilidad en las distintas oficinas puede ser identificado como un flujo de transferencia de conocimiento desde dentro hacia fuera porque el resto de las empresas puede adquirir dichas tecnologías previa adquisición de esa licencia. Es decir, la concesión de una licencia o derecho de uso de un producto o tecnología para fines de I+D, industriales y comerciales garantiza el uso a terceros y su utilización por otras empresas gracias al registro de propiedad intelectual por parte del inventor (Chesbrough, 2012). Por esta razón, se considera el registro de patentes como una *proxy* de la IA tipo *outbound*. Al respecto, también se comprueba que el porcentaje de las empresas que ponen a disposición de terceros su conocimiento a través de dichas patentes es mayor para las innovadoras de producto (cuadro n.º 4).

CUADRO N.º 4

PORCENTAJE DE EMPRESAS ESPAÑOLAS QUE PATENTAN Y NÚMERO MEDIO DE PATENTES. PERÍODO 2004-2016

	TOTAL	*INNOVADORAS*	*INNOVACIÓN DE PROCESO*	*INNOVACIÓN DE PRODUCTO*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA LA EMPRESA*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA EL MERCADO*
% de empresas que patentan [(1)]	10,13	14,93	14,81	18,02	16,81	22,87
N.º medio de patentes [(2)]	0,49	0,73	0,79	0,91	0,92	1,24
N.º medio de patentes en la OEP [(2)]	0,29	0,44	0,49	0,55	0,57	0,77
N.º de observaciones [(1)]	135.797	84.354	63.523	63.093	45.461	36.192
N.º de observaciones [(2)]	125.717	78.045	58.700	58.249	41.754	33.304

[(1)] Porcentajes y observaciones.
[(2)] Medidas y observaciones.
Fuente: Elaboración propia a partir del PITEC.

CUADRO N.º 5

PORCENTAJE DE EMPRESAS ESPAÑOLAS QUE COOPERAN SEGÚN SOCIOS. PERÍODO 2004-2016

	TOTAL	*INNOVADORAS*	*INNOVACIÓN DE PROCESO*	*INNOVACIÓN DE PRODUCTO*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA LA EMPRESA*	*INNOVACIÓN NUEVA PARA EL MERCADO*
Proveedores de equipos, material, componentes o *software*	6,6	12,8	14,8	14,3	15,4	16,8
Clientes	5,0	9,6	10,4	11,4	12,0	14,7
Competidores u otras empresas del sector	3,4	6,4	7,0	7,4	7,7	9,4
Consultores, laboratorios comerciales o institutos privados de I+D	4,5	8,7	9,8	10,0	10,6	12,3
Universidades u otros centros de enseñanza superior	6,5	12,3	13,3	14,2	14,6	17,8
Organismos públicos de investigación	3,8	7,2	7,7	8,4	8,6	10,8
Centros tecnológicos	6,0	11,3	12,3	13,0	13,5	15,9
N.º de observaciones	171.511	84.356	63.524	63.095	45.461	36.192

Fuente: Elaboración propia a partir del PITEC.

CUADRO N.º 6

COOPERACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS SEGÚN LOCALIZACIÓN Y TIPO DE SOCIO. AÑO 2016

	SU PAÍS	*OTRO PAÍS DE EUROPA*	*ESTADOS UNIDOS*	*CHINA E INDIA*	*LOS DEMÁS PAÍSES*
Otras empresas de su mismo grupo	577	320	85	52	72
Proveedores de equipos, material, componentes o *software*	905	401	78	51	52
Clientes del sector privado	639	298	73	44	91
Clientes del sector público	294	93	15	11	17
Competidores u otras empresas de su misma rama de actividad	373	209	35	8	26
Consultores o laboratorios comerciales	558	173	31	5	12
Universidades u otros centros de enseñanza superior	839	241	30	7	27
Centros o institutos públicos de investigación	729	199	18	5	26
Centros o institutos privados de investigación	741	176	15	3	21

Fuente: Elaboración propia a partir del PITEC.

Por último, se consideran las estrategias de IA acoplada. La cooperación para la innovación consiste en la colaboración con otras empresas o entidades no comerciales en actividades de innovación. Dado que en la encuesta se hace referencia a la cooperación activa entre los *partners* y que se excluye la mera subcontratación de trabajos sin cooperación activa se entiende que es adecuado considerar que las empresas que cooperan en materia tecnológica están implementando

estrategias de IA acopladas. A diferencia de lo que ocurría con las fuentes de información externas, no hay grandes diferencias entre el porcentaje de empresas que colaboran con los proveedores, las universidades y los centros tecnológicos. De hecho, en el grupo de innovadoras más radicales, el porcentaje más alto corresponde a las universidades (17,8 por 100). Llama la atención que el porcentaje de empresas que cooperan con las OPI junto al que corresponde a la cooperación con los competidores sean los más bajos (cuadro n.º 5).

Otro asunto es la diversificación geográfica de los socios tecnológicos. Al respecto, está claro que la cooperación con agentes localizados en el extranjero es más reducida que la que se establece con actores nacionales. En 2016, más del 47 por 100 cooperan con empresas de su mismo grupo, pero también más del 40 por 100 coopera con clientes del sector privado y con competidores ubicados en el exterior. No ocurre lo mismo en el caso de las universidades o centros de investigación, ya que solo un 25 por 100 de las empresas manifiestan colaborar con instituciones de este tipo localizadas en el extranjero (cuadro n.º 6).

2. Metodología y variables

Con el objeto de conocer la influencia de las distintas estrategias de IA en la probabilidad de innovar se estima un modelo probit controlando por la heterogeneidad a nivel de la empresa i. El mismo se define del siguiente modo:

$$y_i = \begin{cases} 1, y_i^* > 0 \\ 0, y_i^* \leq 0 \end{cases} \qquad [1]$$
$$y_i^* = x_i^{'}\beta + \varepsilon_i$$

donde la probabilidad de innovar ($y^*>0$) se estima considerando efectos aleatorios para controlar por la omisión de variables mediante el método no lineal de estimación de máxima verosimilitud. Este modelo permite estudiar el impacto del uso de estrategias de IA *inbound* no pecuniaria y pecuniaria (el uso de diversas fuentes de conocimiento

CUADRO N.º 7

VARIABLES

VARIABLE	*DEFINICIONES*
	Variables dependientes
Inno *Innoproc* *Innoprod*	Variables dicotómicas igual a 1 (0 en caso contrario) si la empresa ha realizado una innovación tecnológica/ innovación de proceso/innovación de producto.
	Variables dependientes y de control
Tam200	Variable igual a 1 si la empresa tiene más de 200 empleados (0 en caso contrario).
Edad	Número de años de la empresa.
Exporta	Variable igual a 1 si la empresa tiene más de 200 empleados (0 en caso contrario).
Grupo	Variable igual a 1 si la empresa pertenece a un grupo empresarial (0 en caso contrario).
Fuentes Mercado	Variable igual a 1 si la empresa ha utilizado en sus procesos de innovación información procedente de los proveedores, clientes o competidores.
Fuentes Universidad	Variable igual a 1 si la empresa ha utilizado en sus procesos de innovación información procedente de las universidades y las OPI.
Breadth	N.º de fuentes de información externa utilizadas por la empresa en sus procesos de innovación (de 0 a 9).
Idex	Variable igual a 1 si la empresa tiene I+D externa (0 en caso contrario).
Pat	Variable igual a 1 si la empresa ha registrado patentes (0 en caso contrario).
Coopera	Variable igual a 1 si la empresa ha establecido acuerdos de cooperación tecnológica con cualquier socio (0 en caso contrario).
CoopMercado	Variable igual a 1 si la empresa ha establecido acuerdos de cooperación tecnológica con proveedores, clientes, competidores o consultorías/laboratorios I+D (0 en caso contrario).
CoopUniversidad	Variable igual a 1 si la empresa ha establecido acuerdos de cooperación tecnológica con universidades, las OPI o centros de investigación (0 en caso contrario).
	Variables de control
Año	Variable categórica para cada año de la muestra.
Sectores	Variable categórica para cada una de las agrupaciones sectoriales.

externas y la compra de I+D), el registro de patentes (*proxy* de la IA *outbound*) y la IA *coupled* (cooperación con diversos socios) en la adopción de innovaciones distinguiendo entre innovaciones según objeto (de proceso y de producto). De igual modo, se introduce el tamaño, la edad, la vocación exportadora y la pertenencia al grupo como variables explicativas, así como *dummies* de sector y año como variables de control. Las mismas están definidas en el cuadro n.º 7.

IV. RESULTADOS

Los resultados de las estimaciones probit evidencian la influencia positiva del uso de las estrategias de IA en la probabilidad de innovar. Sin embargo, existen diferencias dependiendo del tipo de IA. En el primer modelo se presta atención a la estrategia de IA tipo *inbound*, y, en especial, al uso de la información procedente de las fuentes de mercado (proveedores, clientes y competidores) y las fuentes institucionales (universidades y las OPI) (cuadro n.º 8). Al respecto, se comprueba cómo el uso de la información de dichas fuentes influye positivamente en la probabilidad de adoptar una innovación tecnológica de cualquier tipo dada la significatividad de la variable *Breadth* y su cuadrado (cuyo signo negativo significa que conforme aumenta el número de socios externos el efecto puede ser el contrario). No sucede lo mismo con la estrategia de IA *inbound* pecuniaria, dado que la realización de compras directas de I+D estaría correlacionada negativamente con la innovación de proceso (al 95 por 100 de significatividad) y positivamente con la innovación de producto (al 99 por 100 de significatividad). Dicho resultado no es extraño si se tiene en cuenta el reducido número de empresas que realizan I+D externa y que las innovaciones de proceso están más relacionadas con conocimiento incorporado en la maquinaria y equipos o la información procedente de proveedores. En lo que se refiere a las patentes como *proxy* de la IA *outbound*, dicha variable es significativa para explicar la probabilidad de innovar y de ser innovadora de producto, lo cual también es lógico. Por último, la cooperación o IA *coupled* estaría correlacionada positivamente con la probabilidad de innovar en todas las especificaciones. Diferenciando entre fuentes de mercado y fuentes institucionales, se observa que la información de fuentes del mercado no necesita combinarse con la de las universidades para aumentar la probabilidad de innovar dada la significatividad de la interacción *1. Mercado#0.Universidad*, resultado que también se consigue cuando se usan ambas fuentes. Sin embargo, lo más llamativo es que el uso único de información procedente de las universidades *0. Mercado#1.Universidad* está correlacionado negativamente con la probabilidad de innovar o ser innovador de proceso (coeficientes negativos del -0,199*** y -0,132***, respectivamente). En cuanto a las otras variables explicativas, se observa que tanto el tamaño de la empresa como la edad influyen positivamente en la innovación y en la innovación de proceso, mientras que una mayor vocación internacional solo está correlacionada con la innovación y la innovación de producto. Por último, la pertenencia a un grupo empresarial está correlacionada positivamente con el éxito innovador. En lo que respecta a las diferencias sectoriales, se comprueba cómo las manufacturas de alto contenido tecnológico son las que mayor probabilidad tienen de innovar y de realizar innovaciones de producto. No obstante, es interesante que se obtenga un signo positivo y significativo respecto las manufacturas de alta tecnología en los coeficientes que corresponden a las ramas de Energía, Agua, Saneamiento y Residuos, manufacturas de media y baja tecnología y servicios de baja tecnología, resultado que posiblemente es consecuencia del patrón de especialización productiva español.

En el siguiente modelo (cuadro n.º 9), se hace hincapié en la cooperación con el sector privado y/o público. Respecto a las variables de control, los resultados obtenidos corroboran el modelo anterior, lo que denota la robustez de las estimaciones. Sin embargo, se observa una diferencia interesante cuando se analiza el efecto de la interacción entre la cooperación pública y privada. La cooperación o establecimiento de estrategias de IA acoplada con el sector privado aumenta la probabilidad de innovar en todas las especificaciones, pero, en este modelo, la cooperación con las Universidades y OPI, sin que exista también cooperación con el sector privado, también consigue aumentar la probabilidad de innovar en producto (coeficiente de 0,089*** para la interacción *0.CoopMercado#1.CoopUniversidad*). Al mismo tiempo, la adopción de una estrategia de IA acoplada en la que intervienen tanto agentes de mercado (sector privado) como Universidades es la que tiene mayor influencia en la innovación de productos (coeficiente de 0,417***).

V. CONCLUSIONES

Este trabajo aporta evidencia empírica respecto a la influencia positiva del uso de estrategias de IA

CUADRO N.º 8

INFLUENCIA DEL USO DE ESTRATEGIAS DE IA EN LA PROBABILIDAD DE INNOVAR. FUENTES DE MERCADO VERSUS FUENTES INSTITUCIONALES. RESULTADOS DEL MODELO PROBIT

	INNO	*INNOPROC*	*INNOPROD*	*INNO*	*INNOPROC*	*INNOPROD*
Breadth	0,131***	0,076***	0,182***			
	(0,009)	(0,007)	(0,007)			
Breadth^2	-0,012***	-0,006***	-0,014***			
	(0,001)	(0,001)	(0,001)			
0. Fuentes Mercado# 1. Fuentes Universidad				-0,199***	-0,132***	-0,022
				(0,039)	(0,035)	(0,035)
1. Fuentes Mercado# 0, Fuentes Universidad				0,449***	0,327***	0,432***
				(0,019)	(0,016)	(0,016)
1. Fuentes Mercado# 1. Fuentes Universidad				0,233***	0,204***	0,431***
				(0,023)	(0,019)	(0,019)
Idex	-0,157***	-0,032**	0,051***	-0,115***	-0,002	0,098***
	(0,018)	(0,015)	(0,015)	(0,018)	(0,015)	(0,015)
Pat	0,124***	0,031	0,338***	0,150***	0,048**	0,370***
	(0,025)	(0,019)	(0,021)	(0,026)	(0,019)	(0,021)
Coopera	0,249***	0,239***	0,312***	0,306***	0,274***	0,365***
	(0,018)	(0,014)	(0,014)	(0,018)	(0,014)	(0,014)
Tam200	0,228***	0,415***	0,002	0,222***	0,412***	-0,007
	(0,021)	(0,017)	(0,016)	(0,021)	(0,017)	(0,016)
Edad	0,002***	0,003***	0,000	0,002***	0,003***	0,000
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Exporta	0,077***	-0,006	0,206***	0,081***	-0,005	0,219***
	(0,018)	(0,015)	(0,015)	(0,018)	(0,015)	(0,015)
Grupo	0,100***	0,109***	0,039***	0,094***	0,105***	0,031**
	(0,017)	(0,013)	(0,014)	(0,017)	(0,013)	(0,014)
Agricultura y extractivas	-0,342***	0,056	-0,765***	-0,249***	0,127***	-0,715***
	(0,053)	(0,047)	(0,047)	(0,054)	(0,047)	(0,047)
Energía, agua, saneamiento y residuos	-0,415***	0,139***	-0,891***	-0,349***	0,188***	-0,856***
	(0,056)	(0,051)	(0,049)	(0,057)	(0,051)	(0,049)
Manufacturas de intensidad tecnológica media	0,019	0,247***	-0,298***	0,015	0,247***	-0,308***
	(0,026)	(0,020)	(0,020)	(0,026)	(0,020)	(0,020)
Manufacturas de intensidad tecnológica baja	0,031	0,259***	-0,237***	0,043*	0,270***	-0,232***
	(0,025)	(0,020)	(0,020)	(0,025)	(0,020)	(0,020)
Construcción	-0,338***	-0,006	-0,723***	-0,297***	0,027	-0,697***
	(0,046)	(0,040)	(0,039)	(0,047)	(0,040)	(0,039)
Servicios de intensidad tecnológica alta	-0,258***	-0,169***	-0,119***	-0,230***	-0,146***	-0,099***
	(0,026)	(0,021)	(0,022)	(0,026)	(0,021)	(0,022)
Servicios de intensidad tecnológica baja	-0,110***	0,091***	-0,453***	-0,092***	0,107***	-0,448***
	(0,023)	(0,018)	(0,019)	(0,023)	(0,018)	(0,019)
N.º de observaciones	47.870	47.870	47.870	47.870	47.870	47.870
R^2 ajustada	0,0644	0,0622	0,0955	0,0766	0,0679	0,0933
P-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Chi^2	2.407	3.846	5.956	2.865	4.195	5.815
Ratio de máxima verosimilitud	-17.489	-28.990	-28.190	-17.261	-28.815	-28.260

Notas: Signatividad. *** $p<0,01$; ** $p<0,05$; * $p<0,1$. El sector de referencia son las manufacturas de intensidad tecnológica baja. También se han introducido las *dummies* de año para controlar por la dimensión temporal.

CUADRO N.º 9

INFLUENCIA DEL USO DE ESTRATEGIAS DE IA EN LA PROBABILIDAD DE INNOVAR. COOPERACIÓN CON EL SECTOR PRIVADO VS COOPERACIÓN CON EL SECTOR PÚBLICO. RESULTADOS DEL MODELO PROBIT

	INNO	*INNOPROC*	*INNOPROD*	*INNO*	*INNOPROC*	*INNOPROD*
Breadth	0,038***	0,030***	0,072***	0,045***	0,037***	0,079***
	(0,003)	(0,003)	(0,003)	(0,003)	(0,002)	(0,003)
Idex	-0,150***	-0,029**	0,058***	-0,111***	0,009	0,094***
	(0,018)	(0,015)	(0,015)	(0,018)	(0,015)	(0,015)
Pat	0,120***	0,030	0,336***	0,135***	0,043**	0,346***
	(0,025)	(0,019)	(0,021)	(0,025)	(0,019)	(0,021)
Coopera	0,259***	0,244***	0,323***			
	(0,017)	(0,014)	(0,014)			
0. Coop Mercado# 1. Coop Universidad				-0,014	-0,045	0,089***
				(0,040)	(0,031)	(0,032)
1. Coop Mercado# 0. Coop Universidad				0,303***	0,295***	0,315***
				(0,041)	(0,030)	(0,029)
1. Coop Mercado# 1. Coop Universidad				0,271***	0,229***	0,417***
				(0,033)	(0,024)	(0,026)
Tam200	0,227***	0,414***	0,004	0,229***	0,415***	0,005
	(0,021)	(0,017)	(0,016)	(0,021)	(0,016)	(0,016)
Edad	0,002***	0,003***	0,000	0,002***	0,003***	0,000
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Exporta	0,082***	-0,003	0,212***	0,084***	-0,002	0,212***
	(0,018)	(0,015)	(0,015)	(0,018)	(0,015)	(0,015)
Grupo	0,095***	0,107***	0,034**	0,111***	0,123***	0,055***
	(0,017)	(0,013)	(0,014)	(0,017)	(0,013)	(0,014)
N.º de observaciones	47.870	47.870	47.870	47.870	47.870	47.870
R^2 ajustada	0,0611	0,0615	0,0915	0,0582	0,0594	0,0884
P-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Chi^2	2.283	3.801	5.705	2.174	3.671	5.512
Ratio de máxima verosimilitud	-17.552	-29.012	-28.315	-17.606	-29.077	-28.412

Notas: Signatividad. *** $p<0,01$; ** $p<0,05$; * $p<0,1$. En esta estimación no se muestran los coeficientes correspondientes a las *dummies* sectoriales por razones de espacio. Igual que en el modelo anterior se ha incluido el sector al que pertenece la empresa y los años.

en la innovación empresarial de las empresas españolas, utilizando datos del período 2004-2016 para el conjunto de ramas de actividad. Las principales conclusiones obtenidas son las siguientes:

– El uso de la información de un mayor número de fuentes aumenta la innovación, aunque hay una relación no lineal conforme aumenta dicha diversidad. Es decir, colaborar con un mayor número de socios aumenta la probabilidad de innovar, gracias a la variedad de conocimientos a los que se accede, pero su valor dependerá de dónde procede y la capacidad de absorción de este por parte de la empresa. Al respecto, se comprueba la importancia de la información de los proveedores, clientes y competidores en el proceso de innovación, mientras la de las universidades debe combinarse con la que procede de fuentes de mercado.

– En lo que respecta a la compra de I+D, la misma influye positivamente en la innovación de productos, pero no en la innovación de procesos. Dicho resultado permite concluir que el uso de esta estrategia de IA pecuniaria tiene efectos positivos dependiendo del tipo de innovación. Además, es posible, que los bajos niveles de I+D interna en las empresas españolas expliquen que cuando estas intentan sustituir este déficit con la compra de I+D haya empresas que fracasen por no disponer de una base mínima de conocimiento interno.

– En cuanto a la IA tipo *outbound*, y pese a las limitaciones que supone utilizar como una *proxy* el registro de patentes, también se comprueba una correlación positiva entre las empresas que patentan y la probabilidad de innovar.

– Por último, la IA acoplada, es decir, la cooperación activa entre distintos socios muestra una influencia positiva en la innovación de las empresas españolas. Se comprueba que la colaboración público-privada también es altamente beneficiosa en términos de innovación, y, además, en este caso, la cooperación con las universidades consigue aumentar la probabilidad de innovar en producto sin la necesidad de cooperar con el sector privado. Esto puede significar que el desarrollo de las Oficinas de Transferencias y Resultados de Investigación (OTRI) de las universidades españolas ya ha empezado a dar resultados, pero dicha afirmación requeriría ser analizada con más detalle y datos adecuados.

A la luz de los resultados anteriores, lo que queda claro es que es necesario estrechar la colaboración entre la Universidad y la industria en España. La pandemia causada por la COVID-19 ha tenido un impacto a nivel económico y social que ha afectado a todos los países del mundo de forma global hasta límites que todavía son difíciles de medir. Sin embargo, la crisis sanitaria también ha propiciado que las instituciones dedicadas a la ciencia y la innovación menos aplicada (universidades y centros de investigación) se unan al sector empresarial para generar respuestas y soluciones a dicha situación con la máxima velocidad posible. Científicos de todo el mundo han colaborado para desarrollar las vacunas para frenar el efecto devastador de la COVID-19. De igual modo, también la industria se ha visto obligada a modificar sus procesos de producción para poder contribuir a la fabricación a gran escala de productos sanitarios esenciales en esta crisis. Sin duda, este es el mejor ejemplo de IA.

Sin embargo, esta respuesta ha venido sobre todo de las grandes empresas, universidades, centros de investigación y los Gobiernos. Una mayor cooperación entre las empresas de todos los tamaños y las universidades permitiría aprovechar el conocimiento y la capacidad científica que hay en cada territorio. En este contexto, la apuesta por un modelo de IA puede facilitar dicha transferencia. Siguiendo a Rehn *et al.* (2014), se trataría de pasar de un modelo de *Innovación abierta 1.0* en el que la recomendación es aumentar el gasto interno en I+D y se compra y se vende tecnología de forma bilateral a un modelo de *Innovación abierta 2.0* en el que la multicolaboración y los ecosistemas de innovación en red consigan que los beneficios de innovar tengan consecuencias positivas en el conjunto de la sociedad. Esto exige una elevada interacción y cooperación entre todas las partes y socios implicados: proveedores (innovaciones de proceso), clientes (innovaciones de producto), competidores (colaboración dentro de consorcios y asociaciones empresariales) y las universidades y centros de investigación («depositarios» del conocimiento más avanzado). De igual modo, para que dicho ecosistema innovador sea eficiente es necesario que el sector financiero apoye la innovación dotando del capital necesario a las empresas que decidan innovar y que los fondos del nuevo programa de investigación e innovación de la UE para el período 2021-2027 (Horizonte Europa) sirvan para alcanzar los objetivos marcados para la reducción de la brecha de investigación e innovación en Europa y el fortalecimiento del Espacio Europeo de Investigación (EEI). Ello es factible si se apoya a los países y territorios menos innovadores, se crean centros de excelencia en los mismos y se conceden ayudas a los Gobiernos regionales o locales para que las universidades y el sector privado establezcan vínculos de colaboración que fortalezcan el ecosistema innovador.

NOTAS

(1) Este trabajo está relacionado con las líneas de investigación de la autora relacionadas con la importancia de la adopción de estrategias de IA para la adopción de eco-innovaciones para el tránsito hacia una economía circular dentro del proyecto financiado por la Agencia Estatal de Investigación dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (RTI2018-101867-B-I00) y del Grupo de Investigación ISPEC, el cual se beneficia del Plan Propio de la Universidad de Castilla-La Mancha cofinanciado con fondos FEDER (Resolución del 10/12/2018 (DOCM 24/01/19).

(2) Sin embargo, no debe obviarse que, a diferencia de las patentes, existen secretos comerciales que no se dan a conocer públicamente. Otra empresa puede obtener una patente o un modelo de utilidad respecto de una invención incluido dentro de un secreto comercial, si consigue dicho desarrollo tecnológico por su propio esfuerzo en I+D, ingeniería inversa, análisis de los mercados, etc. de manera independiente, pero dicho mecanismo de protección intelectual es menos abierto que las patentes. Al respecto, señalar que el 13 de marzo de 2019 se aprobó la Ley de Secretos Empresariales en España, la cual intenta dar seguridad jurídica respecto al uso de la información clasificada como secreto empresarial, pero que iría en contra de la filosofía de la IA.

(3) Un grupo de expertos está asesorando a la Comisión Europea sobre la innovación abierta y la transferencia del conocimiento y ha publicado recientemente el informe titulado *Boosting Open Innovation and Knowledge Transfer in the European Union*. Su principal conclusión es que, para obtener valor real del conocimiento, debe fortalecerse el papel de las universidades como cocreadores y socios interactivos en la innovación.

BIBLIOGRAFÍA

Abramovski, L. y Simpson, H. (2011). Geographic proximity and firm-university innovation linkages: evidence from Great Britain. *Journal of Economic Geography*, 11, pp. 949-977.

Amara, N. y Landry, R. (2005). Sources of information as determinants of novelty of innovation in manufacturing firms: evidence from the 1999 statistics Canada innovation survey. *Technovation,* 25, pp. 245-259.

Audretsch, D. B. y Keilbach, M. (2008). Resolving the knowledge paradox: knowledge-spillover entrepreneurship and economic growth. *Research Policy*, 37(10), pp. 1697-1705.

Becker, W. y Dietz, J. (2004). R&D co-operation and innovation activities of firms-evidence for the German manufacturing industry. *Research Policy,* 33(2), pp. 209-223.

Belderbos, R., Carree, M., Diederen, B., Lokshin, B. y Veugelers, R. (2004). Heterogeneity in R&D co-operation strategies. *International Journal of Industrial Organization,* 22(8-9), pp. 1237-1263.

Breschi, S. y Lissoni, F. (2001). Localised knowledge spillovers vs. innovative milieux: Knowledge «tacitness» reconsidered. *Papers in Regional Science*, 80(3), pp. 255-273.

Bruneel, J., D'este, P. y Salter, A. (2010). Investigating the factors that diminish the barriers to university-industry collaboration. *Research Policy*, 39(7), pp. 858-868.

Carayannis, E. G. y Campbell, D. F. (2012). Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems. En *Mode 3 knowledge production in quadruple Helix innovation systems*, pp. 1-63. New York, NY: Springer.

Carayannis, E. y Grigoroudis, E. (2016). Quadruple Innovation Helix and Smart Specialization: Knowledge Production and National Competitiveness. *Foresight and STI Governance,* 10(1), pp. 31-42.

Cassiman, B. y Veugelers, R. (2006). In search of complementarity in innovation strategy: Internal R&D and external knowledge acquisition. *Management Science*, 52(1), pp. 68-82.

Chesbrough, H. W. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Chesbrough, H. W. (2006). Open innovation: a new paradigm for understanding industrial innovation. En *Open innovation: Researching a New Paradigm*, vol. 400, p. 0-19.

Cohen, W. M. y Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R y D. *The Economic Journal*, 99(397), pp. 569-596.

Cohen, W. M. y Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, pp. 128-152.

Cohen, W. M., Nelson, R. R. y Walsh, J. P. (2002). Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management Science*, 48(1), pp. 1-23.

Colombo, M. G., Laursen, K., Magnusson, M. y Rossi-Lamastra, C. (2011). Organizing inter-and intra-firm networks: what is the impact on innovation performance? *Industry and Innovation*, 18(6), pp. 531-538.

Dahlander, L. y Gann, D. M. (2010). How open is innovation? *Research Policy*, 39(6), pp. 699-709.

Díez, J. D. (2000). Innovative networks in manufacturing: some empirical evidence from the metropolitan area of Barcelona. *Technovation,* 20(3), pp. 139-150.

Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), pp. 109-123.

European Commission (2013). *The Role of Clusters in Smart Specialisation Strategies.* Brussels: European Commission.

Freeman, C. (1987). *National Systems of Innovation: The Case of Japan Technology Policy and Economics Performance-Lessons from Japa*n. London: Pinter Publishers.

Hagedoorn, J. y Wang, N. (2012). Is there complementarity or substitutability between internal and external R&D strategies? *Research Policy*, 41(6), pp. 1072-1083.

Hughes, A. y Kitson, M. (2012). Pathways to impact and the strategic role of universities: new evidence on the breadth and depth of university knowledge exchange in the UK and the factors constraining its development. *Cambridge Journal of Economics*, 36(3), pp. 723-750.

Iammarino, S., Piva, M., Vivarelli, M. y Von Tunzelmann, N. (2012). Technological capabilities and patterns of innovative cooperation of firms in the UK regions. *Regional Studies*, 46(10), pp. 1283-1301.

Jaffe, A. B. (1989). Real effects of academic research. *The American Economic Review*, pp. 957-970.

Laursen, K. y Salter, A. J. (2004). Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation? *Research Policy*, 33(8), pp. 1201-1215.

Laursen, K. y Salter, A. J. (2006). Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 27, pp. 131-150.

Lichtenthaler, U. (2010). Technology exploitation in the context of open innovation: Finding the right 'job' for your technology. *Technovation*, 30(7-8), pp. 429-435.

Lilles, A., Rõigas, K. y Varblane, U. (2020). Comparative view of the EU regions by their potential of university-industry cooperation. *Journal of the Knowledge Economy*, 11(1), pp. 174-192.

Lundvall, B. Å. (1985). Product Innovation and User–Producer Interaction. *Industrial Development Research Series,* 31. Aalborg: Aalborg University Press.

Nieto, M. J. y Santamaría, L. (2007). The importance of

diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. *Technovation,* 27(6-7), pp. 367-377.

Orazbayeva, B., Plewa, C., Davey, T. y Muros, V. G. (2019). The future of University-Business Cooperation: research and practice priorities. *Journal of Engineering and Technology Management*, 54, pp. 67-80.

Parmentola, A., Ferretti, M. y Panetti, E. (2020). Exploring the university-industry cooperation in a low innovative region. What differences between low tech and high tech industries? *International Entrepreneurship and Management Journal*, pp. 1-28.

Piller, F. T. y West, J. (2014). Firms, Users, and Innovation: An Interactive Model of Coupled Open Innovation. En H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke y J. West (eds.), *New Frontiers in Open Innovation*, pp. 29-49. Oxford: Oxford University Press.

Rehn, A. M., Debackere, K., Andersen, B., Dvorak, I., Enkel, E., Krüger, P. y Wellen, D. (2014). *Boosting Open Innovation and Knowledge Transfer in the European Union*. Independent Expert Group Report on Open Innovation and Knowledge Transfer.

Santoro, M. D. y Chakrabarti, A. K. (2002). Firm size and technology centrality in industry-university interactions. *Research Policy*, 31(7), pp. 1163-1180.

Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E. y Link, A. N. (2003). Commercial knowledge transfers from universities to firms: improving the effectiveness of university-industry collaboration. *The Journal of High Technology Management Research*, 14(1), pp. 111-133.

Teixeira, S. J., Veiga, P. M., y Fernandes, C. A. (2019). The knowledge transfer and cooperation between universities and enterprises. *Knowledge Management Research & Practice*, 17(4), pp. 449-460.

Tether, B. S. (2002). Who co-operates for innovation, and why: an empirical analysis. *Research Policy*, 31(6), pp. 947-967.

Triguero, A. y Fernández, S. (2018). Determining the effects of open innovation: the role of knowledge and geographical spillovers. *Regional Studies*, 52(5), pp. 632-644.

Van de Vrande, V., De Jong, J. P., Vanhaverbeke, W. y De Rochemont, M. (2009). Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges. *Technovation*, 29(6-7), pp. 423-437.

