



Análisis sobre  
*ciencia e innovación*  
*en España*







Análisis sobre  
*ciencia e innovación  
en España*

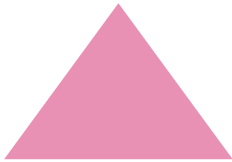
Compilado por Luis Sanz Menéndez y Laura Cruz Castro  
Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP) del CSIC





# *Investigadores e instituciones de investigación*

Luis Sanz Menéndez y Laura Cruz Castro



Capítulo 1. > pag. 32

*Endogamia, productividad y carreras académicas*

Laura Cruz Castro y Luis Sanz Menéndez

Capítulo 2. > pag. 66

*Relaciones universidad-empresa y producción científica de los académicos*

Liney Manjarrés Henríquez y Andrés Carrión García

Capítulo 3. > pag. 94

*Movilidad de los investigadores y transferencia de conocimiento*

Liliana Herrera, María Felisa Muñoz Doyague y Mariano Nieto

Capítulo 4. > pag. 118

*Grupos de investigación, integración social y actividad investigadora*

Jesús Rey Rocha y M<sup>a</sup> José Martín Sampere

Capítulo 5. > pag. 150

*Estructura y especialización de las universidades*

María Bordons, Fernanda Morillo, Rosa Sancho e Isabel Gómez

Capítulo 6. > pag. 186

*Incentivos de los académicos para patentar*

José García Quevedo

Capítulo 7. > pag. 212

*Convergencia y diversidad en los centros de I+D*

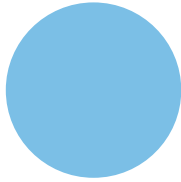
Catalina Martínez, Laura Cruz Castro y Luis Sanz Menéndez



Sección II. > pág. 244

## ***Dinámica de la ciencia***

Félix de Moya Anegón



Capítulo 8. > pag. 258

*Especialización temática de la producción científica*

Víctor Herrero Solana y Benjamín Vargas Quesada

Capítulo 9. > pag. 276

*Indicadores web de las instituciones públicas de I+D*

Isidro F. Aguillo

Capítulo 10. > pag. 302

*Análisis institucional de la investigación sobre el cáncer*

Carmen López Illescas y Antonio Perianes Rodríguez

Capítulo 11. > pag. 332

*Producción científica en Ciencia de los Materiales*

M<sup>a</sup> Eugenia Espinosa Calvo y Vicente P. Guerrero Bote

Capítulo 12. > pag. 366

*Producción y colaboración científica en agroalimentación*

Zaida Chinchilla Rodríguez y Carlos Olmeda Gómez

Sección III. > pág. 400

## ***Empresas e innovación***

Jordi Molas Gallart



Capítulo 13. > pag. 416

*Generación y adquisición de conocimiento como estrategias de innovación*

Jaider Vega Jurado, Antonio Gutiérrez Gracia e Ignacio Fernández de Lucio

Capítulo 14. > pag. 444

*Obstáculos de las empresas para innovar*

Agustí Segarra Blasco y Mercedes Teruel Carrizosa

Capítulo 15. > pag. 474

*Factores que afectan a la innovación: dinamismo tecnológico de los sectores y tipo de innovación.*

Antonio García y José Molero

Capítulo 16. > pag. 500

*Cooperación con agentes científicos y desempeño innovador*

Antonio Gutiérrez Gracia, Jaider Vega Jurado e Ignacio Fernández de Lucio

Capítulo 17. > pag. 532

*Transferencia de tecnología de las multinacionales*

María García Vega y Elena Huergo

Capítulo 18. > pag. 566

*Actividad innovadora de las filiales extranjeras: un análisis sectorial*

José Molero y Antonio García

Capítulo 19. > pag. 598

*Innovación, exportaciones y productividad*

Bruno Cassiman, Elena Golovko y Ester Martínez Ros

## ***Políticas de I+D e innovación***

Laura Cruz Castro, Jordi Molas Gallart y Luis Sanz Menéndez



Capítulo 20. > pag. 634

*Subvenciones públicas a la I+D y esfuerzo tecnológico privado*

Xulia González y Consuelo Pazó

Capítulo 21. > pag. 668

*Efectividad de los incentivos públicos a la investigación e innovación empresarial*

Isabel Busom, Beatriz Corchuelo y Ester Martínez Ros,

Capítulo 22. > pag. 708

*Efectos regionales de las ayudas a la I+D empresarial*

Liliana Herrera y Mariano Nieto

Capítulo 23. > pag. 734

*Apoyo público a la innovación desde diferentes niveles de gobierno*

Andrea Fernández Ribas y Pablo Catalán

Capítulo 24. > pag. 762

*Centros tecnológicos y política de innovación*

Andrés Barge Gil y Aurelia Modrego Rico

Capítulo 25. > pag. 794

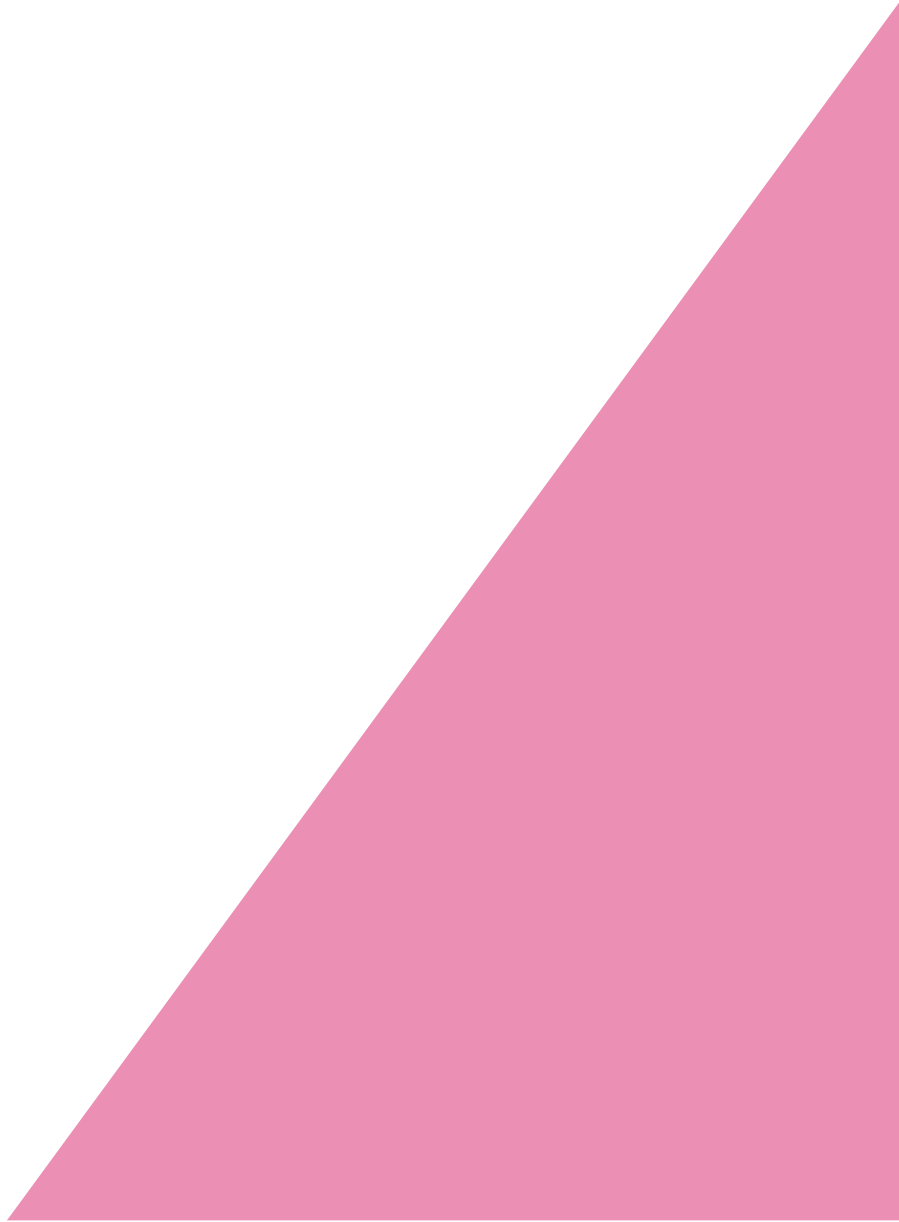
*Incentivos en el sistema de I+D: el programa Ramón y Cajal*

Cesar Alonso Borrego y Antonio Romero Medina

Capítulo 26. > pag. 818

*Inversión en I+D y productividad del trabajo*

Jorge Julio Maté García y José Miguel Rodríguez Fernández



Sección I

# *Investigadores e instituciones de investigación*





Existe un acuerdo generalizado en que el capital humano dedicado a I+D constituye el pilar de cualquier sistema de investigación e innovación; los investigadores y el resto del personal de I+D son la base de la que surge la creatividad humana, la sustancia esencial que alimenta la investigación y la innovación. La curiosidad y la necesidad de resolver problemas, prácticos o teóricos, son las dos motivaciones esenciales que están detrás de la ciencia y la innovación como actividades humanas. Sin embargo, la calidad de instituciones y organizaciones de investigación, el modo en que están organizadas las unidades de investigación, sus objetivos y su grado de autonomía para alcanzarlos, así como los incentivos que crean a los investigadores, son parámetros relevantes para diagnosticar los problemas y la eficacia del sistema de I+D.

