

Dirk Pilat\*

Fernando Galindo-Rueda\*\*

# DE LA INVESTIGACIÓN A LA INNOVACIÓN\*\*\*

*La financiación pública de la investigación científica sigue siendo importante para apoyar la innovación y hacer frente a los desafíos globales, pero no es el único campo en el que el sector público puede actuar. La ciencia abierta es clave para mejorar la eficiencia de la ciencia y la difusión del conocimiento. Son varias las medidas que se pueden adoptar para promover el acceso y reutilización de los resultados de estas investigaciones: eliminar barreras y establecer incentivos adecuados, desarrollar infraestructuras o plantear medidas obligatorias para la divulgación de los resultados. El acceso abierto implica costes y las instituciones públicas se enfrentan al reto de encontrar fondos y modelos de negocio sostenibles. Este artículo subraya la relevancia de aplicar principios de ciencia abierta a los recursos materiales que utilizan los investigadores. Dado que los procesos que llevan a los hallazgos de investigación se convierten en ideas a comercializar, el papel central del Gobierno es establecer los marcos institucionales y las normas que reflejen el interés público proporcionando los incentivos necesarios a todos los agentes implicados.*

**Palabras clave:** ciencia abierta, innovación, políticas públicas.

**Clasificación JEL:** O31, O32, O38.

## 1. Introducción

El Gobierno juega un papel crucial a la hora de proporcionar algunos de los cimientos para la innovación. La investigación científica, en particular, logra un

crecimiento de la productividad a largo plazo acentuando la capacidad de las economías para obtener la necesaria comprensión fundamental de la naturaleza y la sociedad para dar apoyo a las innovaciones en la frontera del conocimiento global. Se necesitan fondos públicos para hacer frente a la falta de inversión en investigaciones que no tienen una aplicación inmediata o única, dadas las grandes oportunidades de externalidades en el conocimiento derivadas de estas investigaciones. En el pasado, las empresas han recurrido a las Instituciones de Educación Superior (IES) y a los

---

\* Director General Adjunto de Ciencia, Tecnología e Innovación. OCDE.

\*\* Jefe de Área de Ciencia, Tecnología e Innovación. OCDE.

\*\*\* «From Research to Innovation». Traducción de Elena Estesó.

Revisión de traducción de J. J. Otamendi.

Este documento se centra en el trabajo reciente de la OCDE, especialmente en el informe de 2015 sobre la Imperativa en Innovación (OCDE, 2015a) y el marcador de Ciencia, Tecnología e Industria 2015 (OCDE, 2015b). El artículo no representa necesariamente el punto de vista de la OCDE o de sus países miembros.

Organismos Públicos de Investigación (OPI) para obtener esta base de conocimiento, y así desarrollar y comercializar aplicaciones para el mercado. En este contexto, la financiación institucional a largo plazo para la investigación básica es particularmente importante, ya que esta ha sido la fuente de muchas e importantes innovaciones del pasado y tiene grandes compensaciones sociales, mientras que la financiación basada en proyectos puede dar pie a una orientación más directa de la investigación pública hacia grandes objetivos de política pública, complementando así el gasto privado en investigación. Es primordial tener una perspectiva a largo plazo y estable de financiación de la investigación pública; centrarse en los resultados a corto plazo puede poner en riesgo las futuras semillas de la innovación.

Un sistema que permita la creación y difusión del conocimiento es igualmente importante para el crecimiento de la productividad; cuanto más intensa es la colaboración entre las empresas y las universidades, mayor es la difusión de las tecnologías procedentes del exterior.

Los Gobiernos pueden facilitar el flujo de ideas y fomentar el desarrollo de redes y mercados que permitan la colaboración y creación, circulación y difusión eficaz del conocimiento y sus aplicaciones. Sin embargo, las políticas de investigación pública tienen que mirar más allá de patentes y licencias y también incluir la investigación de colaboración público-privada, la movilidad de estudiantes y personal investigador, los contratos de investigación, la consultoría, así como el fomento del espíritu emprendedor en los estudiantes. Las políticas de ciencia abierta son especialmente importantes en este contexto y pueden ayudar a facilitar el acceso al conocimiento y su difusión.

La creación y aplicación del conocimiento están estrechamente interrelacionadas. Las actividades científicas de las IES y los proyectos de los OPI pueden ser un empuje y una atracción para la innovación. La historia de la ciencia muestra cómo los mayores descubrimientos científicos fueron posibles gracias a los avances tecnológicos y a la innovación. Este sigue siendo el

caso hoy en día. La investigación científica proporciona un campo de pruebas para que la innovación demuestre su utilidad en condiciones límite de uso. Gestionar los retos y oportunidades que presenta la ciencia intensiva en datos en áreas tan diversas como la biología o la astronomía requiere una serie de innovaciones técnicas y organizativas, y la implicación de un gran número de actores tanto privados como públicos.

La tendencia hacia la digitalización, combinada con la creciente conectividad internacional y el papel clave de las empresas multinacionales en impulsar la frontera de I+D implica que los beneficios de la investigación pública y el apoyo a I+D privado estarán más difundidos a nivel mundial. Esto puede reducir los incentivos para que los Gobiernos nacionales apoyen estas actividades al tiempo que compiten para atraer inversiones móviles de las multinacionales. Así, la cooperación mundial en investigación —como la financiación conjunta y los mecanismos para facilitar la colaboración transfronteriza y entre sectores— será cada vez más importante. Desarrollar iniciativas de ciencia y tecnología efectivas a nivel mundial requiere modelos de gobernanza receptivos y adaptables, combinados con mecanismos de financiación y gasto flexibles. Esto también se aplica a las políticas que inciden en la demanda científica por la innovación, dadas la escala y nivel de coordinación que necesitan estas iniciativas.

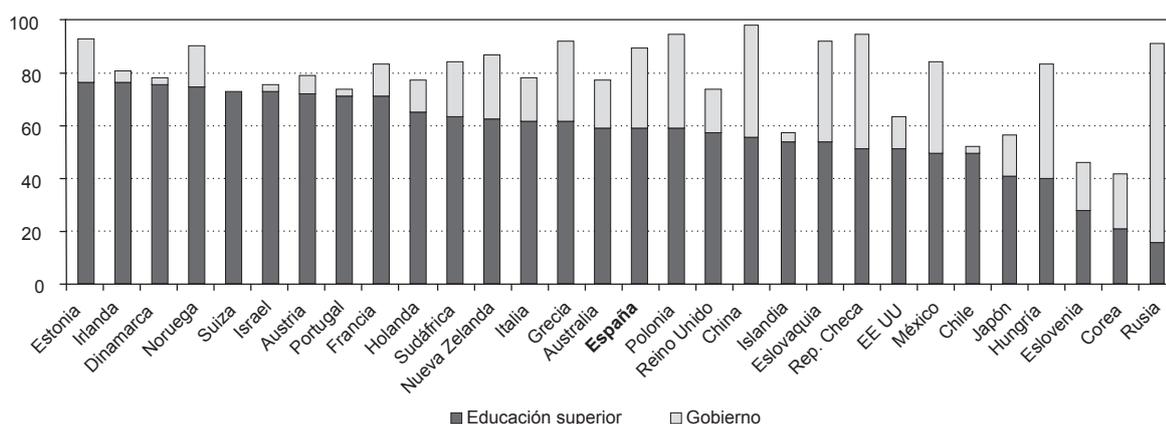
Este artículo revisa algunos de los últimos hallazgos del trabajo de la OCDE en innovación e investigación, y los vínculos entre ambos.

## 2. Algunos datos sobre el papel de la investigación pública

Aunque la relación entre ciencia e innovación es compleja, está ampliamente reconocido que la inversión pública en investigación científica es un elemento esencial de los sistemas nacionales de innovación que son efectivos. La investigación pública proporciona nuevo conocimiento e impulsa la frontera del mismo. Las universidades y

GRÁFICO 1

**INVESTIGACIÓN BÁSICA REALIZADA POR LOS SECTORES DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y EL GOBIERNO, 2013**  
(En % del gasto nacional en investigación básica)



FUENTE: OCDE (2015b), basado en OCDE, Base de Datos Estadística de Investigación y Desarrollo, [www.oecd.org/sti/rds](http://www.oecd.org/sti/rds), Junio de 2015. Statlink: <http://dx.doi.org/10.1787/888933273552>

los OPI a menudo realizan investigación a más largo plazo y con mayor riesgo, y complementan las actividades de investigación del sector privado. Aunque el volumen de I+D público es menos del 30 por 100 del total de I+D de la OCDE (OCDE, 2016a), las universidades y OPI llevan a cabo más de tres cuartas partes de la investigación básica total (Gráfico 1).

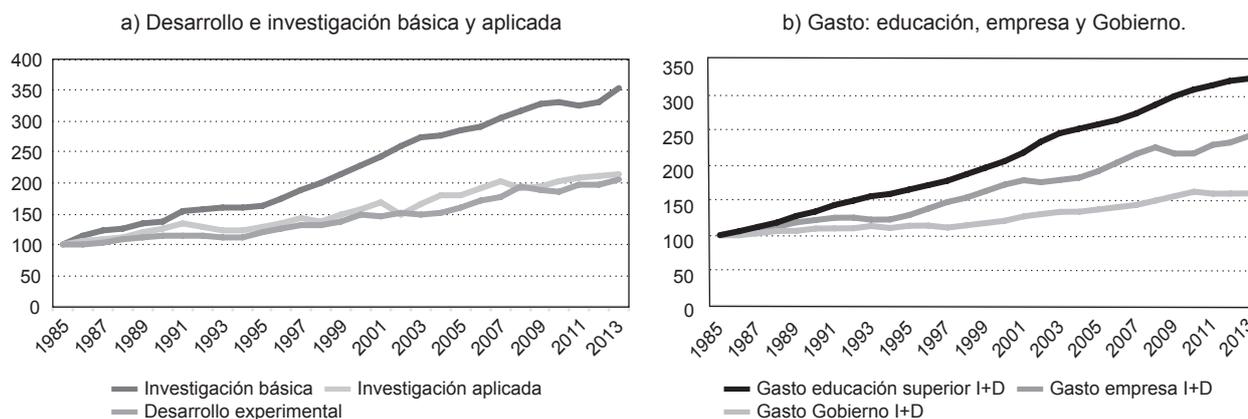
La investigación básica es particularmente importante ya que da pie a unos importantes efectos externos de conocimiento, mayores que los de la investigación aplicada, al tiempo que hace que esta última sea más productiva (Akcigit, Hanley y Serrano-Velarde, 2014). La historia de la ciencia muestra que muchos de los grandes logros económicos y sociales resultantes de la investigación científica se han considerado como tales solo a posteriori (Kirschner, 2013). No eran el resultado de un esfuerzo centrado en lograr un impacto específico; por el contrario, se han beneficiado de esfuerzos que perseguían expandir la frontera del conocimiento y han proporcionado instrumentos con

los que abordar problemas hasta el momento inasequibles. Este carácter parcialmente fortuito no está reñido con la planificación.