Vanhaverbeke, W., Duysters, G. y Noorderhaven, N. (2002). External technology sourcing through alliances or acquisitions: an analysis of the application-specific integrated circuits industry. *Organization Science,* 13, pp. 714-733.

Veugelers, R. y Cassiman, B. (2005). R&D cooperation between firms and universities. Some empirical evidence from Belgian manufacturing. *International Journal of Industrial Organization*, vol. 23(5-6), pp. 355- 379.

Von Hippel, E. (1988). *The Sources of Innovation*. New York: Oxford University Press.

LOS NUEVOS CENTROS PÚBLICOS NO UNIVERSITARIOS DE INVESTIGACIÓN: EL PROGRAMA IMDEA

Alfonso GONZÁLEZ HERMOSO DE MENDOZA

Universidad Complutense de Madrid

Resumen

La falta de legitimidad en el Gobierno de los responsables de la política científica en algunas ocasiones, en otras la falta de criterio o una mezcla de ambas, ha hecho que en las últimas décadas la política científica haya estado caracterizada por su irrelevancia. Las instituciones científicas requieren de una regulación homologable internacionalmente y de una financiación estable y adecuada. De igual modo, sigue siendo urgente construir un marco de prioridades nacionales que vincule la ciencia a las demandas sociales, culturales y económicas. Sin embargo, esta situación no ha sido obstáculo para que se hayan promovido iniciativas que han resultado exitosas, tanto por parte de las administraciones autonómicas como por parte de la Administración General del Estado (AGE), como es el caso del programa IMDEA.

Palabras clave: ciencia, investigación, IMDEA, tecnología, innovación.

Abstract

The lack of legitimacy in the government of those responsible for scientific policy on some occasions, the lack of criterion on others, or a mixture of both, has meant that in recent decades scientific policy has been characterized by its irrelevance. Scientific institutions require internationally homologated regulation and stable and adequate funding. It also remains urgent to build a framework of national priorities that links science to social, cultural and economic demands. However, this situation has not been an obstacle promoting successful initiatives, both by the Regional Administrations and by the Central Administration, as is the case of the IMDEA program.

Keywords: science, research, IMDEA, technology, innovation.

JEL classification: O31, O32, O38.

«Ya el venturoso tiempo está cercano
en que los buenos españoles vean
que, de esta filosófica oficina,
el amor de las ciencias se difunde,
y en la nación rápidamente cunde».

(Tomás de Iriarte. Epistolario a Dalmiro. *Acerca del Real Gabinete de Historia Natural.* 1774).

«Una ciencia rigurosa y viva es un requisito esencial en sociedades democráticas en el mundo abierto y global en el que vivimos y en las que la reflexión científica es imprescindible para afrontar los retos que tienen ante él».

(Pere Puigomenech. *Por qué y cómo se hace la ciencia.* 2021).

I. INTRODUCCIÓN

LA irrelevancia puede que sea la consideración que mejor defina el papel de la política científica en las últimas décadas en España. Esta situación es compatible, incluso complementaria, con decisiones de alto valor simbólico como son la creación de ministerios con competencias exclusivas en la materia, liderados por profesionales de prestigio, o la aprobación de leyes nacionales y autonómicas fruto de amplios consensos.

Sin embargo, las instituciones públicas se han mostrado incapaces de propiciar un debate relativo a las expectativas que, en tanto que sociedad, proyectamos en la ciencia y, en consecuencia, sobre cómo debemos organizar y dotar al sistema nacional de ciencia y tecnología. La comprensión de la ciencia como un proyecto colectivo, que nos une y nos hace crecer como comunidad, es ante todo una propuesta de valores dirigida a la construcción de la equidad y la convivencialidad, por más que con frecuencia pueda aparecer revestida de solucionismo tecnológico o desarrollismo. La política científica es un programa de país que supone enfrentarse a una transformación cultural, administrativa y productiva. La recomendada lectura del denominado «Pacto por la ciencia» (1), de 8 de marzo del año 2021, promovido por el grupo de comunicación Atresmedia y el Ministerio de Ciencia e Innovación, al que se han adherido múltiples actores del sistema, invita a una triste reflexión sobre la ambición que reserva nuestro país al futuro de la ciencia, pese a que en la situación en que nos ha situado la crisis de la COVID-19 parece más necesario que nunca reivindicar una propuesta transformadora.

La visión actual de la ciencia, en nuestro país, está despojada de los elementos ideológicos que pudo tener la impulsada por Ramón Menéndez

Pelayo, o las dudas esencialistas sobre el «ser de España» recogidas por Pedro Laín Entralgo. España es un actor global y exitoso, semejable en su cultura, economía y bienestar a los países de su entorno, en los que respetando los distintos matices, la política científica no solo se configura como encuentro más allá de los debates partidistas, sino que constituye el motor de su competitividad y bienestar. La debilidad de la política científica en nuestro país hay que encontrarla en razones exclusivamente de oportunidad y competencia.

La necesidad de una política científica se reivindica tanto desde la ciencia política («una sociedad donde solo la ciencia es considerada como la verdad, el conflicto de intereses económicos y políticos tiene que asumir la característica del discurso científico» señala Ulrick Beck), como desde la ciencia económica. Incluso desde las posiciones menos inclinadas a la intervención pública, como las de Milton Friedman, se acepta una política científica que dé apoyo a la competitividad de las empresas nacionales. La financiación pública de la investigación básica constituye el soporte de la política industrial en los países desarrollados, convirtiéndose en una constante demanda empresarial. El Comité de Desarrollo Económico de EE. UU., asociación de la que forman parte las principales empresas del país, afirma en el informe*, La prosperidad por medio de la investigación* (2)*,* publicado en el año 1996, que «la industria depende de los fundamentos intelectuales proporcionados por los investigadores básicos en los sectores no lucrativos y públicos, para sus servicios y productos innovadores», y se llega a calificar a los investigadores públicos como «el cofre del tesoro de la nación».

En las páginas que siguen, se propone primero valorar brevemente tanto el marco nacional para la ciencia y tecnología como el establecido en la Comunidad de Madrid para dedicar la mayor parte del texto a la evaluación detenida de la experiencia de los IMDEA. El trabajo se cierra con unas breves conclusiones.

II. MARCO NACIONAL

En España, los límites del debate sobre la política científica permanecen inalterados desde aquellos establecidos por la esperanzadora Ley de la Ciencia de 1986, (Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica [3]), que alcanzó el nada desdeñable logro de consolidar una comunidad de investigadores públicos cimentada alrededor de las prácticas internacionales, y eficiente en la gestión de los recursos públicos. En 1986, en paralelo al impulso que supuso la incorporación de España a la Comunidad Económica Europea, para la consolidación de la democracia y la economía de mercado, la Ley de la Ciencia se propuso promover el tercer pilar de la prosperidad de los países occidentales: el conocimiento científico y el respeto de los valores de la ciencia como soporte de la convivencia.

Treinta y cinco años después, las contradicciones se acumulan en el sistema nacional de ciencia y tecnología, y las instituciones científicas dan muestras de fatiga a la espera de la homologación internacional de las condiciones en las que desarrollan su actividad. El bucle de diagnósticos y recomendaciones en el que se halla inmerso el sistema nacional de ciencia (basta con referirse al *Informe anual de la Fundación COTEC*) (4), así como la progresiva pérdida de competitividad de nuestra industria de la investigación, al igual que la falta de materialización de los extenuantes ejercicios de diseño estratégico a los que se ha sometido a los centros de investigación, hace pensar que la confianza en el futuro del sistema de ciencia y tecnología depende más del optimismo que de la esperanza.

Sin embargo, en nuestro país se dan circunstancias muy favorables para promover una política científica ambiciosa. Así, podemos destacar el lugar preeminente que la Constitución de 1978 concede a la ciencia. Esta relevancia se ve reflejada tanto en su relación con los ciudadanos, al incluir la investigación científica en el marco de los derechos fundamentales de más alto rango (art. 20 CE), cuya promoción «en beneficio del interés general» es una obligación de los todos los poderes públicos (art. 44 CE), como en su tratamiento competencial, al dotar al Estado de exclusividad para la «coordinación general» (art. 149.15); poder excepcional únicamente compartido en la Constitución con materias tan sensibles para el bienestar de la sociedad como la sanitaria y la económica. Por otra parte, y como muestra de esta relevancia estratégica, cabe subrayar que la política científica es de las pocas competencias ejecutivas que no han sido transferidas a las comunidades autónomas. Circunstancia que no ha impedido que un importante número de comunidades autónomas haya considerado necesario dotarse de marcos legales propios para organizar y vincular la producción del conocimiento científico a las demandas de sus respectivos territorios (5).

Asimismo, podemos señalar que la política científica es un espacio de consenso político, distante en su tratamiento por parte de los partidos políticos de temas como la educación, usados para la segmentación del voto. Lo demuestra el hecho de que la vigente Ley de Ciencia, Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (6), fue aprobada solamente con tres votos en contra en el Congreso de los Diputados. Esta ley supone el punto de encuentro de los partidos políticos en relación con la política científica. Su tramitación se caracterizó por la discreción (7). En cuanto a su contenido, cabe destacar la dificultad para encontrar un propósito que la justifique en su farragosa redacción y dudosa técnica normativa. El sistema nacional de ciencia y tecnología sigue pendiente de una propuesta de articulación, en los distintos ámbitos de su acción, así como del establecimiento de un marco regulatorio propio para el desarrollo de la actividad científica, en especial para flexibilizar la gestión de los centros públicos de investigación, o de la fijación de un escenario financiero adecuado y estable. Su revisión, en proceso de tramitación, a decir de la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) (8) no parece que vaya a cambiar el rumbo de la política científica. Nuevas leyes no significan necesariamente mejores leyes.

El consenso *de facto* en la política científica también puede vislumbrarse en los sucesivos planes y estrategias nacionales de investigación. Propuestas, que, al margen del partido gobernante en el momento de su aprobación, están caracterizadas por su continuismo. Nos referimos a propuestas centradas en convocatorias de subvenciones que ignoran los problemas estructurales y de precarización del personal investigador, vinculados a una asignación de recursos dependiente de los ciclos económicos, así como de una visión organicista de la política científica subsidiaria en sus objetivos de las políticas europeas. Propuestas que, a su vez, no son capaces de plantear soluciones para vertebrar un sistema complejo, e impulsar el cambio de unos actores clave, como son las empresas. El reciente Plan Nacional de Investigación 2021-2023 o la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación (9) son un ejemplo de este continuismo de la ambición de la política científica española.

Un tercer aspecto positivo es la alta valoración social (10) que se otorga a la ciencia y a los científicos en España. Es harto complicado establecer una correlación positiva entre esta circunstancia y una política científica en la que apenas existen instrumentos vinculados a la «ciencia ciudadana» (11). La Declaración de Budapest (12) y su propuesta de democratización de la ciencia, propugnada por la Unesco, está todavía más alejada de nuestra política científica que la visión economicista de la investigación como un insumo de la innovación empresarial presentada en el documento coetáneo de la OCDE denominado *Manual de Oslo* (13).

La responsabilidad de que la ciencia se haya entendido como un asunto propio de los científicos, más vinculado a la excelencia y a las carreras profesionales individuales que a su carácter transformador de la sociedad, proviene de la incapacidad de los gestores institucionales. Entretanto, en España, la ciencia, se mueve entre el entusiasmo de las declaraciones políticas y la entropía de los laboratorios, a la espera del momento apropiado para convertirse en lo que es. Diez años después de la irrupción de la ley del 2011, es hora de reflexionar. Para progresar hay que saber retroceder, volver sobre las huellas dejadas por el enorme esfuerzo de muchos y prepararse para dar un nuevo paso adelante.

III. MARCO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Visto el marco nacional es oportuno hacer una reflexión sobre la situación en la Comunidad de Madrid. Como característica del Sistema Madrileño de Ciencia y Tecnología podemos destacar la debilidad de las políticas regionales, unida a la dependencia de la política nacional y del gasto de las grandes empresas. En un entorno global en el que las áreas metropolitanas, con las que compite Madrid, están realizando extraordinarios esfuerzos, tanto en inversión como en la vertebración y especialización de sus sistemas de ciencia y tecnología, la carencia de una política propia puede suponer, a medio plazo, una importante amenaza para la competitividad de la región.

Una primera etapa, desarrollada entre el año 1990 y el año 1995, estuvo gestionada por la Oficina Madrileña de Fomento de la Investigación (OMFI), que realizó una política mimética del Plan Nacional de Investigación con un presupuesto modesto, que solo alcanzó los 4,5 millones de euros. El marco de esta política fue definido por el primer Plan Regional de Investigación (14) aprobado en 1990. En 1993 se publicó el *Libro blanco de la investigación* en la Comunidad de Madrid que recogía

muchos de los tópicos que se repetirán formalmente en los sucesivos planes de investigación.

La segunda etapa se prolonga de 1995 a 2008 y se caracteriza por la incorporación de una visión estratégica promovida por la Ley 5/1998, de 7 de mayo, de Fomento de la Investigación Científica y la Innovación Tecnológica (15). Una ley disruptiva en su propuesta organizativa y en su visión de la política científica, que pese a ser aprobada por unanimidad en la Asamblea de Madrid, no ha llegado a aplicarse en sus aspectos esenciales. En este período, se produjo un incremento significativo y sostenido de los fondos de I+D, al igual que sucedió en el ámbito nacional, que llegaron a alcanzar los 80 millones de euros, en el año 2008. Con el III y IV Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (PRICIT) se pusieron en marcha iniciativas novedosas caracterizadas por su afán de complementariedad y especificidad. Entre estas, podemos destacar: la firma de contratos programa de investigación para financiar la actividad basal de universidades y Organismos Públicos de Investigación (OPI), las convocatorias dirigidas a los ayuntamientos para favorecer la ciencia ciudadana, los grandes eventos de cultura científica, como la Feria «Madrid es Ciencia» o la «Semana de Ciencia», las convocatorias de proyectos dirigidas a vertebrar el sistema científico en torno a problemas de interés regional, la creación de redes de infraestructura de acceso compartido, la promoción de la ciencia en abierto y, sobre todo, una apuesta por la formación de investigadores, técnicos de laboratorio y gestores de investigación. En este período se alcanzaron, en un año, los 2.000 beneficiarios de ayudas de formación. Además, la Comunidad de Madrid fue la primera administración que implantó el 0-4 en los contratos predoctorales, las ayudas complementarias a los becados para investigación o un sistema de evaluación y asesoramiento externo durante el período formativo que vinculaba la beca al joven investigador. Corresponde a esta etapa el diseño y puesta en marcha del programa del Instituto Madrileño de Estudios Avanzados (IMDEA).

La tercera etapa de la conformación del actual Sistema Madrileño de Ciencia y Tecnología abarca hasta el año 2015 y se caracteriza por el descenso de la inversión en investigación. El único gasto que prácticamente se ejecuta es el de la financiación basal de los IMDEA. Esta circunstancia se produjo en paralelo a la caída de la nominativa a las universidades públicas, principales actores del sistema regional. En este período no hubo ninguna programación de política científica por parte del Gobierno regional.

En el año 2015 se inicia una fase de reactivación que permitió recuperar la inversión existente en el año 2008, así como la incorporación en el discurso institucional del Gobierno regional de la importancia de la investigación para la sociedad madrileña. En este sentido, se aprueba el V PRICIT 2016-2020, vinculado a la Estrategia R3 de la Unión Europea, que contempla un incremento sostenido de los presupuestos, hasta alcanzar los 111 millones de euros, para investigación e innovación empresarial, y una propuesta de política científica, próxima en su acciones a la estatal.

IV. PROPUESTA DE LOS IMDEA

El origen de los IMDEA hay que encontrarlo en el IV PRICIT 2005-2008 en cuyo capítulo VII se prevé: «La creación de institutos capaces de aglutinar investigadores e infraestructuras regionales y de incorporar nuevos científicos y equipamientos, en torno a programas de investigación flexibles y de interés regional, con un sistema de gestión propio, es una prioridad para la política regional».

Así, en el año 2005 se crea el primer instituto de la red de IMDEA, en el área de Ciencias Sociales. En el año 2006, se firmaron seis convenios entre la Comunidad de Madrid y las universidades públicas de la región por los que se les transferían once millones de euros para la puesta en marcha de los institutos. En paralelo, se procedía a la creación de las fundaciones, a través de la Fundación Madrimasd, que dotaban de personalidad jurídica a los institutos de investigación. A lo largo de 2007, se fueron celebrando los patronatos de constitución e iniciando sus actividades en espacios cedidos por las universidades.

El programa IMDEA nació con la voluntad de impulsar la transformación de la sociedad madrileña desde el sistema de ciencia y tecnología. La propuesta formaba parte de un marco más amplio de actuaciones de apoyo a la ciencia y la tecnología que incluía la firma de un ambicioso sistema de financiación de las universidades públicas, lo que hubiera supuesto importantes dotaciones adicionales para la investigación. El plan de financiación nunca llegó a ejecutarse.

Los nueve institutos inicialmente constituidos, y los siete que han perdurado, presentan significativas diferencias entre sí derivadas, tanto de la heterogénea financiación recibida como de los

diferentes estilos directivos y modelos de relación establecidos con el entorno académico y empresarial, como de la naturaleza de sus temáticas.

Las premisas sobre las que se fundamenta la propuesta de creación del programa IMDEA se pueden concretar en las siguientes ideas:

– *Independencia*

La independencia científica es la seña de identidad de IMDEA. Los presidentes de los patronatos de las fundaciones fueron elegidos entre investigadores con reputadas carreras científicas internacionales y acreditada experiencia de gestión (16). Asimismo, la presencia mayoritaria de científicos independientes fue una condición irrenunciable para la conformación de sus respectivos patronatos. Dicha composición se vio completada por la presencia de la Administración regional, de las universidades vinculadas, así como de otras instituciones públicas y de empresas líderes en sus respectivos sectores. Por otra parte, a los consejos científicos de los institutos se les asignó un papel determinante en la gobernanza de los centros, tanto en la identificación de sus líneas de investigación y evaluación de su actividad como en la selección de sus directores y de los futuros investigadores.

La única garantía posible para que un centro de investigación dedique sus recursos a promover una investigación competitiva internacionalmente de manera eficiente es su autonomía. Desde este principio, se gestó la organización de los IMDEA. Una autonomía construida desde una rigurosa selección inicial de los miembros de los órganos de gobierno y la apuesta por el desarrollo de procedimientos administrativos flexibles, enmarcados en un sistema de rendición de cuentas exigente. El principio fundamental en la gestión del proyecto IMDEA es la atribución, a sus directivos, de la capacidad para la toma de decisiones científicas y administrativas, en un entorno de confianza, definido y supervisado por expertos internacionales, así como por los principales actores del sistema regional de investigación.

Mención especial merece el papel de los directores (17). Sin duda, una de las claves del éxito del proyecto ha estado en la elección inicial de los directores, tomada de acuerdo con las universidades, y en el compromiso asumido para dar viabilidad al proyecto. Sin su implicación y competencia, hubiera sido imposible hacer buena la propuesta de autogobierno e independencia científica, así como solventar las dificultades inherentes a la creación y puesta en funcionamiento de los institutos, en un entorno lleno de incertidumbres políticas, de recesión económica y de contención del gasto público. En las renovaciones de los puestos de directores se ha utilizado la fórmula de convocatorias internacionales para su selección.

– *Red*

El proyecto IMDEA se conforma como una red. La constitución de cada uno de los institutos mediante la figura de una fundación independiente solamente adquiere sentido desde la dimensión de un proyecto común. IMDEA se justifica y configura como una red que responde a una misión conjunta y a unos criterios de gestión compartidos. Es un proyecto interdisciplinar que debe ser capaz de aunar la mirada de diversos ámbitos de especialización para atender a problemas complejos de impacto social. Cada instituto es un nodo que da sentido a los demás en una relación constante y dinámica. Pero, sobre todo, IMDEA es una red de valores que debe hacer fluir por el sistema madrileño de ciencia y tecnología, público y privado.

– *Impacto*

IMDEA nace con la vocación de incidir en la sociedad. La independencia científica no significa necesariamente independencia política a la hora de concretar su esencial compromiso con la sociedad madrileña, a través de una investigación de vanguardia, ejecutada desde una gestión eficiente. Inicialmente, se identificaron diez áreas de investigación sobre las que proyectar la actividad de los futuros institutos. Ámbitos acordes con los intereses prioritarios de una gran área metropolitana dotada, ya, de una importante oferta académica, como es la Comunidad de Madrid. Los nuevos centros de investigación deberían ser capaces de imbricar sus actividades en la realidad madrileña para conseguir, de este modo, mejorar, de manera efectiva, la competitividad de las empresas y la calidad de las universidades, e incidir en el bienestar de los madrileños. Junto a los siete IMDEA que persisten actualmente, (Agua, Energía, Redes digitales, *Software*, Alimentación, Materiales, y Nanociencia) se pusieron inicialmente en marcha otros dos, dedicados a Ciencias Sociales y a Matemáticas; institutos que cerraron en el año 2009 por problemas en su gestión. Quedó pendiente de llegar a un acuerdo con la Consejería de Sanidad para la creación de un

décimo IMDEA enfocado al ámbito de la biomedicina, en concreto en el área de envejecimiento.

– *Investigación*

Los institutos IMDEA son centros de investigación de vanguardia (18). La vocación de impacto social y económico de IMDEA queda alejada en lo que a sus actividades se refiere de las que con carácter general realizan los centros tecnológicos (19) en España. El punto de encuentro entre la investigación de vanguardia, que se realiza en los IMDEA, y las actividades empresariales se establece habitualmente en unos niveles de madurez de la tecnología correspondientes a un *TRL* (20) (*technology readiness levels*) de entre 1 y 3; aunque excepcionalmente, en función de los sectores empresariales afectados y de los criterios hacia los que van evolucionando los programas marco se pueda llegar hasta un *TRL* 6.

El programa IMDEA busca promover algo tan difícil como necesario para el futuro de nuestro país: la investigación en las empresas. Los institutos IMDEA pretenden ser un socio estable para empresas que intervengan en mercados globales, y que lo hagan desde el control de la tecnología. Que las empresas líderes madrileñas y españolas confíen en la investigación para mejorar su productividad es una cuestión propia de su modelo de negocio, en cuya transición los IMDEA, al igual que el resto del sistema público de I+D, puede dar un apoyo determinante. Pero en último término es una decisión que está al margen de su responsabilidad. Sin empresas que realicen investigación los resultados de los IMDEA terminarán convirtiéndose en productos, impuestos y empleos de calidad fuera de nuestro país. Asimismo, cabe destacar la responsabilidad que tienen las empresas y entidades del sector público gestoras de los servicios esenciales, así como las administraciones reguladoras, para conseguir impulsar la transformación del sistema productivo desde la investigación, la producción industrial y la soberanía tecnológica.

IMDEA no es una plataforma de servicios para las empresas que no tengan otra ambición que innovar desde la compra e integración de las tecnologías. Estos límites fundacionales de su actividad definen el tipo de empresas o instituciones públicas con las cuales es factible colaborar. Entidades altamente innovadoras e internacionalizadas que soportan su competitividad o la calidad del servicio público en un uso intensivo de la tecnología. Empresas que pueden encontrar un valor añadido ubicándose o desarrollando su actividad en entramados ricos en conocimiento y personal altamente cualificado, como es la Comunidad de Madrid.

Esta visión del programa IMDEA, centrada en la investigación de vanguardia es claramente complementaria con la creación de empresas de base tecnológica, desde los resultados de la investigación.

– *Globalización*

La ciencia es un proyecto global. Los centros de investigación solo lo son si su actividad responde a una visión global. Una de las ideas motoras, desde el inicio del programa IMDEA, fue la atracción de talento internacional a la Comunidad de Madrid y el mantenimiento del existente. Eso ha sido posible gracias a la adopción de un sistema de contratación del personal investigador basado en llamadas internacionales, que adoptan protocolos de selección rigurosos, en los que se busca la idoneidad de la persona en relación con la aportación de valor que pueda realizar al proyecto en el que se desea que se incorpore. El atractivo de la Comunidad de Madrid para atraer talento en el mercado internacional, pese a las condiciones de las posiciones ofrecidas caracterizadas por la temporalidad y por retribuciones medias/bajas, se ha demostrado muy alto.

– *Competitividad*

Desde la etapa inicial del diseño de los institutos, se consideró que una parte importante de su financiación, entre el 30 por 100 y el 40 por 100 de su presupuesto, debía de proceder de la captación de recursos externos, competitivos o bajo contratos públicos o privados. Se trata de un porcentaje sobre el presupuesto que no compromete ni la sostenibilidad, ni la estabilidad de los institutos, ni elimina la posibilidad de definir líneas estratégicas propias, pero que permite medir su competitividad internacional y su alineamiento con los programas europeos, así como con las demandas sociales y económicas. Objetivos que han sido sobradamente cumplidos gracias a la meritocrática selección de los investigadores y del personal de administración y servicios, y a unos procedimientos de gestión eficientes, al menos inicialmente.

– *Transformación*

La función de IMDEA trasciende de los propios centros. Las ventajas de las que disponen para la

incorporación de personal internacional, la realización de publicaciones de impacto, la gestión de infraestructuras, la búsqueda de socios o la captación de proyectos competitivos están al servicio de la mejora del sistema madrileño de ciencia y tecnología, tanto público como privado. IMDEA es una plataforma abierta que tiene como objetivo favorecer la movilidad de personal, el flujo de conocimiento y la creación de redes de colaboración.

Esto es así, de manera especial en relación con las universidades madrileñas. En la fase de creación, cada uno de los IMDEA tenía una especial vinculación con una universidad. Relación que se concretaba en la figura del director, la cual recaería en un profesor de la correspondiente universidad, y en la ubicación física del instituto en el entorno de dicha universidad. La única modificación destacable con respecto a la programación inicial fue la renuncia de la Universidad Complutense de Madrid a acoger a los institutos IMDEA de Nanociencia, de Alimentación y de Matemáticas, que pasaron al entorno de la Universidad Autónoma de Madrid, por lo que su dirección recayó en catedráticos de dicha universidad y su ubicación al campus de Cantoblanco.

– *Productividad*

Un aspecto importante en el diseño del programa IMDEA fue la localización de sus centros. Se buscó generar un reequilibrio territorial que posibilitará la creación de focos de innovación en seis municipios distintos. IMDEA formaba parte de la estrategia de creación de una red de parques científicos en la Comunidad de Madrid. El Parque Científico de Madrid, TecnoAlcalá, TecnoGetafe, Leganés Tecnológico, Móstoles Tecnológico y el Parque de Montegancedo (Pozuelo) (21) fueron los destinos elegidos para la localización de los institutos IMDEA. De esta manera, se proponía generar sinergias entre la política económica e industrial y la política científica de la región. La red de parques tecnológicos se disolvió en el año 2010.

– *Compromiso*

El diseño y la financiación de IMDEA (22) ha correspondido a la Administración regional. La acción del Estado en ciencia en la Comunidad de Madrid se canaliza fundamentalmente a través de los organismos públicos de investigación de su titularidad, sin que figuras de colaboración como los institutos mixtos, o las fundaciones o consorcios conjuntos, hayan tenido, en Madrid, el mismo desarrollo que en otras comunidades autónomas. Tampoco se ha conseguido la implicación de corporaciones privadas en la financiación basal de los institutos, si bien la contratación de proyectos concretos es una fuente de ingresos muy relevante.

En el año 2020, se acordó en todos los patronatos de las fundaciones gestoras de los institutos dar entrada a dos altos cargos de la Administración regional cuyas competencias materiales estuvieran directamente vinculadas a la explotación de tecnologías desarrolladas por los institutos. Así, se establece una relación directa entre los institutos IMDEA y el Canal de Isabel II, el Consorcio de Transportes, Metro Madrid, Madrid Digital, IMIDRA, la red de hospitales públicos o el Centro de Innovación Digital de la Comunidad de Madrid; entidades responsables de la prestación de servicios públicos altamente demandantes de tecnología.

V. VALORACIÓN DE LOS IMDEA

En el año 2014, cuando se instaló en su sede definitiva del campus de la Universidad Autónoma de Madrid el IMDEA Alimentación, se da por culminada la fase de implantación de los institutos. Siete años después, el programa IMDEA está arraigado en el Sistema Europeo de Ciencia y Tecnología y sus institutos gozan de gran reconocimiento, a la vez que, paradójicamente, se encuentra en una situación crítica. Pese a no haber parado de crecer en condiciones adversas, tanto en actividad como en reputación, es el momento de consolidar el modelo, de corregir errores y de resolver contradicciones que comprometen su sostenibilidad.

Para llevar a cabo la valoración de la situación del programa nada mejor que seguir los objetivos iniciales tal como han sido identificados anteriormente.

– *Independencia*

La consolidación de instituciones científicas en un plazo tan corto de tiempo es una labor de enorme dificultad que merece ser reconocida por sí misma. Este éxito ha sido posible gracias al mantenimiento de la estructura de gobernanza diseñada inicialmente, respetuosa con la independencia científica y la autonomía de gestión.

– *Red*

La asignatura pendiente. En este período, el funcionamiento como red de IMDEA ha surgido

fundamentalmente del acuerdo informal de los directores. El cambio de etapa en la política regional, apenas dos años después de la puesta en marcha del programa IMDEA, ha acarreado que los propósitos de interdisciplinariedad de los institutos, así como el objetivo de construcción de un espacio común y abierto de aprendizaje y servicio, no tuvieran la relevancia necesaria para estar presentes en la agenda de un día a día azaroso. Cada uno de los institutos se ha desarrollado de acuerdo con la cuantía de los fondos recibidos y la idiosincrasia de sus respectivos equipos directivos, sin que haya habido una coordinación sistemática más allá de los aspectos formales o de iniciativas aisladas.

Parece claro que en estos quince años la situación de IMDEA ha cambiado. Dado el grado de madurez y relevancia de la iniciativa, sería necesario acordar un marco común que facilitara la colaboración en proyectos concretos y la homologación de los protocolos de funcionamiento en determinados aspectos de gestión. Los procesos de selección de personal, las condiciones de desempeño de la actividad y la previsión de una carrera profesional interna, son un buen ejemplo de ello.

– *Impacto*

Los ámbitos de actividad elegidos en la puesta en marcha del programa IMDEA siguen plenamente vigentes, como evidencia su alineación con los desafíos recogidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (23) de la Agenda 2030 de la ONU. La planificación realizada por los consejos científicos ha permitido dirigir sus líneas de investigación, no sin asumir riesgos, hacia temas emergentes y de alto impacto. Este posicionamiento ha servido para, en un corto período de tiempo, posicionar a los IMDEA como referentes de sus respectivos campos.

Los problemas a los que se enfrenta el programa IMDEA, tales como el cambio climático, la seguridad de las comunicaciones o la manipulación genética, son objetos complejos cuya comprensión trasciende de los laboratorios y la experimentalidad. Enfrentarse a estos desafíos demanda la interacción con los conocimientos propios de las ciencias sociales y de las humanidades. En este sentido, los Institutos IMDEA han desarrollado capacidades que permiten no solo identificar y llevar a cabo una investigación de impacto, sino también valorar el impacto social de sus investigaciones.

Desde el año 2007, se ha solicitado el registro de 91 patentes, de las cuales 52 ya han sido concedidas, y de 23 desarrollos de *software*. Muchas de las patentes se han solicitado en cotitularidad con otros centros de investigación o con empresas (24). De igual manera, se han constituido ocho empresas fundamentadas en resultados de investigación propios, que se encuentran en distintas fases de financiación.

– *Investigación*

La combinación de excelencia científica e impacto social no es un compromiso sencillo, sin embargo, IMDEA lo ha convertido en una seña de identidad. De acuerdo con los resultados recogidos en las memorias anuales (25), podemos afirmar que, dado su tamaño y antigüedad, son centros muy productivos, en posiciones de privilegio en *rankings* internacionales, como Nature Index (26).

Tres de los IMDEA forman parte de la alianza SOMMa (27), entre los cincuenta y siete centros Severo Ochoa y las Unidades María de Maeztu, que tienen como objetivo promover la excelencia española en investigación y potenciar su impacto social, a nivel nacional e internacional. Se trata de una red que reúne a los centros y unidades de investigación españolas de mayor rendimiento y competitividad, en todas las disciplinas (28).

Según la Web of Science (WoS), desde el año 2010, los investigadores de los institutos IMDEA han publicado más de 5.650 ponencias en congresos internacionales o artículos en las revistas internacionales de mayor impacto, en sus respectivas áreas de conocimiento. Estos artículos han sido citados en más de 106.700 ocasiones por otros investigadores.