El crecimiento del sistema de investigación constituye una pieza fundamental para la creación y ampliación de la capacidad de innovación de los países, pero también es necesario debatir sobre los modelos organizativos que fortalezcan su eficacia y eficiencia a la hora de proporcionar a la sociedad las soluciones que demanda para la mejora de la competitividad, del bienestar y el aumento de los niveles de sostenibilidad.

En 2008, los indicadores de recursos humanos dedicados a investigación en España alcanzaron los valores más altos de la historia. Un total de 352.611 personas trabajaban (con dedicación parcial o completa) en actividades de I+D y, consideradas en equivalente a jornada completa (EJC), la cifra era de 215.676, lo que representaba el 10,6 por mil de las personas ocupadas en España. Un 44% de estas personas estaban ocupadas en el sector empresarial, un 37% en la educación superior y un 19% en el sector de las Administraciones Públicas (AAPP).

El número de investigadores (en EJC) también alcanzó en 2008 una cifra récord, dado que se llegó a 130.986 investigadores, lo que representaba un 6,5 por mil de los ocupados españoles; estaban en las universidades el 47% del total de los investigadores españoles, aunque se ha dado un proceso de descenso continuo de su cuota, a medida

que ha ido aumentando el peso del sector empresarial, que ya ocupa al 35% de los investigadores (véase la tabla I.1).

> **Tabla I.1.** *Indicadores básicos sobre recursos humanos en I+D. 2008*

	<b>Total Personal I+D</b>	<b>Investigadores</b>
Número de personas	352.611	217.716
Personas en EJC	215.676	130.986
Tasa de crecimiento anual (2007-2008) (EJC)	7%	7%
Tanto por mil respecto a la población ocupada (EJC)	10,6	6,5

**Fuente:** INE. Estadística de Actividades de I+D 2008.

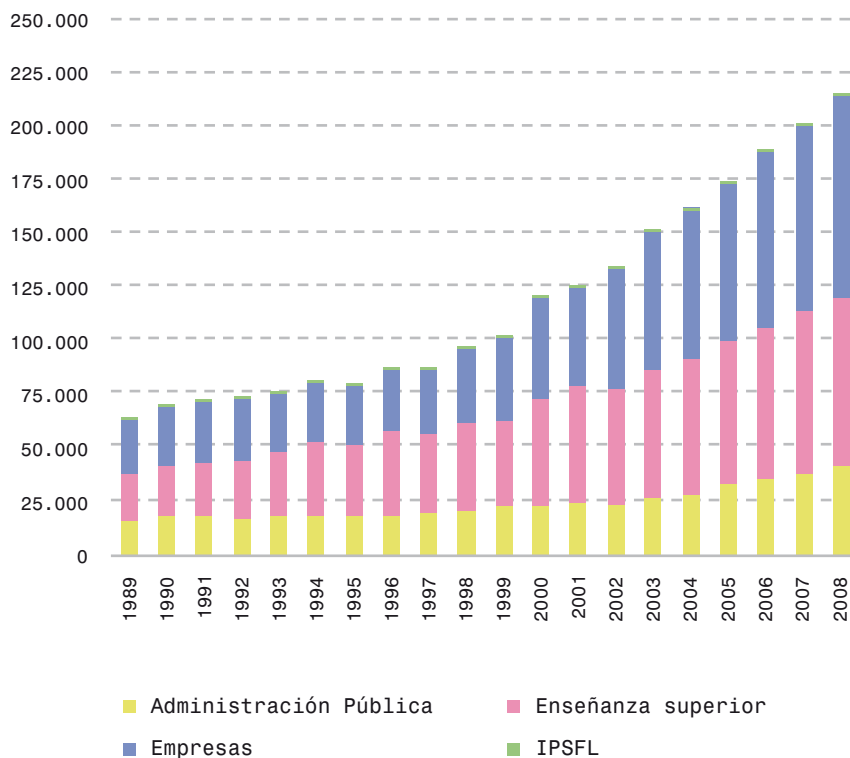
La participación de las mujeres en el personal de I+D y entre los investigadores representaba, en 2008, el 38,9% y el 37,5%, respectivamente. Entre los investigadores del sector AAPP, el 48% eran mujeres, mientras que en el sector empresarial esta cifra fue del 28,8%.

Los datos de 2008 (últimos disponibles) representan el punto más alto de un proceso de crecimiento sostenido, con pequeñas variaciones temporales, del personal de I+D y de los investigadores en todos los sectores, crecimiento que se relanzó a finales de la década de 1990 (véanse los gráficos I.1 y I.2) .

Tras un significativo estancamiento en la primera parte de los noventa, incluso con un decrecimiento del 1% en 1995, desde el comienzo de este decenio se observa un crecimiento general de carácter sostenido de algo más del 7% anual, lo que representa una cifra espectacular que ha permitido duplicar el número de investigadores en el sistema español en menos de una década.

A muy corto plazo se puede esperar que el número de investigadores y de personal de I+D continúe creciendo, aunque es probable que, si se repiten los patrones de la anterior recesión de principios de los noventa, se pueda producir un estancamiento e incluso un retroceso en valores absolutos. Este retroceso puede ser más acusado en el sector empresarial, como resultado de la mayor flexibilidad de sus mercados de trabajo y también de su mayor capacidad para reducir las actividades de I+D en contextos de fuerte incertidumbre.



> **Gráfico I.1.** *Personal en I+D (EJC) por sectores. 1989-2008*

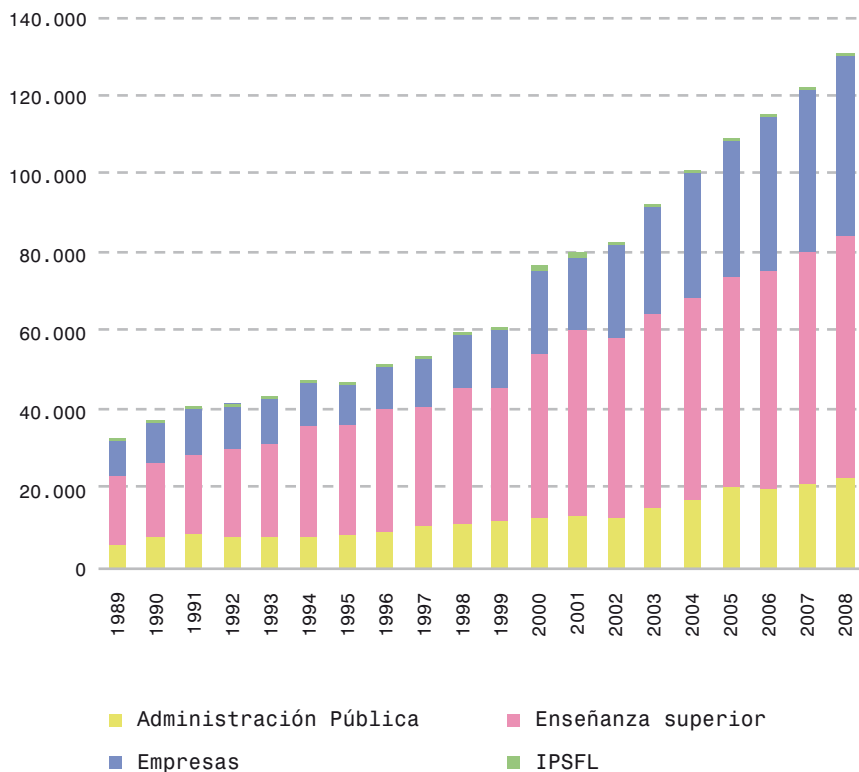
Fuente: INE. Estadística de Actividades de I+D.

Es posible además que la recesión no ayude a resolver los problemas estructurales de asignación sectorial de los recursos humanos en el sistema español de I+D, donde los investigadores se concentran en exceso en el sector público, especialmente en las universidades. Por todo ello, consolidar una mejor articulación y alcanzar mayores niveles de cooperación de los diversos elementos del sistema de I+D siguen siendo aspectos esenciales para la mejora del funcionamiento general, si bien en un contexto de diferenciación funcional y especialización, que permita adoptar estrategias competitivas.

Aunque la evolución del personal investigador ha sido muy favorable en España, el número de investigadores (EJC) sobre la población empleada aún está por debajo de la media de los países de la OCDE, si bien las distancias se han reducido en la última década. España es de los países de tamaño grande que más han crecido, aunque claramente superado por Corea. El resto de los países que han mejorado radical-

mente, y superan a España en el cambio, son, en general, economías de menor tamaño que la española, como la República Checa, Portugal, Austria, Dinamarca, Nueva Zelanda o Islandia (véase el gráfico I.3).