Garantizar el equilibrio entre la investigación básica, motivada por la excelencia, y la investigación más centrada, orientada a objetivos específicos es un reto importante para la financiación pública. Por otro lado, los avances científicos que permiten grandes transformaciones no hubieran sido posibles sin la disponibilidad de nuevos instrumentos de medida u observación necesarios para recopilar los datos y pruebas necesarias para demostrar las nuevas teorías. Aunque los instrumentos científicos suelen ser desarrollados por los científicos que los utilizan, pasando después a comercializarlos, la existencia de oportunidades de explotación comercial no científica y otras complementarias puede ayudar también a que esta se convierta en un área atractiva de implicación empresarial (Riggs y von Hippel, 1994).

Los beneficios económicos inmediatos de la inversión en investigación académica no han sido siempre fáciles

## GRÁFICO 2

TENDENCIAS EN ORIENTACIÓN I+D Y ESTRUCTURA EN EL ÁREA OCDE, 1985-2013  
(1985=100)

NOTA: El índice para investigación y desarrollo básico y aplicado, se ha estimado encadenando tasas de crecimiento interanuales de un grupo variable de países de los que hay datos fiables disponibles en años consecutivos y sin rupturas en la serie.

FUENTE: OCDE (2015b), cálculos basados en la Base de Datos de Indicadores de Ciencia y Tecnológicos [www.oecd.org/sti/msti.htm](http://www.oecd.org/sti/msti.htm) y en la Base de Datos Estadística de Investigación y Desarrollo [www.oecd.org/rds](http://www.oecd.org/rds), junio de 2015. 1 2 <http://dx.doi.org/10.1787/888933273241>

de demostrar<sup>1</sup>, aunque hay muchas pruebas de que muchas de las innovaciones más importantes en la última década tienen sus raíces en la investigación pública, incluyendo Internet y la tecnología del genoma.

En muchos de los países de la OCDE se están experimentando presiones a la financiación pública para investigación, durante los últimos cinco años, como resultado de la crisis económica y de los procesos de consolidación fiscal. Sin embargo, en relación al PIB, el gasto público en I+D se ha mantenido bastante bien en la mayoría de los países de la OCDE desde la crisis (Gráfico 2b), aunque las tendencias más recientes señalan un descenso importante en varios países de la OCDE en los últimos años. Desde mediados de

los años ochenta, el gasto declarado en investigación básica (es decir, la que busca la generación de conocimiento de las bases subyacentes de fenómenos y hechos observables, pero que no se dirige a aplicaciones específicas), en los países de la OCDE de los que hay datos disponibles, ha aumentado más rápido que en investigación aplicada y en desarrollo experimental (Gráfico 2a). Esto refleja el énfasis puesto por muchos Gobiernos en apoyar el gasto en conocimiento fundamental que el mercado está menos dispuesto a financiar por sí mismo. Como existe una fuerte justificación política para dirigir el apoyo gubernamental a la ciencia básica, dado su largo plazo y sus impactos inciertos y muy difusos, dichos compromisos han sido habituales en muchos países de la OCDE durante los últimos años de la década de los noventa y comienzo del milenio, antes de la crisis financiera mundial. Sin embargo, en ausencia de otros mecanismos estabilizadores, la

<sup>1</sup> Aunque los trabajos recientes de la OCDE señalan una contribución importante de la inversión en investigación básica para el crecimiento de la productividad a largo plazo (OCDE, 2015c).

naturaleza discrecional de las asignaciones presupuestarias para I+D parece hacer que estas partidas sean especialmente propensas a altibajos (Gráfico 2).

El gasto en investigación aplicada —que, como la investigación básica, busca generar nuevo conocimiento pero está dirigida principalmente a un objetivo o aplicación específica— muestra el mayor nivel de volatilidad. Frente a condiciones adversas, muchas empresas parecen cancelar o posponer los proyectos de investigación a medio plazo que no tienen una aplicación inmediata en el mercado. Los esfuerzos de desarrollo han mostrado ser inicialmente más resistentes durante las crisis anteriores, pero esta categoría de I+D también se vio afectada en 2010 después de que la investigación aplicada ya hubiera sufrido importantes correcciones. En contraste, la investigación básica parece haber vivido un breve contratiempo en los últimos años, reflejando una ola de esfuerzos por consolidar presupuestos. Con pocas excepciones, como la de Corea, la investigación básica hoy en día está altamente concentrada en la educación superior y las instituciones gubernamentales y, generalmente, representa una fracción muy pequeña de los esfuerzos en I+D de las empresas (Gráfico 1).

La estructura de las inversiones en I+D de los Gobiernos y de las instituciones de educación superior es también reveladora. Con diferencia, la mayor parte del coste de I+D está determinado por la necesidad de contratar a personal altamente cualificado, pero la excelencia investigadora requiere una combinación de medios de alta calidad tanto humanos como materiales. Existe menos información sobre el uso de equipos e instrumentos que en otras áreas. Para las economías de tamaño medio de las que hay datos disponibles en la base de datos de I+D de la OCDE, el gasto de adquisición de instrumentos y equipos (IE) representa, aproximadamente, el 7 por 100 del gasto total en I+D del Gobierno y de las instituciones de educación superior (Gráfico 3). Los países de Europa Central y las economías asiáticas tienen una cuota de gasto en IE significativamente mayor. Esto puede reflejar una diferencia de prioridades y

especialización, pero muy probablemente también está relacionada con las diferencias en los precios relativos entre los insumos de investigación (ej. salarios e instrumentos) y la disponibilidad de apoyo adicional para modernizar equipos e infraestructuras.

Son necesarios más esfuerzos para entender mejor el papel que la financiación de la ciencia juega en estimular la innovación por parte de los proveedores. El estudio realizado por Weinberg *et al.* (2014) utiliza datos de la iniciativa UMETRICS en Estados Unidos. Este trabajo muestra que las nueve instituciones estudiadas dedican casi 1.000 millones de dólares —de un total de la financiación para gastos de investigación de 9.000 millones de dólares— a la adquisición de bienes y servicios por parte de vendedores y subcontratistas estadounidenses. Entre estos se incluye una combinación de empresas grandes y pequeñas especializadas en alta tecnología. El trabajo de la OCDE sobre el vínculo entre la adquisición pública y la innovación muestra que hay una fuerte relación estadística entre la obtención de contratos y el gasto en I+D a nivel de empresas contratadas<sup>2</sup>.

### 3. El papel de la investigación pública – cuestiones de su política

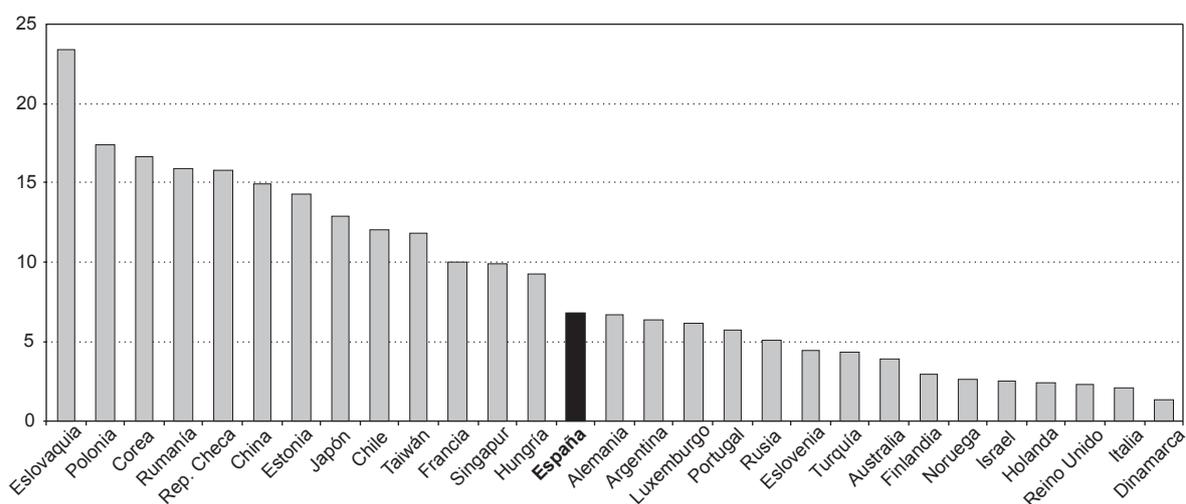
En la Estrategia de Innovación de la OCDE (OCDE, 2010a) se identificaron tres tendencias clave relacionadas con la ciencia y de interés para las políticas. Serían las siguientes: *i)* mecanismos de financiación institucional y promoción de la investigación multidisciplinar; *ii)* calidad y relevancia de la investigación y la evaluación de la misma; y *iii)* comercialización, creación de derivados y apoyo a los centros de excelencia. Además, se observó el cambio hacia la ciencia abierta y, en relación a esto, se subrayó el acceso a la información de la investigación y a los datos obtenidos con fondos públicos como áreas en las que sería útil la intervención de políticas.

<sup>2</sup> Véase <http://www.oecd.org/science/inno/procurement-for-innovation.htm>

GRÁFICO 3

PARTE DE GASTO I+D EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y GOBIERNO  
DEDICADA A INSTRUMENTOS Y EQUIPOS, 2012

(En %)



NOTA: El gasto en adquisición de instrumentos y equipos excluye los costes de depreciación, que no cuentan como gasto en I+D, el alquiler de instrumental y el gasto en pequeños aparatos que se contabilizan como gastos corrientes en I+D.

FUENTE: Base de Datos Estadística de Investigación y Desarrollo. [www.oecd.org/rds](http://www.oecd.org/rds), marzo de 2016.