Igualmente, puede destacarse que han conseguido 14 programas del European Research Council (29) (ERC), en sus distintas categorías, desde el año 2010. La red SOMMa declara haber conseguido 183 ayudas. El número de proyectos y contratos de investigación en los que han participado investigadores de los institutos IMDEA, desde su creación, ha sido de 1.730. En 2020 han estado vigentes casi 270 proyectos y 95 contratos de investigación (30). Entre los múltiples proyectos destacan aquellos financiados por la Unión Europea, y otros organismos internacionales, que han supuesto el 41 por 100 del total, y los nacionales, que han llegado a representar el 44 por 100.

Dentro de las prioridades de los institutos figura la formación de jóvenes investigadores. Son muchas las vías a través de las cuales se producen colaboraciones con las universidades, pero merece una mención especial la relativa a las tesis doctorales. Entre 2010 y 2020 se han leído 310, 42 en el año 2020, estando en curso 254. Desde la creación de los institutos IMDEA, sus investigadores han obtenido 600 ayudas competitivas a la investigación destinadas a la contratación de personal.

– *Global*

Un valor diferencial de los IMDEA ha sido su capacidad para atraer talento en el mercado internacional de la ciencia. En el año 2020, la plantilla de los IMDEA estaba compuesta de 882 investigadores y de 87 gestores, en donde encontramos representación de más de 30 países. El 41 por 100 de los doctores que trabajan en los institutos son extranjeros. Detrás de estos datos se encuentra la alta internacionalización de la actividad de los centros. El 32 por 100 de los 42 millones del presupuesto global 2020 de los IMDEA procede de recursos captados fuera de España. En este apartado es de destacar la contratación de investigación por empresas extranjeras que suponen más del 50 por 100 de los 95 contratos realizados en el 2020. Esto evidencia claramente que IMDEA contribuye de manera significativa al aumento de competitividad global de los sectores industriales en los que interviene.

– *Competitividad*

Más de la mitad de los fondos presupuestados en los institutos, en 2020, proceden de la captación externa, alcanzando, en algunos institutos, esta cantidad el 70 por 100. Cabe destacar, en este apartado, el éxito en el programa europeo Horizonte 2020 (31). Entre los años 2014 y 2020, IMDEA consiguió retornos para España por un valor de 43 millones de euros, cantidad muy significativa comparada con la nominativa asignada por la Comunidad de Madrid, durante el mismo período que fue de 130 millones de euros. Estos retornos sitúan al programa IMDEA como la decimoctava institución de España por los recursos conseguidos en el programa H2020, con unas ratios por tamaño difíciles de superar. En el ámbito de la Comunidad de Madrid, es la cuarta institución, tanto del entorno público como privado, que más retornos consigue, solo por detrás de la Universidad Politécnica de Madrid, la empresa Indra y la Universidad Carlos III de Madrid. Otro aspecto que merece ser reseñado es que dos institutos, IMDEA Alimentación e IMDEA Software, forman parte del Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT). El primero de EIT Food y el segundo de EIT Digital. El EIT es un organismo de la Unión Europea creado con el objetivo de fortalecer la capacidad de innovación de los países miembros de la Unión.

En cuanto a la relación con las empresas, en 2020, de los 601 proyectos y contratos que firmó la red, aproximadamente un tercio fueron contratos de investigación con empresas; fundamentalmente con corporaciones multinacionales.

– *Transformación*

Todos los IMDEA tienen convenios firmados con las universidades con las que establecieron una relación preferente, inicialmente, además de contar con representantes de las mismas en sus respectivos patronatos. Parecería razonable que esta relación se institucionalizara con la creación de un Instituto de Investigación Interuniversitario que diera una cobertura normalizada a todas las universidades públicas. Esta estructura propiciaría un fácil encaje con otros actores del sistema regional; fundamentalmente los organismos públicos de investigación de titularidad estatal.

Los temas que cubriría este marco común son amplios, relevantes y de interés recíproco: desde la formación de investigadores, a la participación en actividades docentes de los investigadores de los IMDEA, al uso de las infraestructuras científicas y la creación de laboratorios de investigación conjuntos, pasando por el desarrollo de proyectos empresariales, el impacto de las citas, la explotación de los resultados de investigación o, de especial relevancia, la movilidad del personal. Dada su flexibilidad y prestigio, IMDEA puede convertirse en una extraordinaria antena para la captación de talento para el sistema madrileño de ciencia y tecnología.

– *Productividad*

La participación de algunas de las empresas más relevantes en sus respectivos sectores en los patronatos de los IMDEA, salvo casos excepcionales, no ha tenido un impacto significativo en su actividad.

El hecho de que una parte importante del conocimiento que se desarrolla en los IMDEA se transforme en actividad económica fuera de España es un tema a destacar. Es necesario plantear una reflexión sobre cómo incidir desde las políticas públicas, y

desde luego desde las políticas de investigación, en las estrategias de mejora de la productividad y la competitividad de las empresas de nuestro entorno. Sin un número importante de empresas que integren en su modelo de negocio la investigación, el esfuerzo público en promover la ciencia y la tecnología está condenado a la ineficiencia. Por otro lado, resulta inasumible tener que aceptar la inevitabilidad de la condición de ser un país consumidor y ensamblador de tecnología externa, incapaz de tener una producción propia y de poder mejorar la productividad de su economía desde la tecnología. Dicho esto, queda mucho por hacer para dar a conocer las capacidades de IMDEA, al tejido productivo.

Tampoco podemos olvidar que un apoyo desde otras consejerías al programa IMDEA podría ser una pieza fundamental en la puesta en marcha de una política industrial y de desarrollo local en la Comunidad de Madrid. Así, los IMDEA podrían ver incrementada su carta de servicios con la incorporación de *fab labs* o *science shop* que hagan accesible su conocimiento a una parte más amplia de la sociedad y de las empresas.

La relación de los institutos IMDEA como proveedores de conocimiento de las entidades de la Comunidad de Madrid dedicadas a la prestación de los servicios públicos esenciales, como el Canal de Isabel II, los hospitales públicos o Metro Madrid, ha sido prácticamente inexistente. Esto es así a pesar de que son instituciones con una capacidad inconmensurable para coproducir tecnología dirigida a satisfacer las crecientes necesidades de los ciudadanos. La incorporación de la investigación en la misión y la estrategia de estas entidades, no solo la promoción de la compra externa de tecnología para realizar innovaciones, en colaboración con los institutos IMDEA, tendría efectos verdaderamente transformadores para la economía de la región. Supondría la creación de entramados de empresas de base tecnológica coadyuvados por las demandas de tecnología necesarias para la mejora de la calidad y la eficiencia de los servicios públicos. Empresas de producción, en muchos casos industriales, con altas expectativas de crecimiento y una clara proyección hacia mercados internacionales. Aproximarnos a estos logros daría pleno sentido al programa IMDEA.

Dado el éxito del modelo, también sería el momento, desde la Administración regional, de plantear, por qué no en colaboración con la AGE, la creación de nuevos institutos, en temáticas en las que la rápida evolución de la tecnología está generando demandas de conocimiento, de manera acelerada.

– *Compromiso*

IMDEA se constituye y desarrolla como un proyecto propio de la Comunidad de Madrid. Lo hace en un contexto de crisis económica, con fuertes restricciones para tener una estrategia de personal adecuada a su crecimiento, y sin un marco de coordinación general. El mantenimiento de esta situación resulta hoy en día insostenible. Es el momento de revisar, desde la Administración regional, la función que se quiere atribuir a IMDEA y los recursos y organización que ello conlleva.

En los últimos cinco años la aportación basal de la Comunidad de Madrid al programa IMDEA ha permanecido estable suponiendo entre el 20 por 100 y el 25 por 100 del gasto del programa regional de investigación. Esta cantidad es ligeramente inferior a un uno por mil del presupuesto general de la Comunidad de Madrid. El programa IMDEA necesita un marco presupuestario suficiente y estable. Esto es, la firma con cada uno de los institutos de un contrato programa, con una duración de seis años, que sirva para concertar con la Administración regional sus respectivos objetivos, así como la evaluación de su consecución, a la vez que para dotarlos de los recursos adecuados. La extrema dependencia actual de la financiación externa competitiva está fuera de la lógica de los centros de investigación nacionales e internacionales equiparables. Estos suelen tener prohibido depender en sus presupuestos de la captación de recursos externos en límites superiores al 40 por 100. Esto es así porque la dependencia en porcentajes mayores imposibilita la planificación de los centros, fundamentalmente por razón de la cofinanciación, y lleva consigo la adquisición de obligaciones que comprometen la sostenibilidad de los centros, e incluso personalmente a los gestores.

Los contratos programa, además, permitirían hacer una reprogramación sobre el conjunto de la red. La distribución del presupuesto actual entre los institutos, y en consecuencia su distinto tamaño y ambición, responde, más que a una programación, a decisiones accidentales originadas en los momentos de su creación.

Por otro lado, la gestión de los institutos se ha burocratizado con el paso del tiempo, lo que debería invitar a la Comunidad de Madrid a hacer

una revisión de sus protocolos de funcionamiento y del sistema de supervisión administrativa, a fin de recuperar eficiencia y competitividad.

Las condiciones en las que los institutos IMDEA desarrollaban su actividad en los años iniciales de su andadura, sujetos a severas restricciones para la contratación de personal, ha originado que su personal investigador estable esté, de media, por debajo del 15 por 100. En un mercado global en el que cada día hay nuevos países y regiones que apuestan por la investigación, para mejorar su competitividad económica y alcanzar la «soberanía tecnológica», las oportunidades para los investigadores de prestigio se disparan. La falta de estabilidad y de una proyección de carrera profesional, además de traer consigo la pérdida constante del talento acumulado y la desmotivación para la incorporación de investigadores relevantes, supone un enorme riesgo para la ejecución de los proyectos de investigación comprometidos, con las responsabilidades subsiguientes que ello conlleva. Por otra parte, equiparar las retribuciones de los investigadores con las correspondientes franjas retributivas del personal de la administración general dificulta la contratación de los investigadores con capacidad de atraer recursos y aportar valor diferencial a los institutos.

Además, no podemos olvidar que la prioridad en la contratación de investigadores, para alcanzar el tamaño crítico investigador de los centros, durante estos años, ha propiciado que la ratio de estos en relación con el personal de administración y de apoyo a la investigación esté muy lejos de la existente en los centros con los que compiten en la captación de recursos y publicaciones. La solución de este problema limitante es prioritario para el futuro de los centros.

VI. CONCLUSIONES

La política científica es, constitucionalmente, uno de los instrumentos más relevantes de los que dispone el Estado para promover la vertebración territorial y el bienestar de los ciudadanos. Pasado el impulso de modernización que supuso la ley de 1986, la política científica en las últimas décadas se ha caracterizado por la carencia de un proyecto nacional, más allá de la creación de ministerios específicos, o del consenso partidista en leyes o planes. Los responsables de la política científica han carecido, en algunas ocasiones, de la legitimidad necesaria para que sus criterios triunfaran frente a los Ministerios de Hacienda o de Trabajo, en otras simplemente de criterio, para dotar a las instituciones científicas de una regulación homologable internacionalmente y de una financiación estable y adecuada, así como para construir un marco de prioridades nacionales que vincule la ciencia a las demandas sociales y económicas explicitadas en las restante políticas públicas, y además hacerlo en coordinación con las restantes administraciones del Estado, de manera especial con las comunidades autónomas, y con la política de la Unión Europea. Un programa a medio-largo plazo que debe ser capaz, ineludiblemente, de incentivar el cambio en el modelo de negocio de las empresas españolas. Las políticas económicas en general, y las industriales y las científicas en particular, deben promover la mejora de la productividad y competitividad internacional de las empresas desde el desarrollo de tecnología propia. En definitiva, necesitamos una política científica que recoja el compromiso real de los poderes públicos en la ciencia, y como tal que incorpore en su definición, ejecución y seguimiento, junto a la comunidad científica, a todos los interesados y afectados. Una propuesta que crea y confíe en la ciencia y en la sociedad española

Como última consideración cabe subrayar que el programa IMDEA, como otras iniciativas regionales y nacionales, ha contribuido de manera significativa a la mejora del sistema madrileño y nacional de ciencia y tecnología. Sin embargo, hay que destacar que estas iniciativas solo adquieren verdadero sentido en cuanto estén integradas en políticas científicas ambiciosas que crean y confíen tanto en la ciencia como en la sociedad y la economía españolas. IMDEA necesita un marco que establezca un compromiso efectivo de la Comunidad de Madrid para promover un desarrollo económico y social soportado en la ciencia. En caso contrario, no dejará de ser una anécdota difícilmente sostenible en su propósito.

«Esperemos que Sísifo se desmitifique
alguna vez y que avancemos
por el camino que nos lleve de verdad
a constituirnos en una sociedad apoyada
en los conocimientos científicos y técnicos».

(Emilio Muñoz y Jesús Sebastián.
*El conocimiento científico como referente político en el siglo XX*I).

NOTAS

(1) https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/pacto_por_la_ciencia_y_la_innovacion_actualizado_08_03_21.pdf

(2) https://www.comunidad.madrid/publicacion/ref/00961

(3) https://www.boe.es/eli/es/l/1986/04/14/13

(4) La caída de España en I+D durante la pasada década, cuando se vio superada por Estonia (en 2010), República Checa (2011), Italia (2013), Brasil y Malasia (2014), Nueva Zelanda (2015), Hungría (2017), Emiratos Árabes Unidos (2018), Grecia y Polonia (2019), https://cotec.es/noticia/hemos-hecho-un-anuncio-para-decir-lo-mismo-de/4b800689-4d06-9140-fdf9-42a98fa58488

(5) Comunidad de Madrid en 1998, Castilla León y Andalucía en 2007, Comunidad Valenciana y La Rioja en 2009, Galicia en 2013 y Navarra y Aragón en 2018.

(6) https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-9617-consolidado.pdf

(7) «Tras un debate desvaído, a las nueve de la mañana, en el pleno del Congreso y que finaliza en menos de una hora, con baja asistencia de diputados, la nueva Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación ha sido aprobada poco antes del mediodía», recogía *El País* el día de su aprobación.

(8) https://www.google.com/url?q=https://cosce.org/informe-cosce-2021-ley-ciencia/&sa=D&source=editors&ust=1623063019006000&usg=AOvVaw2lSW1wHudMK9HqC_F2pzrr

(9) https://www.ciencia.gob.es/site-web/Noticias/2021/Junio/Aprobado-el-Plan-Estatal-de-Investigacion-Cientifica-Tecnica-y-de-Innovacion-2021-2023.html
https://www.google.com/url?q=https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.26172fcf4eb029fa6ec7da6901432ea0/?vgnextoid%3D1387571a3db06610VgnVCM1000001d04140aRCRD&sa=D&source=editors&ust=1623062958117000&usg=AOvVaw1lOGmN-yMFZx1g50KBAS8W-

(10) https://icono.fecyt.es/informes-y-publicaciones/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-espana

(11) https://eshorizonte2020.es/mas-europa/ciencia-con-y-para-la-sociedad/documentos-de-interes/libro-blanco-de-la-ciencia-ciudadana

(12) http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm

(13) http://portal.uned.es/pls/portal/docs/page/uned_main/investigacion/o.t.r.i/deducciones%20fiscales%20por%20innovacion/resumen%20manual%20de%20oslo/oecdoslomanual05_spa.pdf

(14) https://www.comunidad.madrid/servicios/educacion/planes-regionales-ciencia-tecnologia

(15) http://www.madrid.org/wleg_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=338&cdestado=P#no-back-button

(16) Primeros presidentes de los patronatos. IMDEA Energía, Hans Müller-Steinhagen, director del Instituto de Termodinámica e Ingeniería Térmica de la Universidad de Stuttgart. IMDEA Materiales, Pedro Muñoz-Esquer, vice-president, Manufacturing & Development Engineering at Airbus España. IMDEA Nanociencia, Ivan Schuller, asesor del Estado de California y de la National Nanotechnology Initiative, USA. IMDEA Networks, Ralf Steinmetz, director general del Laboratorio de Comunicaciones Multimedia (KOM) en Technische Universität Darmstadt. IMDEA Software, David S. Warren, Professor of Computer Science at the State University of New York. IMDEA Matemáticas, José Manfredi, Professor of Mathematics, University of Pittsburgh. IMDEA Agua, Fernández Rubio, presidente de la Asociación Internacional del Agua en la Minería (IMWA). IMDEA Alimentación, José Ordovás, director del Laboratorio de Nutrición y Genética de la Universidad de Tufts.

(17) Directores, IMDEA Agua, Eloy García Calvo, catedrático de la UAH, desde 2007. IMDEA Energía, David Serrano, catedrático de la URJC, desde 2007. IMDEA Alimentación, Manuela Juárez, profesora de investigación CSIC 2007 a 2011. Guillermo Reglero, catedrático de la UAM desde 2011. IMDEA Materiales, Javier Llorca, catedrático UPM 2007 a 2017. Ignacio Romero, catedrático UPM, 2017 a 2021. José Manuel Torralba, catedrático UC3M desde 2021. IMDEA Software, Manuel Hermenegildo, catedrático UPM, 2007 a 2017. Manuel Carro, profesor Titular UPM, desde 2017. IMDEA Nanociencia, Rodolfo Miranda, catedrático de la UAM, desde 2007. IMDEA Networks, Arturo Azcorra, catedrático de la UC3M.

(18) Líneas de investigación de los IMDEA: Agua, Energía, Alimentación, Network, Software, Materiales, Nanotecnología.

(19) https://sede.micinn.gob.es/inforct/

(20) https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/393/NOTAS.pdf

(21) Ubicación IMDEA Agua, IMDEA Energía, IMDEA Materiales, IMDEA Network, IMDEA Software, IMDEA Nanotecnología

(22) Solo en el caso del IMDEA de Nanotecnología realizó la AGE una aportación inicial de un millón de euros.

(23) https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/

(24) Entre las patentes y los desarrollos de *software* registrados por los institutos IMDEA, podemos destacar, entre otros, EasyCrypt, una herramienta que automatiza pruebas criptográficas. También podemos destacar algunas patentes relacionadas con mejoras en la depuración de aguas (proceso bioelectroquímico para depurar aguas residuales con cátodos de esferas conductoras flotantes), en el diagnóstico del cáncer (Métodos y Kits para el diagnóstico del cáncer colonorrectal), en la producción de energías renovables («Absorbedor» para sistema de energía solar concentrada), en las redes de comunicación (procedimiento de generación de direcciones IPv4), o en la generación de nuevos materiales (materiales basados en proteína-polímero para aplicaciones de energía y médicas).

(25) Los datos aquí recogidos se corresponden con los facilitados en la página https://www.imdea.org/ y en las memorias y portal de transparencia de cada uno de los institutos.

(26) https://www.natureindex.com/institution-outputs/generate/Chemistry/regions-Europe/government/n_article

(27) https://www.somma.es/

(28) IMDEA Nanotecnología Centro Severo Ochoa, IMDEA Energía e IMDEA Materiales Centros María de Maeztu.

(29) https://erc.europa.eu/projects-figures/erc-funded-projects/results?search_api_views_fulltext=imdea&page=1

(30) Desde su creación, los institutos IMDEA han firmado más de 400 contratos de investigación con empresas como: Microsoft, Orange, Telefónica, Intel, Samsung, Petronor, Repsol, Rolls Royce, Nokia, GMV, General Dinamycs, Eulen, Acciona, Helios, Gamesa, Siemens, ITP, Abengoa, Indra, Aqualia, Antolín, Gullón, Sacyr, NEC, BT, Ericsson, Basf, RAMEM, ENI, Mahou, VTT, SAP, Daimler, Netvision, Ansys o Hexcel.

(31) https://webgate.ec.europa.eu/dashboard/sense/app/93297a69-09fd-4ef5-889f-b83c4e21d33e/sheet/PbZJnb/state/0 Consultado: 25-enero-2021

BIBLIOGRAFÍA

COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) (2005). Acción CRECE. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, COSCE.

COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) (2021). Informe sobre los recursos destinados a ciencia en el Proyecto de PGE 2021. https://cosce.org/informe-sobre-los-recursos-destinados-a-ciencia-en-el-proyecto-de-pge-2021/

COTEC (2021a). *Informe COTEC*. Madrid. https://cotec.es/observacion/anuario-2021/2ba99ebe-1932-6a29-823d-567ea9611084.

COTEC (2021b). *Evolución de la I+D a partir de los últimos datos de INE y Eurostat sobre la actividad de la I+D en España*. Madrid. https://cotec.es/observacion/evolucion-de-la-i-d/169d9768-f54d-821f-7c17-2bae4afff56e

Cruz-Castro, L., Holl, A., Rama, R. y Sanz-Menéndez, L. (2018), *Economic crisis and company R&D in Spain: do regional and policy factors matter?* http://dx.doi.org/10.1080/13662716.2017.1355231

Durán, A. (coord.) (2012). *Ciencia e innovación. Reflexiones en un escenario de crisis.* Madrid: Escuela de Organización Industrial. Los libros de la Catarata ediciones.

Escribá-Esteve, A., Salamanca, J., Albert, C. y Aragón, R. (2020). Competitividad empresarial: Análisis geográfico y sectorial. València: Ivie y Bankia. *Informe GECE*, n.º 05/2020. https://www.ivie.es/es_ES/ptdoc/competitividad-empresarial-analisis-geografico-sectorial/

Gómez Uranga, M. y Durán, A. (coords.) (1998).*Tecnología e innovación para el nuevo siglo. Un análisis del caso vasco*. Madrid: Fundación 1.º de mayo. Los libros de la Catarata.

González Hermoso de Mendoza, A. y Morcillo, P. (eds.) (2007). *20 años de ley de la Ciencia. 1986-2006*. Madrid: Fundación Madrid.

González Vallvé, J. L. y Benedicto, M. A. (2006). *La mayor operación de solidaridad de la Historia. Crónica de la política regional de la UE en España*. Luxemburgo: Comunidades Europeas.

Insenser Farré, J. M. y Jiménez Rodríguez, J. M. (2015). *La I+D+I en el debate político español. Foro de empresas innovadoras*. http://foroempresasinnovadoras.com/libros-fei/#1560496328633-c1bba001-a052

Lafuente, A. (2020). Abrir la ciencia para cambiar el mundo. *International Journal of Engineering, Social Justice, and Peace.* https://doi.org/10.24908/ijesjp.v7i2.13724

Mulet, J. (2011). La incorporación de España al grupo de los países innovadores. *Nueva Revista*. https://www.nuevarevista.net/la-incorporacion-de-espana-al-grupo-de-los-paises-innovadores-un-largo-y-dificil-camino-pe/

Muñoz, E. y Ornia, F. (1986). *Ciencia y tecnología; una oportunidad para España*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Aguilar Ediciones.

Nombela, C. (ed.) (2004). *El conocimiento científico como referente político en el siglo XXI*. Bilbao: Fundación BBVA.

OCDE (2007). *R&D and innovation in Spain: improving the policy mix. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología*. OCDE.

OCDE (2021). Reducir la precariedad de las carreras de investigación académica. *Documentos de política industrial, tecnológica y científica de la OCDE*, n.º 113. París: Publicaciones de la OCDE. https://doi.org/10.1787/0f8bd468-en

Pérez, F. y Reig, E. (dirs.), Fuenmayor, A., Granell, R. y Mollá, S. (2020). Madrid: capitalidad, economía del conocimiento y competencia fiscal. *Informe Entregable,* n.º 2/2020. València: Generalitat Valenciana. https://www.ivie.es/es_ES/ptproyecto/ivielab-madrid-capitalidad-economia-del-conocimiento-competencia-fiscal/

Pérez-Díaz, V. y Rodríguez, J. C. (2006). *Desarrollo tecnológico e investigación científica en España. Balance provisional de un esfuerzo insuficiente de catching up*. Madrid: Fundación Iberdrola.

Rodríguez, J., Lafuente, A. y Alonso Puelles, A. (2013). *¡Todos sabios! Ciencia ciudadana y conocimiento expandido.* Editorial Cátedra.

Romero de Pablos, A. y Santesmases, M. J. (eds.) (2008). *Cien años de política científica en España.* Bilbao: Fundación BBVA.

Sanz-Menéndez, L. y Van Ryzin, G. G. (2015). Economic crisis and public attitudes toward science: A study of regional differences in Spain. *Public Understanding of Science*, 24. http://dx.doi.org/10.1177/0963662513489790

Sebastián, J. y Ramos, I. (eds.) (2008). *¿Hacia dónde va la política científica (y tecnológica) en España*. Córdoba: CSIC, FUNDECYT, 2008.

Sigma Dos (2021). *Encuesta de percepción social de la innovación en España*. Fundación COTEC. https://cotec.es/observacion/encuesta-de-percepcion-social-de-la-innovacion/e2f616e7-3653-ea88-a052-f11e8c0ce2e5

UMICC (UC3M, UV, UZ). (2020) *Preferencias de gasto público en la ciudadanía: opiniones versus decisiones.* Fundación COTEC. https://cotec.es/proyecto/preferencias-de-gasto-publico-en-la-ciudadania/f0410d9c-dfd2-5d04-8f6d-cfce0c6fe1dd

Unión Europea (2017). *Recomendaciones de la Comisión Europea para España.* https://ec.europa.eu/spain/news/recommendations-17_es

Unión Europea (2020). *European Innovation Scoreboard (EIS).* https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/innovation/scoreboards_en

COLABORACIONES

III.
NUEVAS OPORTUNIDADES PARA LA INNOVACIÓN

LA ECOINNOVACIÓN EN ESPAÑA: SITUACIÓN, DETERMINANTES Y POLÍTICAS

Pablo DEL RÍO (*)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
José GARCÍA-QUEVEDO
Universidad de Barcelona
Ester MARTÍNEZ-ROS
Universidad Carlos III de Madrid

Resumen

En este trabajo se analiza el fenómeno de la ecoinnovación en España, evaluando su situación con respecto a otros países de nuestro entorno, así como sus determinantes y barreras. Esto permite inferir una serie de conclusiones acerca de las políticas públicas más adecuadas para promover estas innovaciones. La actuación debe ir encaminada a mitigar barreras internas y externas a la empresa, considerando las características propias de las ecoinnovaciones. La revisión de los análisis sobre las políticas de fomento de la ecoinnovación muestra que la regulación ha impulsado estas innovaciones mientras que, para las subvenciones, la evidencia no es concluyente.

Palabras clave: ecoinnovación, determinantes, barreras, políticas públicas.

Abstract

This paper provides an analysis of eco-innovation in Spain, assessing its situation with respect to other European countries, as well as its drivers and barriers. This allows us to infer several conclusions about the most suitable policies to promote those innovations. Policy interventions should focus on the mitigation of internal and externa barriers to the firm, taking into account the specific features of the eco-innovations. The review of the literature on the role of public policies in eco-innovation in Spain shows that regulation has encouraged eco-innovation whereas the impact of subsidies is inconclusive.

Keywords: eco-innovation, drivers, barriers, policies.

JEL classification: Q50, Q55, Q58.

I. INTRODUCCIÓN

EXISTE un consenso amplio acerca de la gravedad de los desafíos ambientales a los que se enfrenta la humanidad a corto plazo, incluidos el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la extinción de recursos naturales, que ha dado lugar a acuerdos internacionales para abordarlos, como se refleja en el Acuerdo de París, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, entre otros.

Europa no es ajena a esta preocupación y, de hecho, ha sido el gran promotor de esos acuerdos. En 2019, la Unión Europea (UE) adoptó el Pacto Verde Europeo, que delinea una nueva estrategia de crecimiento destinada a transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, en la que no habrá emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y el crecimiento económico estará disociado del uso de los recursos. El Pacto Verde aspira también a proteger, mantener y mejorar el capital natural de la UE, así como a proteger la salud y el bienestar de los ciudadanos frente a los riesgos y efectos medioambientales. El Pacto Verde forma parte de la estrategia de la Comisión para aplicar la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

España se comprometió en 2015 a implementar la Agenda 2030 con el objetivo de mejorar la vida de las personas, el entorno natural y nuestra relación con el mismo. El Gobierno español ha aprobado recientemente, en marzo de 2021, las Directrices Generales de la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible 2030, que será la herramienta del Gobierno para lograr que España cumpla con la Agenda 2030 (Gobierno de España, 2021a). Al igual que otros países, España ha registrado un aumento significativo de su huella ecológica, especialmente desde los años sesenta del siglo pasado y fundamentalmente como consecuencia de un incremento en el uso de los recursos naturales (Gobierno de España, 2021b, p. 167).

En este panorama cobra una importancia singular el desarrollo y adopción de innovaciones ambientales o ecoinnovaciones (EI), que pueden contribuir a mitigar esos problemas ambientales a la vez que favorecen la sostenibilidad económica. De hecho, uno de los elementos del Pacto Verde Europeo es la movilización de la industria en pro de una economía limpia y circular, en la que la ecoinnovación tiene un claro papel protagonista.

Otros programas e iniciativas europeas, como el Plan de Acción en Ecoinnovación (EcoAP), los planes de acción de la economía circular y la Estrategia Industrial Europea sitúan a la ecoinnovación en ese lugar preeminente para lograr y compatibilizar los objetivos económicos y ambientales. En España, la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible de 2007 ya consideraba la ecoinnovación como un objetivo transversal y también juega un papel fundamental en la actual Estrategia Española de Economía Circular (Gobierno de España, 2020).

Aunque existen muchísimas definiciones (véase Del Río *et al.*, 2021 para una revisión de las mismas), la ecoinnovación es cualquier innovación que reduce el impacto ambiental causado por las actividades de producción y consumo, sea la principal motivación para su desarrollo o adopción ambiental o no (OCDE, 2009). Recientemente se ha puesto el énfasis en un tipo de ecoinnovaciones, las circulares, en lo que ha venido a llamarse «economía circular».

La utilización de nuevas tecnologías es y será clave para desvincular la actividad económica de su impacto ambiental. Existe un gran consenso sobre la contribución positiva de la ecoinnovación a la sostenibilidad ambiental, pero también a la competitividad empresarial (Carrillo-Hermosilla, Del Río y Könnölä, 2009). La ecoinnovación es una oportunidad para las empresas, ya que puede dar lugar a menores costes, contribuir a capturar nuevas oportunidades de crecimiento y reforzar la imagen de la empresa frente a sus clientes (Comisión Europea, 2013).

Existen distintos tipos de ecoinnovación y diferentes maneras para clasificarlas atendiendo a distintos criterios, en función del grado de cambio que exigen en la empresa, de la reducción de los impactos que generan o del problema ambiental que tratan de abordar. Algunas son de producto, otras de proceso y otras organizativas. Cada una aborda un problema ambiental determinado (emisiones a la atmósfera, consumo de agua…). Algunas son más fáciles de adoptar, en tanto en cuanto no implican grandes cambios en las empresas adoptantes (ecoinnovaciones incrementales), mientras que otras implican considerables cambios en los procesos productivos, en los productos ofrecidos o en la organización interna de la empresa (ecoinnovaciones radicales). Existen varios indicadores de ecoinnovación que pretenden captar los diferentes aspectos del fenómeno, incluido el índice compuesto de la ecoinnovación de la Comisión Europea que permite evaluar el desempeño de cada país en este contexto. A pesar de las oportunidades que la ecoinnovación ofrece a las empresas, el potencial de difusión de las ecoinnovaciones es todavía considerable (como se muestra en la sección segunda), pues existen importantes barreras a dicha difusión que es necesario mitigar. En España, el documento España 2050 menciona que uno de los factores que explican el incremento de nuestra huella ecológica es la apuesta insuficiente por la ecoinnovación en nuestro país (Gobierno de España, 2021b).

Por tanto, son necesarias políticas públicas para fomentar la ecoinnovación (Del Río, Carrillo-Hermosilla y Könnölä, 2010). Pero esas políticas deben basarse en un análisis exhaustivo de sus barreras, de forma que los instrumentos mitiguen el impacto de las mismas. La literatura sobre los determinantes y barreras a la ecoinnovación es muy abundante (véase Del Río, Peñasco y Romero-Jordán, 2016). Esas barreras pueden agruparse en varias categorías: barreras internas a la empresa (conocimiento interno y recursos humanos, recursos financieros, recursos físicos, reputación, motivación, compromiso de la alta dirección, cooperación…), externas a la misma (políticas públicas, influencia de los consumidores, instituciones financieras…) y características de esas ecoinnovaciones (costes y beneficios esperados, compatibilidad con los procesos de producción existentes, grado de radicalidad de la tecnología…).