> **Gráfico I.2.** Investigadores (EJC) por sectores. 1989-2008



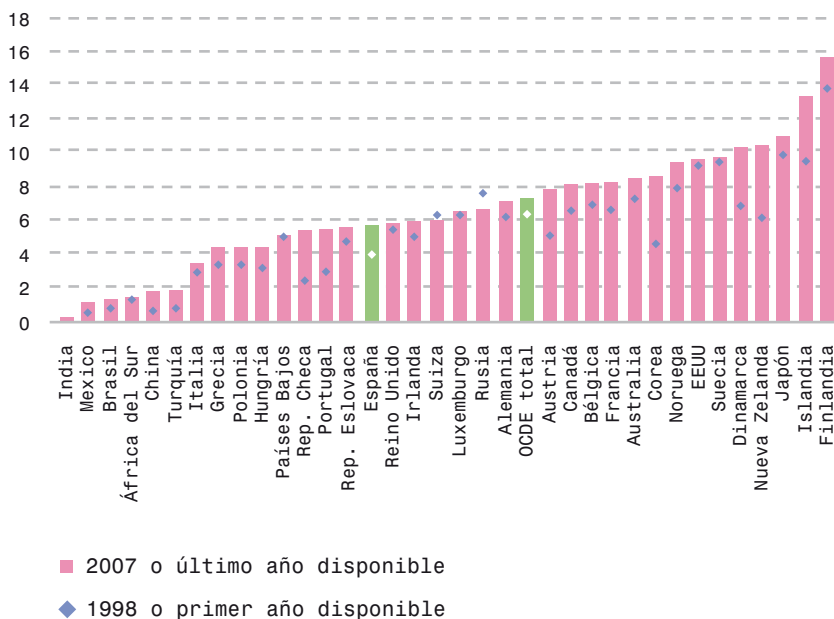
Fuente: INE. Estadística de Actividades de I+D.

Así pues, aún queda margen en España para que crezca el número de investigadores y de personal de I+D y acercarnos a la convergencia con nuestro entorno, tanto en valores absolutos como en el peso relativo sobre el total de los ocupados.

Otro de los indicadores que conviene comparar, o al menos situar en el entorno en el que nos movemos, es el peso de las mujeres en la actividad de I+D; en este sentido, los valores españoles se sitúan por encima de la media de la Unión Europea, que está en torno al 30%; curiosamente, los sistemas más grandes en tamaño de la UE (y de Asia) y más consolidados en el tiempo tienen niveles inferiores de partici-

pación femenina. La tardía consolidación del sistema de I+D español, sus elevadas tasas de crecimiento y su expansión reciente –a la vez que crecía la oferta de mujeres investigadoras– han permitido esta mejor situación relativa (véase el gráfico I.4).

> **Gráfico I.3.** Investigadores por mil empleados (EJC en I+D). 1988 y 2007

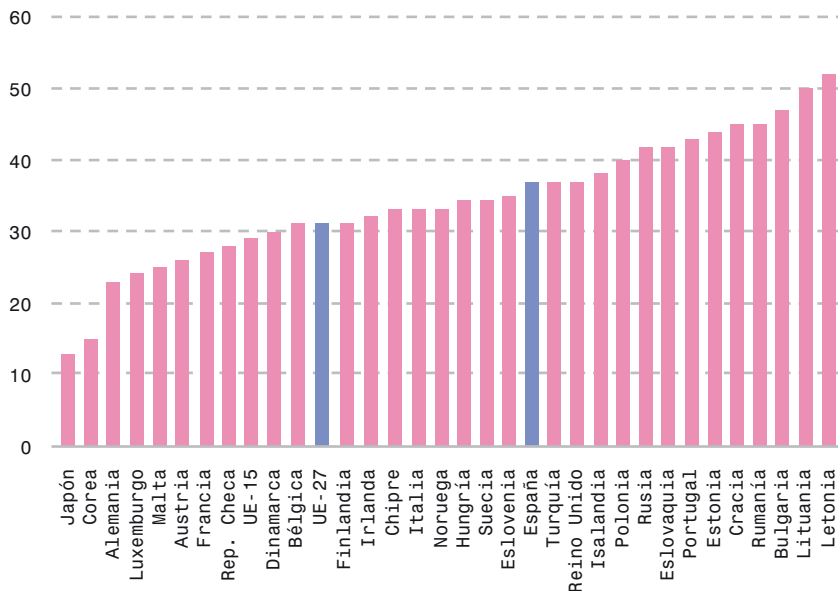


Fuente: OCDE. *Main Science and Technology Indicators* 2009/1.

Por último, es necesario constatar también cómo en la última década las instituciones de educación superior, aun aumentando en valor absoluto sus efectivos investigadores y de personal dedicado a I+D, han ido perdiendo cuota, a favor especialmente de las empresas. Asimismo, es interesante señalar que en el último lustro el sector con mayor crecimiento relativo, tras las empresas, ha sido el sector de AAPP, empujado por la Administración General de Estado (AGE), pero muy especialmente por las comunidades autónomas (CCAA).

Si se comparan los valores de 2008 y la situación de diez años antes, se pueden obtener algunos indicios sobre la evolución de la composición disciplinar (véase la tabla I.2) y de la participación de los doctores y las mujeres (véase la tabla I.3) en los recursos humanos dedicados a la I+D dentro de las AAPP y las universidades.

> **Gráfico I.4.** *Mujeres investigadoras sobre el total (en porcentaje). 2007*



Fuente: EUROSTAT.

A la luz de los datos presentados y con el objetivo de caracterizar la situación reciente, se puede hacer un balance de los hechos y procesos más destacables, desde el punto de vista de los investigadores y de las instituciones de investigación no empresariales (dado que éstas se abordan específicamente en la sección 3).

El primero es el **crecimiento continuo y sostenido de los «recursos humanos» dedicados a I+D** (investigadores y resto del personal de I+D). Si en la década de 1990 se pudo observar un cierto **estancamiento** en la evolución de las ocupaciones de I+D, a partir de finales de dicha década se constata una extraordinaria **aceleración** en el crecimiento del número de los efectivos que están ocupados en estas actividades, con tasas anuales medias de más del 7%, y con un cambio significativo en el balance sectorial, a favor de las empresas como lugar para el desarrollo de las actividades de I+D, si bien aún no está claro si este cambio será coyuntural de las fases de crecimiento.

El segundo es la continuidad de las universidades españolas como principales productoras de la oferta de investigadores para el sistema español de I+D, aunque su **capacidad de producción de investigadores, especialmente de doctores, parece haberse estancado** desde

principios del decenio en poco más de 7.000 doctores al año, a pesar de la considerable cantidad de becas y ayudas para el desarrollo del doctorado. Existen, además, desequilibrios disciplinares importantes, ya que casi 2.500 de los doctores se gradúan en humanidades, ciencias sociales y jurídicas.

> **Tabla I.2.** Personal de I+D e investigadores en el sector público y distribución por disciplina sobre el total. 1999 y 2008

		Año	Total	% en Ciencias exactas y naturales	% en Ingeniería y tecnología	% en Ciencias médicas	% en Ciencias agrarias	% en Ciencias sociales	% en Humanidades
Total personal en I+D (Nº personas)	AAPP	1999	28.851	25,8	13,6	33,4	21,1	3,5	2,6
	AAPP	2008	55.422	12,8	16,8	49,0	13,2	5,9	2,3
	Universidades	1999	101.231	39,3	17,7	14,6	5,5	15,1	7,7
	Universidades	2008	158.941	20,2	23,1	15,1	2,6	24,1	14,8
Investigadores (Nº personas)	AAPP	1999	15.873	25,2	10,0	41,0	17,0	3,7	3,1
	AAPP	2008	32.653	11,6	13,4	57,1	10,1	5,5	2,2
	Universidades	1999	82.387	39,3	17,5	14,5	5,4	15,3	8,0
	Universidades	2008	122.167	20,0	22,6	15,2	2,6	24,6	14,9
Total personal en I+D (EJC)	AAPP	1999	22.283,3	31,0	14,6	22,1	26,0	3,2	3,0
	AAPP	2008	41.139,0	16,0	20,3	38,0	17,0	6,4	2,5
	Universidades	1999	40.626,1	39,8	16,7	14,8	5,8	15,0	7,9
	Universidades	2008	78.846,2	20,0	21,9	15,7	2,7	24,5	15,2
Investigadores (EJC)	AAPP	1999	11.934,6	31,9	11,4	27,6	22,2	3,3	3,5
	AAPP	2008	22.577,9	15,2	17,5	45,2	13,9	5,8	2,4
	Universidades	1999	33.839,6	39,4	16,8	15,0	5,7	15,0	8,2
	Universidades	2008	61.735,6	19,9	21,8	15,6	2,6	24,8	15,2

Fuente: INE. Estadística de Actividades de I+D.

El tercero es que el sistema español de I+D se ha abierto y está siendo polo de atracción de investigadores de otras nacionalidades, situación que se refleja en **un creciente reclutamiento internacional**, ya no solamente de investigadores españoles expatriados, sino de ciudadanos de otros países. Aunque la presencia de «no nacionales» entre las plantillas de las universidades y centros públicos de in-

investigación es aún limitada, lo cierto es que en algunas instituciones públicas de investigación que han expandido recientemente sus plantillas puede decirse que el porcentaje de nuevos investigadores permanentes no nacionales va en aumento –por ejemplo, en el conjunto del CSIC, para los nuevos investigadores que adquirieron la condición de científico titular (400) con cargo a las Ofertas de Empleo Público de 2007 y 2008, la cifra alcanzó el 10%, mientras que en las categorías temporales de contratados doctores se alcanza ya la cifra del 33%; en el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO) el 22% del personal de investigación es extranjero–.

> **Tabla I.3.** *Porcentaje de mujeres investigadoras y de doctores sobre el total en cada disciplina, por sector institucional. 2008*

		% sobre el total	% en Ciencias exactas y naturales	% en Ingeniería y tecnología	% en Ciencias médicas	% en Ciencias agrarias	% en Ciencias sociales	% en Humanidades
Investigadoras Mujeres (Nº personas)	AAPP	48,0	42,5	36,8	51,8	49,6	46,5	44,8
	Universidades	39,0	38,8	36,2	40,7	37,8	40,2	40,2
Doctores (Nº personas)	AAPP	40,7	44,1	42,5	39,2	44,3	36,4	45,3
	Universidades	58,7	62,7	52,9	61,4	55,8	58,6	60,1

Fuente: INE. Estadística de Actividades de I+D.