La publicación de 2014 —*Promoting Research Excellence: New Approaches to Funding*— (OCDE, 2014b) presenta las ya citadas tres áreas de interés para las políticas de ciencia. Este trabajo se centra en las iniciativas de excelencia en investigación (REI, por sus siglas en inglés) y recurre a los resultados de los estudios realizados por las agencias de financiación de investigación gubernamentales, centros de excelencia y sus instituciones adscritas. Los principales hallazgos fueron:

- Los sistemas de investigación nacional se enfrentan a un entorno cada vez más competitivo en ideas, talento y fondos. La aparición de *rankings* mundiales de universidades muestran tal competencia. En consecuencia, los Gobiernos han adoptado formas más competitivas de financiación para promover la eficiencia y la innovación. Entre otras medidas, los Gobiernos han redirigido los fondos de las instituciones a los proyectos, a menudo con criterios competitivos. Pero la investigación

también requiere cierto grado de estabilidad en la financiación, que resulta complicada si se utilizan únicamente criterios de competencia. Es en este contexto en el que han aparecido las REI, presentes actualmente en más de dos tercios de los países OCDE.

- Las REI están diseñadas para fomentar las investigaciones más destacadas, proporcionando financiación a gran escala y a largo plazo para las unidades de investigación seleccionadas. Financian investigación, infraestructura física, formación, cooperación entre la investigación y la industria, y la contratación de los investigadores más brillantes. El objetivo individual más importante es aumentar las capacidades de innovación e investigación nacionales. Algunos países operan con una única REI mientras que otros tienen varias. El ciclo medio de financiación es de unos seis años. Esta estabilidad de fondos es especialmente importante para los nuevos campos de investigación que

pueden conducir a importantes desarrollos científicos, arriesgados y difíciles de desarrollar por medio de la financiación de proyectos a corto plazo.

- La mayoría de las REI comparten los siguientes rasgos: financiación gubernamental de unidades de investigación e instituciones seleccionadas; calidad excepcional en la investigación y actividades relacionadas con esta; financiación a largo plazo (mínimo de cuatro años); financiación distribuida con criterios competitivos y revisados por sus homólogos; financiación de aplicaciones realizadas por instituciones o unidades de investigación (en vez de por individuos); y financiación sustancialmente mayor que para las actividades basadas en proyectos.

Una primera nota sobre el impacto de las REI es que faltan evaluaciones rigurosas tanto de los resultados de las REI como del modo en que afectan al bienestar social. La evidencia disponible se basa principalmente en las opiniones de expertos. Sin embargo, muchas de ellas sugieren que las REI muy a menudo han sido capaces de:

a) Promover la excelencia en la investigación dando a los investigadores mejores oportunidades para trabajar en otras disciplinas e investigaciones existentes.

b) Reunir a grandes investigadores en entornos de trabajo bien equipados para abrir nuevas líneas de investigación, establecer nuevas investigaciones interdisciplinarias y desarrollar el capital humano.

c) Aumentar el prestigio internacional de las instituciones de investigación nacionales.

d) Crear vínculos internacionales a largo plazo, en parte contratando a investigadores extranjeros punteros.

e) Afectar de manera positiva a las instituciones no seleccionadas para recibir fondos, desencadenando la cooperación intensiva entre departamentos de disciplinas tradicionales y nuevas iniciativas de investigación interdisciplinar.

Siguen pendientes un buen número de cuestiones relevantes en cuanto a política. Por ejemplo, ¿cuál es el equilibrio óptimo entre financiación de instituciones, de proyectos y las REI? La respuesta a esta pregunta

puede ser específica para cada caso e imposible de dar sin equivocarse con la información disponible, pero la investigación cualitativa comparativa puede proporcionar puntos de vista importantes. No queda claro si se ha de utilizar la REI como una herramienta temporal para fortalecer el sistema de investigación o si debe quedar institucionalizada como parte de las opciones de financiación. Si se usa como herramienta temporal, la pregunta que surge es cómo mantener la excelencia una vez terminan los fondos de la REI. Pero si la financiación REI se institucionaliza, no queda claro si la constante competencia por el estado de excelencia mejorará el rendimiento del sistema a largo plazo.

Mirando al futuro, muchos países de la OCDE están aumentando su inversión en investigación con el objetivo de hacer frente a los desafíos globales. Esto genera problemas de gobernanza, incluso a nivel internacional, pero también enfatiza la necesidad de nuevos marcos de investigación trans/interdisciplinarios para reunir a diferentes científicos de ciencias naturales y sociales. Dichas colaboraciones pueden ser difíciles de establecer en configuraciones universitarias tradicionales, con sus estructuras de disciplinas enraizadas. Por tanto, sería oportuno analizar las iniciativas existentes para valorar qué cambios son más eficaces para sortear las barreras de las distintas disciplinas.

Para evaluar la calidad y relevancia de las investigaciones financiadas con fondos públicos, la mayoría de los países de la OCDE han introducido varias formas de evaluación de la investigación. En este sentido, la OCDE (2010b) recopiló ideas y prácticas en relación a la financiación basada en el rendimiento para la investigación pública en las instituciones de educación terciaria (TEI). Dicha financiación implica valoración *ex post* de los productos y resultados de investigación de las universidades y otras instituciones terciarias y, generalmente, está basada en *peer reviews* (revisión por los pares), indicadores bibliométricos y otros indicadores cuantitativos. Los resultados sirven para fundamentar las decisiones gubernamentales sobre qué instituciones financiar y cuánta financiación han de recibir.

En la mayoría de los países se ha introducido en las últimas dos décadas algún tipo de financiación de la investigación basada en el rendimiento (PBRF). Los periodos de financiación son bien anuales o de varios años. El abanico de indicadores de productos y resultados de las investigaciones utilizados es similar en los distintos países, aunque las combinaciones y sus ponderaciones difieran.

En general, la revisión por los pares se usa para hacer valoraciones de individuos y departamentos, mientras que las fórmulas cuantitativas (con o sin contrastación por los pares) se utilizan más para evaluaciones a nivel de universidad. Los costes directos e indirectos de la valoración pueden ser grandes, pero no suele ser objeto de debate. Mientras que las cantidades de dinero sujetas a PBRF pueden ser pequeñas, los efectos de incentivo pueden ser grandes, especialmente si los resultados afectan al prestigio institucional o al acceso a otras fuentes de financiación.

La comunidad científica sigue intentando definir el significado de «calidad» en los resultados de las investigaciones y también sigue intentando establecer la relación entre los factores *input* de las investigaciones, los resultados y sus impactos finales. Todas las medidas tradicionalmente utilizadas —desde los índices de cita a los números de patente— son *proxies* de estimaciones del rendimiento. Además, la integración de la política de investigación e innovación ha dado pie a nuevos indicadores de transferencia y comercialización del conocimiento. La rápida evolución hacia la ciencia abierta parece que va a necesitar de nuevos indicadores para su valoración, como las citas de las bases de datos. El análisis de la eficiencia de la investigación, sin embargo, necesita un análisis más exhaustivo de los factores insumos de las investigaciones y su relación con los resultados, y también valoraciones adaptadas a los objetivos planteados por la organizaciones y el sistema, en lugar de medir lo que resulte más sencillo con los indicadores disponibles.

Las evaluaciones formales de las PBRF son escasas, pero la evidencia disponible sugiere que tienen

un efecto positivo en los resultados y en la gestión de la investigación. Sin embargo, hay un debate intenso sobre las consecuencias voluntarias e involuntarias de la PBRF en los sistemas científicos. El efecto de las PBRF dependerá de cómo las instituciones distribuyan los fondos internamente, lo que, a su vez, se ve afectado por su grado de autonomía y las prácticas internas de gobernanza. En muchos países, los organismos de investigación públicos sufren una falta de medios para ser financiera y estratégicamente autónomos y completamente responsables de sus propias investigaciones y prácticas administrativas, lo que les convierte en poco capaces de adaptarse a las condiciones cambiantes, especialmente en momentos de recortes presupuestarios. El riesgo en estos casos es que el coste de los ajustes tengan que asumirlo las partes más dinámicas y competitivas del sistema, redundando en la pérdida de capacidades clave de investigación.

Las respuestas de las instituciones a las valoraciones también varían. Por ejemplo, una valoración negativa puede llevar a que una universidad cierre un departamento, pero también a que otra haga mejoras. También se ha escrito sobre los efectos negativos, como estrechar el foco de investigación. Hay una necesidad imperiosa de estudios estructurados que valoren los efectos a nivel nacional, institucional y departamental (e incluso individual). Dicha investigación puede ser de gran provecho para las autoridades y universidades en su esfuerzo por aumentar la efectividad y eficiencia de su financiación institucional.

La integridad de la investigación es un asunto que ha atraído cada vez más atención en los últimos cinco años y que está vinculado a cómo se incentiva y se mide el rendimiento de las investigaciones. Algunos casos recientes y muy relevantes de mala conducta en investigación amenazan con minar la confianza pública en la ciencia. Al mismo tiempo, la imposibilidad de reproducir algunos de los resultados que pretenden ser hallazgos científicos hace que surjan preguntas sobre el rigor de la práctica científica. Se han desperdiciado

muchos fondos tanto públicos como privados en continuar estos trabajos basados en resultados erróneos. La presión por publicar, la competencia extrema, la financiación a corto plazo y la incertidumbre de una carrera a largo plazo son algunos de los culpables de crear presiones distorsionadoras en el sistema científico. Sin embargo, lo que verdaderamente falta es un análisis cuidadoso de los efectos de dichos factores en el comportamiento académico.

#### 4. Investigación pública en un entorno global

Ciencia e innovación son actividades globales en las que múltiples actores y países colaboran y compiten al mismo tiempo. El panorama internacional sigue evolucionando; los países BRIICS (Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica) y otras economías emergentes producen una parte cada vez mayor de conocimiento científico. Si bien los países de la OCDE ya no ejercen un dominio absoluto, en general están manteniendo sus puntos fuertes históricos al tiempo que abrazan nuevas oportunidades de cooperación científica y tecnológica. Al mismo tiempo, en muchos países en desarrollo la ciencia se está estancando. Este estancamiento mina los esfuerzos por resolver los desafíos globales.