El objetivo de este trabajo es, precisamente, analizar el fenómeno de la ecoinnovación en España, evaluando su situación en nuestro país con respecto a otros países de nuestro entorno, así como sus determinantes y barreras. Esto nos permite inferir una serie de conclusiones acerca de las políticas públicas más adecuadas para promover este tipo de innovaciones.

El artículo está estructurado de la siguiente forma. La siguiente sección muestra el panorama de la ecoinnovación en Europa en la última década, prestando atención singular a su evolución en España. La sección tercera aporta los resultados de una exhaustiva revisión de la literatura que identifica los determinantes y barreras más importantes a la ecoinnovación en España. Esto permite obtener una serie de conclusiones sobre las políticas públicas más adecuadas para fomentar la ecoinnovación (sección cuarta). El artículo se cierra con un apartado de conclusiones.

II. UNA COMPARATIVA DE LA ECOINNOVACIÓN EN EUROPA

En esta sección se muestra el panorama de la ecoinnovación en Europa en la última década para describir la evolución de los diferentes países europeos; asimismo, se aborda cómo ha evolucionado en España comparado con Europa. Para ello, se utiliza el índice compuesto que ha elaborado el Observatorio de la Ecoinnovacion (1). Este índice de ecoinnovación pretende captar los diferentes aspectos de la ecoinnovación mediante la aplicación de 16 indicadores agrupados en cinco áreas temáticas. 1) *Inputs* de la ecoinnovación, que comprenden las inversiones (recursos financieros o humanos), cuyo objetivo es desencadenar actividades de ecoinnovación; 2) actividades de ecoinnovación, que ilustran hasta qué punto las empresas de un país específico son activas en la ecoinnovación; 3) resultados de la ecoinnovación, que cuantifican los resultados de las actividades de ecoinnovación en términos de patentes, literatura académica y contribuciones a los medios de comunicación; 4) resultados de la eficiencia de los recursos, situando los resultados de la ecoinnovación en el contexto de la eficiencia de los recursos de un país (materiales, energía, agua) y la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero; y 5) resultados socioeconómicos, ilustrando hasta qué punto los resultados de la ecoinnovación generan resultados positivos para los aspectos sociales (empleo) y económicos (volumen de negocios, exportaciones).

En el gráfico 1, se presentan los resultados del índice de los países estudiados y agregados según la siguiente clasificación:

1. «Líderes en ecoinnovación», con una puntuación significativamente superior a la media de la UE (es decir, una puntuación superior a 114).

2. «Países intermedios en ecoinnovación», con puntuaciones en torno a la media de la UE (es decir, entre 85 y 114).

3. «Países en proceso de recuperar el terreno perdido de la ecoinnovación», con un rendimiento igual o inferior al 85 por 100 de la media de la UE (es decir, puntuaciones inferiores a la media de la Unión Europea).

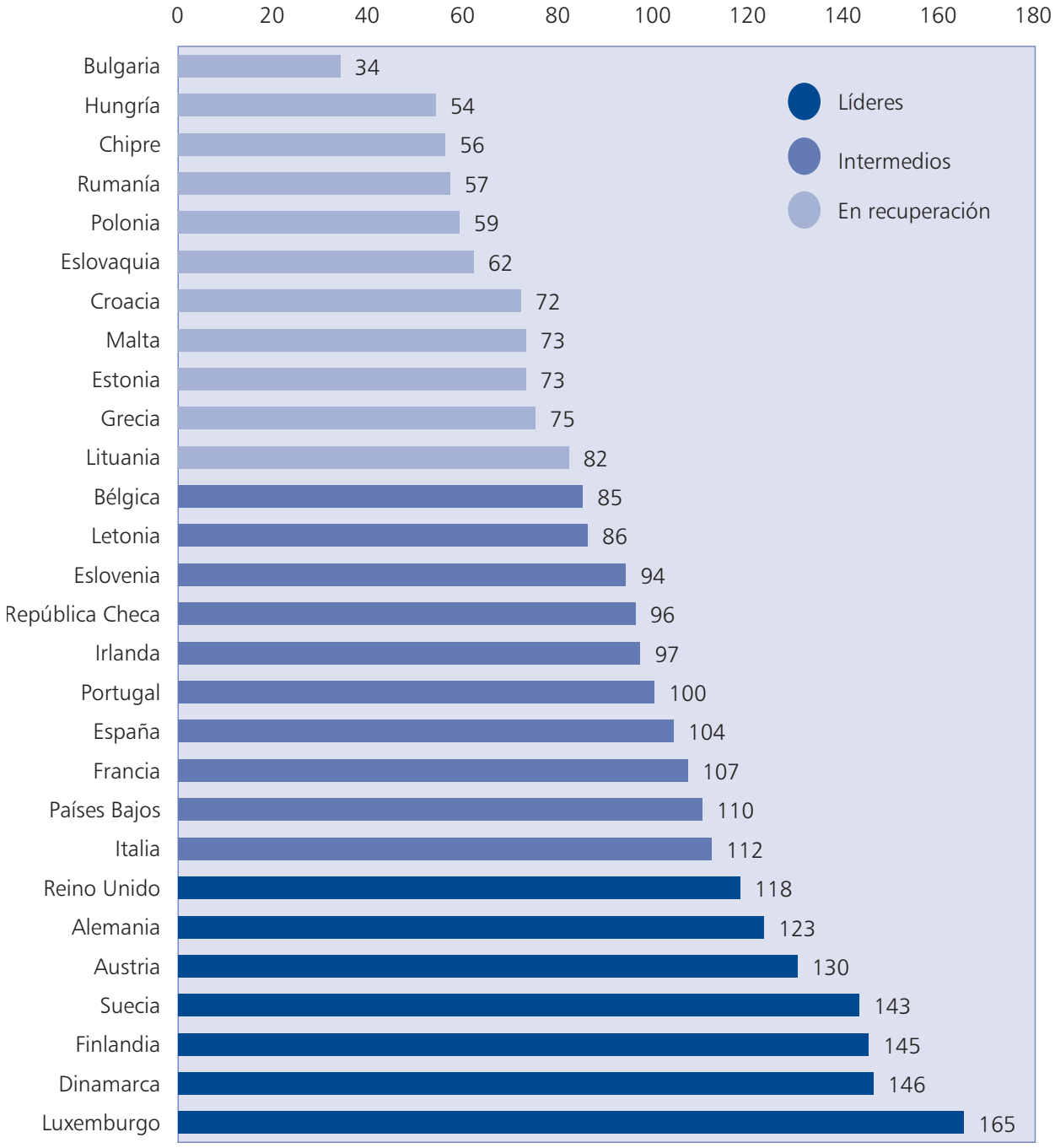
Para el último año disponible, 2019, se observa que Luxemburgo lidera la clasificación de todos los países de la Unión Europea. Diez Estados miembros obtuvieron puntuaciones en torno a la media de la UE (100) y, por tanto, fueron calificados como «Países intermedios en ecoinnovación». Las puntuaciones agregadas en materia de ecoinnovación en este grupo oscilan entre 112 (Italia) y 85 (Bélgica). El último grupo está compuesto por once países que están «recuperando el terreno perdido en materia de ecoinnovacion». A excepción de Grecia, todos los países de este último grupo son Estados miembros que se incorporaron a la Unión Europea en o después de 2004. España se sitúa en el puesto 11, muy cercano al valor medio de la UE, mejorando su valor con respecto a los años anteriores.

Aunque este índice agregado ofrece una visión general del rendimiento global de la ecoinnovación en toda la UE, no permite identificar las áreas fuertes o débiles para los distintos Estados miembros. Por ello, el cuadro n.º 1 ilustra las puntuaciones de los cinco subíndices del índice de ecoinnovación. Los colores abarcan una gama que va del azul oscuro (puntuaciones altas) al azul medio (puntuaciones medias) hasta el azul claro (puntuaciones bajas).

Para ilustrar la diversidad de los países de la UE, se indican las puntuaciones mínimas y máximas, así como el rango de puntuación global para cada uno de los cinco componentes, así como para el índice agregado. Los resultados relativos a los *inputs* de ecoinnovación fueron superiores a la media de la UE para la mayoría de los países con mejores resultados, con la excepción de Austria. En cuanto a los indicadores de *inputs* de ecoinnovación se constata que Luxemburgo fue, con mucho, el primer país en el período observado. En el segundo componente de las actividades de ecoinnovación, los países líderes obtuvieron una puntuación ligeramente superior a la media de la UE. La mayoría de los países del grupo de los líderes de la ecoinnovación obtuvieron también puntuaciones elevadas en cuanto a los resultados de la ecoinnovación, con la excepción del Reino Unido. En el componente de los resultados de la eficiencia de los recursos, las puntuaciones de todos los Estados miembros de la UE se distribuyeron de forma más uniforme.

Para España, se observa que en tres áreas (actividades, *outputs* y resultados de eficiencia en los recursos) está por encima de la media de la UE. Sin embargo, en resultados socioeconómicos e *inputs* está bastante por debajo de la media. Este resultado es un tanto paradójico porque parece que

GRÁFICO 1
ÍNDICE DE ECOINNOVACIÓN



Fuente: Eco-Innovation Scoreboard 2019.

con una baja inversión en *inputs* de ecoinnovación, es decir contratación de personal cualificado para I+D, uso de créditos y compras públicas y el valor de inversiones en etapas iniciales, se obtiene un buen rendimiento tanto en los resultados de ecoinnovación, resultados para la eficiencia energética y desarrollo de actividades, productos y servicios.

CUADRO N.º 1

PUNTUACIÓN SEGÚN LA COMPOSICIÓN DEL ÍNDICE DE ECOINNOVACIÓN 2019

	INPUTS	*ACTIVIDADES*	*OUTPUTS*	*EFICIENCIA DE RECURSOS*	*RESULTADOS SOCIOECONÓMICOS*	*ÍNDICE ECOINNOVACIÓN*	
Luxemburgo	154	104	184	199	191	165	Líderes
Dinamarca	130	94	188	161	172	146	
Finlandia	142	103	251	48	191	145	
Suecia	180	156	165	119	91	143	
Austria	85	105	153	127	183	130	
Alemania	172	84	127	111	136	123	
Reino Unido	108	112	82	192	92	118	
Italia	69	108	102	178	103	112	Intermedios
Países Bajos	134	86	118	128	86	110	
Francia	127	109	98	114	83	107	
España	**71**	**139**	**122**	**114**	**62**	**104**	
Portugal	55	135	98	100	100	100	
Irlanda	76	119	61	185	38	97	
República Checa	82	156	49	59	120	96	
Eslovenia	106	98	107	73	95	94	
Letonia	32	68	104	95	132	86	
Bélgica	91	89	94	118	36	85	
Lituania	72	67	52	100	112	82	En proceso
Grecia	79	63	147	53	48	75	
Estonia	106	60	46	0	175	73	
Malta	9	60	65	198	2	73	
Croacia	46	99	44	89	67	72	
Eslovaquia	26	95	37	84	52	62	
Polonia	45	60	70	32	94	59	
Rumanía	21	46	37	81	93	57	
Chipre	1	64	108	68	38	56	
Hungría	48	82	9	65	50	54	
Bulgaria	23	65	19	4	56	34	
UE	**82**	**94**	**98**	**103**	**96**	**95**	

Fuente: Elaboración propia a partir de *Eco-innovation Scoreboard 2019.*

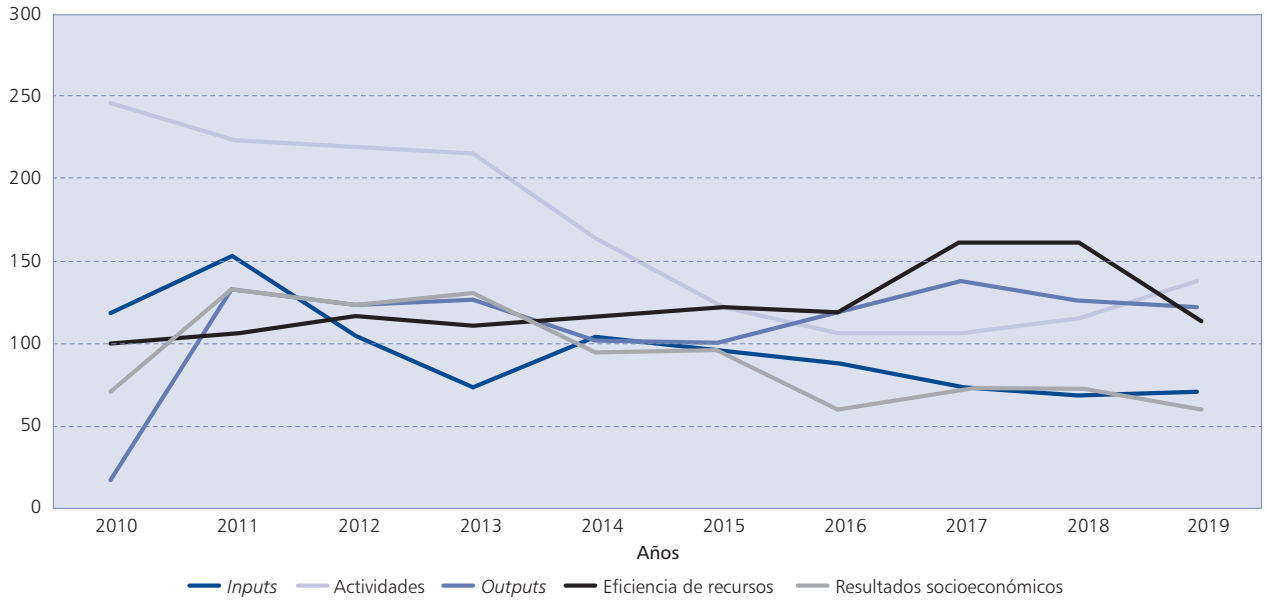
1. La evolución española

En el gráfico 2 se presentan los componentes del índice y su evolución en los últimos diez años. En el caso de los *inputs* y de los resultados socioeconómicos la tendencia es claramente descendente, indicando que parece haber una relación en la inversión en ecoinnovación y su traducción en empleo, valor añadido y exportaciones.

En los resultados socioeconómicos de la ecoinnovación se comprueba que tienen valores parecidos a los resultados de ecoinnovación (patentes, publicaciones,..) hasta 2015, pero a partir de este año se produce un cambio de tendencia al alza en este último indicador.

La serie de los resultados de eficiencia en los recursos (materiales, agua, energía, emisiones de carbono) tiene una evolución alcista indicando que se ha hecho un esfuerzo importante por mejorar los indicadores relacionados con la mejora de la productividad de los recursos. Por último, las actividades de EI que integran medidas para supervisar el alcance y la escala de la implantación de actividades en las empresas, especialmente en las pymes, tienen una tendencia descendente, aunque muy por encima de la media de la UE, sobre todo en la primera mitad de la década. En 2016 y 2017 se produce un punto de inflexión en esta tendencia, siendo a partir de 2018 cuando se inicia una recuperación de este indicador.

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA ECOINNOVACIÓN EN ESPAÑA



Fuente: Elaboración propia a partir de *Eco-Innovation Scoreboard 2019.*

III. REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE LOS DETERMINANTES Y BARRERAS A LA ECOINNOVACIÓN EN ESPAÑA

En esta sección se incluyen los resultados de la revisión de la literatura sobre los determinantes y barreras a la ecoinnovación en España. La revisión de la literatura se ha basado en una búsqueda de artículos internacionales en los buscadores del Fraunhofer Gesellschaft (Fraunhofer Gesellschaft busca en varias bases de datos, incluidas Scopus y la Web of Science), Scopus y Google Scholar. La revisión se llevó a cabo en abril de 2021, utilizando las palabras clave «Eco-innovation & Spain» y «Environmental Innovation & Spain» en los mencionados buscadores. El cuadro n.º 2 muestra los resultados de dicha revisión, con cada buscador y palabra clave.

Estos artículos han sido revisados en un primer paso, buscando que se ajusten a la temática objeto de este estudio (determinantes y barreras a la EI en España) y detectando otros artículos no identificados con los buscadores mencionados que pudieran ser útiles por analizar el tema objeto de estudio. Además, se han incluido unos pocos artículos que abordan esa temática y que no habían sido detectados por los buscadores mencionados. En total, se han identificado 30 artículos. Tras leerlos todos, tres de ellos han sido descartados por no ajustarse estrictamente a la temática objeto de análisis, por lo que la lista definitiva de contribuciones es 27.

Los estudios incluidos utilizan técnicas estadísticas avanzadas y no se han incluido aquellos basados en estudios de caso. Además, tienen un foco exclusivo en España y no se han analizado aquellos artículos en los que se incluye a España dentro de un conjunto de países.

Posteriormente, se ha procedido a categorizar los artículos anteriores teniendo en cuenta distintos aspectos tales como su ámbito geográfico, temporal y sectorial, su objetivo, metodología y fuentes de datos y sus principales resultados con respecto a los determinantes y barreras a la EI.

El análisis de los resultados permite inferir una serie de conclusiones acerca de los estudios realizados y, en particular, sobre los determinantes y barreras a la EI en España. Con respecto al ámbito temporal, los estudios considerados utilizan datos referidos a un corto espacio de tiempo (panel de datos) o incluso a un único año (sección cruzada). Es decir, no hay estudios con un panel de datos en

CUADRO N.º 2

ARTÍCULOS SOBRE LOS DETERMINANTES Y BARRERAS A LA ECOINNOVACIÓN EN ESPAÑA

ARTÍCULO	*REVISTA*	*N.º DE CITAS (GOOGLE SCHOLAR)**
Kiefer *et al.* (2019)	*Business Strategy and the Environment.*	57
Sáez Martínez *et al.* (2016)	*Journal of Cleaner Production*	60
Portillo-Tarragona *et al.* (2019)	*International Journal of Business and Globalisation*	2
García-Pozo *et al.* (2016)	*Environmental Engineering and Management Journal*	5
Martínez-Pérez *et al.* (2015)	*Innovation*	33
Segarra-Oña *et al.* (2014)	*Innovation*	25
Jové-Llopis y Segarra-Blasco (2020)	*Business Strategy and The Environment*	3
Del Río *et al.* (2017)	*Technological and Economic Development of Economy*	62
Arranz *et al.* (2019)	*Journal of Cleaner Production*	25
Del Río *et al.* (2015)	*Business Strategy and the Environment,*	110
De Marchi, V. (2012)	*Research Policy*	861
Cainelli *et al.* (2015)	*Journal of Cleaner Production*	241
Scarpellini *et al.* (2020)	*Business Strategy and the Environment*	12
Rabadán *et al.* (2020)	*International Journal of Environmental Research and Public Health*	2
Triguero *et al.* (2017)	*Sustainability*	23
Costa-Campi *et al.* (2017)	*Energy Policy*	52
Souto *et al.* (2015)	*Journal of Cleaner Production*	40
Cuerva *et al.* (2014)	*Journal of Cleaner Production*	330
Peñasco *et al.* (2017)	*Journal of International Management*	18
Marzucchi y Montresor (2017)	*Ecological Economics*	89
Jové-Llopis y Segarra-Blasco (2018)	*Business Strategy and the Environment*	40
Segarra-Oña *et al.* (2011a)	*International Journal of Environmental Research*	28
Segarra-Oña *et al.* (2011b)	*Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*	61
Segarra-Oña y Peiró-Signés (2013)	*Dirección y Organización*	11
Del Río *et al.* (2011)	*Journal of Cleaner Production*	62
Del Río (2005)	*Business Strategy and the Environment*	394
Ormazábal *et al.* (2018)	*Journal of Cleaner Production*	137

* Abril de 2021.
Fuente: Elaboración propia.

un período largo. Los períodos a los que se refieren los datos son algo antiguos (una década, para la gran mayoría), siendo el más reciente 2016, lo que puede atribuirse a los sucesivos retrasos relativos, por un lado, al período que transcurre entre la recogida de los datos y su publicación y, por otro lado, al que transcurre entre el análisis de esos datos y la elaboración y publicación del correspondiente artículo en revistas. Sería deseable que los períodos fueran lo más reciente posibles, para dar una visión actualizada de la situación de los determinantes y barreras a la EI, en un tema extraordinariamente dinámico, tanto con respecto a cómo evoluciona el desarrollo y difusión de los distintos tipos de EI en las empresas como a los cambios que se producen en la mayoría de sus determinantes.

La gran mayoría de los estudios tienen un ámbito geográfico amplio, relativo a todo el territorio nacional, aunque algunos estudios están circunscritos a varias regiones españolas. Resulta algo sorprendente la ausencia de análisis diferenciados entre regiones, es decir, que comparen el efecto diferenciador de los determinantes y barreras en la EI en empresas localizadas en distintas zonas geográficas.

En relación con el ámbito sectorial de las contribuciones analizadas, el sector industrial (manufacturero) es predominante. Existen algunas contribuciones específicamente dedicadas a otros sectores, por ejemplo, Jové-Llopis y Segarra-Blasco (2020) y Segarra-Oña y Peiró-Signes (2013) analizan el sector de servicios; Rabadán, Triguero y González-Moreno (2020) analizan la industria agroalimentaria; Cuerva, Triguero-Cano y Córcoles (2014) el sector de alimentación y bebidas; Segarra-Oña *et al.* (2011b) el sector cerámico; y Del Río (2005)

el sector papel. Además, varios trabajos tienen en cuenta todos los sectores (Portillo-Tarragona, Scarpellini y Marín-Vinuesa, 2019; Arranz *et al.,* 2019; Souto *y* Rodríguez*,* 2015). Se echa de menos análisis comparativos que identifiquen el efecto diferenciador de los determinantes y barreras en distintos sectores. Una excepción es Jové-Llopis y Segarra-Blasco (2020) que, sin embargo, muestran que los determinantes a la EI en los subsectores que componen el sector servicios son similares a los subsectores industriales (I+D interno, persistencia en la innovación y tamaño empresarial), mientras que el impacto de los factores de tirón de la demanda (*market pull*) y los relativos a la legislación ambiental difieren entre esos subsectores. Del Río, Peñasco y Romero-Jordán (2015) muestran que las empresas de sectores maduros y altamente contaminantes son más activas en EI.

En relación al *objetivo* de los estudios, y debido en gran parte al propio proceso de revisión, la homogeneidad es muy elevada en este sentido. Todos tratan de analizar los factores que posibilitan o dificultan el desarrollo o la adopción de la EI. La mayoría de las contribuciones se centran en la fase de adopción, siendo menos frecuentes los artículos dedicados a las fases de invención o de innovación. Esta distinción es importante, pues la literatura de economía de la innovación destaca que, en efecto, algunos determinantes y barreras difieren para las distintas fases del proceso de cambio tecnológico (véase Del Río, 2009, para una discusión pormenorizada sobre este asunto).

Con respecto a la *metodología* utilizada en los análisis, aunque algunos artículos utilizan técnicas estadísticas avanzadas, pero no econométricas, tales como el análisis factorial, existe un claro predominio de la modelización econométrica y, dentro de esta, de los modelos probit y, en menor medida, logit.

La *fuente de datos* predominante es la base de datos pública PITEC (Panel de Innovación Tecnológica) y, en menor medida, otras fuentes públicas (DIRCE, SABI, OEPM). No obstante, existen varios trabajos que se basan en datos recogidos por encuestas «propias», es decir, lanzadas por los autores (Del Río, 2005; Kiefer, Del Río y Carrillo-Hermosilla, 2019; Scarpellini, Triguero y González-Moreno, 2020; Rabadán Triguero y González-Moreno, 2020; Cuerva, Triguero-Cano y Córcoles, 2014 y Ormazabal *et al.*, 2018). El PITEC tiene la gran ventaja de recoger datos de muchas empresas, lo que facilita el análisis econométrico. Las encuestas «propias» contienen un número de empresas mucho menor. Sin embargo, existen al menos tres desventajas del PITEC en este contexto: 1) no es una encuesta dirigida específicamente a recoger datos sobre empresas ecoinnovadoras (cabe señalar que en el momento de creación del PITEC, en el año 2003, la ecoinnovación era un fenómeno poco tratado); 2) la variable de «ecoinnovacion» o de «empresas ecoinnovadoras» es subjetiva (la variable dependiente suele ser dicotómica, y construirse a partir de la pregunta de la encuesta en la que se pide a la empresa que mencione el grado de importancia que concede a reducir los impactos ambientales como objetivo para desarrollar innovaciones); 3) el tratamiento de las políticas públicas en el PITEC es algo limitado, pues se circunscribe a dos (subvenciones en innovación y cumplimiento de la regulación ambiental, de salud y seguridad), no permitiendo el análisis de las interacciones entre políticas ni el efecto de elementos de diseño concretos para instrumentos particulares en dicha EI. Las encuestas lanzadas por los autores pueden soslayar esos problemas. Su ventaja principal es que pueden adaptarse fácilmente al tema objeto de análisis, identificando si la empresa es ecoinnovadora o no y preguntando concretamente por los factores que influyen en que las empresas desarrollen o adopten EI, pudiendo tener en cuenta su contexto empresarial e institucional más cercano. Su principal desventaja es que suelen tener bajas tasas de respuesta y tamaños muestrales muy inferiores a los del PITEC. La falta de disponibilidad del PITEC desde el año 2016 es una limitación importante para el análisis de la innovación en España. Disponer de información actualizada e incorporar, como se hace en otros países, módulos específicos sobre ecoinnovación sería de gran utilidad para el estudio de un fenómeno que, como se ha señalado, es muy dinámico e importante social y económicamente.

Relacionado con esto último, y precisamente con respecto al *tamaño y segmentación* de la muestra, los estudios con el PITEC contienen, en su gran mayoría, entre 3.143 y 11.750 empresas, mientras que los tamaños de las encuestas elaboradas y lanzadas por los autores son claramente inferiores (entre 46 y 301 empresas). Por otro lado, aunque casi todos los estudios analizan datos de empresas, hay algunas excepciones que lo hacen también utilizando datos de sectores (Del Río, Tarancón y Callejas, 2011; Costa-Campi, García-Quevedo y Martínez-Ros, 2017). Finalmente, en algunos artículos se segmenta la muestra para analizar si los mismos determinantes y barreras afectan de forma diferente a distintos tipos

de EI o de empresas ecoinnovadoras. Por ejemplo, Del Río, Romero-Jordán y Peñasco (2017) segmentan la muestra total en dos opciones con respecto a cuatro categorías: tamaño de las empresas (grande/pequeño), edad de las empresas (nuevas/antiguas), si las EI son nuevas para la empresa o nuevas para el mercado y si se trata de EI de producto o de proceso. Los autores muestran que, en efecto, existen algunas diferencias importantes en la influencia de los determinantes y barreras por grupos de empresas ecoinnovadoras y/o ecoinnovaciones.

Con respecto a las *variables incluidas* en los análisis cuantitativos, los modelos econométricos utilizan tres tipos de variables explicativas para recoger los determinantes y barreras mencionados en la introducción (factores internos a la empresa, factores externos a la empresa y características de la EI). Los primeros análisis en la literatura en general (no específicamente la de los estudios sobre España) destacaban la importancia de los factores externos, y en particular de la regulación, dejando los aspectos internos a un lado (véase Del Río, 2009). Sin embargo, los aspectos internos han ido ganando peso y hoy en día tienen una posición preeminente, lo que se refleja en la inclusión de las variables correspondientes en los modelos econométricos (véase Del Río, Peñasco y Romero-Jordán, 2016). Este ha sido también el caso de los estudios en España que incluyen varios de estos aspectos y, en particular, la capacidad innovadora de la empresa (stock de conocimiento), su estrategia empresarial ambiental y sus recursos financieros. Sin embargo, las características de las tecnologías no han recibido el mismo grado de atención (con las excepciones de los casos de segmentación de muestra mencionados).

Esta importancia concedida tanto a los factores externos como internos se refleja en los *resultados* de los modelos, en los que ambos grupos de influencias tienen un efecto positivo en la actitud y comportamiento ecoinnovador de las empresas. Puede esperarse que algunas variables tengan una influencia positiva en la innovación, incluida la EI, pero una cuestión relevante es si puede esperarse que esas variables influyan más en la EI que en las innovaciones en general (es decir, no ambientales). Algunos estudios analizan esta cuestión, evaluando los determinantes a la EI frente a la innovación en general (Cainelli, De Marchi y Grandinetti, 2015; Del Río, Peñasco y Romero-Jordán, 2015; de Marchi, 2012) y muestran una mayor importancia de los recursos internos (en particular la capacidad de innovación interna I+D y los recursos financieros) y la cooperación para la EI que para las otras innovaciones. No obstante, en Cuerva, Triguero-Cano y Córcoles (2014), las capacidades tecnológicas, como el gasto en I+D, fomentan la innovación convencional, pero no la ecoinnovación.

Muchos otros autores destacan la importancia de las capacidades internas en innovación, la estrategia empresarial (la importancia concedida a la protección ambiental por parte de la empresa, la existencia de sistemas de gestión ambiental en la empresa) y la cooperación para la EI (Rabadán, Triguero y González-Moreno, 2020; Kiefer, Del Río y Carrillo-Hermosilla, 2019; Costa-Campi, García-Quevedo y Martínez-Ros, 2017). Las variables internas de la empresa juegan un importante papel en la EI, así como, de forma particular, la existencia de capacidades tecnológicas previas. Así, la acumulación de inversiones previas en I+D, la calidad de los recursos humanos de la empresa y el hecho de que la empresa sea innovadora en general (es decir, no solo en lo ambiental) incrementan la propensión a ecoinnovar.

En este contexto, varios artículos analizan el tema de la persistencia en la innovación o dependencia de la senda como determinante de la EI (Kiefer, Del Río y Carrillo-Hermosilla, 2019; Sáez Martínez, Díaz-García y González-Moreno, 2016; Segarra-Oña y Peiró-Signes, 2013; Jove-Llopis y Segarra-Blasco, 2018). Por ejemplo, Jove-Llopis y Segarra-Blasco (2018) muestran que las EI son muy persistentes a nivel de empresa: el comportamiento ecoinnovador pasado tiene una clara importancia para explicar la orientación ecoinnovadora actual de las empresas. Sáez, Martínez Díaz-García y González-Moreno (2016) identifican inercia o «dependencia de la senda» en el desarrollo de EI, pues una capacidad elevada de innovación da lugar a EI adicional en el futuro. De forma similar, Segarra-Oña y Peiró-Signes (2013) muestran que las empresas de servicios más ecoinnovadoras son aquellas que mejor y más han evolucionado en sus estrategias de innovación.

Un resultado consistente entre distintos estudios es que la cooperación entre la empresa y otros actores (instituciones de investigación y actores de mercado) tiene una considerable influencia en la actitud ecoinnovadora de las empresas. Con respecto a los factores externos, existe un acuerdo generalizado sobre la importancia de las políticas públicas, ya sean políticas ambientales o de innovación, en la actitud ecoinnovadora de las empresas.

Sin embargo, la influencia del tirón de mercado o *market pull* (y, en particular, el papel de los consumidores) difiere entre los estudios. Para algunos existe una influencia clara (siendo la existencia de ese tirón un determinante y su ausencia una barrera importante), aunque esa influencia no existe para otros. Por ejemplo, Jove-Llopis y Segarra-Blasco (2018) muestran que los factores de mercado no son un determinante clave de las empresas ecoinnovadoras. Para Del Río, Peñasco y Romero-Jordán (2015), el mercado no suministra un tirón de la demanda para ecoinnovar, ni el doméstico ni el exterior. Del Río (2005) muestra que, entre los factores menos determinantes para la adopción de EI tecnológicas, están la penetración en nuevos mercados y el incremento de ingresos. Sin embargo, Arranz *et al.* (2019) si identifican la incertidumbre sobre la demanda de bienes y servicios ecoinnovadores y la saturación del mercado como obstáculos a la EI en la empresa. De forma similar, Segarra-Oña *et al.* (2011a, 2011b) muestran que la apertura al mercado es una de las variables que influyen de manera significativa en la orientación hacia la EI de las empresas. La falta de interés del cliente en los aspectos ambientales es una de las barreras más importantes para la implantación de prácticas de economía circular en el estudio de Ormazábal *et al.* (2018).