En cuarto lugar, **el modelo de empleo dominante en el sistema de investigación sigue construido sobre el concepto de *funcionarialización***; las universidades y los organismos públicos de investigación (CSIC) siguen manteniendo el modelo tradicional. Las regulaciones sobre la formación, la contratación y el acceso a los puestos de investigación, en los OPI y en las universidades se han modificado significativamente en los últimos años, fortaleciendo –tras la idea de una «carrera investigadora»– el modelo de empleo vitalicio.

Por último, en el campo de las instituciones y organizaciones de investigación, un hecho destacable en la pasada década ha sido el **aumento significativo de las unidades que hacen investigación en todos los sectores**, lo que sin duda demuestra la buena salud del sistema,

que se expande tanto por un aumento de tamaño de algunas como por un notable incremento de las unidades registradas que hacen actividades de I+D. Los datos de 1998 y de 2008 (número de entidades–personas jurídicas distintas) evidencian esta tendencia, que históricamente se identifica como condición necesaria para el aumento del peso científico y tecnológico de los países.

Los datos de la evolución de entidades que hacen I+D en el sector de las AAPP y en el sector de la educación superior son muy reveladores, y se pueden resumir en que casi se han triplicado las unidades, pasando de algo menos de 200 a más de 500 en una década. En este contexto, ha sido clave el crecimiento de los centros que dependen de las CCAA; muchos de ellos han surgido en el ámbito hospitalario, y, en cualquier caso, su creación se ha visto acompañada por el consiguiente crecimiento del gasto y de los empleados en I+D. También las unidades de I+D en el sector de la educación superior han crecido (tabla I.4).

> **Tabla I.4.** *Unidades que realizan I+D por sector institucional. 1999 y 2008*

	Sector	1999	2008
Número de unidades que realizan I+D	AAPP	182	519
Número de unidades que realizan I+D	Universidades	63	137

**Fuente:** INE. Estadística de Actividades de I+D.

En lo que se refiere a las «unidades que hacen I+D», la novedad más destacable en el sistema español durante esta década ha sido la emergencia y consolidación de nuevos tipos de centros de I+D, contruidos sobre un modelo que pretende combinar la excelencia y la relevancia, a la vez que huir de las limitaciones del modelo funcional puramente dependiente de y subordinado a las Administraciones Públicas, que representan los centros tradicionales, representados por los OPI. Estos nuevos centros están comenzando a adoptar formas jurídicas privadas, de asociaciones sin fines de lucro y sobre todo fundaciones. Su emergencia merece mención especial.

Se trata de un modelo que, promovido inicialmente desde el Ministerio de Sanidad, se ha desarrollado sobre todo al amparo de los gobiernos autonómicos más dinámicos en el apoyo a la I+D (por ejemplo: Cataluña, Madrid, País Vasco, etc.), y con frecuencia en los intersticios de las actividades de las universidades, los organismos

públicos de investigación y los propios gobiernos regionales. El modelo ha surgido, en contextos diversos, de forma relativamente independiente, pero con objetivos asociados a dotar de flexibilidad, autonomía y responsabilidad a las nuevas unidades de I+D, frente a la rigidez, dependencia y falta de rendimiento de cuentas de las instituciones tradicionales.

Un cierto impulso político de los gobiernos autonómicos, en respuesta a presiones de los actores sociales y de los líderes científicos, sirvió para promocionar y potenciar la construcción de estas «nuevas entidades» y la búsqueda de nuevas fórmulas de colaboración para favorecer las economías de escala o las complementariedades.

Estos centros se caracterizan por proyectos científicos y tecnológicos muy definidos, una dirección científica fuerte, la implicación institucional de actores políticos, económicos y sociales, la presencia de consejos asesores internacionales, la aplicación de relaciones laborales basadas en el reclutamiento internacional, con negociación salarial y de las condiciones de trabajo relativamente individualizada, la exigencia de cumplimiento de objetivos y la evaluación del rendimiento, todo ello sin las limitaciones del servicio público.

Algunas de estas características están convirtiendo a estos centros en polos de atracción y, en consecuencia, contribuyendo a introducir una cierta movilidad interinstitucional en España, puesto que reclutan personal de otras instituciones caracterizadas por el funcionariado, como las universidades o el CSIC.

Este rápido repaso a los grandes datos y los indicadores esenciales nos da una idea de los parámetros comparativos básicos del sistema español, especialmente en relación con otros países; sin embargo, no permiten evaluar en profundidad la evolución de la salud del sistema español de I+D y, sobre todo, dar respuesta a algunas preguntas esenciales para determinar si las políticas y las regulaciones que se desarrollan son las más adecuadas para mejorar el funcionamiento del sistema.

Si se atiende sólo a los datos, pueden observarse procesos agregados de crecimiento y convergencia con nuestros vecinos, o al menos de reducción de las distancias y, sin embargo, no conviene lanzar las campanas al vuelo, ya que el sistema manifiesta deficiencias estructurales, quizá menos visibles, que dificultan la convergencia. El gasto en I+D, las cifras de personal e investigadores, así como su distribución por sectores, suelen interpretarse como los parámetros



esenciales de la «salud» o la buena marcha del sistema; sin embargo, tras estos indicadores básicos se ocultan con frecuencia la dinámicas subyacentes que determinan el funcionamiento y explican gran parte de los resultados y del rendimiento del sistema o de sus componentes. Estos indicadores, que son valores agregados y medios, dificultan a veces la comprensión de la extrema heterogeneidad y diversidad interna en el funcionamiento de las unidades de I+D.

Es aquí donde surge la utilidad de este volumen y de su enfoque, orientado no tanto a reproducir la información disponible producida por diversas instituciones nacionales e internacionales, sino sobre todo a contribuir a la comprensión de los procesos, con análisis específicos basados en la mejor evidencia empírica disponible, guiados por preguntas de investigación que pretenden determinar, más allá de correlaciones o asociaciones, mecanismos causales plausibles y la dirección y la magnitud de los efectos de las diversas variables que intervienen en dichos procesos.

## *El contenido de los capítulos*

En el presente volumen se abordan problemas de investigación desde enfoques explicativos, que van más allá de simples descripciones de la evolución de los diversos indicadores. La presente sección engloba siete capítulos que se centran en los recursos humanos dedicados a la I+D y en las organizaciones en las que desarrollan su actividad, desde el sector académico (universidades y centros públicos de investigación), y que prestan atención a diversos aspectos relacionados con la movilidad de los investigadores, su producción científica y tecnológica, y los efectos de sus relaciones con las empresas, así como a la estructura, especialización y cambios recientes en el campo organizativo de la investigación y su relación con las políticas de I+D.

**El primer capítulo** examina las relaciones entre los resultados científicos y las recompensas, considerando la obtención de una plaza permanente como una recompensa clave en el sistema público de investigación. La endogamia, que parece ser frecuente en el sistema español, tiende a considerarse contraria a las normas del universalismo y el mérito en la ciencia. **Sanz y Cruz** comparan a los investigadores con carreras móviles (institucional, sectorial y geográficamente) con

aquellos que no experimentan dicha movilidad, a partir de una encuesta a 1.583 investigadores académicos de diversos campos de las ciencias experimentales y de datos bibliométricos sobre sus publicaciones. Los resultados indican que los profesores e investigadores que obtuvieron una plaza de titular en la misma institución que les otorgó el título de doctor no obtuvieron la titularidad con menos méritos científicos que quienes habían hecho el doctorado en otra institución; sin embargo, resulta evidente a partir de los datos empíricos que las carreras sin movilidad se asocian causal y significativamente a la obtención de plazas de forma temprana en la carrera, una vez obtenido el doctorado. Puede decirse que los resultados del primer capítulo cuestionan la presuposición de que la movilidad favorece la carrera, al menos en lo que a inserción estable en el sector público de investigación se refiere. Los autores matizan que estos resultados deben interpretarse en el contexto de las características organizativas e institucionales que promueven el desarrollo de mercados de trabajo internos en el mundo académico español. En el terreno de las implicaciones para las políticas, el trabajo sugiere que los instrumentos deben orientarse a transformar la estructura de incentivos de las organizaciones de investigación y a eliminar rigideces, y que sólo la competencia y la diferenciación entre instituciones pueden consolidar prácticas que favorezcan la movilidad.