Datos recientes de la OCDE muestran que durante el periodo 2003-2012 la colaboración en investigación científica entre instituciones de distintos países se intensificó y generalizó en la mayoría de economías (OCDE, 2015b). En 2012, Luxemburgo, Islandia, Suiza y Bélgica fueron los países con mayores tasas de colaboración internacional. Los autores de países más pequeños son más propensos a embarcarse en la colaboración internacional, aunque hay excepciones. Las estimaciones a nivel de países sugieren una relación positiva entre medidas de colaboración en investigación científica y el impacto de las citaciones (Gráfico 4). Esta relación parece ser más fuerte en aquellas economías con menores niveles de producción científica (es decir, las burbujas más pequeñas

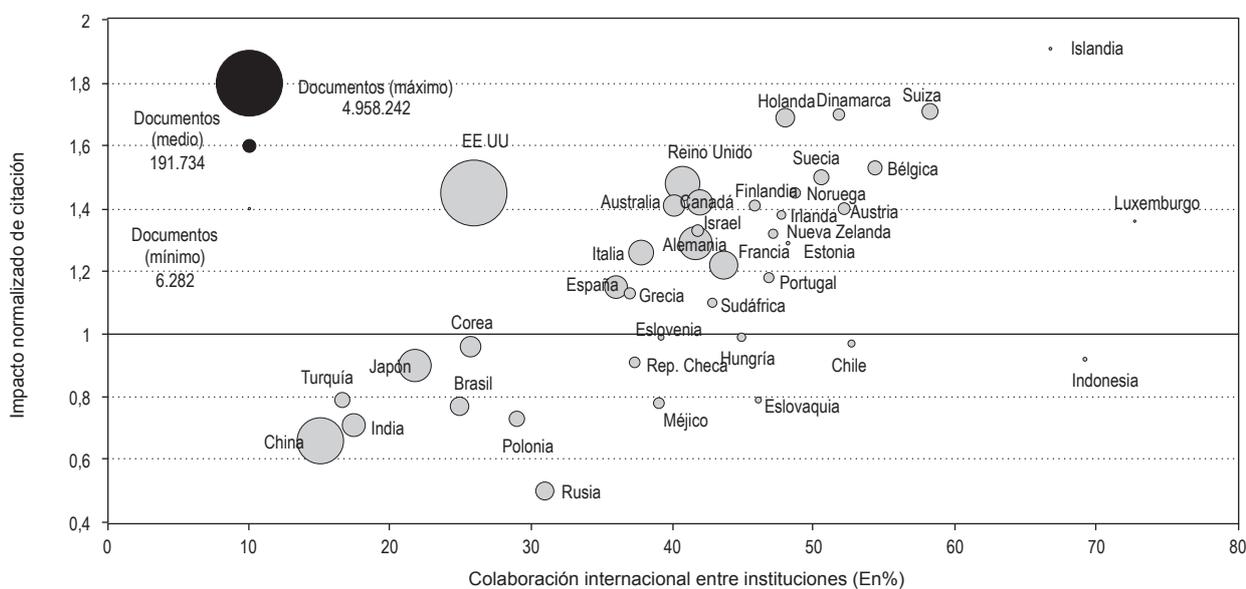
del gráfico), lo que subraya la importancia de la escala, que las economías más pequeñas intentan superar participando de manera más intensa en las redes mundiales.

Otra de las dimensiones importantes de los flujos de conocimiento internacional es la relativa a la movilidad del talento. La movilidad mundial de los investigadores y la colaboración entre instituciones está aumentando. Menos del 15 por 100 de las publicaciones científicas las realizan actualmente autores en solitario afiliados a una única institución. La colaboración internacional permite a los autores de distintos países asociarse con expertos líderes de otros lugares, compartiendo conocimiento, costes y beneficios. Por ejemplo, el análisis conjunto de la excelencia y la afiliación del autor principal (a efectos de correspondencia) muestra que, del 20 por 100 de publicaciones de autores con base en los Países Bajos que se encuentran entre el 10 por 100 más citado del mundo, casi la mitad tienen un autor líder con base en el extranjero. Estados Unidos tiene la mayor tasa de excelencia doméstica, casi el 14 por 100, con solo un 3 por 100 asociado a colaboraciones en las que un autor con base en el extranjero actúa como líder.

Un aspecto clave de la colaboración y circulación del conocimiento en la ciencia y la investigación es el grado de movilidad personal. La movilidad permite el contacto cara a cara que puede ayudar a construir el nivel necesario de confianza para futuras colaboraciones e intercambio de información. Esto incluye la participación en simposios y conferencias internacionales pero también puede implicar interacciones mayores con individuos e instituciones en otros países, desde estancias cortas hasta traslados a largo plazo. El análisis realizado por la OCDE de los cambios en las afiliaciones de autores científicos ha proporcionado pruebas de que, además de la proximidad física y cultural, los flujos pueden verse fuertemente influenciados por las leyes y la disponibilidad de recursos. A los autores les atrae la posibilidad de trabajar con investigadores líderes y hacer uso de los mejores equipos disponibles.

GRÁFICO 4

### EL IMPACTO DE CITACIÓN EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y EXTENSIÓN DE LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL, 2003-2012



FUENTE: OCDE y SCImago Research Group (CSIC) (2015), Compendio de indicadores científicos bibliométricos 2014, <http://oecd/scientometrics>. <http://dx.doi.org/10.1787/888933273878>

En los últimos cinco años la OCDE se ha centrado en tres áreas donde es necesaria una política sólida para promover una cooperación internacional efectiva. Estas serían las siguientes: *i)* infraestructuras y redes de investigación; *ii)* desafíos globales y gobernanza; y *iii)* promover la cooperación con países menos desarrollados. Los principales hallazgos en estas áreas se resumen a continuación.

Las infraestructuras de investigación internacionales son el mayor catalizador de la cooperación científica entre países y son un requisito esencial para el progreso científico en algunos campos, como la física y la astronomía. La OCDE ha trabajado con los legisladores y responsables de formular las políticas de ciencia durante más de dos décadas con el fin de mejorar los procesos para establecer, operar y evaluar las infraestructuras a gran escala. Más recientemente,

y espoleados en parte por los movimientos hacia una ciencia abierta y el *big data*, los temas sobre infraestructuras distribuidas más pequeñas también se han hecho un hueco en la agenda política.

Las infraestructuras científicas a gran escala pueden ser extremadamente caras. Las complejidades y los potenciales obstáculos a la hora de establecer infraestructuras se analizan en el informe de 2010 de la OCDE —*Establishing Large International Research Infrastructures: Issues and Options*— (OCDE, 2010c). Aunque no haya una única manera de tener éxito, basarse en las experiencias previas e implicar a los que ya las han tenido resulta muy aconsejable. La valoración empírica del impacto socioeconómico de las grandes instalaciones a largo plazo es un reto; sin embargo, los casos de estudio cualitativos pueden proporcionar información útil. Este es el enfoque que

toma la OCDE (2014c). Este estudio se centra en la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) y su instalación científica compartida más prominente, el Gran Colisionador de Hadrones (LHC). Aquí se ha visto que el CERN tiene impacto mucho más allá de su misión científica central.

Hay desafíos específicos que afectan a las infraestructuras que están más repartidas geográficamente, las cuales suelen estar descentralizadas administrativa y financieramente. Los problemas relativos a la continuidad del personal y a la financiación, la identidad legal y la heterogeneidad de los socios implicados pueden causar dificultades para dichas instalaciones compartidas (OCDE, 2014d). Un área en la que se ha realizado un progreso significativo durante los últimos años es la de la coordinación de las recopilaciones científicas. En abril de 2013 se lanzó el Scientific Collections International (SciColl), una red de museos y otras instituciones que tienen colecciones científicas. SciColl pretende promover el acceso a estos valiosos y a veces únicos recursos de investigación que pueden proporcionar puntos de vista vitales en áreas tan diversas como el cambio climático, el desarrollo social y las epidemias.

Medir el impacto de las grandes infraestructuras de investigación internacionales seguirá preocupando a los responsables de diseñar la política de ciencia en el futuro. Puede ser una cuestión relevante para los países en desarrollo, donde las inversiones sustanciales en este tipo de instalaciones es un fenómeno relativamente nuevo. En este sentido, el acuerdo de 2012 de ubicar una parte importante del radiotelescopio Square Kilometre Array (SKA) en Sudáfrica, con Australia y otros países africanos como co-anfitriones, es una novedad. Desarrollar medidas para garantizar rendimientos a África, en términos de capacidad científica y avances sociales y económicos es, en este caso, un reto político importante.

Hacer frente de manera efectiva a los desafíos globales —como el cambio climático; la seguridad alimentaria y del abastecimiento de energía y agua; y las enfermedades pandémicas— requiere de la

ciencia nuevos conocimientos y nuevas tecnologías. Tener modelos de gobernanza receptivos y adaptables, combinados con unos mecanismos de financiación y de gasto flexibles es esencial (OCDE, 2012a). Puede ser importante adoptar un enfoque a medida para compartir el conocimiento y la propiedad intelectual, y ser indispensables los enfoques participativos y los esfuerzos de divulgación para incorporar con éxito las innovaciones. La CGIAR Global Agriculture Research Partnership (Asociación de Investigación en Agricultura Mundial) es un ejemplo de cómo se puede lograr. La inclusión de los países con capacidades más débiles en ciencia, tecnología e innovación (STI) como socios de pleno derecho es necesaria y puede necesitar acciones específicas para aumentar las capacidades. Al mismo tiempo, la rápida evolución de la ciencia abierta debería dar oportunidades para desarrollos más radicales en la futura gobernanza de la STI con el objetivo de ayudar a encontrar soluciones a los desafíos globales. Por ejemplo, la recientemente lanzada iniciativa «Future Earth» tiene una innovadora gobernanza, repartida por regiones y con múltiples partes interesadas, que puede crear un nuevo modelo para el futuro.

La pandemia del ébola en África ha destacado no solo la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas en los países más pobres, sino también lo difícil que puede ser contener y tratar de forma efectiva enfermedades emergentes en un mundo globalmente conectado. El desarrollo, ensayo y utilización de nuevas vacunas y medicinas terapéuticas son esenciales para que la sanidad pública responda a estos brotes. En este sentido, los ensayos clínicos internacionales son cruciales. En 2012, el Consejo de la OCDE emitió una recomendación sobre la gobernanza de los ensayos clínicos (OCDE, 2012b). La recomendación se centra en tres áreas donde la política puede ayudar: *i)* reducir la complejidad administrativa de los procesos de ensayo; *ii)* introducir un enfoque de análisis de riesgo en la aprobación y gestión de los ensayos clínicos; y *iii)* mejorar la formación, las infraestructuras y la implicación de los pacientes.

Las catástrofes naturales representan otro importante reto mundial, especialmente porque hay más personas que emigran a zonas urbanas, muchas de las cuales están ubicadas en zonas de riesgo. El Modelo Mundial de Terremotos (GEM, por sus siglas en inglés), establecido en 2009 con la ayuda de la OCDE, es un ejemplo de respuesta internacional basada en la ciencia a un desastre natural. El GEM es un partenariado público-privado que implica a la comunidad mundial en el diseño, desarrollo y despliegue de modelos vanguardistas y de herramientas para la valoración del riesgo de terremotos. Hay potencial para expandir este tipo de asociación entre científicos y usuarios en otras áreas de la toma de decisiones.