Tampoco parece que el tirón de la demanda como determinante de la EI venga del exterior, sino más bien al revés. De Marchi (2012) concluye que las empresas exportadoras serían menos proclives a involucrarse en procesos de desarrollo de innovaciones ambientales, resultado en línea con Del Río, Tarancón y Callejas (2011). Para Peñasco, Del Río y Romero-Jordán (2017) vender fuera del país no incrementa la probabilidad de ser más ecoinnovador. Sin embargo, para Triguero, Cuerva y Álvarez-Aledo (2017), la orientación al mercado internacional si influye positivamente en la adopción de EI.

Tampoco parece existir acuerdo sobre la influencia de las reducciones de costes como determinante de la EI, aunque puede advertirse cierto efecto positivo en este sentido. Para Segarra-Oña *et al.* (2014), las empresas orientadas a la protección ambiental se caracterizan por estar orientadas a la reducción de costes o al desarrollo de nuevos productos o nuevos mercados. Para Del Río, Peñasco y Romero-Jordán (2015), los ahorros de costes incentivan la EI, pero no son un determinante diferenciador de la EI en España con respecto a la innovación en general. Del Río (2005) muestra que, entre los factores menos importantes para la adopción de EI tecnológicas, se encuentra el ahorro de costes.

Los determinantes a la EI no solo pueden ser diferentes para empresas de sectores distintos, sino que su importancia también puede variar en función de las características de las empresas ecoinnovadoras y de las propias tipologías de EI. Con respecto a las primeras, una característica estructural importante de la empresa como determinante de la EI es el tamaño. Existe un consenso en la literatura sobre el hecho de que las empresas más grandes son las que más ecoinnovan. Del Río, Romero-Jordán y Peñasco (2017) muestran que las capacidades de innovación internas, la implicación en flujos de conocimiento externo y la cooperación tienen una especial influencia en que las pequeñas empresas ecoinnoven, en contraste con las empresas grandes. Por su parte, las nuevas empresas no son más ecoinnovadoras.

Con respecto a los distintos tipos de EI, Del Río, Tarancón y Callejas (2011) muestran que los determinantes de las inversiones en EI tecnológicas difieren por tipos de tecnologías ambientales (limpias vs. final de tubería). Del Río (2005) muestra que la regulación es el principal factor determinante de las tecnologías de final de tubería, mientras que el ahorro de costes es un importante determinante de la adopción de tecnologías limpias incrementales y la regulación y el incremento de ventas o exportaciones es un factor fundamental en las tecnologías limpias radicales. Del Río, Romero-Jordán y Peñasco (2017) muestran que las capacidades de innovación internas son también un determinante de las EI nuevas para el mercado frente a las EI que son nuevas solo para la empresa. Sin embargo, estos autores concluyen que, al contrario de lo que cabría esperar, no existen determinantes diferentes para las EI de producto frente a las de proceso. La reducción de costes de energía y materiales y la regulación ambiental influyen en ambos tipos de EI, mientras que el tirón de la demanda (mercado) está ausente en las dos.

Finalmente, mientras que, como se ha mostrado, existe una abundante literatura empírica sobre los determinantes y barreras a la ecoinnovación, hay pocos análisis en España que hayan examinado el impacto de la ecoinnovación sobre variables empresariales clave, como son el empleo, la productividad o, en general, la competitividad empresarial.

IV. POLÍTICAS DE FOMENTO DE LA ECOINNOVACIÓN EN ESPAÑA

En España, tal como se ha puesto de manifiesto en la sección anterior, ha sido frecuente la utilización de diferentes instrumentos de políticas públicas de fomento de la ecoinnovación. Este es un rasgo común en los países europeos y existe un amplio consenso sobre la importancia y necesidad de dichas políticas y para conseguir la transición a una economía verde. Asimismo, se ha puesto de manifiesto que el apoyo público es incluso más importante que para el fomento de la innovación en general.

Ello se debe a la existencia de rasgos diferenciales de la ecoinnovación que justifican la actuación de las políticas públicas. En particular, la ecoinnovación se caracteriza por la existencia de una doble externalidad: la externalidad medioambiental y el fallo de mercado en la generación de conocimiento (Jaffe y Stavins, 2005). Además de esta justificación para la intervención pública, que se apoya en la existencia de fallos de mercado, otras aproximaciones (Del Río, Carrillo-Hermosilla y Könnölä, 2010) han puesto el énfasis en la existencia de fallos sistémicos y en la presencia de barreras a la innovación.

Las políticas públicas han utilizado un amplio número de instrumentos que se pueden clasificar con distintos criterios. Así, se ha distinguido entre instrumentos del lado de la demanda (*demand-pull*) como la regulación o las compras públicas, de los que impulsan la oferta (*supply-push*), como son las subvenciones a la I+D. Otra distinción habitual es entre los denominados instrumentos de *command and control* (por ejemplo, regulaciones y determinación de estándares o límites) y los de mercado (*market-based*) como son los impuestos, las subvenciones, los incentivos fiscales y el comercio de derechos de emisión de especial importancia en la Unión Europea. Parece preferible combinar diferentes tipos de instrumentos, así como utilizar también medidas más generalistas y otras de aplicación más sectorial, dando lugar a lo que comúnmente se ha denominado como un «policy mix» (Rogge y Reichardt, 2016; Greco *et al.*, 2020).

Existe un cierto consenso en que la regulación medioambiental, de acuerdo con la hipótesis de Porter, tiene efectos positivos sobre la innovación (Ambec *et al.*, 2013). En general, como se ha señalado, se ha destacado la importancia de las políticas públicas para el fomento de la ecoinnovación, política que se apoya en sólidos argumentos teóricos. Sin embargo, la evidencia empírica no es concluyente. En este sentido, se ha puesto de manifiesto la importancia de combinar instrumentos como la regulación medioambiental y las subvenciones a la I+D (Acemoglu *et al.*, 2012). En general, la eficacia de las políticas, y de sus instrumentos, depende de que sean capaces de activar los determinantes a la ecoinnovación o mitigar las barreras a la misma mencionadas en la sección anterior

En España, tal como se ha presentado en la revisión de la literatura empírica, un amplio número de trabajos sobre los determinantes y barreras a la ecoinnovación han incluido variables para examinar el efecto de las políticas públicas. Los dos instrumentos más analizados en las estimaciones econométricas han sido la regulación y las subvenciones.

Por lo que se refiere a la regulación, la mayoría de los estudios empíricos (por ejemplo, Del Río *et al.*, 2013; Peñasco, Del Río y Romero-Jordán, 2017; Costa-Campi, García-Quevedo y Martínez-Ros, 2017; Jové-Llopis y Segarra-Blasco, 2018) muestran que tiene un efecto positivo sobre la ecoinnovación. Estos resultados coinciden con la evidencia internacional (Ambec *et al.*, 2013).

Los trabajos aplicados permiten también profundizar en determinadas características de los efectos de la regulación ambiental sobre la ecoinnovación. En concreto, Del Río *et al.* (2013) enfatizan la importancia de las políticas públicas para el impulso de las tecnologías medioambientales y concluyen que la regulación es más importante para el fomento de la ecoinnovación que para la innovación en general (Del Río *et al.*, 2013). Además, ponen de manifiesto que la regulación tiene un efecto más importante que las subvenciones, cuando estas tienen un efecto positivo, en la ecoinnovación.

Del Río, Romero-Jordán y Peñasco (2017) también muestran que la regulación ambiental favorece la ecoinnovación tanto en empresas pequeñas como grandes y de cualquier edad. Asimismo, este efecto favorable tiene lugar en todo tipo de empresas innovadoras, tanto si son de producto como de proceso y si esas innovaciones son nuevas para la empresa o para el mercado. Sin embargo, Jové-Llopis y Segarra-Blasco (2020) muestran que la regulación tiene efectos positivos en el caso de las empresas manufactureras, pero no así para las empresas de servicios. Los autores argumentan que las actividades de servicios están menos sujetas a la

regulación medioambiental debido a sus, en general, menores efectos contaminantes.

Por su parte, los análisis de los efectos de las subvenciones en España no permiten llegar a resultados concluyentes sobre su eficacia para impulsar la ecoinnovación empresarial. Estos análisis se enfrentan a las limitaciones de información y, en particular, a la dificultad de disponer de datos sobre las subvenciones específicamente orientadas al fomento de las tecnologías medioambientales. Por ello, a menudo, se han utilizado como indicadores las subvenciones destinadas al fomento de la innovación en general.

Jové-Llopis y Segarra-Blasco (2018), en un análisis sobre los determinantes de las ecoinnovaciones incluyen, entre las variables explicativas, las subvenciones regionales, nacionales o internacionales, sin obtener efectos positivos en ninguno de los casos. Sin embargo, en el análisis de Peñasco, Del Río y Romero-Jordán (2017) se apunta que las subvenciones nacionales impulsan en mayor medida las ecoinnovaciones que las ayudas internacionales, aunque los resultados no son totalmente concluyentes. Por su parte, Del Río, Romero-Jordán y Peñasco (2017) muestran que las subvenciones solo tienen efectos positivos para determinados colectivos de empresas, las de tamaño pequeño y de más edad. Finalmente, los análisis (Tchórzewska, 2020) con el uso de información sobre subvenciones destinadas directamente al fomento de las tecnologías medioambientales muestran que sí tienen efectos positivos sobre las inversiones en este tipo de tecnologías, pero no fomentan la I+D medioambiental.

En España, se han utilizado también otro tipo de instrumentos para el fomento de la ecoinnovación y de las inversiones en tecnologías medioambientales como son los incentivos fiscales y la imposición medioambiental. En un trabajo reciente (Tchórzewska, 2020) se examinan sus efectos. En España, se introdujo en 1996 un incentivo fiscal, en forma de deducción en el impuesto de sociedades (deducción del 10 por 100 del volumen de inversión). En 2006 se anunció una disminución progresiva en el porcentaje de deducción con el objetivo de eliminar este incentivo en enero de 2011. Sin embargo, y de forma inesperada, en marzo de 2011 se reintrodujo este incentivo fiscal durante cuatro años más (deducción del 8 por 100) como una de las medidas para afrontar los efectos de la crisis financiera en los sectores industriales. Los resultados del análisis de Tchórzewska (2020) muestran que este incentivo fiscal tuvo, en general, éxito en el fomento de la inversión en tecnologías medioambientales.

Por su parte, los impuestos medioambientales han sido progresivamente introducidos por la mayoría de los Gobiernos de las comunidades autónomas. Las valoraciones realizadas sobre la imposición medioambiental en España han destacado su escaso peso, que se sitúa claramente por debajo de la media europea. Sus ingresos representan el 1,8 por 100 del PIB en España frente al 2,4 por 100 en la Unión Europea (Comisión Europea, 2019). Además, su diseño tiene carencias notables y sus efectos en la reducción de la contaminación medioambiental han sido muy limitados (Gago *et al.*, 2019; Labandeira, Labeaga y López-Otero, 2019). El análisis empírico de Tchórzewska (2020) sobre sus efectos en la inversión empresarial en tecnologías medioambientales coincide con estas valoraciones y pone de manifiesto que, en efecto, sus impactos han sido muy modestos. Únicamente en los casos de impuestos de cuantía elevada y cuando han sido utilizados en combinación con subvenciones han permitido impulsar la inversión empresarial en tecnologías verdes.

En síntesis, la revisión de la literatura empírica sobre los efectos de las políticas públicas en el fomento de la ecoinnovación en España muestra que la regulación ha impulsado este tipo de innovaciones mientras que, para las subvenciones, la evidencia no es concluyente. Por su parte, la imposición medioambiental no parece estar teniendo efectos significativos sobre la introducción de tecnologías medioambientales.

Estos análisis se han enfrentado, como se ha señalado, a las dificultades de disponer de información precisa sobre los instrumentos de política pública. Además, debe destacarse que no son análisis estrictamente de evaluación de los efectos causales de las políticas públicas por lo que se enfrentan a los problemas habituales de sesgo de selección y endogeneidad y sus conclusiones deben tomarse con cautela. Finalmente, existe, salvo muy limitadas excepciones, una carencia importante en los análisis que examinen la complementariedad de los diferentes instrumentos y, en general, del estudio del coste de oportunidad del apoyo público a la ecoinnovación.

V. CONCLUSIONES

Existen importantes desafíos medioambientales en los que la ecoinnovación tiene un papel muy relevante: mitiga problemas y favorece la sostenibilidad económica. Su introducción puede permitir compatibilizar la protección ambiental y la competitividad empresarial.

En comparación con los países europeos, la situación de España no es particularmente favorable. De acuerdo con el índice de ecoinnovación, es un país intermedio en ecoinnovación (undécima posición). La evolución en los últimos años de los distintos componentes que forman este índice no pone de manifiesto un proceso de acercamiento a los países líderes, aunque tampoco una pérdida de posiciones. Las inversiones en ecoinnovación y los resultados socioeconómicos tienen una clara tendencia a la baja comparado con las actividades o los resultados de eficiencia de los recursos que presentan una cierta recuperación a partir de 2016. España es líder en certificaciones ISO14001 lo que provoca que las actividades tengan también un papel relevante en el índice.

La evaluación de la posición de España requiere conocer los determinantes y las barreras a la ecoinnovación. Por ello, se ha llevado a cabo una revisión de la abundante literatura empírica en España sobre esta cuestión. En los modelos econométricos revisados se muestra la importancia de tres tipos de determinantes y barreras en la EI en España (factores internos a la empresa, características de la EI y factores externos a la empresa).

Con respecto a los factores internos, los resultados de la revisión muestran que los recursos internos (en particular la capacidad de innovación interna I+D y los recursos financieros) y la cooperación para la EI juegan un papel más importante en la EI que en otras innovaciones. La acumulación de inversiones previas en I+D, la calidad de los recursos humanos de la empresa y el hecho de que la empresa sea innovadora en general (es decir, no solo en lo ambiental) incrementan la propensión a ecoinnovar. Los determinantes a la EI no solo pueden ser diferentes para empresas de sectores distintos, sino que su importancia también puede variar en función de las características de las empresas ecoinnovadoras (y, en particular, del tamaño empresarial) y de las propias tipologías de EI.

Con respecto a los factores externos, existe un acuerdo generalizado sobre la importancia de las políticas públicas, ya sean políticas ambientales o de innovación, en la actitud ecoinnovadora de las empresas. Sin embargo, la influencia del tirón de mercado o *market pull* (y, en particular, el papel de los consumidores) y la influencia de las reducciones de costes como determinante de la EI difiere entre los estudios.

Los análisis sobre las políticas públicas en España muestran que la regulación ha tenido efectos positivos mientras que para las subvenciones y la imposición medioambiental la evidencia no es concluyente. Reforzar la actuación de las políticas públicas requiere utilizar diferentes instrumentos, para afrontar la doble externalidad propia de la ecoinnovación, y tener presente la complementariedad que existe entre los mismos.

Las acciones más recientes y relevantes en España son las incluidas en la Estrategia Nacional de Economía Circular que se basan en la mejora del diseño y producción de productos con un uso eficiente de los recursos, mejorar la gestión de residuos, mejora en la reutilización del agua, así como fomentar acciones de formación del empleo en habilidades relacionadas con el medio ambiente.

Dichas acciones son un paso en el buen sentido, pero son necesarios más esfuerzos para impulsar la ecoinnovación en España. Los fondos europeos aprobados para la recuperación económica constituyen una oportunidad para mejorar nuestro retraso endémico en inversión en I+D e innovación en general, fuente principal de mejoras en productividad y competitividad empresarial. Las políticas públicas deben ser un acelerador hacia la transición a una economía más verde mediante estímulos tradicionales por parte de la oferta, pero asumiendo también que no va a poder implementarse sin un avance en la fiscalidad ambiental, en la línea de una reforma fiscal ecológica.

NOTAS

(*) Los autores agradecen el apoyo de la Cátedra de Sostenibilidad Energética (Instituto de Economía de Barcelona, Universidad de Barcelona) y del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (RTI2018-100983-B-I00, PGC2018-096316-B-I00, MCIU/AEI/FEDER). Ester Martínez-Ros agradece el apoyo de la Comunidad de Madrid (Programa Excelencia para el Profesorado Universitario, convenio con Universidad Carlos III de Madrid, V Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica).

(1) Disponible en https://ec.europa.eu/environment/ecoap/scoreboard

BIBLIOGRAFÍA

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. y Hemous, D. (2012). The environment and directed technical change. *American Economic Review*, 102(1), pp. 131-166.

Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S. y Lanoie, P. (2013). The Porter hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy,* 7, pp. 2-22.

Arranz, N., Arroyabe, M. F., Molina-García, A. y De Arroyabe, J. F. (2019). Incentives and inhibiting factors of eco-innovation in the Spanish firms. *Journal of Cleaner Production*, 220, pp. 167-176.

Cainelli, G., De Marchi, V. y Grandinetti, R. (2015). Does the development of environmental innovation require different resources? Evidence from Spanish manufacturing firms. *Journal of Cleaner Production*, 94, pp. 211-220.

Carrillo-Hermosilla, J., Del Río, P. y Könnölä, T. (2009). *Eco-Innovation: When Sustainability and Competitiveness Shake Hands*. Hampshire: Palgrave Macmillan.

Comisión Europea (2013). *Eco-innovation. The key to Europe's future competitiveness*.

Comisión Europea (2019). *The EU Environmental Implementation Review 2019. Country Report – SPAIN*. Brussels, 132 final.

Costa-Campi, M. T, García-Quevedo, J. y Martínez-Ros, E. (2017). What are the determinants of investment in environmental R&D? *Energy Policy,* 104, pp. 455-465.

Cuerva, M. C., Triguero-Cano, Á. y Córcoles, D. (2014). Drivers of green and non-green innovation: empirical evidence in Low-Tech SMEs. *Journal of Cleaner Production,* 68, pp. 104-113.

De Marchi, V. (2012). Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research Policy*, 41, pp. 614-623.

Del Río, P. (2005). Analysing the factors influencing clean technology adoption: a study of the Spanish pulp and paper industry. *Business Strategy and the Environment,* 14, pp. 20-37.

Del Río, P., Carrillo-Hermosilla, J. y Könnölä, T. (2010). Policy strategies to promote eco-innovation. An integrated framework. *Journal of Industrial Ecology,* 14(4), pp. 541-557.

Del Río, P., Tarancón, M. A. y Callejas, F. (2011). Analysing the determinants of environmental technology investments. A panel-data study of Spanish industrial sectors. *Journal of Cleaner Production,* 19, pp. 1170-1179.

Del Río, P., Peñasco, C. y Romero-Jordán, D. (2015). Distinctive features of environmental innovators: an econometric analysis. *Business Strategy and the Environment*, 24(6), pp. 361-385.

Del Río, P., Peñasco, C. y Romero-Jordán, D. (2016). What drives eco-innovators? A critical review of the empirical literature based on econometric methods. *Journal of Cleaner Production,* 112, pp. 2158-2170.

Del Río, P., Peñasco, C. y Romero-Jordán, D. (2017). Analysing firm-specific and type-specific determinants of eco-innovation. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(2), pp. 270-295.

Del Río, P., Kiefer, C., Carrillo-Hermosilla y J., Könnölä, T. (2021). *The Circular Economy: Economic, managerial and policy implications*. Springer.

EIO (2012a). *Eco-innovation Observatory: Methodological Report*. Bruselas: Comisión Europea. Disponible en: www.eco-innovation.eu/

EIO (2012b). *Country profile 2011: Spain*. Bruselas: Comisión Europea. Disponible en: www.ecoinnovation.eu/Spain

Gago, A., Labandeira, X., Labeaga, J. M. y López-Otero, X. (2019). Impuestos energético-ambientales, cambio climático y federalismo fiscal en España. *Ekonomiaz. Revista Vasca de Economía,* 95(1), pp. 275-290.

García-Pozo, A., Gemar, G y Sevilla-Sevilla, C. (2016). Determinants of eco-innovation: comparative analysis of the industrial and services sectors. *Environmental Engineering and Management Journal,* 15(7), pp. 1473-1479.

Gobierno de España (2020). *España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular*.

Gobierno de España (2021a). *Directrices generales de la Estrategia de Desarrollo Sostenible*. Martes 2 de marzo de 2021. https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/Paginas/enlaces/020321-enlace-sostenible.aspx

Gobierno de España (2021b). España 2050. *Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf

Greco, M., Germani, F., Grimaldi, M. y Radicic, D. (2020). Policy mix or policy mess? Effects of cross-instrumental policy mix on eco-innovation in German firms. *Technovation.* https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102194

Jaffe, A. B. y Stavins, R. N. (1994). The energy-efficiency gap. What does it mean? *Energy Policy*, 22, pp. 804-810.

Jové-Llopis, E. y Segarra-Blasco, A. (2018). Eco-innovation strategies: A panel data analysis of Spanish manufacturing firms. *Business Strategy and the Environment*, 27(8), 1209-1220.

Jové-Llopis, E. y Segarra-Blasco, A. (2020). Why does eco-innovation differ in service firms? Some insights from Spain. *Business Strategy and the Environment*, 29, pp. 918-938.

Kiefer, C., Del Río, P. y Carrillo-Hermosilla, J. (2019). Drivers and barriers of eco-innovation types for sustainable transitions: A quantitative perspective. *Business Strategy and the Environment,* 28(1), pp. 155-172.

Labandeira, X., Labeaga, J. M. y López-Otero, X. (2019). New Green Tax Reforms: Ex-Ante Assessments for Spain. *Sustainability,* 11(20), 5640.

Martínez-Pérez, A., García-Villaverde, P. y Elche, D. (2015). Eco-innovation antecedents in cultural tourism clusters: External relationships and explorative knowledge. *Innovation: Organization & Management*, 17(1), pp. 41-57.

Marzucchi, A. y Montresor, S. (2017). Forms of Knowledge and Eco-Innovation Modes: Evidence from Spanish Manufacturing Firms. *Ecological Economics,* 131, pp. 208-221.

Navarro, A., Puig, R., Kiliç, E., Penavayre, S. y Fullana-I-Palmer, P. (2017). Eco-innovation and benchmarking of carbon footprint data for vineyards and wineries in Spain and France. *Journal of Cleaner Production*, 142, pp. 1661-1671.

OCDE (2009). *Sustainable manufacturing and eco-innovation. Framewok, practices and measurement*. Synthesis report. París.

Ormazábal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R. y Jaca, C. (2018). Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production,* 185, pp. 157-167.

Peñasco, C., Del Río, P. y Romero-Jordán, D. (2017). Analysing the role of international drivers for eco-innovators. *Journal of International Management,* 23(1), pp. 56-71.

Portillo-Tarragona, P., Scarpellini, S. y Marín-Vinuesa, L. M. (2019). Drivers for eco-innovation in firms: an exploratory study in Spain. *International Journal of Business and Globalisation*, 22(4), pp. 618-637.

Rabadán, A., Triguero, A. y González-Moreno, A. (2020). Cooperation as the Secret Ingredient in the Recipe to Foster Internal Technological Eco-Innovation in the Agri-Food Industry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2588.

Rogge, K. y Reichardt, K. (2016). Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. *Research Policy*, 45(8), pp. 1620-1635.

Sáez-Martínez, F., Díaz-García, C. y González-Moreno, A. (2016). Firm technological trajectory as a driver of eco-innovation in young small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 138, pp. 28-37.

Scarpellini, S., Valero-Gil, J., Moneva, J. M. y Andreaus, M. (2020). Environmental management capabilities for a circular eco-innovation. *Business Strategy and the Environment*, 29(5), pp. 1850-1864.

Segarra-Oña, M., Peiró-Signes, A., Albors-Garrigós, J. y Miret-Pastor, L. (2011a). Impact of Innovative Practices in Environmentally Focused Firms: Moderating Factors. *International Journal of Environmental Research*, 5(2), pp. 425-434.

Segarra-Oña, M., Peiró-Signes, A., Miret-Pastor, L. M. y Albors-Garrigós, J. (2011b). ¿Eco-innovación, una evolución de la innovación? Análisis empírico en la industria cerámica española. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 50(5), pp. 253-260.

Segarra-Oña, M. y Peiró-Signes, A. (2013). Eco-innovation determinants in service industries. *Dirección y Organización,* 50, pp. 5-16.

Segarra-Oña, M., Peiró-Signes, Mondéjar-Jiménez, J. y Vargas-Vargas, M. (2014). Service vs. manufacturing: How to address more effectively eco-innovation public policies by disentangling the different characteristics of industries. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 27(2), pp. 134-151.

Souto, J. E. y Rodríguez, A. (2015). The problems of environmentally involved firms: innovation obstacles and essential issues in the achievement of environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 101, pp. 49-58.

Tchórzewska, K. (2020). Essays on environmental policy and green investment. PhD thesis in Economics, University of Barcelona. http://hdl.handle.net/10803/670051

Triguero, Á., Cuerva, M. C. y Álvarez-Aledo, C. (2017). Environmental innovation and employment: Drivers and synergies. *Sustainability*, 9(11), 2057.

ROBÓTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL MÁS HUMANAS Y SOSTENIBLES

Jorge VILLAGRA

Centro de Automática y Robótica (CSIC-UPM)

Resumen

La importancia creciente de la inteligencia artificial (IA) y la robótica en nuestra sociedad es ya una realidad indiscutible. Sin embargo, a pesar de los importantes avances obtenidos en la última década, el despliegue de estas tecnologías es ciertamente asimétrico y su omnipresencia en nuestras vidas genera controversia. En este artículo se intentan analizar las claves de la situación actual de estas tecnologías bajo el prisma de la innovación y en perspectiva europea, con un acento final español. El creciente poder de los grandes gigantes tecnológicos y el aparente retraso que Europa tiene respecto a ellos incita a la reflexión sobre las causas de ese desequilibrio y, sobre todo, acerca de una posible estrategia que mejore la competitividad del viejo continente.

Palabras clave: inteligencia artificial, robótica, aprendizaje profundo, gobernanza de datos, innovación tecnológica, estrategia nacional de inteligencia artificial.

Abstract

The growing importance of artificial intelligence (AI) and robotics in our society is already an indisputable reality. However, despite the significant advances made in the last decade the deployment of these technologies is certainly asymmetric and their omnipresence in our lives causes controversy. This article attempts to analyse the keys factors behind the current situation of these technologies in terms of innovation and from a European perspective, with a final Spanish accent. Indeed, the growing power of the big technological giants and Europe's apparent lag behind them prompts reflection on the causes of this imbalance and, above all, on a possible strategy to improve Europe's competitiveness.

Keywords: artificial intelligence, robotics, deep learning, data governance, technological innovation, national strategy on artificial intelligence.

JEL classification: O31.

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años los términos inteligencia artificial (IA) y robótica han irrumpido con fuerza en el lenguaje de la calle y son objeto de discusión desde múltiples perspectivas. La «democratización» de estas tecnologías en el debate público está asociada al crecimiento exponencial de servicios que las usan, tanto en ámbitos profesionales como de consumo personal. Este auge se apoya, sobre todo, en tres grandes pilares: i) la disponibilidad de una cantidad ingente de datos, inimaginable hace solo un par de décadas; ii) la irrupción del *aprendizaje profundo* y sus diferentes variantes; y iii) la aparición de sistemas de computación con capacidades de cálculo paralelo que explotan al máximo las dos circunstancias anteriores.

Este crecimiento de capacidades, visualizado en nuestro día a día a través de espectaculares resultados en aplicaciones tan diversas como el juego Go, el procesamiento natural del lenguaje en herramientas populares como Alexa o Siri, o la percepción y toma de decisiones asociada a la conducción autónoma, genera, sin embargo, controversia.

En efecto, existe en la actualidad una serie de asuntos que orbitan en torno a la relación del humano con la IA y la robótica que inquietan a una parte importante de las sociedades avanzadas. Esa preocupación, si cabe mas acuciante aún en el entorno europeo por el aparente retraso de Europa en relación a los *big players* mundiales, son el punto de partida de este trabajo. En este artículo se aspira a hacer un resumen de la situación actual, a describir las tendencias que se vislumbran a nivel global y a proponer diversos ejes de actuación que: i) minimicen la percepción negativa de estas tecnologías; y ii) posibiliten un posicionamiento estratégico competitivo de Europa en este campo.

II. ¿DE QUÉ ESTAMOS HABLANDO?

Es la actualidad es frecuente oír hablar de inteligencia artificial en entornos tan diversos como los debates políticos, los anuncios de lavadoras o los programas educativos. En algunos casos se aprovecha su potencia como tecnología transformadora para reclamar la exclusividad de un producto: en otros, en cambio, es vista como una seria amenaza, no solo al *status quo,* sino a una evolución sostenible del mercado de trabajo o incluso de la posición central del humano en el mundo que vivimos.

Para poder diagnosticar el estado de la tecnología, evaluar su impacto presente y pronosticar su evolución futura, es necesario definir el alcance de la misma y esbozar una mínima ontología.

John Macarthy, comúnmente conocido como el padre de la IA, escribió en 1983: «Es difícil ser riguroso sobre si una máquina realmente "sabe", "piensa", etc., porque nos resulta difícil definir estas cosas. Comprendemos los procesos mentales humanos solo un poco mejor de lo que un pez comprende la acción de nadar» (Mccarthy, 1983). Esta cita resume la dificultad tradicional para delimitar el ámbito de influencia de la inteligencia artificial. Aún así, unos años después, el propio Macarthy (1998) se atrevió a dar la siguiente definición: «Es la ciencia que se ocupa de diseñar y fabricar máquinas inteligentes, principalmente a través de programas informáticos. Aunque a menudo intenta emular la inteligencia humana, no tiene por qué limitarse a métodos biológicamente observables». De esta visión, que sigue siendo extraordinariamente general, se infieren dos aspectos relevantes:

- la IA no tiene porque vertebrarse únicamente en una app en un móvil o a través de la nube; puede ir embebida en un sistema físico con cierto grado de movimiento en el mundo que le rodea (un robot, de los que se hablará algo más adelante);

- la clave para entender qué diferencia, por ejemplo, una muñeca moderna, que repite sistemáticamente las mismas frases, de un sistema que juega mejor que Gary Kasparov al ajedrez está en el uso de «inteligencia». ¿Y que es inteligencia?

El propio Macarthy, aun confesando su escepticismo sobre una buena definición de inteligencia humana: «No veo que la inteligencia humana sea algo que los humanos puedan llegar a entender», la define de manera general como la capacidad de alcanzar objetivos en el mundo. Para ello, es necesario disponer como mínimo de habilidades en lógica, comprensión del mundo, aprendizaje, razonamiento, planificación y resolución de problemas. En diferentes grados, estos rasgos los comparten muchos animales y algunos programas informáticos. Sin embargo, en la inteligencia humana emergen otras capacidades singulares que todavía están lejos de alcanzarse por las máquinas, y, por tanto, nos mantienen alejados de la singularidad tecnológica (Shanahan, 2015): la autoconciencia, el conocimiento emocional, la creatividad, la inteligencia social o el pensamiento crítico.

Desde principios de los años sesenta del pasado siglo, la comunidad científica ha ido generando conocimiento en relación al primer grupo de habilidades. La producción científica ha tenido altibajos, atravesando incluso dos épocas de desilusión tras grandes expectativas generadas por los avances en años previos (los llamados inviernos de la IA en las décadas de 1970 y 1990). Sin embargo, a mediados de los años 2010, la Universidad de Toronto presenta el primer trabajo sobre *aprendizaje profundo* (Lecun, Bengio y Hinton, 2015) y, desde entonces, los avances no han cesado, no solo en forma de una explosión de resultados y de capacidades, sino, sobre todo, en su despliegue masivo en usos comerciales y profesionales. Desde entonces, los hitos se han ido sucediendo vertiginosamente (*e.g.,* la herramienta de generación automática de contenidos GPT3 o los avances de Waymo en conducción autónoma). Los resultados son tan espectaculares que numerosas empresas de prácticamente todos los sectores se animan a desplegar soluciones inspiradas por esos avances («No pregunte qué está cambiando la IA, pregunte qué no está cambiando la IA», Oliver, 2018). Diversas personalidades influyentes del mundo empresarial e incluso de la política muestran un entusiasmo desbordante e incluso una visión utópica habilitada por la IA. Sin embargo, es necesario matizar que existe una especie de sinécdoque colectiva e inconsciente, puesto que la inmensa mayoría de los avances actuales y de los que llegarán en los próximos años se nutren de la explotación extensiva del *aprendizaje profundo*, que no es más que un tipo de *aprendizaje máquina*, rama de la inteligencia artificial.