Se ha discutido mucho sobre si la colaboración con las empresas dificulta o empeora la producción científica de calidad en las universidades, por ello también resulta de interés preguntarse cómo influyen las relaciones entre las organizaciones del sector público investigador y el entorno socioeconómico en esas mismas variables. **En el capítulo 2, Manjarrés y Carrión** abordan precisamente esta cuestión y evalúan el efecto que ejercen las relaciones universidad-empresa sobre la producción científica de los profesores universitarios, medida a través del número de artículos publicados en revistas internacionales. El estudio se basa en datos sobre una muestra de 2.034 profesores de dos universidades que representan los dos modelos de instituciones de educación superior existentes en España: la universidad generalista y la universidad politécnica. Los resultados obtenidos indican que el efecto de las relaciones universidad-empresa sobre la producción científica es mucho más complejo de lo que los estudios realizados hasta la fecha han señalado, y que dichas relaciones pueden influir

tanto positiva como negativamente en la actividad científica del profesorado. Los análisis que se presentan muestran que dicho efecto puede variar no sólo en función del mecanismo o instrumento de vinculación a través del cual se lleva a cabo la relación, sino también en función de la intensidad con la que se implementa dicho mecanismo y las características del agente con el que se establece la relación. De este modo, cuando las relaciones se basan en actividades de escaso nivel científico-tecnológico, la producción científica del profesor puede verse inhibida y derivar en indicadores científicos pobres; por el contrario, cuando la relación se lleva a cabo a través de contratos de I+D, ésta tiene un efecto positivo y significativo sobre la productividad científica, si bien puede existir un efecto umbral a partir del cual dicho efecto se torne negativo. Las características del socio empresarial también importan, y los efectos positivos sobre la producción del investigador se observan sobre todo cuando las relaciones son con cierto tipo de empresas, como las de base científica. Para los autores, entre las implicaciones que sus hallazgos tienen para el diseño de las políticas universitarias, destaca la de que dichas políticas deben ser más selectivas y orientarse a alcanzar un equilibrio adecuado entre las misiones de investigación y transferencia.

Aunque la mayor parte de los recursos humanos dedicados a la I+D en España están empleados en las universidades y los centros públicos de investigación, la tendencia al aumento del empleo de los investigadores en las empresas ha sido constante en los últimos años. Muchos han sido los instrumentos de políticas orientados a impulsar la demanda de investigadores y tecnólogos por parte de las empresas por medio de la movilidad intersectorial y otros mecanismos, en el contexto de políticas de I+D más integrales. **En el capítulo 3, Herrera, Muñoz y Nieto**, analizan el efecto de la movilidad del personal del sistema público de I+D sobre la actividad innovadora de las empresas que los acogen, poniendo a prueba la hipótesis de que esta movilidad influye efectivamente sobre el esfuerzo innovador y los resultados innovadores. El estudio compara empresas que incorporaron personal del sistema público de I+D con un grupo de control formado por empresas que no contrataron este tipo de recursos humanos. Este trabajo muestra que las empresas de mayor tamaño, en sectores de alta y media tecnología, y las empresas con un mayor grado de organización de las actividades de I+D muestran una mayor propensión a contratar recursos humanos para

la I+D procedentes del sector público. Los resultados de este análisis ponen de manifiesto que el conocimiento que este personal aporta a las empresas tiene una influencia positiva en el esfuerzo y en los resultados del proceso innovador, ya que incrementaron continuamente sus inversiones en I+D y, como resultado de estas inversiones, crearon conocimiento con un valor único específico. No obstante, dado el perfil de las empresas contratantes, puede decirse que el efecto fue más de intensificación de la actividad innovadora que de inicio de la misma, lo cual es relevante desde el punto de vista del diseño de las políticas.

Sin embargo, generalmente los investigadores no trabajan de forma aislada, sino en el contexto de estructuras organizativas y sociales que seguramente influyen en el desarrollo de su actividad y en sus resultados. De hecho, los grupos y equipos de investigación son el entorno inmediato en el que se desenvuelve el trabajo de los investigadores. ¿De qué dependen la actividad investigadora, el rendimiento y el prestigio de los científicos? ¿Cómo influyen las características de los grupos en los investigadores? **En el capítulo 4, Rey y Martín** investigan los efectos que tiene sobre la actividad y rendimiento de los investigadores del CSIC su contexto o «clima grupal», prestando atención a dos factores: el nivel de desarrollo y consolidación de los grupos de investigación a los que pertenecen y su nivel de integración dentro de los mismos. Los resultados ponen de manifiesto la importancia de estos factores a la hora de favorecer un clima social propicio para el rendimiento y productividad de los investigadores, y corroboran la importancia de los grupos y del trabajo en equipo en el ámbito de la investigación científica. Así, por ejemplo, los investigadores integrados en grupos de investigación consolidados participaron en un mayor número de contratos y proyectos de investigación, y dirigieron más tesis doctorales que el resto; también fueron más productivos científica y tecnológicamente, a juzgar por su mayor número de publicaciones en revistas internacionales de impacto y de patentes obtenidas. Aunque en el estudio quedan patentes las ventajas competitivas de los equipos de investigación consolidados, los autores advierten de la conveniencia de evitar conclusiones simplistas que lleven a recomendaciones políticas de favorecer exclusivamente a este tipo de grupos, y de la necesidad de apoyar igualmente la consolidación de grupos en vías de desarrollo o grupos emergentes liderados por investigadores jóvenes.

Las características de los grupos dentro de las organizaciones de investigación parecen, por tanto, estar relacionadas con los resultados de la actividad científica y tecnológica de los investigadores. Sin embargo, también es posible analizar los resultados de los investigadores desde el punto de vista de las instituciones y organizaciones de investigación, porque estas entidades desarrollan patrones de especialización a lo largo del tiempo. **En el capítulo 5, Bordons, Morillo, Sancho y Gómez** toman como unidad de análisis el nivel intermedio de las organizaciones de I+D, en concreto de las universidades españolas, para analizar su estructura y actividad a través de distintos indicadores. Se consideran indicadores estructurales de las universidades (antigüedad, dependencia administrativa), indicadores de actividad docente (número de profesores, número de alumnos), datos de resultados científicos (número de publicaciones, impacto y colaboración) y distintos factores del entorno geográfico universitario. Entre otras preguntas de investigación, el trabajo aborda la cuestión de si la especialización temática de las universidades influye en la visibilidad e impacto de su producción científica. Los resultados muestran que, en efecto, la especialización se asocia a un indicador de alta visibilidad, al tiempo que se constata, a juzgar por los buenos resultados de las universidades grandes y generalistas, la importancia del factor tamaño, la antigüedad y el grado de orientación internacional de la universidad. Por otra parte, las autoras señalan que en el entorno universitario español la mayor especialización temática se detecta en las universidades de reciente creación (además de en las politécnicas), y se asocia a pautas de publicación de orientación internacional, aunque no a mayor reconocimiento, lo que podría deberse a la falta de una masa crítica de investigadores y sugiere la conveniencia de evitar la proliferación de pequeñas universidades y favorecer la colaboración entre las existentes. Se observa igualmente que la colaboración entre las universidades y las empresas tiende a asociarse con una mayor orientación local de la investigación y una mayor presencia de colaboración nacional. Los datos aportados en el capítulo son sumamente interesantes para la gestión de la investigación a nivel institucional, regional y nacional.

Las publicaciones representan quizá el resultado más valorado de la actividad científica de los investigadores y uno de los indicadores

clave a la hora de valorar la calidad investigadora de las universidades. Sin embargo, las patentes universitarias atraen cada vez más atención e interés, tanto desde el punto de vista de la literatura sobre los sistemas de I+D+i, como de los responsables dedicados a estas políticas. **En el capítulo 6, García Quevedo** aborda la cuestión de los determinantes de las patentes académicas y estudia las diferencias que existen en las universidades españolas. La gestión de la propiedad intelectual en las universidades de distintos países presenta diferencias notables y está siendo objeto de un interés creciente por parte de las políticas que pretenden impulsar la transferencia desde las universidades al tejido productivo; en consecuencia, el trabajo presta especial atención a la influencia de la regulación del reparto de los derechos de propiedad sobre la generación de patentes universitarias. Sin embargo, el análisis concluye que las diferencias entre las universidades españolas en este aspecto no es una variable que explique significativamente las diferencias existentes en el número de patentes participadas por las distintas universidades. Los resultados muestran que el principal factor explicativo de las patentes universitarias es la financiación destinada a realizar actividades de I+D y la financiación contractual de proyectos, mientras que otras variables, como los incentivos a los investigadores o la dimensión de las oficinas de transferencia de tecnologías, a pesar de su relevancia como organismos intermedios, no resultan significativas. El autor señala que de sus resultados se derivan implicaciones para el diseño de las políticas de innovación que vayan más allá de favorecer indiscriminadamente las relaciones entre las universidades y las empresas y favorezcan la transferencia de conocimientos, mejorando no sólo la calidad investigadora de las primeras, sino también la capacidad de absorción de conocimientos de las últimas.