En una era de ciencia abierta que se desarrolla con rapidez, las infraestructuras de datos distribuidas geográficamente serán vitales para la ciencia y la colaboración internacional (ver apartado 5 sobre ciencia abierta). Las bases de datos internacionales de bioinformática ya han jugado un papel clave en el desarrollo de la biología y la biomedicina molecular, y el compartir los datos a nivel internacional es fundamental para que la investigación resuelva los desafíos globales. Se necesita de manera urgente unos modelos empresariales sostenibles para financiar muchas de estas estructuras. Mientras que algunas tienen el apoyo de una financiación básica específica, otras dependen en gran medida de subvenciones a corto plazo y/o de partenariados público-privados. Cualquiera que sea el mecanismo, demostrar su rentabilidad e impacto será un requisito importante a medida que crezca el número de infraestructuras de datos.

La necesidad de incluir a los países en desarrollo en las iniciativas científicas para solucionar los retos mundiales ya se ha mencionado anteriormente. Lograrlo requiere de acciones específicas de política. Un área importante a considerar es la potencial sinergia entre la financiación científica y la ayuda al desarrollo. Existen oportunidades para que las agencias de financiación científica y las de cooperación al desarrollo trabajen en estrecha colaboración para fortalecer

la ciencia en los países en desarrollo, especialmente, en lo relativo a los desafíos globales (OCDE, 2011a).

Otra área en la que el intercambio de prácticas y experiencias entre los países en desarrollo y los desarrollados puede ser importante es la de los mecanismos y procesos para la provisión de consejo científico a los Gobiernos (OCDE, 2015d). La mayoría de los países de la OCDE tiene una gran variedad de estructuras consultivas de ciencia tanto formales como informales, así como personas individuales, que juntas conforman el sistema de asesoría nacional. Estos sistemas nacionales están complementados por un conjunto similarmente diverso de estructuras internacionales. Muchos países en desarrollo tienen estructuras de asesoría científica relativamente débiles. Esta es un área importante para el desarrollo de capacidades. La cooperación y/o coordinación internacional entre estructuras asesoras es necesaria, especialmente en situaciones de crisis.

## 5. Hacia la ciencia abierta

«Ciencia abierta» hace referencia al modo de crear ciencia que se basa en un libre acceso a los resultados de las investigaciones que se financian con fondos públicos, principalmente artículos y datos (OCDE, 2015e). Aunque se asocia a la investigación pública, la ciencia abierta también se puede aplicar en el sector empresarial y así permitir la innovación. También permite la mayor implicación de los ciudadanos en el progreso científico y la innovación. La ciencia abierta necesita la interoperabilidad de las infraestructuras científicas para compartir los resultados y datos de las investigaciones. Esto puede implicar la creación y apoyo a largo plazo de depósitos de datos y publicaciones, la creación y limpieza de metadatos, metodologías de investigación abiertas y compartidas (como aplicaciones abiertas y códigos informáticos) y herramientas sencillas (que permitan, por ejemplo, minería de textos y datos). La diseminación de los resultados en investigación que recibe fondos del Gobierno se ha basado hasta la fecha en publicaciones científicas. Sin

embargo, este modelo está evolucionando. Internet ha reducido ampliamente el coste marginal de las publicaciones *online*. Los costes de almacenamiento y archivo de datos siguen cayendo, y los avances en la ciencia informática crean oportunidades de organizar, compartir y reutilizar cantidades ingentes de datos generados por la investigación pública.

Los Gobiernos y la comunidad científica han luchado para lograr un mayor acceso a los datos científicos, por varias razones:

— *Mejorar la eficiencia científica*. La ciencia abierta puede aumentar la productividad en investigación por las siguientes vías: *i)* reduciendo las duplicidades de las investigaciones y la recreación de datos; *ii)* permitiendo una verificación más exacta de los resultados; *iii)* permitiendo que se realicen más investigaciones basándose en los mismos datos; y *iv)* multiplicando las oportunidades de participación nacionales y globales en la investigación.

— *Generar externalidades de conocimiento*. El mayor acceso a los resultados de investigación puede fomentar las externalidades del conocimiento, la innovación y la eficiencia en toda la economía y la sociedad.

— *Abrir nuevas oportunidades de investigación científica*. La ciencia basada en datos —la exploración de los datos para generar nuevas hipótesis científicas— tiene un gran potencial en muchas áreas. Poder vincular los datos en distintos campos —por ejemplo, combinando registros sanitarios con datos genómicos y biológicos, o ciencias sociales y datos medioambientales— abre muchas oportunidades emocionantes.

— *Promover el uso de la investigación pública entre las pyme*. Mientras que las grandes corporaciones tienen recursos para acceder a los resultados de la investigación científica, muchas pyme no pueden permitirse comprar publicaciones potencialmente útiles.

— *Ayudar a solucionar los desafíos globales*. Para solucionar los desafíos globales se necesita acceder y compartir datos fiables de muchos países. El Proyecto Genoma Humano (PGH) es un ejemplo del esfuerzo de investigación a gran escala en el que investigadores

de todo el mundo han estado usando un almacén de datos accesible a todos, para distintos fines y en distintos contextos. Además, para los científicos de los países en desarrollo, un mayor acceso a la ciencia y a los datos internacionales puede ayudarles a cumplir las metas económicas y sociales.

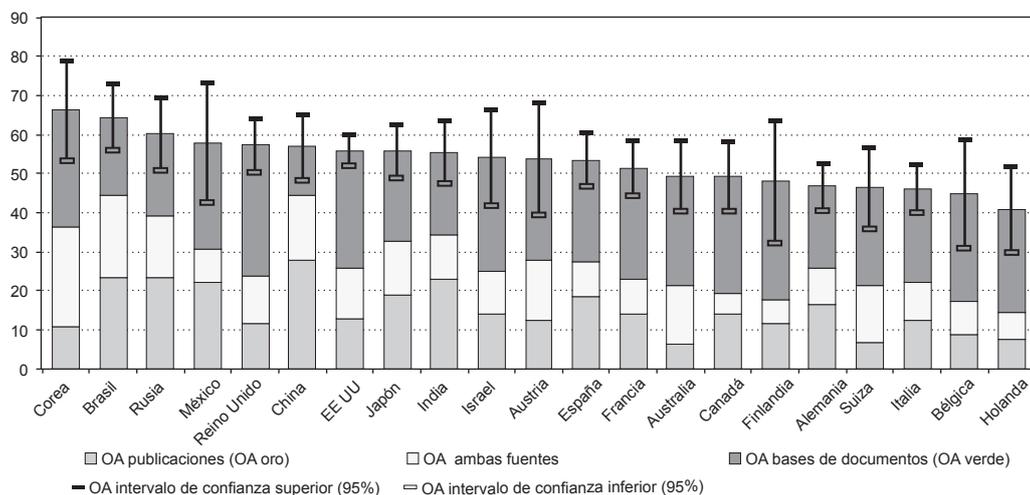
— *Fortalecer la base probatoria de la política*. Las políticas públicas y la toma de decisiones pueden beneficiarse de los datos científicos. Por ejemplo, los datos administrativos de las instituciones de los países miembros de la OCDE, como la información sobre empleo, se usan ahora de forma extensiva en las ciencias sociales y en la legislación.

Como financiadores clave de la investigación pública, los legisladores pueden dar distintos pasos para promover el acceso, uso y reutilización de los resultados de las investigaciones científicas. En particular, pueden eliminar las barreras de la ciencia abierta fijando los incentivos apropiados, desarrollando la infraestructura necesaria para que la ciencia abierta tenga lugar y, en algunos casos, adoptando medidas obligatorias para la divulgación abierta de los resultados de las investigaciones logrados con fondos públicos. Sin embargo, el acceso abierto también tiene costes. Actualmente, muchos Gobiernos e instituciones de investigación asumen los costes de ofrecer un acceso abierto a artículos y datos, y también los costes de almacenamiento y conservación de los conjuntos de datos *online*. Considerando que el volumen de datos generado aumenta rápidamente, las instituciones públicas se enfrentan al reto de buscar fondos sostenibles y modelos de negocio. Los partenariados público-privados junto con proveedores de servicios privados pueden ofrecer soluciones innovadoras.

Las universidades y OPI también tienen un papel importante que desempeñar, adoptando políticas de gestión de datos y garantizando que los investigadores estén al tanto de los derechos de propiedad intelectual (IPR) relacionados con artículos y datos científicos. Los científicos suelen competir por avanzar en la ciencia; por tanto, tienen pocos incentivos para compartir datos

GRÁFICO 5

**ACCESO ABIERTO A DOCUMENTOS CIENTÍFICOS POR AFILIACIÓN DEL AUTOR  
CORRESPONDIENTE Y CAMPOS SELECCIONADOS, 2011**  
(En % por acceso abierto [OA] y 95 por 100 de intervalos de confianza)



NOTA: Es un indicador experimental, basado en muestras aleatorias estratificadas de autores científicos.

FUENTE: OCDE, basado en el análisis preliminar del estudio piloto de autores científicos OCDE2015, [www.oecd.org/science/survey-of-scientific-authors.htm](http://www.oecd.org/science/survey-of-scientific-authors.htm) Statlink: <http://dx.doi.org/10.1787/888933273916>

y material experimental. Mecanismos que reconozcan la publicación de conjuntos de datos y otro material científico en el currículum (CV) de los investigadores pueden promover el compartir la información científica. Proporcionar a los científicos las capacidades para compartir y reutilizar datos y contenido científico en un entorno de ciencia abierta también es importante.

Existe una gran heterogeneidad en el grado de disponibilidad libre y gratuita de la literatura de investigación académica. Los autores ubicados en distintos países difieren en su propensión a publicar en revistas que permiten que su contenido esté disponible gratuitamente *online*. Entre los artículos publicados en 2011-2013 y catalogados en la base de datos Scopus, aquellos que correspondían a autores con base en Colombia, Brasil, Chile e India eran los más propensos a ser publicados en revistas identificadas como de acceso abierto (OA, open access). En la mayoría de

los países de la OCDE el porcentaje de documentos publicados en revistas de acceso abierto es menor al 10 por 100. El análisis de los resultados de un nuevo estudio de la OCDE sobre autores científicos que publicaron en 2011 muestra que el acceso abierto a bases de documentos (OA verde) juega un papel importante, especialmente entre los autores de países con un nivel aparentemente bajo de acceso abierto a publicaciones (OA oro) (Gráfico 5).