III. *APRENDIZAJE PROFUNDO:* ESTADO ACTUAL, LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES

Según Perrault *et al.* (2019), antes de 2012, los resultados de la IA seguían de cerca la ley de Moore, doblándose cada dos años. Después de 2012, la capacidad de cómputo de las redes neuronales (elemento base del *aprendizaje máquina*) se duplica cada 3,4 meses. Ese incremento, sustentado en los crecimientos exponenciales de datos disponibles y en el aumento de la capacidad de cómputo, ha empezado a generar resultados inimaginables hace pocos lustros, generando expectativas impredecibles para los próximos años. Tómense como ejemplos: i) el *Stanford Question Answering Dataset* (Rajpurkar, Jia y Liang, 2018), conjunto de datos relacionados con la comprensión lectora, que consiste en preguntas aleatorias

planteadas sobre un conjunto de artículos de Wikipedia; o ii) el reto VQA que pone a prueba la capacidad de los ordenadores para razonar interpretando imágenes, a través de la visión artificial y del procesado natural del lenguaje. En el primer caso, la máquina superó al humano hace ya dos años; en el segundo, las prestaciones promedio de la IA son en 2021 prácticamente iguales a las del hombre.

Estos datos espectaculares (que, incorrectamente transmitidos, pueden llegar a generar cierto desasosiego) no deben ocultar la realidad compleja sobre la que reposan. En primer lugar, como se ha esbozado anteriormente, la inteligencia se articula en torno a diferentes capacidades; el aprendizaje es una muy importante, pero el resto de ellas no ha emergido (ni se prevé que lo haga en un corto plazo) únicamente a partir de la acumulación masiva de datos y de la mejora de las capacidades de cómputo. En efecto, las muy buenas prestaciones que se consiguen hoy en diferentes *benchmarks* son, casi de manera general, respuestas optimizadas a problemas de reconocimiento de patrones para los que cada algoritmo ha sido entrenado; sin embargo, las máquinas tienen aún muchas dificultades para emular capacidades tan humanas como el razonamiento abstracto, la creatividad, el sentido común o la intuición

Para entender mejor el alcance actual de la IA, es necesario diferenciar primero lo que orbita en torno al aprendizaje artificial y lo que no. Y tener claro además que, dentro del ámbito del primero, existen dos grandes familias de técnicas: el aprendizaje supervisado y el no supervisado. El primero es un enfoque que se caracteriza por el uso de conjuntos de datos etiquetados, diseñados para entrenar algoritmos que clasifiquen datos en categorías o predigan resultados con precisión. El segundo analiza y agrupa conjuntos de datos no etiquetados, descubriendo patrones ocultos en los datos sin necesidad de intervención humana. Aunque el aprendizaje no supervisado tiene usos de gran valor (*e.g.,* detección de fraude, aplicaciones genómicas), el momento de esplendor actual de la IA reposa en los resultados obtenidos aplicando los principios de las redes neuronales profundas (llamados así por su gran dimensión con respecto a las existentes desde los años setenta) al problema del aprendizaje supervisado. Sin embargo, el aprendizaje máquina en general, y el supervisado en particular, tiene aún importantes retos por resolver (Hagendorff y Wezel, 2020):

– Muchos algoritmos de aprendizaje son inflexibles: antes de poder utilizar las aplicaciones de aprendizaje máquina (y en particular supervisado), es necesario entrenar los algoritmos correspondientes con una serie de datos relevantes, lo que conduce a una especialización de esos algoritmos. Como consecuencia de lo anterior, el simple hecho de cambiar un color, de modificar una regla en un juego o de omitir letras en los textos, puede dar lugar a un procesamiento automático incorrecto de los objetos o características correspondientes (Rusu *et al*., 2016).

– Las aplicaciones de IA a menudo carecen de explicación: es bien conocido tanto en la comunidad del aprendizaje máquina como en la industria que aspira a servirse de estos algoritmos que los algoritmos utilizados se comportan como una caja negra (Pasquale, 2015), a menudo impredecible, que además dista mucho de ser transparente para la trazabilidad de posibles errores y la atribución de las consecuentes responsabilidades. En efecto, las aplicaciones que operan en tiempo real y se reajustan constantemente debido a nuevas entradas pueden producir resultados ininteligibles, y en el caso de operar en entornos de seguridad crítica, producir daños irreparables tanto materiales como humanos.

– Los datos que utilizan los sistemas de IA no siempre representan correctamente la realidad: este desajuste puede aparecer por datos poco fiables, basados en medidas erráticas, falseados o, muy habitualmente, porque, aunque los datos no tengan ninguno de los problemas previos, se almacenen siguiendo pautas con un claro sesgo. Según Northcutt, Athalye y Mueller (2021), los diez conjuntos de datos públicos más utilizados hoy para aprendizaje incluyen un número no despreciable de etiquetas erróneas, lo que está generando un aprendizaje claramente distorsionado. Ese sesgo puede tener diferentes orígenes, que van desde la mala selección de muestras a un volumen inapropiado o descontextualizado, pasado por mecanismos que generan los datos por deducción y no por inducción, dando lugar a información inapropiada.

– El aprendizaje máquina perpetúa el pasado: los algoritmos sobre los que reposan estas técnicas solo pueden operar a partir de los datos existentes, extrapolando patrones apropiados a lo largo de líneas prede-

finidas. Dicho de otro modo, la máquina suele identificar muy bien lo que ya está dado, pero le cuesta reflejar en sus salidas lo que podría o debería ser. Existen contraejemplos aparentes a esta dificultad para adaptarse a nuevos contextos, como la creatividad computacional (Elgammal *et al*., 2017), Sin embargo, en ese caso, las estrategias adoptadas reposan sobre lo que conocemos como «redes creativas adversas», que se basan en última instancia en patrones, características, estructuras, etc., que ya prevalecen en el mundo. Este fenómeno, además de limitar las capacidades de razonamiento abstracto, es problemático porque en cierto modo perpetúa lo existente (Barocas y Selbst, 2016).

– El pensamiento humano es muy diferente al de una máquina inteligente: las redes neuronales más sofisticadas en la actualidad, con más de mil millones de interconexiones, solo representan un diminuto milímetro cúbico de tejido cerebral. Por otro lado, los métodos estadísticos que sirven de sustrato a las redes neuronales artificiales se alejan en muchos aspectos de los conceptos biológicos de pensamiento, comprensión o aprendizaje. En efecto, cuando se habla de *software* de «reconocimiento» de rostros, sería más preciso decir «conjunto de valores de píxeles que a menudo se correlacionan bien con la presencia de rostros en los datos de entrenamiento que se recogen en el detector» (Elish y Boyd, 2018), porque los ordenadores no «reconocen», «saben» o «aprenden» realmente lo que es un rostro. Esta clara diferencia, que visibiliza las limitaciones de la IA actual, se hace aún mas evidente en escenarios específicos, como el de las ilusiones ópticas, absolutamente indescifrables e irreproducibles para las máquinas. Así pues, tanto la idea de modelar un cerebro a través de *software* como la de replicar estructuras neuronales parecen tener ante sí un largo camino por recorrer.

Todos estos desafíos ponen en evidencia una gran oportunidad de explotar las capacidades actuales, y sobre todo las venideras, en diferentes direcciones. Para entender mejor esas posibilidades, es conveniente explorar el valor del dato en el contexto actual, así como las posibilidades de promover un cambio de paradigma en torno a su uso. Esa posible alternativa buscaría no solo ahuyentar ciertos temores respecto al descontrolado impacto de la IA en nuestro mundo, sino que fomentaría el desarrollo de una nueva economía que, explorando algunos de los retos actuales de la IA, permitiese legitimar su uso desde una perspectiva más sostenible. Las próximas tres secciones aspiran a dibujar el escenario actual desde diferentes ángulos, incidiendo en los aspectos más ligados a la aceptación presente y futura de la tecnología por parte del ciudadano, para retomar después alguna de las áreas de mejora enunciadas en esta sección desde un enfoque propositivo de actuación transversal.

IV. ECONOMÍA DE LO INTANGIBLE

El incesante crecimiento de los datos de los que disponemos –habilitado por el uso masivo de aplicaciones en la nube y del Internet de las Cosas– ha permitido al aprendizaje máquina en general, y al *aprendizaje profundo* en particular, aportar un gran valor tanto a los consumidores, a través de numerosos servicios, como a las nuevas formas de negocio asociado a ese tráfico de datos. Y lo ha hecho de una forma nunca vista antes, tanto en forma como en intensidad: es, sin duda, un ingrediente fundamental de lo que conocemos como la economía de lo intangible.

Tal como recoge el informe COTEC (2019), los activos intangibles son característicos de la economía del conocimiento e invertir en ellos contribuye a aumentar la productividad y la calidad de vida. Sin embargo, aún no están convenientemente recogidos ni en las estadísticas macroeconómicas oficiales, ni a nivel microeconómico en los libros empresariales. Si se analiza la evolución de la economía mundial en los últimos cuarenta años, parece claro que, aunque la pobreza tiende a reducirse, la desigualdad no para de crecer (Mazzucato, 2021). Las razones de este fenómeno son múltiples y se pueden explicar desde diferentes perspectivas; una de las más utilizadas tiene que ver con la robotización de muchos puestos de trabajo y su impacto (aparentemente) negativo en el empleo. Este aspecto se comentará mas en detalle en la sección siguiente, pero sí que es importante destacar aquí una tendencia innegable hacia la especialización, generando brechas importantes entre los empleos que demandan de fuertes competencias en IA y aquellos de bajo valor añadido. Esta no parece que sea la única fuerza que esté generando los desequilibrios mundiales que se observan, pero sí puede ser consecuencia de una dinámica de inversión asimétrica en la I+D, en el *software* o en otros activos inmateriales ligados a la propiedad intelectual (Haskel y Westlake, 2017).

Las diez empresas con mayor facturación del mundo en 1975 fabricaban bienes de servicio –principalmente automóviles– o extraían petróleo. Hoy ninguna de las diez corporaciones más grandes produce bienes tangibles, y la inmensa mayoría de ellas son gigantes tecnológicos que han desarrollado servicios ultrapresentes en nuestras vidas. Estos servicios parecen gratuitos, pero en realidad se alimentan de nuestros datos que, en mayor o menor medida, cedemos como contraprestación a esos servicios. De ahí que muchos califiquen los datos como el petróleo del siglo XXI.

Los bienes materiales, protagonistas absolutos de la economía hasta finales del siglo XX, han dado paso a una economía en la que ya más de la mitad del PIB mundial se genera con activos intangibles. Sin embargo, lo hace de manera muy asimétrica por sectores y áreas geográficas: incluso dentro de la OCDE tenemos países con un 35 por 100 de intangibles, como España, y otros que se acercan al 60 por 100 (países del norte de Europa y EE. UU., COTEC, 2019). Esa brecha, ya de por si muy importante entre países del primer mundo, es significativamente mas grande con respecto a las zonas con menos nivel de desarrollo. La tendencia actual apunta al crecimiento imparable de un grupo de empresas cuyo motor son los datos y la IA, mientras que muchos otros sectores, menos digitalizados, sufren cada día más por mantener su *statu quo*. Como consecuencia de ello: i) existen barreras de entrada cada vez más duras a los sectores tecnológicos basados en IA; y ii) se acentúan, además, las desigualdades de oportunidades de crecimiento entre las ciudades y el medio rural.

El posible reequilibrio de la tendencia en la que estamos inmersos pasa por aproximaciones alternativas, por técnicas de IA aún inexploradas que den respuesta a alguno de los retos planteados en la sección anterior. Sin embargo, para que estas sean competitivas en esta economía de lo intangible se requiere un recurso cada vez más escaso: tiempo. En efecto, es muy difícil invertir cinco o seis años en una tecnología disruptiva sin ayudas o un músculo fuera de lo común (como ha tenido por ejemplo Waymo, la empresa de Google dedicada al desarrollo del vehículo autónomo desde 2012). Solo desde una estrategia pública decidida y a largo plazo, que afronte los riesgos de un cambio de paradigma, se podrá «nivelar» el uso y explotación de la IA. Por desgracia, esa necesidad está a menudo reñida con la visión cada vez más cortoplacista de los que toman decisiones desde lo público, incentivados únicamente por el rédito en intervalos nunca superiores a los ciclos electorales.

Recientemente, Fynn Kidland, Premio Nobel de Economía, decía en relación a las posibles analogías entre lo efectos de la COVID en la economía mundial y la que podría generar una guerra: «Hay una gran diferencia: no hay que reconstruir infraestructuras como tras las guerras, pero sí que es más evidente que nunca que hay que proteger el conocimiento humano». La emergencia de un mundo cada vez más digital, con una economía cada vez más orientada a lo intangible y a lo circular, convierte a la IA en un objetivo clave sobre el que se puede y se debe orientar un esfuerzo inversor público que se salga del molde del control presupuestario estándar, del mismo modo que la pandemia de la COVID-19 ha generado una inyección de liquidez sin precedentes. Una IA alternativa puede dar respuesta al anhelo de Kidland y convertirse en una herramienta esencial para poder dedicar más tiempo a las buenas ideas, a la I+D, para poder aspirar a un paradigma en el que no se deje de lado al ciudadano, sino que se le posicione en el centro. Ese rol protagonista del humano se alcanzará solo con un cambio de estrategia que garantice la transparencia y alimente la confianza, sin penalizar la competitividad. Una estrategia en la que el uso apropiado de los datos será fundamental, y para alcanzarlo la educación será un pilar básico.

V. HACIA UNA GOBERNANZA EQUILIBRADA DE LOS DATOS: EL ROL ESENCIAL DE LA EDUCACIÓN

La recopilación, el uso y el abuso de los datos utilizados para entrenar y alimentar los algoritmos de aprendizaje máquina pueden exponer a las personas a riesgos de los que no son ni conscientes. En efecto, los humanos tenemos grandes dificultades para evaluar correctamente los riesgos de servicios que utilizan IA porque los utilizamos sin pensar todos los días, compartiendo historias, enviando correos electrónicos, buscando información, hablando con máquinas o pidiendo rutas óptimas para el coche.

Para minimizar esos problemas, existen varios frentes de actuación. Parker, Shandro y Cullen (2017) señalan algunas de las buenas prácticas ligadas

a la recogida y al uso de datos: i) la transparencia en cuanto al uso de los datos; ii) la minimización de su uso o lo que se conoce como «privacidad desde el diseño»; y iii) la regulación del almacenamiento y tratamiento de los datos.

Pero un buen uso de los datos desde la perspectiva del usuario no garantiza que las aplicaciones de IA a las que nutren no generen resultados inapropiados. De hecho, existen numerosos ejemplos que ponen en evidencia lo delicado de usar datos con sesgo o incompletos; estas situaciones parecían hasta hace no mucho anomalías estudiadas solo en ambientes académicos; sin embargo, so pretexto de que estas aplicaciones toman mejores decisiones que el humano, su uso cada vez está más extendido en la industria y a nivel gubernamental. Como se explicó en el capítulo anterior, hoy es todavía un reto diseñar mecanismos que estén a la altura de los beneficios prometidos y que, al mismo tiempo, garanticen que sus resultados no tengan sesgo o resulten perjudiciales para la ciudadanía. Y para complicar aún mas el desafío, surge la duda de si, una vez conseguido lo anterior, se estará proporcionando una respuesta justa a cada problema, algo con difícil respuesta universal incluso para los juristas. O dicho de otro modo, surge la duda legítima de estar perpetuando o incluso intensificando los males de la sociedad.

Ante semejante perspectiva, la única solución (Borenstein y Howard, 2021) pasa por una reeducación desde las primeras etapas de la interacción con la IA, independientemente de que se sea desarrollador o usuario. La oportunidad de aprender sobre cómo se utilizan los datos para entrenar la IA, las aplicaciones que la IA puede permitir, etc., debería estar al alcance de cualquier persona que interactúe en cualquier fase con la IA. Tal como sugieren diferentes documentos estratégicos –*e.g.*, Declaración de Montreal (Gibert, Christophe y Guillaume, 2018), informe de IEEE (Chatila y Havens, 2019)– la ética para la IA no debe ser un componente añadido *a posteriori* o una segunda reflexión; debe ser una parte integral en cada etapa del aprendizaje de la IA. En efecto, aunque la mayoría de las personas no diseñarían intencionadamente algoritmos maliciosos, es necesario que se pongan en cuestión sistemáticamente los algoritmos y datos utilizados para identificar los sesgos y los valores que, a menudo inconscientemente, pueden estar incorporando a la tecnología. Sobre este punto se insistirá en la parte final del artículo.

VI. LA AMENAZA DEL EMPLEO Y LA PERSONALIDAD JURÍDICA DE LOS ROBOTS

Tal como se vio en la introducción, es difícil encontrar una definición completa y precisa de la IA. Existe así una nebulosa de capacidades, difícil de acotar, que lleva a menudo a la opinión pública a inferir que la IA es solo aquello que aún no se ha hecho. En efecto, se genera la falsa percepción de que, a medida que las máquinas se hacen más capaces, las tareas que requieren «inteligencia» han de ser más complejas y alejadas de nuestra rutina. Un ejemplo típico de este fenómeno es el reconocimiento óptico de caracteres, que se percibe frecuentemente fuera de la IA por haberse convertido en una tecnología omnipresente en nuestro día a día.

Con objeto de entender mejor el impacto de la IA en nuestro mundo es más apropiado pensar en una taxonomía que considera dos categorías principales: IA débil e IA fuerte. La primera solo puede tratar con los datos para los que está entrenada y no puede generalizar, acumular experiencia o ser sensible al contexto. La segunda sería aquella que da respuesta a todos los puntos débiles de la primera. Apoyados en los progresos en *aprendizaje profundo* que se describieron anteriormente, ya conseguimos desde hace unos años diseñar algoritmos que pueden detectar ciertas enfermedades mejor que los médicos (Litjens *et al*., 2015). Y resultados como ese pueden hacer creer en un advenimiento cercano de superinteligencias con motivaciones o prioridades diferentes a las nuestras. Sin embargo, la IA fuerte no es hoy más que una construcción humana, reforzada a través del imaginario colectivo con las películas y novelas de ciencia-ficción. Con los paradigmas en desarrollo, no es algo de lo que tengamos que tener miedo; sin embargo, sí que es cierto que las máquinas pueden hacer tareas, basadas en ciertos patrones aprendidos, cada vez más complejas. Y hacerlo sin cansarse, sin distracciones y sin el factor emocional que tantas veces nos juega malas pasadas al humano. Existe, por tanto, un riesgo serio de que, con el despliegue masivo de la IA, el número de empleos que conocemos hoy se vea significativamente reducido, e incluso de que, en términos netos, tras la incorporación de nuevas ocupaciones hoy en desarrollo, el balance sea negativo.

Sin embargo, esa amenaza no es intrínseca al desarrollo de las tecnologías que embarcan los robots, físicos o virtuales, sino a una lógica empresarial, auspiciada desde los poderes públicos, que se rige por un capitalismo «desestructurado», sin un propósito colectivo. Kate Darling (2021) usa la analogía de nuestra relación con los animales para ilustrar otros paradigmas posibles: «Las diferentes formas en que hemos aprovechado las habilidades de los animales en el pasado demuestran que podríamos optar por diseñar y utilizar estas tecnologías como complemento al trabajo humano, en lugar de intentar simplemente automatizar a las personas». Esta visión entronca con la visión que se tiene en Europa de la IA, tal como se desgranará en la siguiente sección, pero requiere de cambios profundos de la situación actual, tanto estratégicos como regulatorios.

Los sistemas de inteligencia artificial solo se impondrán si se utilizan para fines socialmente aceptados. Los sistemas inteligentes artificiales no tendrán éxito, especialmente en áreas o situaciones en las que las interacciones solo pueden tener lugar de forma adecuada, si no se tienen en cuenta los matices emocionales, la empatía y las sensibilidades subjetivas. En efecto, aunque hay robots que se mueven de forma extremadamente parecida a la humana, hasta el punto de llegar generar el rechazo del famoso «valle misterioso» (Mori, Macdorman y Kageki, 2012), es presumible que poca gente quiera ver un partido de fútbol o una obra de teatro interpretados por robots. Así, al igual que hacemos con los animales, habrá diferentes tipos de relaciones hombre-máquina inspiradas en el tipo de solución y su contexto de aplicación: para algunas habrá incluso que replantearse seriamente la personalidad jurídica que el Parlamento Europeo comenzó a poner sobre la mesa en 2017 (Bertollini, 2020). Pero para otras, esos derechos y deberes puede que no representen más que una traba en un despliegue que no tiene por que comprometer ningún derecho fundamental de los ciudadanos. Se tratará, pues, de encontrar un equilibrio de geometría variable entre: i) tener un marco de garantías que evite el rechazo social de la tecnología; y ii) no frenar nuestra competitividad, eludiendo a término una pérdida significativa de empleo, que, en todo caso, debería ser cada vez más cualificado.

VII. ¿QUIÉN DIRIGE LA IA Y HACIA DÓNDE?

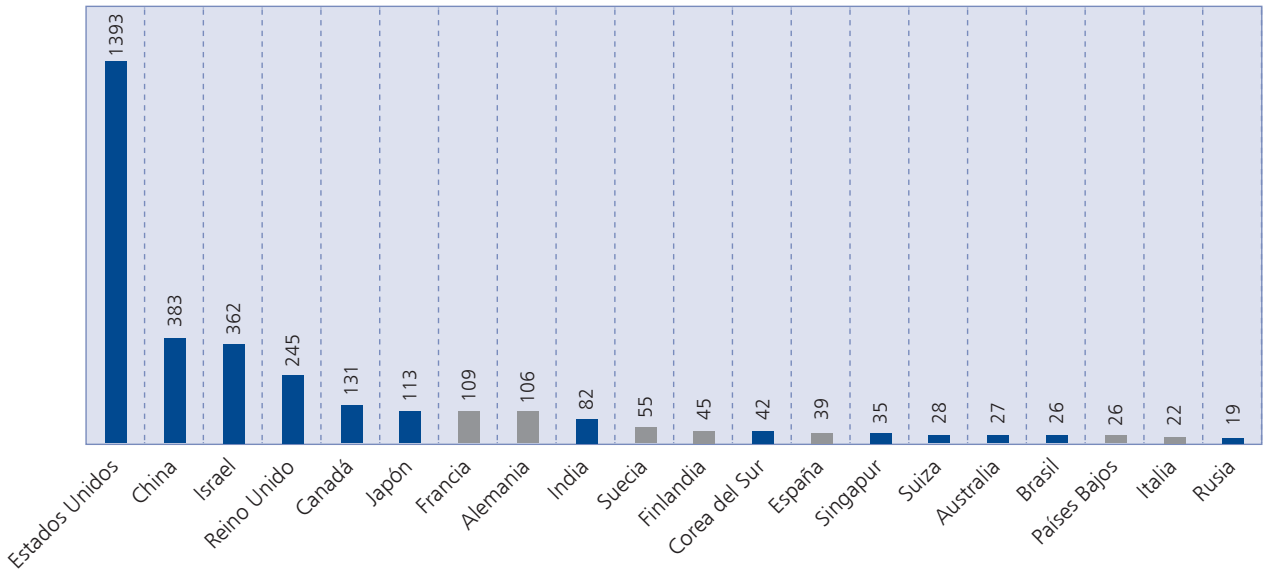
Dado el vasto alcance que se ha descrito para la IA y sus aplicaciones, ya circulan proyecciones que cifran su impacto potencial en la economía mundial en el orden de los 15.000 trillones de dólares para 2030 (Körner, 2020). Estas previsiones tienen una alta componente especulativa, debido a las fuertes interacciones con otros factores, con variables desconocidas y, sobre todo, a la falta de referencias históricas similares. Pero de cumplirse, y por poner la cifra en perspectiva, estaríamos hablando de un volumen equivalente al de las economías actuales china o de la Unión Europea.

Semejante espiral de negocio ha motivado la aparición en los últimos tiempos de actores inexistentes hace treinta años, que acaparan la práctica totalidad del pastel. Los conocidos Big 9 (Webb, 2019) –Amazon, Google, Facebook, Tencent, Baidu, Alibaba, Microsoft, IBM y Apple) son seis empresas norteamericanos y tres chinas que han conseguido una posición dominante en un mercado que crece exponencialmente y que se apoya de manera decisiva en la inteligencia artificial. Todos ellos se nutren de los datos masivos que les proporcionamos y, como se esbozó en la sección anterior, cavan día a día brechas mayores entre regiones y áreas de negocio, explotando la escalabilidad de lo intangible.

En este contexto, la UE, que sigue siendo la segunda economía del mundo según algunas métricas relacionadas con la IA, se encuentra cada vez más marginada, con un alto riesgo de perder competitividad y riqueza futura. Y es que la posición de esos grandes gigantes no solo afecta a sus cuentas de resultados, sino que estimulan los ecosistemas de innovación y la creación de *start-ups* nativas en IA de sus entornos, favorecidas a menudo por políticas públicas que buscan explotar al máximo el empuje de sus mayores (ver gráfico 1).

Para lograr impulsar la adopción de la IA en los Estados miembros de la UE y seguir siendo competitivos con los gigantes tecnológicos es necesario definir una visión a largo plazo de lo que caracteriza la aproximación europea a la IA. Solo a partir de un planteamiento innovador y de envergadura, se podrán articular políticas ambiciosas que fomenten una cooperación público-privada mucho más arraigada que la actual, que favorezcan la aceptación social para hacer al ciudadano partícipe de este cambio y que establezcan unas reglas del juego claras y consensuadas, pero adaptadas a cada contexto.

GRÁFICO 1
NÚMERO DE *START-UPS* EN TORNO A LA AI, SEGÚN (BERGER, 2018)



VIII. LA VISIÓN DE EUROPA: EL HUMANO EN EL LAZO

A pesar del enorme potencial descrito de la IA en secciones previas, personajes tan influyentes como Barack Obama, Stephen Hawking e incluso Elon Musk han advertido del peligro de una explosión de la IA descontrolada. Siguiendo esa estela de recelos, la ciudadanía comienza a aunar la percepción negativa de una tecnología que les pueda dejar al margen del mercado de trabajo con los miedos a ese descontrol global que evocan los grandes líderes, de las que los Big 9 son los máximos exponentes.

Con el fin de minimizar los efectos adversos y de aumentar su competitividad en declive, Europa tiene aún una oportunidad de usar y mejorar esta poderosísima tecnología desde una perspectiva alternativa a la que vienen marcando las tendencias. La Unión Europea (UE) cuenta con excelentes centros de investigación, empresas emergentes innovadoras, una posición de liderazgo mundial en robótica y sectores de fabricación y servicios competitivos. Además, ha desarrollado a lo largo de los últimos años una sólida infraestructura informática esencial para el funcionamiento de la IA. Y posee también grandes volúmenes de datos públicos e industriales, cuyo potencial está actualmente infrautilizado (Körner, 2020).

Según propone el *Libro blanco sobre inteligencia artificial* (EC, 2020), Europa debería aprovechar sus puntos fuertes para mejorar su posición en los ecosistemas en los que tiene un rol destacado, creando valor tanto en la fabricación de *hardware* como en el diseño de *software*, pasando por los servicios. A modo de ejemplo, Europa produce más de una cuarta parte de todos los robots industriales y de servicios profesionales, desempeña un papel importante en el desarrollo y el uso de aplicaciones de *software* para empresas y organizaciones (como la planificación de recursos empresariales, el *software* de diseño e ingeniería). Pero, por encima de eso tiene desde hace no mucho una estrategia (EC, 2020) en la que se busca como en ninguna otra región del mundo el equilibrio adecuado entre regulación, aceptación y la competitividad. Y aspira a hacerlo desde una perspectiva en la que el hombre está en el centro y en la que la sostenibilidad es un pilar esencial.

El marco reglamentario propuesto debe ser eficaz para alcanzar sus objetivos, sin ser excesivamente prescriptivo, de modo que pueda crear una carga desproporcionada, especialmente dolorosa en las pymes. Al tratar de aplicar esta visión a la gobernanza del dato, la UE debería encontrar formas de superar los

silos existentes y dar a los usuarios plena soberanía para comercializar sus datos de forma segura y sin barreras. Para lograr este equilibrio, la Comisión Europea considera que se debe seguir un enfoque basado en el riesgo de la aplicación de IA considerada, alto riesgos serían por ejemplos sistemas de conducción autónoma y bajo riesgo una aplicación de recomendación de contenidos culturales.

El Reglamento general de protección de datos (RGPD), perfectamente alineado con las buenas prácticas enunciadas en secciones previas, es una herramienta esencial, aunque no suficiente, para dar forma a la aproximación europea de la IA. Es necesario aplicar la regulación que describe a nivel de aplicación/comercialización a todos los proveedores de la UE y de fuera de la UE. Según propone el citado libro blanco, los aspectos del RGPD que podrían afectar al desarrollo de la IA en la UE deben aplicarse estrictamente a los desarrolladores de fuera de la UE que prestan servicios en la UE, tanto para los sistemas de IA de alto riesgo como para los de menor riesgo.

Esta estrategia tiene dificultades de implementación y el tiempo dirá si es viable y competitiva, pero tal como propone un informe del Deutsche Bank (Körner, 2020), la máxima prioridad de la UE debería ser convertirse en una «superestrella» de la IA en consonancia con sus valores, su ordenamiento jurídico y otras prioridades clave, como la política climática y la protección de su orden democrático. Para articular dicha apuesta, la Comisión Europea (EC, 2020) propone caminar hacia una IA de la sostenibilidad invirtiendo en torno a dos tipos de ecosistemas: i) los de excelencia –respaldando más a las pymes innovadoras y favoreciendo partenariados más potentes entre el sector privado y el sector público–; y ii) los de confianza, que aspiran a dar respaldo a muchas de las preocupaciones y retos esbozados en secciones previas:

– *El hombre en el centro.* Un ejemplo muy ilustrativo de esta idea es la automatización de vehículos. Contrariamente a lo que le llega desde hace años al ciudadano, el vehículo completamente autónomo en cualquier entorno de operación, incluyendo los centros de las ciudades, es una realidad aún lejana. Las razones son múltiples (Villagra *et al*., 2018; Chai, Nie y Becker, 2021) y no son el foco de este artículo, pero sí es relevante entender la visión que cala cada vez más en el sector: un vehículo con un grado de colaboración humano-máquina variable en función del contexto, pudiendo el conductor descansar en autopista, pero requiriendo su supervisión en entornos más complejos. Este concepto de control compartido, de sinergia entre hombre y máquina, es extensible a multitud de ámbitos, y no solo sería mas aceptable por el cerebro humano y su rechazo a la pérdida completa de control, si no que puede resultar incluso mas competitivo (se aprovecha lo mejor de cada uno (Acemoglu y Restrepo, 2020)).

– *Seguridad y robustez técnica.* Casi toda la IA que consumimos hoy y la que llegará en los próximos años/meses reposa en servicios que conectan un dispositivo personal con la nube. Esa comunicación bidireccional nube/dispositivo es siempre susceptible de ser atacada y, por tanto, la ciberseguridad se convierte en un elemento crítico para mejorar la aceptación de estas soluciones. Además, cuando los sistemas en juego son de alto riesgo (*e.g*., sistemas llamados de seguridad alta o de seguridad crítica como los que embarca un coche o un avión), esa seguridad no solo puede comprometer datos privados sensibles, sino la integridad física de sus usuarios. Hay mucha inversión en juego para mejorar la seguridad actual (*safety* y *security*), pero hay que repensar muchos de esos sistemas para combinar correctamente IA, robustez y predictibilidad.

– *Gobernanza de los datos y privacidad.* El RGPD, en aplicación desde 2018, fue la respuesta de la UE a los temores de vulneración de ciertos derechos de sus ciudadanos y se diseñó para proteger su privacidad y darles más control sobre sus datos personales. Aunque sigue creando controversias sobre la merma de competitividad que puede implicar su aplicación estricta (Pedreño y Moreno, 2020), está perfectamente alineado con el principio de la confianza que necesita el ciudadano, y además ha generado en los usuarios una mayor toma de conciencia de los riesgos en la cesión de los datos.