Publicaciones y patentes aparecen como resultados esperables de la actividad de universidades y centros de I+D, pero su cantidad –como han demostrado los trabajos anteriores– está relacionada con los volúmenes de financiación recibida. De forma agregada, los centros de I+D siguen estrategias de financiación y adoptan modelos de dirección diversos, pero que tienden a adaptarse al entorno del sistema de I+D; ése es al menos el punto de partida del último capítulo de esta primera parte. **En el capítulo 7, Martínez, Cruz y Sanz** adoptan un nivel de análisis aún más agregado para situarse en el plano del campo

organizativo donde coexisten los centros públicos y semipúblicos de I+D. El trabajo aborda el estudio de los procesos de adaptación de los centros de investigación a los cambios en su entorno, que resultan de las nuevas políticas de I+D de los gobiernos, así como de la emergencia de nuevos tipos de centros de investigación que se reconocen como legítimos. Partiendo de datos cuantitativos sobre fuentes de financiación e información cualitativa sobre centros de investigación, este estudio analiza los cambios experimentados por dos poblaciones de centros de investigación españoles (los institutos del CSIC y los centros tecnológicos), durante unos años caracterizados por cambios políticos, emergencia de un nuevo modelo ideal de centro de investigación y una creciente competencia en el campo organizativo de los centros de I+D. Aunque con cierta heterogeneidad, el análisis muestra que solamente algunos de los centros analizados se han ido adaptando progresivamente a estrategias de financiación basadas en la diversificación de fuentes y en un equilibrio cada vez mayor entre fuentes de financiación privadas y públicas. También observa un alto grado de diversidad en cuanto a prácticas de dirección, tales como la planificación de la investigación y el establecimiento de la agenda investigadora. Desde el punto de vista de las políticas, los autores destacan que la principal implicación se refiere a los centros del sector público, que parecen haber respondido menos activamente a las presiones del entorno institucional tendentes a la conformidad con un modelo emergente que implica cambios en la distribución interna de poder, autoridad y capacidad para la toma de decisiones. A partir de esta constatación, concluyen que los incentivos construidos exclusivamente a través de instrumentos de financiación pueden no ser eficaces a la hora de asegurar el cambio organizativo, en ausencia de reformas de carácter legal que afecten al marco general de funcionamiento.

En suma, la primera sección engloba una serie de trabajos que versan sobre los recursos humanos para la I+D y sus entornos organizativos. Se trata de una serie de capítulos analíticamente bien contruidos y metodológicamente rigurosos, que aportan una gran cantidad de evidencia empírica acerca de las dinámicas que vertebran el desarrollo de la investigación en España, tanto desde el punto de vista de los condicionantes de la producción científica y tecnológica los investigadores, como desde la perspectiva más amplia de las organizaciones de investigación analizadas (universidades, centros públicos

de investigación, centros tecnológicos) y sus interacciones con las empresas. Sin duda, el lector comprobará que quedan por tratar muchos temas importantes para la comprensión de la dinámica y del proceso, en relación con dos actores centrales del sistema: los investigadores y las instituciones de investigación, que en años sucesivos deberán analizarse.







# *Endogamia, productividad y carreras académicas*

> **Laura Cruz Castro y Luis Sanz Menéndez**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP-CCHS)

## ***1. Introducción***

Desde la aprobación de la Ley de Reforma Universitaria, en 1983, el tema de la endogamia, la incorporación a las plantillas de las universidades de profesores que habían obtenido el grado de doctor en las mismas, ha sido una cuestión recurrente. Ni siquiera, cuando han transcurrido dos años desde la aprobación de la Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, por la que se modificaba la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades el debate ha cesado. Discutido dentro de las instituciones de investigación, en muchas ocasiones el debate ha alcanzado incluso los medios de comunicación y las revistas científicas internacionales [60, 73]. La práctica de reclutar a los propios doctores, muy extendida en el mundo académico español, ha sido en general muy criticada. Tal práctica se asocia con el reclutamiento de peores investigadores, si bien hasta la fecha no se ha demostrado empíricamente en España, y para diversas instituciones y áreas de conocimiento, que los doctores de los propios departamentos (endogámicos) hayan sido más o menos productivos que aquellos docto-

rados en otras universidades cuando obtuvieron la plaza de profesor titular de universidad o científico titular del CSIC.

Para aportar evidencias sobre el tema que nos ocupa, este capítulo estudia la relación entre la movilidad de los investigadores, la productividad científica y las recompensas académicas, entendidas como el acceso a un puesto permanente en la carrera académica (la plaza de titular). En las universidades americanas, movilidad y carrera aparecen interrelacionadas y existe cierto consenso a la hora de rechazar las estrategias de los departamentos para retener a sus doctores. En otros países, los sistemas de recompensa académica con frecuencia se presentan disociados de la movilidad; recientemente China [72], Japón [58, 61] o Corea [59, 71], entre otros países, han captado la atención de las revistas *Nature* y *Science* con editoriales e informes que critican las prácticas endogámicas en sus sistemas académicos.

Sin embargo, el debate sobre la movilidad o su ausencia no es nuevo. La preocupación sobre la endogamia y sus consecuencias negativas para la universidad cuenta con más de un siglo de historia [38]; en sus inicios era una práctica bastante utilizada para el reclutamiento de profesores, y ya de forma temprana se percibió como un problema para la universidad. Charles W. Elliot, Presidente de Harvard entre 1865 y 1909, planteó que la endogamia (el reclutamiento de profesores entre quienes habían obtenido sus doctorados en la misma institución), aunque comprensible, «era una práctica indeseable para la selección y reclutamiento en las instituciones académicas» [27]. Más adelante, ese rechazo se convirtió en un componente institucional del sistema académico americano [4, 12]; no obstante, recientes investigaciones han puesto de manifiesto que la disminución de las prácticas endogámicas en los mejores departamentos ha sido también resultado de su implicación en redes de intercambio de doctores, una nueva forma de capital social entre las universidades de elite [7].

En otros países este tema resulta aún significativo, por lo que es importante entender en qué medida tales prácticas representan una fase contingente, vinculada al desarrollo limitado de mercados académicos externos, o si por el contrario se trata de un modo distinto -que no disminuye necesariamente productividad o eficiencia- de organizar la actividad científica. Las características estructurales de los sistemas académicos (incluyendo los incentivos y los mecanismos de gobernanza) no deberían considerarse inamovibles o universales; por el contrario, habría que reconocer que la diversidad crea diferentes

modelos y dinámicas [12, 56, 76]. Hasta qué punto la endogamia es una práctica vinculada sólo a etapas iniciales del desarrollo académico o a una baja inversión en I+D [8], o a casos en que las instituciones aún no han desarrollado enfoques universalistas, o a entornos con mercados de trabajo escasamente desarrollados, con niveles salariales rígidos o donde los sistemas meritocráticos aún no se han consolidado, son preguntas que sólo pueden responderse con investigación empírica comparativa.

Por desgracia, los análisis más recientes que comparan distintos países tan solo han tratado de medir los niveles de endogamia y no han sido muy sofisticados teórica o metodológicamente [62, 74]; la consideración de factores estructurales e institucionales está ausente de estos estudios y, desde nuestra perspectiva, no cabe duda de que la endogamia y la escasa movilidad se comprenden mejor en el contexto de los dilemas que enfrentan las organizaciones, entre movilidad y lealtad, cosmopolitismo y seguridad laboral, o retención y rotación [6]; tales dilemas tienen una base institucional y son gestionados de diferentes formas por los diversos sistemas académicos. Por ejemplo, en sistemas en los que las universidades no pueden ofrecer salarios diferenciados o condiciones laborales que permitan recompensar los logros de sus profesores, o en sistemas sin demasiada diferenciación en la reputación institucional, los incentivos para la movilidad son muy escasos; así, en este trabajo, asumimos que las respuestas de las universidades y los centros de investigación para competir en ciencia y en el mercado de trabajo de los investigadores se ven limitadas por los arreglos institucionales.

Existen modelos alternativos de carreras académicas con diferencias significativas en cuanto a la movilidad, y una diversidad de sistemas de gestión de los recursos humanos, seguridad laboral, salarios y movilidad. Para entender mejor la relación entre estas variables es necesario contar con más análisis comparativos y estudios en profundidad sobre diferentes países, que superen el enfoque de una disciplina o estudios de caso de organizaciones concretas. El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre el acceso a las plazas permanentes de titular, la movilidad y la producción científica en el sistema español, mediante un análisis específico del impacto del fenómeno de la endogamia.

En respuesta a las preguntas sobre investigación, en primer lugar caracterizaremos los patrones emergentes de la carrera académica en

sus etapas iniciales y estudiaremos la relación de esos patrones con la producción académica. En concreto, analizamos los efectos de la movilidad, la endogamia y otras variables vinculadas a la carrera, en los resultados científicos (publicaciones) hasta obtener la plaza de profesor o científico titular. En segundo lugar, explicamos la probabilidad de obtener de forma temprana una plaza de titular, pocos años después de la obtención del doctorado, como una recompensa clave en la investigación académica, analizando en qué medida publicaciones, movilidad y otras variables más generales son relevantes para la obtención temprana de la plaza.

La estructura del capítulo es la siguiente: en la segunda sección se definen las preguntas de investigación y se revisa el estado de la cuestión; en la tercera sección describimos los datos, las variables y el método, así como algunas características institucionales del sistema español; en la cuarta sección presentamos los distintos modelos estadísticos y sus resultados; por último, se concluye con un resumen de los resultados y las implicaciones para las políticas, a la vez que identificamos aspectos de interés para futuras investigaciones.

## ***2. Preguntas de investigación***

Nuestro propósito es analizar algunas dinámicas de las carreras académicas en sus etapas iniciales a través del estudio del vínculo entre la obtención de la plaza de titular, como mecanismo de recompensa, la movilidad y la producción científica. Tras describir los niveles de endogamia/movilidad en el sistema español, nos centraremos en dos preguntas principales:

¿Afecta la movilidad institucional a la producción científica previa a la obtención de la titularidad? Queremos descubrir si existen diferencias significativas entre los resultados científicos de profesores endogámicos y no endogámicos cuando obtienen su primer puesto de profesor o científico titular.

¿Qué factores determinan el acceso temprano a la plaza de titular? Queremos conocer qué impacto tienen diversos factores, y, en especial, cuál es el efecto relativo de la producción científica frente a la movilidad y otras variables relacionadas con la carrera, en la probabilidad de obtener la plaza de titular en los tres años posteriores a la obtención del doctorado.