Los países miembros y no miembros de la OCDE están desarrollando, cada vez más, marcos legales y legislativos, guías e iniciativas para fomentar un mayor acceso abierto en la ciencia, con varios países poniendo en marcha enfoques estratégicos como, por ejemplo, la Iniciativa Finlandesa de Investigación y Ciencia Abierta. Sin embargo, existe una heterogeneidad en los enfoques adoptados en los distintos países e instituciones. Este es el caso de las publicaciones académicas —mientras que

los metadatos de los artículos publicados suelen estar disponibles inmediatamente, las normas sobre cuándo tiene que estar disponible todo el texto difieren en las distintas instituciones y países—.

Los ejemplos de las últimas iniciativas en políticas incluyen las siguientes:

— Creación de archivos, almacenes, bases de datos, bibliotecas y plataformas digitales que contengan información sobre proyectos de I+D y los CV de los investigadores.

— Acceso obligatorio. Las agencias de financiación de la investigación en muchos países —incluyendo Australia, Costa Rica, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Alemania, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos— han establecido el acceso público a los resultados de las investigaciones que financian. Otros países de la OCDE también están considerando adoptar medidas que impongan el acceso abierto.

— Apoyo financiero. Las agencias de financiación de Finlandia, Alemania, Noruega, Países Bajos y Reino Unido han adoptado mecanismos de financiación para cubrir algunos de los costes del acceso abierto a las publicaciones. En otros países, los Gobiernos animan a las universidades u organismos de investigación a destinar fondos directamente a las iniciativas de acceso abierto.

— Acceso abierto a datos del Gobierno. La ciencia abierta también se puede promover por medio de la divulgación de los datos gubernamentales. Varios países miembros y no miembros de la OCDE han adoptado ya políticas al respecto.

— Modificación, o exenciones, de las normas de propiedad intelectual en investigación. Australia y Finlandia están actualmente debatiendo sobre la modificación del marco legal existente para la publicación de los resultados de investigaciones financiadas con fondos públicos para que las leyes de *copyright* sean cada vez más proclives a la ciencia abierta. Alemania y Reino Unido han enmendado sus leyes de *copyright*.

Varios estudios muestran que publicar en acceso abierto aumenta el impacto de los datos de los documentos científicos. Algunos estudios han encontrado

una clara —aunque no sorprendente— correlación entre el número de veces que se cita un artículo y su accesibilidad *online* gratuita. El impacto del acceso abierto en la innovación empresarial, la ciencia y la economía en general, necesita valoraciones extensivas. Las investigaciones disponibles sugieren que el efecto sería grande. Por ejemplo, Houghton, Rasmussen y Sheehan (2010), consideraron que extender la política de acceso abierto de los Institutos Nacionales de Salud (INS) al resto de organismos científicos de Estados Unidos podría suponer una ganancia de valor neto actualizado de casi 51.500 millones de dólares<sup>3</sup>.

Aunque hay sólidos argumentos a favor de fomentar la ciencia abierta, también surgen preguntas sobre cómo evitar la diseminación indiscriminada de resultados científicos de baja calidad y sobre cómo se podría hacer más sostenible a través de mecanismos de mercado el acceso abierto a publicaciones y datos. De hecho, el proceso de seleccionar, revisar y publicar artículos en revistas con acceso abierto implica costes, aunque sean menores que los de la literatura publicada de manera convencional. En efecto, la mayoría de las publicaciones con acceso libre dependen de subsidios o fondos de universidades, sociedades científicas y agencias del Gobierno. Considerando que el acceso a largo plazo a datos de calidad contrastada es un reto que se está empezando a afrontar, una de las preocupaciones clave es cómo gestionar la transición hacia un sistema más abierto, al tiempo que se alinean los incentivos para lograr resultados socialmente más eficientes. El estudio de la OCDE de autores científicos sobre la publicación en acceso abierto también mostró que el «prestigio» de la revista, basado en antiguas citas recibidas por esa publicación, era el mejor predictor de la remuneración de los científicos (OCDE, próximamente). Como la ventaja de esas citaciones, más numerosas en los archivos

<sup>3</sup> Los Institutos Nacionales de Salud (NIH, National Institutes of Health) han impuesto la política de acceso abierto: todos los investigadores que se benefician de su financiación tienen que enviar la versión electrónica final de sus trabajos, ya revisados por sus pares, al PubMed Central (PMC), un repositorio digital de libre acceso.

y artículos de acceso abierto, no se traduce en mayores ganancias para los autores, los legisladores deberían atender a los incentivos de los investigadores académicos y de OPI a la hora de considerar las distintas opciones de reforma del régimen de acceso a los resultados de estudios científicos financiados con fondos públicos.

## 6. Fortalecer la comercialización de la investigación pública

La investigación con financiación pública en universidades y OPI ha llevado a muchas innovaciones tecnológicas emblemáticas, desde la tecnología recombinante de ADN y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) a la tecnología MP3 y el sistema de reconocimiento de voz Siri. El creciente interés en la comercialización de los estudios públicos tiene varios ejes, entre los que se incluyen:

- El deseo de mejorar la competitividad nacional.
- La preocupación por el hecho de que el número de patentes, licencias y compañías creadas en universidades y OPI se haya ralentizado desde finales de 2000. En efecto, las universidades se enfrentan a una presión cada vez mayor por combinar la excelencia en la enseñanza y la investigación con las actividades de comercialización y recaudación de fondos. Suecia incluso ha modificado su Ley de Enseñanza Superior (Higher Education Act) para introducir la creación de asociaciones externas entre las misiones de las instituciones de educación superior, para motivarlas a explotar, de manera activa, los resultados de las investigaciones.
- El coste cada vez mayor de la investigación científica, que lleva a que muchos OPI y universidades busquen nuevas fuentes de financiación (aunque los ingresos de la comercialización en la mayor parte de los OPI supone únicamente una parte pequeña de sus ingresos).
- Una tendencia hacia un mayor *outsourcing* empresarial de I+D, con empresas que, cada vez más, recurren a universidades y OPI para la mayor parte de sus necesidades básicas e incluso aplicadas de investigación.

— Una concienciación de la investigación en el sentido de que las actividades emprendedoras del mundo académico no van en detrimento de la productividad de las investigaciones ni reducen la disposición a realizar estudios básicos. De hecho, un estudio de Suecia muestra que hay una fuerte correlación positiva entre la excelencia científica y la intensidad de contactos industriales de los investigadores (Bourellos, Magnusson y McKelvey, 2012).

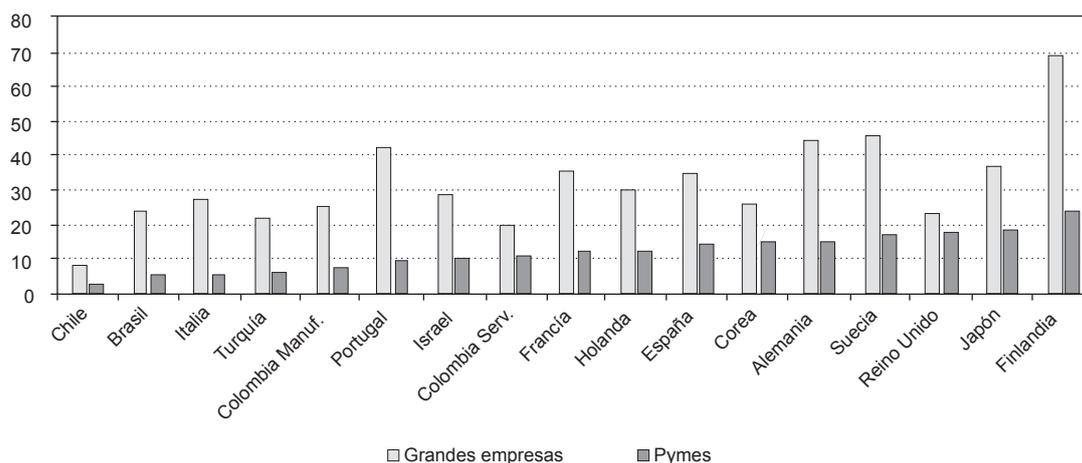
Aunque las patentes, licencias y elementos derivados siguen siendo canales importantes para comercializar las investigaciones públicas, parece que otros canales empiezan a tener una importancia cada vez mayor. Estos incluyen la investigación colaborativa, la movilidad de estudiantes y académicos, los contratos de investigación, la consultoría académica y el emprendimiento estudiantil. Las TIC y el esfuerzo por parte de las agencias de financiación para lograr un mayor acceso a los resultados y datos obtenidos con financiación pública amplían también los canales de comercialización. La OCDE en un estudio de 2013 — *Commercialising Public Research: New Trends and Strategies*— examina los últimos desarrollos en las instituciones y políticas de investigación. En algunos países, como Finlandia, cerca del 70 por 100 de las grandes empresas innovadoras y un 25 por 100 de las pyme innovadoras coopera con instituciones de investigación (Gráfico 6).

Casi todos los países de la OCDE ya han adoptado marcos legislativos y políticas específicas para incentivar la comercialización de la investigación pública. La más conocida y emulada es la ley Bayh-Dole en Estados Unidos, que permitió a las universidades ser dueñas de las patentes obtenidas con la financiación federal para investigación y que da incentivos para su comercialización.

También ha tenido lugar una convergencia de políticas por las que se han concedido ventajas a las universidades en lo que concierne a las leyes de propiedad intelectual. Estas pueden obtener un tratamiento diferenciado por medio de estatutos o acuerdos

GRÁFICO 6

**COOPERACIÓN EN INNOVACIÓN CON OTRAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR O INVESTIGACIÓN POR TAMAÑO DE EMPRESA (COMPAÑÍAS INNOVADORAS), 2010-2012 (En %)**



FUENTE: OCDE (2015b), basado en el Informe Eurostat de la Innovación Comunitaria (CIS-2012) y bases de datos nacionales, junio de 2015; <http://dx.doi.org/10.1787/888933274074>

universitarios, como sería negociar distintos acuerdos de propiedad intelectual con terceras partes.