– *Diversidad, no discriminación y equidad.* La dependencia actual de las técnicas de *aprendizaje profundo* en bases de datos mal etiquetadas, desequilibradas y que incluyeron en su construcción importantes sesgos empieza a generar resultados perniciosos en los algoritmos que alimentan (*e.g*., herramientas de selección de personal o de identificación de delincuentes). Es necesario, por tanto, no solo ser mucho más exigente con los datos que utilizan los algoritmos que nos

dan servicio, sino también explorar nuevos paradigmas de aprendizaje, en los que los resultados encuentren una traza con el conjunto de datos sobre los que se apoya.

– *Transparencia y* accountability (*responsabilidad*). Aunque la corriente de código y datos abiertos cada vez tiene más fuerza entre desarrolladores e incluso empresas, la transparencia necesaria para una IA ética necesita ir mucho mas allá. Se ha de documentar completamente el proceso de ingeniería de *software*, los datos, la formación, el rendimiento del sistema, pero además deben surgir nuevas herramientas que ayuden al humano a la inspección sistemática y cuasi-automática de los algoritmos, consiguiendo así procedimientos claros e inequívocos en términos de rendición de cuentas y de responsabilidad.

– *Bienestar social y ambiental.* La tecnología históricamente ha conseguido sus mayores logros bajo el paraguas de grandes retos, a menudo como «subproducto» que no fue planificado inicialmente (*e.g.*, el GPS o la WWW surgieron como necesidad en misiones de mucho mayor calado [Mazzucato, 2021]). Todas las nuevas estrategias y enfoques han de estar alimentados por propósitos concretos, que orienten la actividad de múltiples ecosistemas entre los que, a través de interacciones singulares, surjan aproximaciones disruptivas de la IA. En el caso de la UE, esos propósitos están articulados en torno a los objetivos de desarrollo sostenible, y en cierto modo «aterrizados» con el *Green Deal* (Siddi, 2020).

Este singular enfoque puede aplicarse a cualquier ámbito en el que la IA puede aportar valor, pero existen áreas en las que el *mainstream* en torno al *aprendizaje profundo* todavía no ha llegado con fuerza por su impredecibilidad en contextos de alto riesgo. Europa debe apostar por sectores estratégicos en los que además tiene una gran tradición, como el de la automoción, la salud o la energía, y aportar valor desde una nueva perspectiva en la que primen seguridad, robustez y transparencia. También encajan muy bien con esa visión soluciones de IA centradas en el ser humano, como los sistemas de recomendación híbridos, con responsabilidades compartidas entre el hombre y la máquina. En ambos casos, se debe aprovechar el cambio de paradigma que está en marcha que desplaza la omnipresente computación en la nube por soluciones mixtas en las que la computación *edge* –ocurre en una ubicación física cercana al usuario o la fuente de datos– o incluso *fog* –nodos interconectados de procesamiento previos a la nube– cada vez tienen más peso. Y en paralelo, apoyar sin titubeos el desarrollo de dos nuevas tecnologías en ciernes, como la computación neuromórfica y la computación cuántica, que pueden contribuir decisivamente a encontrar una ventaja competitiva en este campo.

IX. EVOLUCIÓN O REVOLUCIÓN

La inacción o el diseño de políticas tímidas no es una opción. El dinamismo actual no permite ser conservador. Se ha demostrado que el cambio de tendencia es aún posible: queda mucho por hacer y, sobre todo, por hacer de otra manera. Y, además, el mundo se enfrenta a grandes retos asociados a la sostenibilidad. Pero para articular un cambio de tendencia hay que actuar con vigor en diferentes frentes. La estrategia planteada por Europa en la sección anterior implica, sin duda, un cambio importante con respecto a las que siguen en EE. UU. y China, así que es inevitable tener dudas sobre su idoneidad. Esas dudas serán tanto más grandes cuando menos clara esté la estrategia para la ciudadanía y menos ambiciosas y efectivas sean las políticas puestas en marcha. Y para articular esas políticas, será clave tener en cuenta tanto el cómo como el para qué. Siguiendo los consejos de Mazzucato (2021), los poderes públicos deben cambiar su aproximación. No es viable seguir siendo observadores que entran en escena solo para corregir desequilibrios. La UE, como paraguas político, y los Gobiernos de los Estados miembros como conocedores de las especificidades de cada territorio, tienen que emprender una transformación, orientando sus pasos hacia organizaciones innovadoras, con capacidad de arriesgar para catalizar la actividad hacia sectores y proyectos cuyo propósito sea una IA más sostenible, segura y centrada en la persona, capaz de resolver los problemas que acucian a nuestra sociedad. La revolución necesaria ha de afrontarse desde diferentes puntos de vista, pero se plantean a continuación tres ejes ineludibles:

– Es capital hacer sentir a los ciudadanos partícipes del nuevo mundo que viene, en el que la IA aparece en todos los niveles, e implicarles en el cambio de enfoque respecto a la tendencia actual. Cómo educar a los niños y los ciudadanos en la IA es clave: i) para la aceptación de la tecno-

logía; y ii) para hacerles protagonistas del cambio que traen las tecnologías inteligentes desde un punto de vista a la vez crítico y constructivo. En este sentido, es esencial profundizar en la Declaración de Pekín de mayo de 2019 sobre la IA y Educación, firmada por más de cien Estados, que permitió llegar a un consenso sobre la urgencia de que los Gobiernos capaciten a sus ciudadanos para poder adaptarse a los cambios requeridos por una implantación generalizada de sistemas de IA. La declaración también desea promover el uso equitativo e inclusivo de la IA, independientemente de potenciales discapacidades, del estatus social o económico, de antecedentes étnicos o culturales, o de ubicaciones geográficas. Enfatiza además la igualdad de género, y tiene como objetivo garantizar el uso ético, transparente y auditable de los datos de o para la educación, entre otras recomendaciones. Esta nueva mentalidad debería llegar a todas las organizaciones que desarrollen o usen IA para consolidar en el imaginario colectivo que cualquier toma de decisiones, incluidas las técnicas en el diseño de IA, está entrelazada con consideraciones éticas.

– Deben asumirse riesgos desde los poderes públicos, que han de recuperar el liderazgo, conformando y no solo corrigiendo, desarrollando capacidades y competencias para una IA orientada por misiones. Los riesgos y recompensas han de compartirse de manera más equitativa (sector público/privado), siempre en torno a retos que, además de ambiciosos, han de ser inspiradores para todos. Así, no solo el investigador o desarrollador ha de sentirse motivado por el desarrollo de un nuevo algoritmo de IA, sino que el conjunto de la ciudadanía ha de compartir el propósito de lo que se persigue, de manera similar a la comunión surgida con la comunidad científica en el último año para el desarrollo de las vacunas contra el virus SARS-CoV-2. En esta línea, es también esencial que las administraciones públicas sean partícipes de ese nuevo enfoque y comiencen rápidamente a utilizar y desplegar productos y servicios que se basen en la IA para sus actividades.

–Fomentar con políticas de incentivos –sistemas de precios o ayudas públicas– el pensamiento creativo, la interdisciplinariedad y la asociación público-privada de amplio espectro. Para ello, hay que incidir en las iniciativas actuales, que usan como instrumentos fundamentales los *Digital Innovation Hubs*, plataformas de IA a la carta (EC, 2020) o redes paneuropeas de investigación (*e.g.*, Ellis, 2021). Además, se debe fortalecer el rol de las pymes en este proceso innovador. En una visión inspirada por grandes misiones, todas las tecnologías que aparezcan por el camino podrán ser relevantes. Este efecto derrame, del que hay numerosos ejemplos en grandes proyectos del pasado, tiene en la economía de lo intangible un efecto si cabe más acusado, y las pequeñas estructuras innovadoras son actores fundamentales para capitalizar esas oportunidades, a menudo imprevistas. Hay que apoyar mucho más a los *start-ups*, pero no solo por sus capacidades tecnológicas en torno a la IA o la robótica, si no, sobre todo, por su capacidad para aportar valor a una gran misión, interactuando de la mayor manera posible con ecosistemas sinérgicos y con el ciudadano.

Y en esta foto general de cómo debe afrontar Europa el inmenso reto de su competitividad en torno a la IA, surge la pregunta de cómo debe prepararse España para los tiempos venideros. Como Estado miembro influyente, debe, por supuesto, seguir la estela de esta estrategia ambiciosa, pero ha de buscar su singularidad y valor diferencial intentando contribuir a resolver algunos de los problemas globales que más le acucian, como, por ejemplo: i) la lucha contra el cambio climático con la sustitución de combustibles fósiles por renovables; ii) el diseño e implementación de ciudades inteligentes y climáticamente neutras con vistas, entre otros, a un turismo sostenible; y iii) la mejora y conservación de la salud del suelo y de los alimentos.

Esta visión y sus políticas asociadas –esbozadas parcialmente en la Estrategia Nacional de Inteligencia artificial (ENIA, 2020)– tienen como objetivo conseguir un cambio de tendencia que en España es, si cabe, mas necesario. En efecto, es necesario incrementar el peso específico de la IA en el mundo empresarial; es aún raro ver organizaciones con una visión unificada en torno a la IA, hay aún mucho desconocimiento para evaluar proveedores correctamente o para integrar cambios de calado en las estructuras y procedimientos actuales y, además, el entramado legal dificulta en ocasiones el despliegue masivo de soluciones. En el panorama actual se observa aún una importante desconexión entre lo que se puede hacer y lo que realmente se está haciendo, en particular en pymes no nativas digitales. Esta falta de preparación es especialmente crítica en los entornos productivos en los que es cada vez más necesario

un enfoque orientado a Industria 4.0 (dominada por una creciente digitalización y los sistemas ciberfísicos) e incluso una transformación al paradigma Sociedad 5.0 (por el que se aspira a una producción ultrapersonalizada, aprovechando que la generación de conocimiento e inteligencia la hacen las propias máquinas al servicio del usuario/consumidor). Por todo ello, la difusión, la formación y la educación son una piedra angular para la integración satisfactoria de la IA en nuestras vidas y en consecuencia para una mayor competitividad de la economía española. Y esta línea de actuación ha de afectar a las políticas públicas, al desarrollo reglamentario, a las hojas de ruta de financiación de la I+D y a las propias estrategias de las empresas. Ya no es una opción seguir la estela de otros, es necesario recorrer cuanto antes ese camino diferencial que nos permita ser competitivos en Europa y en el mundo.

La ENIA está bien orientada para seguir ese camino. Propone seis ejes de actuación que tiene conexiones importantes con los planteamientos anteriormente descritos: i) impulsar la I+D+i en IA; ii) potenciar y atraer talento; iii) desarrollar infraestructuras relevantes que den soporte a la IA; iv) integrar la IA en las cadenas de valor actuales; v) potenciar el uso de la IA en la Administración Pública y en misiones estratégicas nacionales; y vi) establecer un marco ético y normativo alineado con la visión europea. Se propone aplicar esas acciones para dar respuesta a desafíos sociales como la reducción de la brecha de género y digital o el favorecimiento de la transición ecológica y la vertebración territorial, elementos de indudable interés y cuyo tratamiento es necesario. Sin embargo, se echa en falta una mejor definición de esas misiones estratégicas específicas para la economía española en la que la IA puede ser: i) una palanca decisiva para la competitividad; y ii) una fuente de inspiración para otros sectores productivos. La ENIA es un buen punto de partida, pero ha de ser mas ambiciosa y audaz. Una cierta evolución del *statu quo* no parece suficiente, es necesaria una pequeña revolución hacia una robótica e inteligencia artificial más competitivas, humanas y sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

Acemoglu, D. y Restrepo, P. (2020). The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 13(1), p. 25-35.

Barocas, S. y Selbst, A. D. (2016).Big data's disparate impact. *California Law Review,* 104(3), pp. 671-732.

Berger, R. (2018). *Artificial Intelligence-A Strategy for European Startups. Recomendations for policy makers*, Asgard-Human Venture Capital. Berlin.

Bertollini, A. (2020). *Artificial Intelligence and Civil Liability*. European Parliament.

Borenstein, J. y Howard, A. (2021). Emerging challenges in AI and the need for AI ethics education. *AI and Ethics*, 1(1), pp. 61-65.

Chai, Z., Nie, T. y Becker, J. (2021). Top Ten Challenges Facing Autonomous Driving. En *Autonomous Driving Changes the Future*, pp. 137-178. Springer.

Chatila, R. y Havens, J. C. (2019). The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems. En Aldinhas Ferreira, M., Silva Sequeira, J., Singh Virk, G., Tokhi, M., E. Kadar E. (eds.), Robotics and Well-Being. Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering, vol 95. Springer, Cham. *https://doi.org/10.1007/978-3-030-12524-0_2*

COTEC (2019). *Innovación en España: Informe COTEC 2019*. Fundación COTEC para la Innovación.

Darling, K. (2021). *The New Breed: What Our History with Animals Reveals, about Our Future with Machines*. Henry Holt.

EC (2020). *White Paper on Artificial Intelligence – A European approach to excellence and trust, COM (2020).* European Commission.

Ahmed Elgammal, A., Liu, B., Elhoseiny, M. y Mazzone, M. (2017). CAN: Creative adversarial networks, generating art by learning about styles and deviating from style norms., *arXiv* preprint arXiv:1706.07068.

Elish, M. C. y Boyd, D. (2018). Situating methods in the magic of Big Data and AI. *Communication Monographs*, 85(1), pp. 57-80.

Ellis (2021). https://ellis.eu

Enia (2020). https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents /2020/021220-ENIA.pdf

Gibert, M., Christophe, M. y Guillaume, C. (2018). *Montréal declaration of responsible AI: overview of international recommendations for AI Ethics*. University of Montréal.

Hagendorff, T. y Wezel, K. (2020). 15 challenges for AI: or what AI (currently) can't do. *AI and Society*, 35(2), pp. 355-365.

Haskel, J. y Westlake, S. (2017). *Capitalism without capital*. Princeton University Press.

Körner, K. (2020). How will the EU become an AI superstar?, Deutsche Bank Research.

Lecun, Y., Bengio, Y. y Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), pp. 436-444.

Litjens Geert, J. S., Barentsz, J. O., Karssemeijer, N. y Huisman, H. J. (2015). Clinical evaluation of a computer-aided diagnosis system for determining cancer aggressiveness in prostate MRI. *European Radiology*, 25(11), pp. 3187-3199.

Mazzucato, M. (2021). *Mission economy: A moonshot guide to changing capitalism*. Penguin UK.

McCarthy, J. (1983). The little thoughts of thinking machines. *Psychology Today*, 17(12), pp. 46-49.

McCarthy, J. (1998). *What is artificial intelligence?* Disponible en: http://www-formal.stanford.edu/jmc/

Mori, M., Macdorman, K. F. y Kageki, N. (2012). The uncanny valley (from the field). *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), pp. 98-100.

Northcutt, C. G., Athalye, A. y Mueller, J. (2021). *Pervasive label errors in test sets destabilize machine learning benchmarks*. arXiv preprint arXiv:2103.14749.

Parker, N., Shandro, A. y Cullen, E. (2017). *Autonomous and connected vehicles: navigating the legal issues*. London: Allen & Overy LLP.

Pasquale, F. (2015). *The black box society*. Harvard University Press. FIIA Working paper, Finnish Institute of International Affairs.

Pedreño, A. y Moreno, L. (2020). *Prevenir el declive en la era de la inteligencia artificial*, Kindle Direct Publishing.

Perrault, R., *et al.* (2019). *Artificial Intelligence Index Report 2019*. Technical report. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence.

Rajpurkar, P., Jia, R. y Liang, P. (2018). Know what you don't know: Unanswerable questions for SQuAD. *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics,* pp. 784-789. Melbourne, Australia, 2018.

Rusu, A. A., *et al.* (2016). *Progressive neural networks*. arXiv preprint arXiv:1606.04671.

Shanahan, M. (2015). *The technological singularity*. MIT Press.

Siddi, M. (2020). The European Green Deal: Assessing its current state and future implementation. *FIIA Working Paper,* May 2020.

Villagra, J., Acosta, L., Artuñedo, A., Blanco, R., Clavijo, M., Fernández, C., Godoy, J., Haber, R., Jiménez, F., Martínez, C., Naranjo, J. E., Navarro, P. J., Paúl, A. y Sánchez, F. (2018). Automated driving. *Intelligent Vehicles: Enabling Technologies and Future Developments* 8, pp. 275-342.

Webb, A. (2019). *The big nine: How the tech titans and their thinking machines could warp humanity*. UK: Hachette.

INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN BIOMEDICINA

Luis SERRANO

European Molecular Biology Organization (EMBO) y Centro de Regulación Genómica (CRG)

Resumen

La biomedicina intenta mejorar la salud humana a través de la investigación y su integración con la práctica médica. La biomedicina no solo da lugar a productos que mejoran la salud de las personas, sino que crea puestos de trabajo cualificados y una industria innovadora que explota los descubrimientos. España, salvo en análisis clínicos, no ocupa ninguna posición destacada en el panorama de la biomedicina en Europa. En este artículo discutimos el papel de las diferentes instituciones investigadoras en España: universidad, CSIC y los centros de investigación de nueva creación, en la innovacion ligada a la biomedicina, así como las limitaciones burocráticas y financieras que lastran la competitividad de nuestro país.

Palabras clave: biomedicina, competitividad, España, innovación, instituciones investigadoras.

Abstract

Biomedicine tries to improve human health through research and its integration with medical practice. Biomedicine not only produces products that improve people's health, but also creates skilled jobs and an innovative industry that exploits discoveries. Spain, except in clinical analysis, does not occupy any prominent position in the panorama of Biomedicine in Europe. In this article we discuss the role of the different research institutions in Spain: Universities, CSIC and the newly created research centers, in innovation linked to Biomedicine as well as the bureaucratic and financial limitations that weigh down the competitiveness of our country.

Keywords: biomedicine, competitiveness, Spain, innovation, research centers.

JEL classification: O32.

I. INTRODUCCIÓN

DENTRO de los sectores que van a cambiar el futuro en el siglo XXI se encuentra la biomedicina. La biomedicina intenta mejorar la salud humana a través de la investigación y su integración con la práctica médica. Algo que es importante comentar es el creciente papel que el *big data* y la inteligencia artificial juega en este campo, que nos lleva a lo que se ha llamado *e-Health,* que puede revolucionar la práctica de la medicina como la entendemos y donde el diagnóstico mediante programas informáticos y el seguimiento clínico desde casa o con *wearables* cada vez tendrá una importancia mayor. Finalmente, no podemos dejar de lado la biología sintética, donde se mezcla biología e ingeniería y que nos permitirá modificar de forma racional y diseñar nuevos órganos (por ejemplo, hígado), terapias o tratamientos.

Como se desprende de lo mencionado al comienzo, todos estos aspectos de la biomedicina del siglo XXI necesitan de la pluridisciplinaridad, es decir la colaboración de profesionales con diferente conocimiento. A su vez, la Biomedicina requiere de un soporte científico-técnico con máquinas muy sofisticadas y caras y profesionales que sepan manejarlas. La investigación ya no se hace con un microscopio y una pipeta, necesitamos de instrumentación potente y avanzada.

Lógicamente, como todo avance de conocimiento, la biomedicina no solo da lugar a productos que mejoran la salud de las personas, sino que crea puestos de trabajo cualificados y una industria innovadora que explota los descubrimientos.

Como en muchos otros campos de la innovacion, los americanos lideran la creación de empresas que explotan y desarrollan los avances de la biomedicina. Europa se está quedando atrás no solo de EE. UU., sino también de China. Estos dos países son los principales actores en biomedicina. Están a la vanguardia en la realización clínica de ensayos y en la producción de patentes de ciencias de la vida, e invierten masivamente en innovación en salud. Esta pérdida de liderazgo de Europa es importante en términos de puestos de trabajo y de crecimiento. Dentro de Europa, si miramos a España, la situación es todavía más preocupante. España, salvo en análisis clínicos, no ocupa ninguna posición destacada en el panorama de la biomedicina en Europa. Esto es así a pesar de que en los últimos años la creación de nuevos centros de investigación, con una estructura no funcionarial y con financiación basal, ha conseguido que algunos centros españoles sean reconocidos a nivel mundial.

En las páginas que siguen, se analiza, en diferentes aspectos, el marco institucional para la investigación biomédica en España, caracterizado por la presencia de

grandes instituciones públicas, como las universidades y el CSIC, así como una pléyade de institutos independientes creados por algunas comunidades autónomas en las últimas décadas. Más adelante, se detallan las características del sistema de innovación que se necesita. El artículo concluye con algunas consideraciones finales, destacando algunas ideas de fondo que obstaculizan el avance de la ciencia y la producción en este campo.

II. LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA EN BIOMEDICINA Y EL MARCO INSTITUCIONAL

En nuestro país, tenemos diferentes modalidades de instituciones que se dedican en parte o en todo a la investigación. Tradicionalmente, tenemos la Universidad, que además de su dedicación docente tiene una importante actividad investigadora, y los centros del CSIC, que ha jugado un papel crucial en la actividad investigadora de nuestro país. Estas instituciones, sin embargo, se ven lastradas por una excesiva burocracia administrativa, una estructura funcionarial, una centralización excesiva, en el caso del CSIC, y una falta de financiación estructural a sus investigadores. Como resultado, a pesar de contar con grupos de trabajo excelentes, han ido perdiendo peso en la ciencia y en la innovación. En el caso de la transferencia de tecnología, aun contando en algunos casos con muy buenos profesionales, estos se ven lastrados por la excesiva burocratización que les impide ser ágiles, algo que es esencial en la creación de valor en biomedicina.

1. Los nuevos institutos de investigación

Como respuesta a estos problemas, el Gobierno central ha respondido con la creación de institutos como el CNIO o el CNIC en biomedicina, y las comunidades autónomas, con centros que adoptan la forma de fundaciones (por ejemplo, CRG, IRB, IBEC en biomedicina en Cataluña, Biogune en el País Vasco etc…) y programas de atracción de talento, ofreciendo sueldos competitivos como el pionero programa ICREA en Cataluña y el más reciente IKERBASQUE en el País Vasco. En general, todos estos nuevos centros tienen como característica la no existencia de funcionarios, sino contratados laborales, la capacidad de organizar y asignar su presupuesto dentro de unas normas, la posibilidad de ofrecer sueldos competitivos a nivel internacional, y unas infraestructuras de apoyo a la investigación muy importantes.

El resultado de estas nuevas instituciones, apoyado por programas de excelencia como el Severo Ochoa, ha sido espectacular, y ha permitido colocar a centros de investigación biomédica española entre los primeros de su tamaño en el plano mundial. Al mismo tiempo, la flexibilidad administrativa que muchos tienen les ha permitido crear oficinas de transferencia de tecnología potentes y fondos de valorización propios. El resultado es que un gran número de *starts ups* han salido de estos centros en los últimos años. El éxito de estos centros se corrobora también por el elevado número de proyectos del European Research Council (ERC; proyectos de 1,5 a 2,5 millones de euros por cinco años donde se compite con todos los investigadores europeos) que les han sido concedidos en proporción a su tamaño.

Con la creación de los centros de investigación aludidos por parte de algunas comunidades autónomas españolas, parecía que gran parte de los problemas de la investigación en biomedicina en España se iban a solucionar. Pero no ha sido así. Inicialmente, los centros eran fundaciones privadas y, por tanto, no estaban sujetos a una gran parte de la legislación de la Administración Pública, lo que les daba gran flexibilidad y agilidad. Esto resultó en un florecimiento de la investigación en España, atrayendo talento internacional, creando centros ágiles, con capacidad de negociación de salarios competitivos, contratos laborales y sin funcionarios y con una vocación de hacer ciencia de excelencia y creación de riqueza. En este aspecto, Cataluña, con su red de centros CERCA y el programa ICREA de atracción de talento, ha sido un ejemplo de éxito, junto con los centros nacionales como el CNIO, CNIC, o BSC, seguido luego por programas similares en otras autonomías. Sin embargo, desde hace unos años este rumbo acertado y que había puesto a España en el mapa internacional en biomedicina se torció. Las fundaciones privadas se cambiaron a públicas y se volvió a introducir a los centros de investigación en la burocracia administrativa española y autonómica. A pesar de que los centros de investigación todavía guardan alguna independencia y autonomía han perdido gran parte de su libertad y esto resulta en una pérdida de competitividad. Todo esto acompañado de un incremento real cero o negativo en la inversión en ciencia de las administraciones estatales y autonómicas, lo que, sin duda, conduce a medio plazo en desandar todo el camino que se había hecho.

Considerados en general como una parte importante del ecosistema de investigación e innovación, los institutos de investigación independientes con una financiación basal han sido menos susceptibles a los ciclos de políticas y financiación que otras organizaciones históricamente bien establecidas, como las universidades o el CSIC que sufrieron de lleno los efectos de la crisis de 2008.

Además, los institutos de investigación (independientes) tienen un papel esencial en la promoción de una ciencia excelente y deberían desempeñar un papel de ejemplo inspirador para otras organizaciones de investigación. La excelencia científica en las ciencias de la vida solo puede lograrse mediante una firme adhesión a los principios de calidad, integridad científica, responsabilidad ética, responsabilidad social, sostenibilidad ecológica, igualdad de género y diversidad cultural, al tiempo que se promueve un diálogo sólido con la sociedad. Los institutos de investigación deben de tener como misión a largo plazo la difusión de estos valores y de las mejores prácticas seguidas dentro de Europa, a otros institutos, existentes o nuevos:

– desarrollar resultados de investigación para lograr un impacto social, mediante la investigación traslacional y la transferencia de tecnología;

– preparar a la próxima generación de científicos mediante la formación, la gestión de recursos humanos y la inclusión;

– comprometerse con la sociedad;

– obtener financiación competitiva a nivel nacional e internacional;

– y estimular un entorno de investigación institucional abierto, colaborativo, crítico y comprometido.

RECUADRO 1

EL CRG COMO EJEMPLO

El Centro de Regulación Genómica (CRG) es un instituto internacional de investigación biomédica de excelencia, creado en julio del año 2000. Es una fundación sin ánimo de lucro, financiada por la Generalitat de Catalunya a través del Departamento de Empresa y de Conocimiento y del Departamento de Salud, el Ministerio de Ciencia e Innovación español y la Fundación «la Caixa», e incluye la participación de la Universidad Pompeu Fabra.

La misión del CRG es descubrir y hacer avanzar el conocimiento en beneficio de la sociedad, la salud pública y la prosperidad económica.

El CRG cree que la medicina del futuro depende de la ciencia innovadora del presente. Ello requiere un equipo científico interdisciplinario, centrado en comprender la complejidad de la vida, desde el genoma hasta la célula, y el organismo entero, así como su interacción con el entorno, ofreciendo así una visión integrada de las enfermedades genéticas.

El CRG es un centro único en España, basado en un modelo de investigación de organización innovadora. Los jefes de grupo del CRG son reclutados internacionalmente y reciben apoyo financiero del centro para formar y dirigir a sus grupos. Un comité de evaluación externo, formado por reconocidos líderes en las diferentes áreas, los evalúa periódicamente cada cuatro años. El resultado de estas evaluaciones condiciona el futuro de los científicos del CRG, sin tener en cuenta si tienen contratos de larga duración o por un tiempo limitado. De este modo, se garantiza la movilidad y la renovación de la plantilla.

Servicios de apoyo a la Investigacion (1)

El CRG tiene unos servicios científico-técnicos de primera calidad que dan apoyo a la comunidad científica española e internacional, al tiempo que le permiten ser competitivo a nivel mundial.

La misión de los servicios científico-técnicos es:

- Proporcionar a la comunidad investigadora y a la industria española servicios y una experiencia de vanguardia para avanzar en la investigación, y apoyar al CRG como un centro líder mundial en ciencia biomédica.
- Tener expertos en tecnologías de investigación, así como proporcionar equipos y aplicaciones de última generación.
- Implementar y desarrollar las tecnologías más novedosas.
- Impulsar y participar en proyectos institucionales científicos clave.
- Proporcionar formación multidisciplinaria a la próxima generación de científicos.
- Dar forma e implementar iniciativas estratégicas del instituto.

Mantener estos servicios científico-técnicos de primer nivel requiere una financiación elevada y continua, así como profesionales de alta cualificación. También requiere de un servicio transparente, de forma que los usuarios sepan en todo momento donde están sus muestras y las tarifas que se les van a aplicar.

Estos servicios no solo deben de apoyar la investigación de los trabajadores de un centro de investigación, sino que también deben de estar abiertos a otros investigadores y empresas del país. Las *start-ups* que se crean en España son pequeñas y no tienen el músculo financiero para dotarse del personal y equipamiento que necesitarían para poder desarrollar su *know-how* y lograr crecer y ser competitivas en el plano internacional. Es por ello que los centros de investigación con una capacidad técnica importante deben de ayudar a estas empresas a ser más competitivas, ofreciendo tarifas accesibles y formación.

Transferencia de tecnología (2)

El CRG considera que la transferencia de tecnología es un objetivo fundamental de la investigación de excelencia, y un deber para con la sociedad que nos financia. Para poder transferir nuestro conocimiento, crear valor y puestos de trabajo y hacer la economía española más competitiva, el CRG ha creado una oficina potente de transferencia, con profesionales altamente cualificados, y un fondo de valorización anual. Se trata de contribuir a llevar los descubrimientos del laboratorio a la empresa. Esta oficina ayuda a los investigadores a comprender el potencial comercial de sus ideas, a establecer conexiones con la industria y a expandir el impacto de su investigación. El CRG, a través de su oficina de transferencia de tecnología ha creado cinco *start-ups* en los últimos años.

2. Financiación y trabas burocráticas de la ciencia

Los científicos de nuestro país usan los llamados planes nacionales para financiar su investigación (además de pedir dinero a Europa). Pues bien, considerando la inflación, esa financiación es casi la mitad de la que se les daba antes de la crisis de 2008.

Además de los problemas de financiación mencionados arriba y recogidos por numerosos informes (COTEC, COSCE etc…), hay un gran problema burocrático en España que dificulta la innovación y la investigación. Los proyectos de investigación y las becas y contratos no se convocan cuando se espera, y las condiciones y requerimientos cambian de convocatoria en convocatoria. Las justificaciones de los gastos de los proyectos y las reclamaciones de la Administracion son kafkianas, y conllevan una pérdida de proactividad enorme, con multitud de personal dedicado a buscar recibos de hace años. La compra de reactivos o aparatos requiere la realización de concursos públicos cuando se sobrepasa la cantidad de 50.000 euros. Tales concursos requieren de un personal especializado y con gran dedicación (en otros países europeos el límite es más de cuatro veces esta cantidad). La ley laboral actual no está pensada para la investigación, pues no hay garantía de tener proyectos de investigación concedidos para financiar a un grupo, lo que implica despedir al personal contratado antes de que sea obligado hacerlo fijo, por concatenación de contratos.

Todo esto conduce a sobredimensionar el personal administrativo de los centros de investigación y universidades, y a una pérdida de agilidad y de competitividad en comparación con otros países de nuestro entorno.

Estos problemas son todavía mayores en las universidades y en los centros de investigación del CSIC, que tienen un gran componente funcionarial e importantes restricciones en contratación y salarios.

3. Investigación e innovación

La investigación y la creación de valor

Hay una tendencia entre los políticos y las administraciones a diferenciar entre ciencia básica y ciencia aplicada. La primera sería aquella movida por la curiosidad, y la segunda, aquella encaminada a resolver un problema práctico. Al mismo tiempo, tanto desde los órganos de financiación europeos como desde los españoles, cada vez se pone más peso en la ciencia aplicada, con el objetivo de mejorar la salud de nuestros ciudadanos, y también de favorecer la creación de puestos de trabajo cualificados, al tiempo que se aumenta el retorno económico. Es importante clarificar, por ello, que la ciencia no es realmente básica o aplicada, sino que es buena o mala ciencia. En principio, uno podría pensar que un grupo trabajando en la respuesta de un tumor a una cierta droga estaría haciendo ciencia «aplicada», mientras que un grupo trabajando en cómo las bacterias se defienden de la infección por virus bacterianos (fagos) sería ciencia básica. Pero puede resultar que lo que haga el primer grupo sea lo mismo que están haciendo otros 100 grupos en el mundo, y el investigador se limite a coleccionar unos datos que se publican después en forma de tabla. Este no sería probablemente un resultado de ciencia de excelencia. Por otro lado, en el segundo caso puede que el investigador descubra una proteína que usan las bacterias para reconocer el material genético del fago de forma extremadamente específica y consiga impedir la invasión. Y podría resultar que esta proteína se puede usar en humanos para corregir mutaciones en enfermedades raras, o para editar genomas en biotecnología. Pues bien, en este caso estaríamos hablando de un uso que ha llevado a conseguir un Premio Nobel y ha revolucionado la biomedicina. Sin embargo, a pesar de que esta investigación pionera la dirigió un grupo español (Mujica), no ha recibido el reconocimiento que debería por una razón muy sencilla: porque las aplicaciones biomédicas las hicieron otros. Lo que se quiere decir es que muchas veces los grandes descubrimientos vienen de una investigación en organismos o procesos que a primera vista nunca financiaríamos como susceptible de generar un avance biomédico o un retorno económico, y, sin embargo, así ocurre. Otro ejemplo clásico fueron las investigaciones en la división celular de una levadura que nos han permitido entender cómo se dividen nuestras células, y enfermedades como el cáncer.