Diversos estudios previos han tratado temas relevantes vinculados con estas preguntas, que pasamos a examinar a continuación.

### **2.1. Progreso académico y productividad**

Las investigaciones empíricas sobre la relación entre lugar de trabajo, productividad científica y recompensas no siempre coinciden en sus resultados y éstos suelen ser limitados en su representatividad, porque se concentran en instituciones singulares o disciplinas concretas.

La productividad científica, medida a través de las publicaciones, ha sido analizada como variable dependiente y también como variable explicativa de otros procesos, como la contratación o el avance en la carrera. Al abordar la productividad científica como resultado, la literatura se ha concentrado en dos tipos de factores: los vinculados al entorno institucional de formación o empleo, y aquellos asociados a los mecanismos de acumulación de ventajas<sup>1</sup>.

En el primer grupo, el prestigio de la institución aparece como uno de los factores más correlacionados con la productividad científica. Sin embargo, el sentido de la causalidad no es inequívoco, y aunque podría existir una influencia bidireccional, algunos estudios longitudinales sugieren que, con el tiempo, el efecto del contexto organizacional sobre la productividad es más fuerte que en el sentido opuesto. En una comparación de distintos contextos organizacionales del empleo científico, incluida la industria, Long y McGinnis [49] observaron que en el periodo de entre tres y seis años posterior a obtener una posición, el nivel de productividad de los científicos tiende a uniformizarse con las características del entorno. Más aún, a través del análisis de los cambios laborales, otros estudios longitudinales [1] han demostrado que el efecto de la pertenencia a una universidad sobre la productividad científica es más importante que el efecto de la productividad sobre la afiliación a una universidad.

La segunda categoría de estudios se centra en cómo los procesos de retroalimentación entre productividad y prestigio producen ventajas acumuladas y efectos de refuerzo. Allison y Stewart [2] confirmaron la hipótesis, ya elaborada por Clemente [13], de que haber publicado en las etapas iniciales de la carrera era el factor más relevante

**Nota 1.** Hay un tercer conjunto de estudios que se concentra en las características de tipo individual (rasgos psicológicos, características demográficas y hábitos de trabajo) que son fuertemente afectados por el contexto organizacional y social donde tienen lugar [28].

a la hora de predecir los resultados de investigadores en materia de publicaciones científicas. En sus estudios, la tasa de progreso educativo<sup>2</sup> y calidad del departamento tenían menos impacto sobre la productividad que el que estudios previos habían hallado; por otra parte, se ha observado una relación negativa entre el tiempo empleado para completar el doctorado y el éxito profesional posterior [37, 13, 65].

Los enfoques clásicos consideran la distribución de prestigio entre departamentos como una variable crítica para explicar la contratación y el avance en las etapas iniciales de la carrera; explicaciones alternativas se asocian al desempeño pasado, medido por las publicaciones; Crane [18, 19] analizó el efecto del prestigio de la universidad que otorgó el doctorado y el volumen de publicaciones del investigador sobre la probabilidad de ser contratado en alguno de los veinte mejores departamentos en seis disciplinas, y observó que, a pesar del compromiso normativo del sistema con criterios universalistas, los responsables de contratar profesores jóvenes empleaban más el prestigio del departamento de doctorado que los resultados de investigación para anticipar el rendimiento futuro [19] y también halló prácticas endogámicas entre los mejores departamentos. Otros trabajos [14, 18, 41] descubrieron relaciones moderadas y positivas entre productividad y prestigio del departamento contratante, explicadas en principio por la idea de que los departamentos más prestigiosos tienden a contratar a la gente más productiva; estos resultados son consistentes con las expectativas normativas. Pese a las conclusiones limitadas de estos debates, la literatura coincide en que la distribución de méritos y recompensas en la estructura social de la ciencia es desigual y a veces no coincide.

Long [45] mostró cómo el efecto de la productividad en la obtención de puestos de trabajo era muy débil. Long *et al.* [46] demostraron que, en general, cuando contrataban a profesores jóvenes, los departamentos transgredían la regla de universalismo y tomaban decisiones basadas en criterios particularistas más que en la producción científica. Ellos argumentan que el elemento más importante para el reclutamiento y la promoción, desde el punto de vista de las universidades

**Nota 2.** Un grupo de variables se refiere a la rapidez con que los individuos avanzan a lo largo del sistema educativo; elementos tradicionales, como la edad de obtención del doctorado o el número de años transcurridos desde la licenciatura al doctorado, se han incluido también en los análisis de productividad. La expectativa es que cuánto más rápido es el progreso, mayor será la productividad en la carrera.



y departamentos, no son los resultados de investigación previos del candidato, sino su potencial; este hecho es coherente con análisis que señalaban que las organizaciones utilizan ambos criterios, universalistas y particularistas, pero se inclinan más por este último en contextos de incertidumbre, cuando toman decisiones sobre temas sustantivos y especialmente cuando se trata de distribuir recursos y contratar investigadores [68].

## **2.2. Movilidad, endogamia y otras variables relevantes**

Por lo general, la movilidad (o su ausencia) ha sido analizada como factor explicativo de la producción científica y del avance en la carrera académica. Merece la pena recordar que los estudios clásicos sobre endogamia<sup>3</sup> señalaban que los profesores endogámicos tenían resultados más pobres y un progreso académico más lento. Caplow y McGee [10] se refirieron a dos estrategias departamentales diferentes en relación al reclutamiento de nuevos doctores: por un lado, la endogamia, el reclutamiento de graduados por el mismo departamento en que se formaron, práctica que, aunque rechazada, estaba extendida; por otro lado, una forma distinta de endogamia, llamada «exogamia», en la cual se contrataban graduados de otras instituciones sólo para posiciones temporales (de modo que los puestos permanentes se reservaban a sus propios graduados, tras haber pasado una temporada en otra institución), era característica de algunas de las mejores universidades. Más tarde, Berelson [5] asoció el tema con la estratificación meritatoria de las universidades, argumentando que las mejores universidades, en tanto que grupo, tendían a ser endogámicas como consecuencia estadística de su posición dominante en la producción de doctores. Sin embargo, Hargens [39] utilizando un subconjunto de los cuestionarios de Berelson, observó que las tasas de endogamia no variaban mucho entre universidades con diversos niveles de prestigio. Adicionalmente, un estudio sobre la Universidad de Texas (McGee [51]) sugería que las universidades con desventajas financieras y geográficas, a causa de la competitividad por atraer profesores, podían optar por contratar un mayor número de sus propios graduados para posiciones temporales, de modo que se liberarían recursos para contratar investigadores consolidados no endogámicos en el contexto de la competencia en los mer-

**Nota 3.** Los primeros trabajos empíricos en Estados Unidos trataron de cuantificar el fenómeno [42, 43 52] o de mostrar su impacto negativo [23, 24]; sin embargo, más allá del rechazo de esta práctica, tales análisis incluían pocas preguntas sobre las causas de la utilización de estos sistemas.

cados académicos nacionales. El argumento se extendía hasta sostener la existencia de discriminación contra los profesores endogámicos, con menores salarios, periodos más largos de promoción y peores resultados. Las críticas metodológicas a estos estudios iniciales se concentraron en la no utilización de técnicas multivariadas [35].

Hargens y Farr [40], en un artículo clásico, ponían a prueba algunos de los argumentos desarrollados por Berelson y McGee, y descubrieron que existía una «relación pequeña pero consistentemente negativa entre estar empleado en el mismo departamento donde se hizo el doctorado y la productividad investigadora».

En otro estudio, Blau [6] subrayó la importancia de la lealtad, argumentando que el factor más influyente en la lealtad de un profesor hacia su institución radicaba en tener o no una plaza permanente. Blau introdujo de forma explícita la endogamia como variable independiente en sus análisis y halló que ésta favorecía la lealtad. Sin embargo, la endogamia no estaba positivamente correlacionada con la reputación de la institución ni con la cualificación de sus profesores, la orientación de la investigación o su productividad. El argumento complementario mantenía que el desarrollo de una tradición académica favorecedora de la lealtad hacia las instituciones podría tener indirectamente efectos negativos si la endogamia implicaba prácticas particularistas contra la valoración de méritos.

No abundan las contribuciones recientes sobre la endogamia y sus consecuencias; Wyer y Conrad [77] hallaron que «profesores endogámicos y no endogámicos mostraban diferencias significativas de acuerdo a las medidas estándar de productividad académica», pero tras controlar el uso del tiempo, los profesores endogámicos eran más productivos, si bien obtenían salarios más bajos y promocionaban menos.

Algunos estudios sobre la contratación de profesores y la productividad en las facultades de Derecho en Estados Unidos han mantenido la atención sobre el tema: Merrit y Reskin [54] observaron que el factor más importante a la hora de predecir la probabilidad de enseñar en una de las dieciséis mejores facultades de Derecho era haberse doctorado en la misma; atribuían este resultado a que los departamentos mantenían una actitud adversa al riesgo y consideraban que sus graduados eran mejores, tenían enfoques intelectuales similares y eran más leales; sin embargo, Eisenberg y Wells [26] observaron que el desempeño de aquellos doctores contratados en la misma Facultad en que se habían doctorado era más bajo que el del resto.