A pesar del aumento de nuevos canales de transferencia de conocimiento en muchos países, las instituciones y los legisladores siguen estando centrados en promover la comercialización por medio de patentes y licencias. Sin embargo, con la excepción de unas pocas universidades punteras y laboratorios públicos, las patentes y licencias son, y seguirán siendo, una actividad menor para la mayoría de universidades y OPI. Por ejemplo, en Reino Unido, las instituciones de educación superior generaron unos ingresos externos de más de 3.000 millones de libras en 2011-2012. Sin embargo, solo entre el 2 y el 4 por 100 de esa cantidad provino de licencias o de la venta de acciones en compañías creadas por ellas. La mayor parte de los ingresos vino de la investigación colaborativa y de contratos de investigación, de actividades de consultoría y de formación profesional (Cámara

de los Comunes, Comité de Ciencia y Tecnología, 2013). En toda Europa, solo el 10 por 100 de las universidades acaparan cerca del 85 por 100 del total de los ingresos por licencias.

Hay un interés creciente por mejorar el acceso a los resultados de las investigaciones científicas en general y, en particular, a los resultados de las investigaciones financiadas con fondos públicos (ver el apartado 5 sobre ciencia abierta).

Una parte importante de la financiación pública se dirige actualmente a la investigación cooperativa en vez de a organizaciones individuales. Aunque las universidades llevan mucho tiempo interactuando con la industria, estas relaciones se han intensificado en los últimos años. La industria y las universidades (sobre todo, las oficinas de transferencia tecnológica, OTT) pueden tener distintas percepciones sobre el valor —y el reparto— de los ingresos derivados de la propiedad intelectual. También

puede haber distintas percepciones sobre cómo compartir el conocimiento patentado. La inexperiencia y la falta de concienciación de las necesidades empresariales son unas de las quejas habituales de la industria (Hertzfeld, Link y Vonortas, 2006). Para igualar la oferta y la demanda de propiedad intelectual entre las universidades y las pyme se utilizan cada vez más intermediarios, como empresas basadas en la propiedad intelectual o fondos de patentes respaldados por los Gobiernos.

Se ha creado un abanico de organizaciones intermediarias y puente para facilitar la transferencia de conocimiento y comercialización. Estas incluyen las OTT, las incubadoras empresariales, los centros de innovación empresarial, parques científicos, agencias especiales en las cámaras de comercio, oficinas de enlace industrial (ILO), centros de prueba de concepto (que buscan cubrir la falta de financiación cuando los *business angels* y las compañías de capital-riesgo se centran en negocios mayores o en una fase ulterior de desarrollo) y depósitos/bibliotecas institucionales.

La metas más comunes de las OTT son las de mejorar los ingresos por licencias, el mantenimiento o expansión del apoyo a la investigación industrial, la transferencia tecnológica y, en menor medida, el desarrollo regional. Los ingresos generados por las licencias suelen ser el criterio más importante por el que las OTT miden su éxito, aunque muchas de ellas no generan ingresos netos positivos, ni alcanzan a cubrir gastos, con los ingresos derivados de patentes y licencias (Bulut y Moschini, 2009). Sin embargo, un grupo reducido de OTT sí que genera ingresos sustanciales de las licencias.

Muchas OTT han ampliado sus actividades, de simplemente administrar la transferencia de tecnología (como la gestión de divulgación de inventos, archivar patentes, etc.) a un abanico de actividades de gestión y apoyo de la propiedad intelectual (por ejemplo, buscadores de patentes, consultoría), de comercialización de servicios no patentados, de administración de fondos de lanzamiento (*seed funds*) y de creación de una cultura de innovación.

Muchas universidades han tratado de reformar o reemplazar sus OTT, considerando su desigual historial de éxitos. Los modelos y propuestas alternativos incluyen:

- Alianzas de transferencia de tecnología (ATT). Dada la limitada capacidad de muchas universidades de generar suficientes ingresos como para cubrir los costes de sus OTT, se propuso compartir servicios por medio de las ATT. En teoría, estas pueden vincular los inventos de distintas universidades, reducir los costes operativos y aumentar el acceso al conocimiento. Sin embargo, también pueden llevar a aumentar algunos costes de coordinación y comunicación. Un ejemplo de ATT es la Red de Transferencia de Innovación (ITN) en Estados Unidos. Creada en 2006 con apoyo público, la ITN sirve de OTT para 13 pequeñas universidades, cada una de las cuales está representada en la Junta de la ITN.

- Modelos con ánimo de lucro. Tanto por motivos de coste como de eficiencia, algunas instituciones han creado OTT financiadas con fondos privados. Estas toman la forma de sociedades de responsabilidad limitada. Algunas universidades han operado estas OTT desde finales de los años ochenta. (Un ejemplo es Isis Innovation, una subsidiaria de la Universidad de Oxford, creada en 1988). En Israel, la mayoría de las OTT operan bajo un modelo de responsabilidad limitada, y pertenecen total o parcialmente a las universidades.

- Modelos basados en Internet. Las plataformas basadas en Internet pueden complementar las estructuras de las OTT existentes. Estas plataformas responden a las necesidades de un acceso más sencillo a la información que tienen los profesionales de la transferencia tecnológica y los investigadores orientados a la aplicación. Además, ayudan a presentar las tecnologías universitarias al sector empresarial. Un ejemplo es Flintbox, en la Universidad de British Columbia.

- Un modelo de agencia libre. A veces, las OTT se ven como organizaciones de maximización de ingresos que son reacias a explorar caminos de comercialización alternativos. Esto ha llevado a proponer que los investigadores puedan elegir entre la OTT de su universidad y

un agente externo (es decir, un modelo de agencia libre). En teoría, puede mejorar la eficacia en la OTT al crear competencia. Sin embargo, existen reservas sobre hasta qué punto el rendimiento de las OTT se puede mejorar con la competencia, entre otras dudas.

Aunque son muy visibles en el discurso político, las *spin-offs* de las universidades son menos relevantes de lo que parece. Datos recientes de la Association of University Technology Managers de EE UU muestran que el número de *spin-offs* por universidad y por año entre las 100 mejores universidades investigadoras de Estados Unidos es de solo dos, con un máximo de 22 (en el Massachusetts Institute of Technology, MIT). La creación de filiales varía notablemente en los países de la OCDE. De media, Europa tiene una tasa mayor de formación de filiales (2,4 filiales por cada 100 millones de dólares de gasto en investigación durante 2004-2011) que Estados Unidos (1,1 en 2004-2011), Canadá (1,1 en 2004-2011) y Australia (0,7 en 2004-2011) (OCDE, 2013a).

Los estudios señalan la importancia del espíritu emprendedor de los estudiantes que han fomentado universidades y Gobiernos de muchos países de la OCDE. Åstebro, Bazzazian y Braguinsky (2012) muestran que los recién graduados son el doble de propensos que los veteranos a crear una empresa y que estas suelen ser de gran calidad.

También están apareciendo nuevos enfoques para financiar la comercialización. Muchas universidades y OPI complementan los fondos públicos para las *start-ups* universitarias estableciendo sus propios fondos iniciales (*seed funds*) y de prueba de conceptos. Pero los estudios muestran las limitaciones que surgen de la falta de experiencia empresarial, de capacidad y de contactos entre los estudiantes (Wright, Clarysse y Mosey, 2012). En consecuencia, los enfoques para nutrir el espíritu emprendedor académico centrados solo en conseguir financiación pueden ser insuficientes.

Los estudios muestran cómo las universidades pueden lograr mayores niveles de actividad emprendedora por medio de un buen diseño de programas. Este

puede ser el caso incluso cuando las universidades tienen un gasto bajo en I+D, poca capacidad de financiación/investigación y poca disponibilidad de fondos de capital-riesgo (Åstebro, Bazzazian y Braguinsky, 2012).

En los casos en los que las universidades han tenido potestad para que no les sea de aplicación la legislación nacional mediante el desarrollo de normas y procesos de patentes internas, algunas han experimentado con configuraciones alternativas. Así algunas han dado un trato preferencial a los investigadores que quieren licenciar las tecnologías que han desarrollado. Otras universidades permiten a sus académicos establecer nuevas empresas, concediéndoles permisos o suspendiendo sus contratos mientras que el académico se embarca en actividades de comercialización. De las 64 universidades del estudio en Estados Unidos y Canadá, se vio que 16 tenían en cuenta los logros en comercialización y patentes en las decisiones para otorgar plazas y promociones (Stevens, Johnson y Sanberg, 2012).

Cada vez más, las universidades de los países de la OCDE también se enfrentan al problema de la titularidad de propiedad intelectual de los estudiantes graduados y de otros empleados vinculados a la investigación. Esto puede dar pie a tensiones entre universidades y estudiantes. Debido a estos cambios, y para evitar problemas de propiedad intelectual entre estudiantes y universidades, la Universidad de Missouri, en Estados Unidos, estableció una política en 2011 de permitir a los estudiantes, bajo ciertas condiciones, que fueran dueños de los inventos creados durante su matriculación. Las agencias de financiación nacional y las instituciones individuales han desarrollado contratos de licencia estándar para los inventos académicos (caso del kit de herramientas Lambert en Reino Unido, el modelo alemán de contratos de cooperación en I+D y los contratos modelo Schlüter daneses). Los contratos estandarizados pueden ayudar a resolver las dudas de la industria sobre las dificultades de negociar licencias con los OPI. Algunos de los mensajes clave para las políticas relacionados con la comercialización de la investigación financiada públicamente se incluyen en las conclusiones.

A pesar de la importancia de las estrategias de comercialización basadas en la propiedad intelectual, es importante tener en cuenta que múltiples evidencias muestran que los intercambios gestionados directamente entre las personas son la forma más habitual para implicar a las universidades y OPI (Abreu *et al.*, 2009). Aunque es difícil seguirles el rastro usando medios convencionales, estas interacciones pueden ser la base de la difusión de conocimiento generado en la ciencia. Los flujos e interacciones formales e informales de personas también pueden promover la construcción progresiva de confianza y entendimiento mutuo sobre la que erigir transacciones y contratos de colaboración más complejos y a más largo plazo.

La interacción entre universidades, OPI y empresas se puede mejorar con un acceso más eficaz y abierto a los activos y recursos físicos que el otro pueda haber adquirido y que estaría dispuesto a compartir a cambio del acceso a otros recursos, como la propiedad intelectual, el conocimiento u otros servicios específicos. Las necesidades de equipos e instalaciones pueden suponer una costosa barrera de entrada en nuevas y prometedoras áreas tanto para las empresas como para los equipos científicos. La presencia de estos costes de entrada puede ralentizar o impedir el desarrollo de un mercado de soluciones de equipos e instrumentación avanzadas, desmotivando así la innovación en esta área de la que la investigación científica puede ser tan dependiente. Introducir las oportunidades de la «economía compartida» en la investigación científica se puede lograr por medio de la creación de nuevas plataformas y también eliminando las barreras que impiden trabajar más allá de las fronteras institucionales (NCUB, 2015). Las interacciones construidas en torno al uso de recursos (tanto materiales como de naturaleza digital) pueden fomentar un entendimiento mutuo mejorado y espolear la aparición de nuevas ideas de investigación e innovación.