Ahora bien, es importante recalcar que además de hacer investigación de excelencia, si queremos crear valor e innovar, necesitamos una estructura alrededor de los investigadores que no solo les financie, les de apoyo técnico y administrativo, sino que sepa identificar las perlas escondidas en la investigación de un grupo. Se refiere a que debe de haber una oficina potente

de transferencia de tecnología, con profesionales capaces de identificar qué puede tener valor en el trabajo de un grupo, cómo se le puede sacar valor, y cómo hacer para que pueda disponer de recursos financieros con el fin de invertir inmediatamente en lo que cree que es necesario para llevar a cabo su proyecto, y que, o bien se licencie, o bien entre capital riesgo y se cree una compañía. Contar con esta oficina y estos profesionales es esencial, tan importantes para conseguir que la investigación se convierta en innovación y en valor, como para que se incremente el valor de los investigadores. Hay un ejemplo muy famoso de la importancia de estos profesionales. En el Medical Research Council un investigador descubrió hace años los anticuerpos monoclonales que hoy en día son clave para la inmunoterapia en cáncer. Pues bien, esto nunca se patentó y hoy en día hay un mercado de miles de millones de euros alrededor de los monoclonales. Lo mismo se podría aplicar al descubrimiento de Mujica mencionado arriba, y al de las enzimas que defienden a las bacterias de la infección por fagos.

Finalmente, además de tener investigación de excelencia y profesionales de transferencia es importante disponer de una estructura ágil a nivel del país, y autonomías, pero sobre todo del centro o la universidad, que permita cerrar acuerdos de forma flexible, con unas reglas que doten de marco a la negociación, pero también con flexibilidad para cambiarlas.

Evidentemente, todo lo mencionado arriba se puede hacer en los nuevos centros de investigación. Como hemos mencionado arriba, el poder ofrecer condiciones salariales competitivas a nivel internacional, dotar de financiación basal a los grupos de investigación, tener servicios científico-técnicos potentes, una estructura laboral abierta y competitiva, y departamentos de transferencia de tecnología, con profesionales potentes y en muchos casos pequeños fondos de valorización, permite a estos centros ser muy competitivos y ágiles a la hora de innovar y crear valor a partir de la ciencia de excelencia que hacen sus investigadores. Eso no quiere decir que en la Universidad o en el CSIC no se haga innovacion y no se cree valor, hay muchos y excelentes investigadores, pero es cierto que tienen grandes hándicaps a la hora de innovar y crear valor, que muchas veces superan con un desgaste personal grande.

La relación entre centros de investigación y empresas, creación de start-ups

Como se mencionó más arriba, los organismos públicos que hacen investigación en España deberían de tener entre sus objetivos el ayudar (no subvencionar) el crecimiento y la competitividad de las empresas de nuestro país, así como la creación de nuevas empresas a partir de la investigación que hacen (*start-ups*), y de la transferencia a través de licencias o de acuerdos del conocimiento que desarrollan las empresas a nivel internacional. Eso, evidentemente, no quiere decir que el centro trabaje para una empresa, o que les dé servicios por debajo de su coste real, pero sí que dentro de sus posibilidades ayude al tejido empresarial de España. Hay varios tipos de modelos de cómo se puede producir la relación entre la empresa y la institución investigadora. En primer lugar, el centro puede ofrecer formación en técnicas avanzadas, de interés para empresas pequeñas. En segundo lugar, pueden darles acceso a sus servicios científico-técnicos a un precio competitivo, de tal forma que una pequeña o mediana empresa pueda acceder a las últimas máquinas y tecnologías. En tercer lugar, la institución y una empresa pueden desarrollar de forma conjunta un proyecto bien financiado por un organismo externo o por la propia empresa. En cuarto lugar, el centro puede licenciar una patente o *know-how* propio a una empresa, y finalmente, los propios centros con alguno de sus investigadores pueden crear una empresa. Hay que decir que, en todos estos aspectos, la legislación española ha mejorado considerablemente en los últimos años, facilitando los diferentes escenarios mencionados anteriormente y permitiendo un retorno financiero al grupo investigador. En este aspecto, los nuevos centros de investigación tienen una gran libertad en establecer el marco de colaboración con las empresas, o en la creación de *start-ups*, lo que facilita la conversión de la investigación en innovación y el retorno económico.

El sector productor de biomedicina en España

España cuenta con un gran número de compañías que trabajan en biomedicina. En el último informe de la asociación de bioempresas (ASEBIO) del 2018, se indica que se invirtieron 770 millones de euros en I+D en el sector, de los cuales el 71 por 100 era de empresas *Biotech*, situando a este sector como el que más invierte en I+D. En 2019, había en España 2.969 empresas dedicadas a la biotecnología, de las cuales 751 son *Biotech* y de

esas el 47 por 100 se dedican a la salud humana, y más de la mitad son micropymes con menos de diez trabajadores. Las empresas *Biotech* facturaron una producción total del 0,8 por 100 del PIB, generando un impacto de más de 8.200 millones de renta, en torno al 0,7 por 100 del total nacional. Asimismo, las empresas *Biotech* aportaron un 0,3 por 100 del PIB en la recaudación fiscal y contribuyeron con 105.000 empleos, el 0,6 por 100 del total del empleo nacional (3). A pesar de estos números, España no está a la altura, no digamos de EE. UU. y China, sino de la mayor parte de los países europeos. Por ejemplo, en el año 2018, la inversión en I+D aumentó por cuarto año consecutivo, incrementando también su peso en la estructura productiva hasta el 1,24 por 100 del PIB. Sin embargo, esta cifra es muy inferior a la del 1,40 por 100 que se alcanzó en 2010 y que es el valor máximo logrado en lo que va de siglo. Aunque la tendencia es positiva, los niveles de inversión en I+D están muy alejados de lo que nos correspondería por nuestro potencial económico y nos sitúan lejos de la media europea. No hemos conseguido recuperar los niveles de inversión ni privados ni públicos de antes de la crisis de 2008, y ni siquiera con los planes actuales del Gobierno lo conseguiremos.

III. POR UN NUEVO SISTEMA DE INNOVACIÓN EN BIOMEDICINA

El éxito de un país o una región en las ciencias de la vida necesita de un esfuerzo global, fuerte y sostenido para crear un ecosistema de ciencias de la vida coherente. Podemos resumir estos requerimientos en:

Educación

- Una educación de alta calidad a nivel escolar y universitario, donde se premie la iniciativa y la capacidad de pensar independientemente con un sólido conocimiento del inglés.
- Una formación pluridisciplinar, en la que se integren conocimientos de diferentes disciplinas y no se considere la carrera universitaria como algo estanco. Hoy en día un investigador en biomedicina necesita conocimientos sólidos en matemáticas, física, química y por supuesto bioinformáticos.

Financiación

- Una financiación adecuada y competitiva, que permita a los grupos jóvenes crecer y desarrollarse, y financie adecuadamente a los grupos consolidados para ser competitivos a nivel internacional.
- Un sistema estable, donde se sepa con años de antelación cuando serán las convocatorias públicas de ayudas a la investigación, donde las cantidades totales ofertadas no varíen dramáticamente, y donde las reglas del juego no cambien de convocatoria en convocatoria.

Burocracia y agilidad

- Para poder ser competitivos, se necesita un entorno con la mínima burocracia posible, que salvaguarde el dinero público, y donde el concepto de inocencia debe primar, hasta que se demuestre culpabilidad.
- La cantidad de financiación a partir de la cual se requiere un concurso público deben elevarse hasta los niveles de los países de nuestro entorno.
- La flexibilidad en la contratación debería ser la norma, permitiendo la renovación de contratos siempre que haya financiación, y no se trate de plazas estructurales de un centro de investigación.
- La justificación de proyectos no puede ser una pesadilla, que requiera ingentes recursos de personal, muchas veces solo para justificar cantidades ridículas por algo acaecido hace siete años.

Entorno médico-sanitario

- Un entorno médico y sanitario que integre la investigación pública y privada, como la medicina traslacional y la clínica de desarrollo de nuevos tratamientos.
- Una política de inversión sanitaria, que incorpore la salud digital, la innovación sanitaria y la tecnología médica como sectores prioritarios.
- Un marco regulatorio flexible y rápido, combinado con un presupuesto de atención médica sólido, que permita una rápida adopción de nuevas tecnologías, incluyendo soluciones digitales.
- Un sistema sanitario eficaz y eficiente, que permita una calidad asistencial a costes aceptables para la sociedad.

Transferencia de tecnología

- La formación de personal cualificado de dirección de empresas en el sector de la salud, capaces de atraer capital internacional y conver-

tir una *start up* en una gran compañía internacional.

- La disponibilidad de mecanismos de transferencia de tecnología, que permitan que la investigación académica se convierta en productos y soluciones comerciales.

- La disponibilidad de capital de riesgo suficiente para convertir las ideas en negocios viables.

Política industrial

- Una buena política industrial, que permita contratar personal cualificado, fabricar y exportar.

- Un marco fiscal que fomente las inversiones en innovación.

- Una política industrial sólida de la Unión Europea, que invierta estratégicamente en la innovación (digitalización y sostenibilidad) de su industria e infraestructura. Esto incluye esquemas de incentivos para invertir en personal y modernización de la manufactura.

Un ecosistema de ciencias de la vida coherente solo se puede lograr si se tiene una visión clara y a largo plazo sobre cómo encajan todos los componentes mencionados arriba para crear un entorno propicio para la competitividad de la biomedicina. Las inversiones públicas en educación e investigación académica solo tendrán un buen retorno de la inversión para la sociedad si toda la cadena de valor es coherente y se organiza de manera eficiente. Esto es esencial. En nuestro país tendemos a adoptar medidas estrella que se venden muy bien a nivel publicitario, y ayudan puntualmente, pero no resuelven el problema de la ciencia y la innovación. Para realmente revolucionar el sistema se requiere una acción coordinada de varios ministerios, implicando al de Hacienda.

IV. CONSIDERACIONES FINALES

Cuando hablamos de hacer España más competitiva en innovación en biomedicina no debemos de olvidarnos de los investigadores y del tipo de investigación que se hace en España. Hay aspectos con efectos negativos muy importantes como ya mencionamos arriba, burocracia y financiación, pero también es cierto que en España hasta hace no muchos años se consideraba que la investigación y los investigadores no debían de contaminarse con la industria y la creación de patentes y *spin-offs.* En general y aunque algo ha cambiado, se piensa que se nos debe financiar para que investiguemos movidos por la curiosidad, y que no tenemos la responsabilidad de conseguir que lo que descubramos tenga un impacto en la sociedad. En cierta manera, una nueva versión del «que inventen ellos» de Unamuno, que podríamos traducir por: nosotros investigamos y que otros innoven. Eso se puede apreciar en la reticencia a incluir a profesionales reconocidos de la transferencia de tecnología en los comités científicos de asesoramiento a los centros de investigación, o a la consideración de creación de valor en la evaluación científica de los grupos.

En el fondo, creo yo, todo esto es un error de concepto. Evidentemente la investigación debe de estar movida por la curiosidad o por cómo resolver un problema, no hay ciencia básica o aplicada, sino ciencia de excelencia. Pero también es cierto que los investigadores que recibimos dinero público tenemos la obligación de explorar al mismo tiempo la posibilidad de que lo que hacemos tenga un valor, no solo científico, sino económico, e intentar devolver a los que nos financien un retorno en forma de mejoras de nuestra salud, de creación de valor añadido económico y de puestos de trabajo.

Esto no es fácil de conseguir e incluso en centros punteros a nivel internacional como el CRG hay resistencias a considerar la transferencia de tecnología como un mérito a considerar en una evaluación.

Conseguir que permee entre los investigadores de nuestro país este concepto de que, por supuesto, su principal deber u obligación es hacer ciencia de excelencia, pero que tienen que pensar siempre si sus resultados tienen algún valor que hay que proteger es crítico. Para conseguir esto hay que incentivar y no penalizar. Es decir, a aquel investigador que dedica tiempo y esfuerzo a valorizar su ciencia habría que reconocérselo a nivel personal y profesional, sin penalizar al que no lo hace. Por otro lado, hay que introducir en los programas de doctorado de todos los centros de investigación y universidades del país cursos de formación en transferencia de tecnología, con charlas magistrales impartidas por investigadores de éxito científico y que han creado empresas o transferido conocimiento, sin renunciar a su investigación. Evidentemente, todo esto puede funcionar si a su vez las instituciones donde el investigador trabaja tiene oficinas de transferen-

cia de tecnología con personal cualificado, sueldos competitivos e incentivos por éxito y dinero de valorización, y, a su vez, si conseguimos crear o atraer fondos de capital riesgo que inviertan en ideas tempranas. El resultado de todas estas acciones de forma integrada podría tener un efecto multiplicador en el número de patentes, compañías y licencias en nuestro país.

Aunque dentro de este número monográfico hay un tema específico dedicado a las *start-ups,* me gustaría recalcar, como científico emprendedor fundador de cinco *start-ups*, dos de ellas en España, que tenemos un problema en nuestro país para poder convertir el creciente número de pequeñas compañías que están apareciendo en el área de la biomedicina en compañías competitivas a nivel internacional. Los centros de investigación y las universidades podemos ayudar incubándolas durante uno o dos años en nuestro espacio, para darles tiempo a cerrar una primera ronda de financiación. Pero luego tienen que salir del espacio público. Las compañías de biomedicina no son como una compañía de *software*, necesitan acceso a instrumentación cara y tecnológicamente sofisticada y a espacios que requieren de servicios especiales en aspectos como agua, residuos, ventilación, gases, etc., que son muy costosos. Es necesario el poder tener parques tecnológicos con espacio para estas compañías, con alquileres y costes lo más reducidos posibles, y acceso a profesionales de la innovacion que las asesoren. Al mismo tiempo, necesitamos un capital riesgo con músculo financiero capaz de sostener estas compañías hasta que lleguen a un tamaño y desarrollo que las permita competir. Afortunadamente, en este aspecto hay buenas noticias con la creación del European Innovation Council (EIC), cuya misión es apoyar la innovación y la creación de empresas en Europa capaces de competir internacionalmente.

COLABORADORES EN ESTE NÚMERO

ARJONA, Román. Es economista jefe en la Dirección General de Industria de la Comisión Europea, cargo que desempeñó anteriormente en la DG de Investigación e Innovación. Fue secretario general de ciencia e innovación del Gobierno de España, vicepresidente del Comité de Ciencia e Innovación de la OCDE, asesor del Ministro de Ciencia y Economista en el Banco Europeo de Inversiones, Fondo Monetario Internacional y OCDE. Ha sido miembro del grupo de alto nivel del Foro Económico Mundial sobre crecimiento en Europa. Es doctor en Economía por el Instituto Universitario Europeo, máster del Colegio de Europa y premio extraordinario de carrera.

CRUZ CASTRO, Laura. Es investigadora científica en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos del CSIC. Es doctora en Sociología por la Universidad Autónoma de Madrid. Su área de especialización son las políticas de ciencia e investigación, las carreras académicas y las organizaciones de I+D. Ha dirigido y participado en numerosos proyectos de investigación financiados competitivamente y publicado en las revistas como: *Research Policy, Minerva, Research Evaluation, Science and Public Policy, Technological Forecasting and Social Change, Regional Studies, PLOS One,* etc.

GARCÍA QUEVEDO, José. Es catedrático de Economía Aplicada en la Universidad de Barcelona (UB). Es también investigador del Instituto de Economía de Barcelona (www.ieb.ub.edu). Ha publicado sus trabajos en revistas como: *Energy Economics, Energy Policy, Industrial and Corporate Change, Cambridge Journal of Economics, Research Policy, Technological Forecasting & Social Change* y *Small Business Economics*, entre otras. Ha sido investigador visitante en UNU-MERIT (Maastricht, Holanda), en SPRU, Universidad de Sussex (Reino Unido) y en la Florence School of Regulation, EUI (Italia). Sus principales líneas de investigación son la economía de la innovación y la economía de la energía.

GONZÁLEZ HERMOSO DE MENDOZA, Alfonso. Técnico de Gestión de la Universidad Complutense de Madrid, máster en gestión y política universitaria por la Universidad Politécnica de Cataluña, Cátedra Unesco. Ha sido viceconsejero de Ciencia, Universidades e Innovación de la Comunidad de Madrid, director general de Evaluación de la Educación del Ministerio de Educación y Universidades, secretario general técnico de la Consejería de Educación y Universidades, director general de la Escuela de Organización Industrial y secretario general de la Asociación Española de Escuelas de Negocio.

MARTÍNEZ-ROS, Ester. Es profesora titular de Organización de Empresas en la Universidad Carlos III de Madrid. Se doctoró en la Universitat Autònoma de Barcelona. Ha participado en el grupo de expertos para la Comisión Europea de asesoramiento de políticas públicas de Fondos de I+D. Sus líneas de investigación se centran en analizar las decisiones de innovación, en identificar los determinantes de la innovación medioambiental y estudiar las políticas públicas en la I+D. Sus más de 50 contribuciones se encuentran en revistas internacionales y ha participado tanto como miembro como investigador principal en diversos proyectos nacionales e internacionales.

MAS VERDÚ, Francisco. Licenciado en Derecho y doctor en Ciencias Económicas. Catedrático de Economía Aplicada en la Universidad Politécnica de Valencia. Actualmente es secretario técnico del Consejo Valenciano de Innovación. Ha combinado sus tareas académicas con responsabilidades en la Administración Pública en los ámbitos de la innovación y la transferencia de tecnología. Formó parte del equipo de técnicos que diseñó y puso en marcha el Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana, IMPIVA (actual IVACE) dependiente del Gobierno Regional de la Comunidad Valenciana y la constitución de los Institutos Tecnológicos (AINIA agroalimentación, AICE, cerámica, etc.). Ha actuado como consultor internacional para el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, OCDE, etc. Ha dirigido diversos estudios sobre políticas de innovación y transferencia de tecnología, que han sido publicados en revistas científicas internacionales tales como: *Small Business Economics, Journal of Knowledge Management, The Service Industries Journal, Service Business, Journal of Business Research, Technology Analysis & Strategic Management,* entre otras.

MULET MELIÁ, Juan. Doctor ingeniero de Telecomunicación y MBA**.** Fue director del Centro de Investigación y Estudios de Telefónica, director general adjunto de Telefónica Investigación y Desarrollo, S.A., consejero-director general de Amper Programas de Electrónica y Comunicaciones, S.A. y director general de Cotec. Ha sido profesor adjunto titular, profesor encargado de Cátedra y profesor titular de la Universidad Politécnica de Madrid, y profesor asociado de la Universidad Carlos III de Madrid. Fue miembro del Industrial Research & Development Advisory Committee (IRDAC) y del European Research Advisory Board (EURAB) de la Unión Europea, consejero de la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT), del Consejo Asesor de Telefónica I+D, del Consejo Social de Farmaindustria, del Consejo Asesor para la Ciencia y la Tecnología y vocal del Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid, y ha formado parte del Consejo de Administración de Axon Capital SGCR, de la que fue presidente, Intelsa, Comet, AT&T Microelectrónica de España y Amper Programas. Actualmente, es patrono de IMDEANetworks, miembro del Alto Consejo Consultivo del Instituto de la Ingeniería de España (IIE), académico de la Academia Europea de Ciencias y Artes, patrono-director de España Digital, y presidente del Foro de Innovación Empresarial del IIE.

MYRO SÁNCHEZ, Rafael. Es catedrático de Economía Aplicada de la Universidad Complutense de Madrid. Es autor de numerosos trabajos sobre la economía española, especialmente referidos a su crecimiento, la especialización y competitividad de la industria, el comercio exterior y el papel de la inversión extranjera, que han sido publicados en diversos libros y en artículos recogidos en las principales revistas económicas españolas, y en algunas revistas editadas en otros países. Entre sus trabajos más recientes se encuentran los artículos «La industria española después de la pandemia» (ICE, n.º 919, pp. 41-62, 2021), y «A policy for a new industrial revolution» (*Journal of Industrial and Business Economics,* vol. 46(3), pp. 403-414, 2019), y el libro *España en la economía global* (*RBA*, 2015). Aparte de su trabajo como investigador y docente, el profesor Rafael Myro ha colaborado con el gobierno central

y varios gobiernos regionales en el análisis de la industria, su competitividad exterior y las líneas de orientación de la política industrial.

QUINTANILLA FISAC, Miguel A. Profesor emérito de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Salamanca (España). Es autor de numerosos artículos y libros sobre Filosofía y Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. Entre ellos destacan: *Filosofía ciudadana* (Madrid: Trotta, 2020). *Tecnología: Un enfoque filosófico* (Madrid: FUNDESCO, 1988; México: FCE, 2017). *Tecnologías entrañables* (Madrid, 2017), *A favor de la razón* (Madrid: Taurus,1981) y *Diccionario de Filosofía contemporánea.* ([ed.] Salamanca: Sígueme, 1976. Reedición Oviedo: KRK, 2010). Durante años ha desempeñado diferentes cargos de responsabilidad en el ámbito de la política científica en España. Como senador fue ponente de la Ley de la Ciencia (1986) y presidente de la Comisión Mixta Congreso-Senado de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. También ha sido secretario general del Consejo de Universidades y Secretario de Estado de Universidades e Investigación. Ha recibido numerosas distinciones: Doctor Honoris Causa de la Universidad de Valparaíso premio FUNDESCO de ensayo, premio Espasa Mañana de ensayo y Gran Cruz de Alonso X el Sabio.

RAVET, Julien. Es economista en la Dirección General de Investigación e Innovación de la Comisión Europea. Dirige el equipo de economía de la unidad de estrategia y prospectiva del economista jefe. También es miembro asociado y profesor de la Escuela de Economía y Gestión Solvay Brussels. Anteriormente trabajó en el sector privado como consultor para políticas de I+D+I, economista para la Oficina de Política Científica de Bélgica e investigador en la Université Libre de Bruxelles, por la que tiene un doctorado en Economía.

DEL RÍO, Pablo. Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad Autónoma de Madrid, es investigador científico en el Instituto de Políticas Públicas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en el que es responsable del Grupo de Economía Ambienta (GEA). Ha dedicado su investigación al análisis de los determinantes de la ecoinnovación y a los instrumentos de promoción de las energías renovables. Tiene más de cien publicaciones internacionales, incluidos cuatro libros, sobre esos temas y ha participado en ocho proyectos de investigación europeos sobre el análisis económico de los instrumentos de promoción de las energías renovables.

SANZ MENÉNDEZ, Luis. Es profesor de investigación del CSIC en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP). Es doctor por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), ha publicado más de un centenar de trabajos sobre los sistemas y políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación. Sus trabajos se han publicado en libros o en revistas como: *Research Policy, Research Evaluation, Science and Public Policy, Journal of Informetrics, Technological Forecasting and Social Change, Scientometrics, Public Understanding of Science, PLOS One,* etc.

SEGARRA BLASCO, Agustí (Castellón de la Plana, 1958). Es catedrático de Economía Aplicada en la Universidad Rovira i Virgili, licenciado en Economía por la Universidad de Valencia y doctor en Economía por la Universidad de Barcelona. Ha desarrollado su investigación en las áreas de historia económica, dinámica empresarial, geografía económica y economía de la innovación. Sus trabajos han sido publicados en revistas como: *Research Policy, Energy Policy, The Journal of Technology Transfer, Economics of Innovation and New Technology, Business Strategy and the Environment, Economics of Energy & Environmental Policy, Small Business Economics, Innovation, Technological Forecasting & Social Change, Structural Change and Economic Dynamics, Industry and Innovation, Review of Industrial Organization* o *Revista de Economía Aplicada*. Es autor de diferentes obras de divulgación como *L'aventura del mercat*, *Un relat d'economia recreativa* (2015) o *La senda del progreso*. Un relato sobre las ideas económicas y el futuro del proyecto europeo.

SERRANO, Luis. Se licenció en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid. Tiene un máster en Ciencias por la Universidad Complutense y un doctorado en Bioquímica por la Universidad Autónoma de Madrid. Se doctoró en Biología Celularz en el Centro de Biología Molecular (CSIC-UAM) de la Universidad Autónoma de Madrid y en la Universidad de Cambridge. Fue profesor titular en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En 1993 fue nombrado Jefe de Grupo en el Laboratorio Europeo de Biología Molecular (EMBL), en Heidelberg, Alemania. Posteriormente, en el EMBL, fue no investigador principal sénior y jefe del programa de Biología Estructural y Computacional, comenzando a trabajar en Biología de Sistemas. También fue jefe de Programa del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO). A finales de 2006, dirigió el programa de Biología de Sistemas en el Centro de Regulación Genómica (CRG), donde también se desempeñó como subdirector hasta su nombramiento como consejero en julio de 2011. Desde 2006 es profesor ICREA (Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados) Catedrático de investigación. Actualmente, su grupo de investigación se centra en la biología sintética, la ingeniería y el diseño de sistemas biológicos. En 2003 recibió el Premio Marie Curie a la Excelencia, por su trabajo «Diseño de Sistemas Biológicos para mejorar la calidad de vida», y en 2009 recibió el premio Ciudad de Barcelona (categoría ciencia. Participó en la creación de una de las primeras empresas biotecnológicas españolas, Diverdrugs (Barcelona), y también fue cofundador de Cellzome (Heidelberg, Alemania), EnVivoPharmaceutical (Boston, EE. UU.), Triskel Pharmaceuticals (Dublín, Irlanda) y el año pasado de Pulmobiotics (Barcelona, España). A lo largo de su carrera profesional ha organizado y participado en numerosos congresos internacionales, ha dirigido un total de 20 tesis doctorales, y ha publicado más de 360 artículos en revistas internacionales (*Nature, Science, The Journal of Molecular Biology,* etc.), así como por haber registrado 20 patentes. Como director del CRG fue fundador de la asociación de institutos de investigación europeos de excelencia (EU-life), así como de la alianza de institutos de investigación españoles de excelencia (SOMMa) con los objetivos de promover la ciencia a nivel español y europeo.

TERUEL, Mercedes. Es profesora agregada del Departamento de Economía de la Universitat Rovira i Virgili (URV). Después de haber estudiado Ciencias Empresariales (1999) y Economía (2001), obtuvo el máster en Economía por la University of Essex (2005), y en 2006 se doctoró por la URV. Del 2010 al 2017, ha sido responsable del grado de Economía y secretaria académica de Decanato. A partir del año 2017 es directora de la Cátedra para el Fomento de la Innovación Empresarial y desde 2021 coordina el máster en Emprendimiento e Innovación de la URV. Sus intereses incluyen el crecimiento de las empresas, la organización empírica industrial y la innovación. Sus publicaciones han aparecido en revistas como: *Small Business Economics*, *Growth and Change, Industrial and Corporate Change, Journal of Economic Behaviour and Organization* y *Research Policy.* Es ganadora del Richard R. Nelson Prize (2016) concedido por los editores de *Industrial and Corporate Change* y *Research Policy*. El premio reconoce el artículo (en años alternativos) en la revista *Research Policy* o *Industrial*

and Corporate Change que han hecho una contribución substancial a la literatura. El artículo está escrito junto con Alexander Coad y se titula «Inter-firm competition and firm growth: Is there any evidence of direct competition between firms?», publicado en *Industrial and Corporate Change*, 22, pp. 397-425 (2013).

TRIGUERO CANO, Ángela. Es profesora titular en la Facultad de Económicas de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Licenciada y doctora en Ciencias Económicas y Empresariales por la misma, ha sido investigador visitante en la Universidad de Cornell (Ithaca, Nueva York, EE. UU.) y en la Università degli Studi di Bergamo (Italia). Sus líneas de investigación principales se encuentran en el ámbito de la economía industrial, y en especial, en economía de la innovación, ecoinnovación y economía circular. Entre sus publicaciones destacan los artículos en: *Research Policy, Small Business Economics, Regional Studies, Ecological Economics, Journal of Cleaner Production, Business Strategy and the Environment, Energy Economics, Agribusiness, Management Decision, Economics of Innovation and New Technology* y *Technological Forecasting and Social Change*. En materia de investigación, también destaca su participación en proyectos relacionados con el Tercer Sector, la economía social y el desarrollo local. Ha sido investigador principal de dos proyectos nacionales concedidos por el Ministerio en torno a los procesos de innovación abierta en el desarrollo de ecoinnovaciones. Desde 2014 es vicedecana de la Facultad de Ciencias Económicas de Albacete.

VILLAGRA, Jorge. Es ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid y doctor en Informática en Tiempo Real, Robótica y Control Automático por la École des Mines de Paris (Francia) desde 2006. De 2007 a 2009 ocupó un puesto de profesor visitante en la Universidad Carlos III (España). Luego fue investigador JAE Doc en el Programa AUTOPIA en el Centro de Automatica y Robótica, del CSIC. Desde 2013 hasta 2016 dirigió el Departamento de ADAS y Sistemas de Conducción Autónoma en la empresa Ixion Industry & Aerospace SL. Dirige el Programa AUTOPIA en el CSIC desde octubre de 2016. Ha participado en más cincuenta proyectos de I+D europeos y nacionales, de los que ha sido investigador principal en la mitad de ellos. Es ponente habitual en diversos foros especializados, participa como experto independiente para la Comisión Europa y ha publicado más de cien artículos en revistas internacionales y conferencias sobre conducción conectada y automatizada.

PUBLICACIONES DE FUNCAS

Últimos números publicados:

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA
N.º 167. La empresa española entre la eficiencia y la desigualdad: organización, estrategias y mercados
N.º 168. La calidad de las instituciones y la economía española

PANORAMA SOCIAL
N.º 32. Ciudades: luces y sombras de un mundo cada vez más urbano
N.º 33. Los estragos sociales de la pandemia ante el horizonte post-COVID

CUADERNOS DE INFORMACIÓN ECONÓMICA
N.º 282. Recuperación al compás de las vacunas
N.º 283. Riesgos y oportunidades en la recuperación

SPANISH ECONOMIC AND FINANCIAL OUTLOOK
Vol. 10. N.º 3 The impact of the pandemic on Spain's businesses
N.º 4 Spain's outlook for pandemic recovery: Areas of outperformance and pending challenges

PAPELES DE ENERGÍA
N.º 12. Red MENTES: red temática de modelización energética para una transición energética sostenible
N.º 13. Diálogos de Energía y Sostenibilidad 2020-2021

ESTUDIOS DE LA FUNDACIÓN
N.º 98. Envejecimiento y capital social: la importancia de las redes de amigos y la participación social en el bienestar individual

LIBROS
Empresa, economía y sociedad. Homenaje a Vicente Salas Fumás

AÑO 2021

Publicación	Suscripción*		
	Suscripción anual	Edición papel €	Edición digital
Papeles de Economía Española	4 números	55	Gratuita
Cuadernos de Información Económica	6 números	45	Gratuita
Panorama Social	2 números	25	Gratuita
Spanish Economic and Financial Outlook	6 números	35	Gratuita
Papeles de Energía	2 números	25	Gratuita

Todas las publicaciones pueden consultarse y descargar de forma gratuita en la web de Funcas: https://www.funcas.es

Los precios incluyen el IVA. No incluyen los gastos de envío.

* Gastos de envío: España, 7€/año; Europa, 10€/ejemplar; resto países: 20,85€/ejemplar.
** Gastos de envío: correo postal (Madrid y provincias): 1€.
Servicio de mensajería: Madrid capital, 3,45€; resto provincias, 10,44€.

Forma de pago: domiciliación bancaria, transferencia bancaria y tarjeta de crédito.

SUSCRIPCIÓN A REVISTAS

A TRAVÉS DE INTERNET: http://www.funcas.es/Publicaciones
E-MAIL: publica@funcas.es