## 7. Conclusiones

El artículo muestra que la financiación pública para los estudios en investigación científica sigue siendo

importante para apuntalar la innovación y hacer frente a los desafíos globales. En un contexto de consolidación fiscal, los Gobiernos están bajo presión para demostrar las ganancias sociales y económicas del uso de los fondos públicos, lo que reclama políticas científicas que promuevan un uso más eficiente de recursos, la excelencia, el acceso abierto y que tengan impacto. Aun así, la financiación a largo plazo de la investigación básica tiene que preservarse y la financiación para proyectos ha de ser importante, para permitir que las agencias de financiación y los ministerios de investigación puedan dirigir la investigación pública hacia los objetivos prioritarios de las políticas públicas.

Desarrollar iniciativas de ciencia y tecnología efectivas para afrontar los desafíos globales requiere de un modelo de gobernanza receptivo y adaptable, combinado con mecanismos flexibles de financiación y gasto. La colaboración internacional para construir mecanismos de asesoría científica e infraestructuras tiene que desarrollarse todavía más. Hacerlo ayudará a proporcionar información fiable y coherente en situaciones de crisis y también a hacer frente a los desafíos globales. También existe la necesidad de crear una capacidad asesora en los países en desarrollo y de una mejor coordinación en áreas de interés común de varios países.

La ciencia abierta es claramente clave para mejorar la eficiencia de la ciencia y fomentar la difusión del conocimiento. Como fuente principal de financiación de la investigación pública, los legisladores pueden dar distintos pasos para promover el acceso y el uso y reutilización de los resultados de las investigaciones científicas. En particular, pueden eliminar las barreras a la ciencia abierta estableciendo los incentivos adecuados, desarrollando infraestructuras necesarias para hacer de la ciencia abierta una realidad y, en algunos casos, adoptando medidas obligatorias para la divulgación abierta de los resultados de investigaciones de financiación pública. Sin embargo, el acceso abierto acarrea costes y, dado que los volúmenes de datos que se generan aumentan rápidamente, las instituciones públicas se enfrentan al reto de encontrar fondos y modelos de negocio sostenibles.

Los partenariados público-privados junto con proveedores de servicios privados pueden ofrecer soluciones innovadoras. Este artículo ha subrayado la relevancia de aplicar principios de ciencia abierta, siempre que sea posible, a los recursos materiales que utilizan los investigadores científicos y que les ayudan a crear. En algunos casos, las prácticas de compartir infraestructuras cuidadosamente gestionadas, con el compromiso activo de las empresas, pueden estimular, en vez de restringir, la aparición de un mercado de factores de producción de la investigación y facilitar una innovación continuada.

Por lo que respecta a los procesos que permiten que los hallazgos de investigación se conviertan en ideas que se puedan comercializar, el papel central del Gobierno es establecer los principios básicos y marcos institucionales y normas que reflejen el interés público y proporcionen los incentivos necesarios a empresas, investigadores públicos y OPI. Gobiernos, ministerios de investigación y empresas deben trabajar conjuntamente para desarrollar marcos políticos coherentes. Al mismo tiempo, las políticas de comercialización deben considerar ir más allá de las OTT de las universidades y de los OPI. En muchos países, las instituciones y legisladores suelen seguir estando centrados en promover la comercialización por medio de patentes, licencias y empresas filiales (*spin-offs*). Pero patentar y licenciar sigue representando para muchas universidades y OPI una pequeña parte de sus actividades. Otros canales desempeñan un papel importante, entre ellos, la investigación colaborativa público-privada, la movilidad de estudiantes y académicos, los contratos de investigación, la consultoría y el espíritu empresarial de los estudiantes. Como han surgido muchas organizaciones intermediarias que se han configurado como canales de comercialización, el Gobierno puede ayudar a identificar y diseminar información sobre mejores prácticas. Los legisladores también deben tener en cuenta acciones que puedan ayudar a construir vínculos más profundos entre las decisiones de compra y comercialización en IES y OPI, con vistas a ayudarles a desarrollar competencias y actividades de compromiso externo más estratégicas y orientadas al largo plazo.

## Referencias bibliográficas

- [1] ABREU, M.; GRINEVICH, V.; HUGHES, A. y KITSON, M. (2009). *Knowledge Exchange between Academics and the Business, Public and Third Sectors*. UK Innovation Research Centre Report.
- [2] AKCIGIT, U.; HANLEY, D. y SERRANO-VELARDE, N. (2014). «Back to Basics: Basic Research Spillovers, Innovation and Growth». *NBER Working Paper Series*, nº 19. 473.
- [3] ÁSTEBRO, T.; BAZZAZIAN, N. y BRAGUINSKY, S. (2012). «Start-ups by Recent University Graduates and their Faculty: Implications for University Entrepreneurship Policy». *Research Policy*, vol. 41, pp. 663–677.
- [4] BOURELOS, E.; MAGNUSSON, M. y MCKELVEY, M. (2012). «Investigating the Complexity Facing Academic Entrepreneurs in Science and Engineering: The Complementarities of Research Performance, Networks and Support Structures in Commercialisation». *Cambridge Journal of Economics*, vol. 36, nº 3, pp. 751-780.
- [5] BULUT, H. y MOSCHINI, G. (2009). «US Universities' net Returns from Patenting and Licensing: A Quantile Regression Analysis». *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 18, pp. 123-137.
- [6] HERTZFELD, H. R.; LINK, A. N. y VONORTAS, N. S. (2006). «Intellectual Property Protection Mechanisms in Research Partnerships». *Research Policy*, vol. 35, pp. 825-838.
- [7] HOUGHTON, J.; RASMUSSEN, B. y SHEEHAN, P. (2010). *Economic and Social Returns on Investment in Open Archiving Publicly Funded Research Outputs*. Report to SPARC (Scholarly Publishing and Academic Resources Coalition). Centre for Strategic Economic Studies, Victoria University, Victoria, British Columbia. Disponible en: [www.sparc.arl.org/sites/default/files/vufrpaa.pdf](http://www.sparc.arl.org/sites/default/files/vufrpaa.pdf)
- [8] CÁMARA DE LOS COMUNES, COMITÉ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (2013). *Bridging the Valley of Death: Improving the Commercialisation of Research*. The Stationery Office Limited, London.
- [9] CENTRO NACIONAL DE UNIVERSIDADES Y EMPRESA (NCUB) (2015). *State of the Relationship Report 2015*. Disponible en: [www.ncub.co.uk/reports/state-of-the-relationship-2015-report.html](http://www.ncub.co.uk/reports/state-of-the-relationship-2015-report.html)
- [10] KIRSCHNER, M. (2013). «A Perverted View of Impact». *Science*, vol. 340, 14 de junio.
- [11] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE) (2010a). *The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264083479-en>
- [12] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2010b). *Performance-Based Funding for Public Research in Tertiary Edu-*

ation Institutions, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264094611-en>.

[13] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2010c). *Establishing Large International Research Infrastructures: Issues and Options*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: <http://www.oecd.org/science/sci-tech/47027330.pdf>

[14] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2011). *Opportunities, Challenges and Good Practices in International Research Cooperation Between Developed and Developing Countries*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: [www.oecd.org/sti/sci-tech/47737209.pdf](http://www.oecd.org/sti/sci-tech/47737209.pdf)

[15] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2012a). *Meeting Global Challenges Through Better Governance*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264178700-en>

[16] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2012b). *Recommendation on the Governance of Clinical Trials*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: [www.oecd.org/sti/sci-tech/oecdrecommendationonthegovernanceofclinicaltrials.htm](http://www.oecd.org/sti/sci-tech/oecdrecommendationonthegovernanceofclinicaltrials.htm)

[17] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2013). *Commercialising Public Research: New Trends and Strategies*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264193321-en>

[18] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2014a). *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1787/sti\\_outlook-2014-en](http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2014-en)

[19] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2014b). *Promoting Research Excellence: New Approaches to Funding*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264207462-en>

[20] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2014c). *The Impacts of Large Scale Research Infrastructures on Economic Innovation and on Society*. OECD Publishing, Paris. [www.oecd.org/sti/sci-tech/CERN-case-studies.pdf](http://www.oecd.org/sti/sci-tech/CERN-case-studies.pdf)

[21] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2014d). *International Distributed Research Infrastructures: Issues and Options*. OECD

Publishing, Paris. Disponible en: [www.oecd.org/sti/sci-tech/international-distributed-research-infrastructures.pdf](http://www.oecd.org/sti/sci-tech/international-distributed-research-infrastructures.pdf)

[22] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2015a). *The Innovation Imperative – Contributing to Growth, Productivity and Well-being*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239814-en>

[23] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2015b). *Science, Technology and Industry Scoreboard 2015 – Innovation for Growth and Society*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1787/sti\\_scoreboard-2015-en](http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-en)

[24] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2015c). *The Future of Productivity*. OECD Publishing, Paris. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/978926428533-en>

[25] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2015d). «Scientific Advice for Policy Making: The Role and Responsibility of Expert Bodies and Individual Scientists». *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, nº 21. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5js3311jcpwb-en>

[26] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2015e). «Making Open Science a Reality». *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, nº 25, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en>

[27] RIGGS, W. y VON HIPPEL, E. (1994). «Incentives to Innovate and the Sources of Innovation: the Case of Scientific Instruments». *Research Policy*, Elsevier, vol. 23, nº 4, pp. 459-469, julio.

[28] STEVENS, A. J.; JOHNSON, G. A. y SANBERG, P. R. (2012). «The Role of Patents and Commercialization in the Tenure and Promotion Process». *Technology & Innovation*, vol. 13, pp. 241-248.

[29] WEINBERG, B.; OWEN-SMITH, J.; ROSEN, R.; SCHWARZ, L.; MCFADDEN, A. B.; WEISS, R. y LANE, J. (2014). *Science Funding and Short-Term Economic Activity*. Science, vol. 344, nº 6, 179 pp. 41-43.

[30] WRIGHT, M.; CLARYSSE, B. y MOSEY, S. (2012). «Strategic Entrepreneurship, Resource Orchestration and Growing Spin-Offs from Universities». *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 24, pp. 911-927.