Otras formas de movilidad podrían afectar también, aunque de distinta forma, al ritmo del progreso profesional: la movilidad internacional puede ser un mecanismo de socialización en la comunidad científica internacional y estar asociado a un aumento de las publicaciones [3, 66], pero al mismo tiempo puede tener efectos negativos [53]; también se ha descubierto que mantener un patrón de carrera homogéneo, en lugar de alternar academia y empresa, se asocia positivamente, aunque con moderación, a una mayor producción científica [22].

Entre los atributos individuales que aparecen correlacionados con los resultados académicos y las carreras, el sexo es probablemente el factor más estudiado en la literatura [30, 75, 79]. La mayoría de los trabajos señalan que las investigadoras, en general, publican menos que los investigadores [15, 16, 67]. Sin embargo, trabajos más recientes señalan una disminución en las diferencias de productividad por sexo [78]. En relación con las causas de estas diferencias en los resultados científicos, algunas contribuciones plantean que el entorno no influye de manera neutral sobre los individuos y que sus logros se ven afectados por características de los contextos organizacionales donde trabajan [29, 32, 50]. En cuanto al acceso de las mujeres a posiciones permanentes, Fox y Colatrella [31] descubrieron que los criterios «se aplicaban desigualmente», dependiendo de la disciplina, el área de investigación y el sexo, entre otras variables. Park [64] halló que es posible aplicar reglas neutrales y, a la vez, mantener las desigualdades de género en el mercado de trabajo.

### ***3. Datos, métodos y características institucionales***

La construcción de los datos para este trabajo partió de la identificación de algunos de los problemas metodológicos y limitaciones previas [11, 48, 77]: muestras con pocas observaciones, generalmente sesgadas en contra de los endogámicos; estudios referidos a un solo campo científico u organización de investigación; problemas de validez de las variables de productividad autodeclaradas, estudios de un solo año y datos transversales de publicaciones en lugar de datos longitudinales. Para superar estas limitaciones hemos construido una muestra representativa del universo de referencia, que cubre varios campos científicos, recoge información sobre trayectorias tempranas y datos sobre producción científica anual extraídos de bases de datos re-

conocidas y generalmente aceptadas. También hemos utilizado diversas técnicas y hemos cruzado datos individuales, basados en información recogida de distintas fuentes (administrativas, cuestionarios de encuestas y las bases de datos de *Thomson Reuters*).

### **3.1. Datos**

Nuestro análisis se ha centrado en el momento de obtención de la plaza y en la productividad científica de los investigadores que acceden a ella, relacionándola con una serie de variables asociadas a la carrera. El universo de referencia fue el conjunto de profesores e investigadores de todas las áreas científicas que obtuvieron su primera plaza de profesor titular entre 1997 y 2001 en universidades públicas españolas o de científico titular del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) entre 1997 y 2004. Los profesores de universidades y científicos del CSIC que obtienen la titularidad, acceden a la condición de funcionarios públicos; en el Registro de la Función Pública hay 7.637 individuos que obtuvieron su primera plaza de titular en cualquier campo de investigación en las universidades públicas españolas y 300 que obtuvieron la titularidad en el CSIC durante los años de referencia. La muestra (5.306) se estratificó para obtener datos representativos para 5 áreas y 5 tamaños de las organizaciones.

Los datos resultantes provienen, por un lado, de una encuesta realizada en 2005, con un total de 2.588 cuestionarios válidos (tasa de respuesta del 50%) [con un error de muestreo de 1,58% para el total y de menos del 5% para las submuestras representativas]. Para construir las variables individuales y de carrera se utilizó un cuestionario estructurado, autoadministrado, que trataba las trayectorias de investigación y profesionales, con más de cuarenta preguntas. El tamaño final de la base de datos para este estudio incluyó a 1.583 individuos<sup>4</sup> (el 32,5% eran mujeres, lo que representa el mismo porcentaje que en el universo de referencia), la mayoría de las cuales están en la mitad de sus carreras (en 2005 el promedio de edad era 42, la media y moda 41, y con una media de 6,7 años transcurridos desde la obtención de la titularidad).

**Nota 4.** Para garantizar la comparabilidad en la medida de resultados de investigación (publicaciones científicas), se eliminó del análisis a los individuos de las áreas de Ciencias Sociales y Humanidades, dado que sólo un número limitado de investigadores de estos campos (menos de un 15% en nuestra muestra original) tenía alguna de sus publicaciones incluida en las bases de datos internacionales, lo que confirma los distintos patrones de publicaciones de la mayoría de los académicos en Ciencias Sociales y Humanidades y las dificultades de analizar los resultados científicos en estos campos basándose solamente en la métrica de los artículos internacionales [63].

Por otro lado, y para complementar la información obtenida del cuestionario, considerando que las publicaciones científicas en revistas internacionales con revisión por pares es uno de los elementos más importantes de la carrera [28], construimos una base con datos de publicaciones, entre 1990 y 2004, incluidas en las bases de datos *Thomson Reuters (SCI- Science Citation Index Expanded)*. Estas publicaciones se atribuyeron a los investigadores encuestados por el método de contabilidad completa y no fraccional: esto es, en el caso de una única publicación con 20 coautores, 10 de los cuales estaban en nuestra muestra, el trabajo se contó 10 veces y se atribuyó una vez a cada investigador incluido en la base de datos. Si bien esta fuente de datos permite la posibilidad de analizar las citas recibidas, no se han incluido medidas de impacto en el análisis, dado que el propósito era estudiar el acceso a la primera plaza de titular. La razón es doble: primero, para evitar problemas de comparabilidad entre disciplinas que tienen distintos modelos de citación [17, 44] y, segundo, porque asumimos los resultados de Long *et al.* [47] que demostraba la mayor importancia, como predictor para el acceso al primer puesto permanente, del número de publicaciones que de su calidad o impacto. En tanto que nuestro interés es el acceso a la plaza de titular, no incluimos publicaciones realizadas tras su obtención.

### 3.2. Métodos y variables en el análisis

Para identificar los indicadores básicos de la producción científica y la distribución de las variables relacionadas con el lugar en que se obtuvo la plaza, la endogamia, el nivel relativo de movilidad, la trayectoria laboral, el área, la edad y el sexo, se realizó un análisis descriptivo. También se presenta una serie de modelos relacionados con los factores que podrían explicar el volumen de publicaciones y la obtención temprana de la plaza de titular, con especial atención al papel de las distintas formas de movilidad.

En cuanto al análisis, hemos utilizado técnicas estadísticas multivariadas. Primero, realizamos una regresión múltiple replicando el modelo Hargens y Farr [40] para observar el efecto de la endogamia (obtención de la titularidad en el mismo departamento donde se obtuvo el doctorado) y otras variables individuales, así como de carrera, en el número de publicaciones científicas anteriores a esa titularidad<sup>5</sup>.

**Nota 5.** Se realizaron dos transformaciones para normalizar la distribución del número de publicaciones: la raíz cuadrada

En segundo lugar, utilizamos un modelo Logit para analizar los factores asociados con la obtención temprana de la plaza de titular, puesto que es el más adecuado para variables independientes dicotómicas, de modo que estudiamos la probabilidad de obtener la plaza en menos de tres años. En la tabla 1.1 se incluyen los estadísticos descriptivos de las variables que se utilizan en el análisis<sup>6</sup>.

y el logaritmo natural, optando finalmente por este último. No obstante, es necesario reconocer que cualquiera de estas transformaciones implica cierto nivel de retorno decreciente a la productividad. Para resolver el problema del sesgo también se puede utilizar una regresión binomial negativa, tal y como se ha hecho en otro trabajo [21].

**Nota 6.** Sexo: variable dicotómica. Edad en 2005: variable cuantitativa que representa la edad de los individuos en el momento de la encuesta. Año del Doctorado: variable cuantitativa que representa el año de obtención del doctorado. Duración del doctorado: variable cuantitativa que representa el número de años transcurrido entre la obtención del grado de licenciado o ingeniero y el de doctorado. Movilidad a un centro diferente tras la obtención del doctorado: variable dicotómica que representa si el primer empleo del individuo tras el doctorado fue en una universidad/centro diferente de aquel en el que él/ella se doctoró o en el que él/ella estaba trabajando al momento de doctorarse. Movilidad fuera de la academia en el primer trabajo tras el doctorado: variable dicotómica que mide si la persona obtuvo su primer empleo tras el doctorado en una organización no académica o de investigación. Movilidad posdoctoral internacional: variable dicotómica que mide si el investigador ha realizado estancias académicas en el extranjero durante, al menos, seis meses en el periodo posterior al doctorado y antes de obtener la plaza. Publicaciones hasta la titularidad: medida de la producción científica individual a lo largo del tiempo, que incluye las publicaciones anteriores y posteriores al grado de doctor; es una variable cuantitativa que representa el número de veces que el nombre de un individuo aparece como autor en artículos, más allá del número de coautorías. Publicaciones anuales hasta la titularidad: medida de la productividad científica por año; es una variable cuantitativa que representa el número de veces que un individuo aparece como autor en artículos, más allá del número de coautorías, dividido por el número de años pasados desde la obtención del grado de licenciado. Publicación temprana: es una variable dicotómica construida con información de las publicaciones científicas de cada individuo, y mide si el individuo fue autor de al menos una publicación en el año de la obtención del doctorado o antes. Titularidad en un centro diferente de aquel en que obtuvo el doctorado (estatus no endogámico): variable dicotómica que mide si la persona obtuvo la titularidad en una universidad/centro diferente de aquel en que obtuvo el doctorado. Es la variable que utilizamos para medir la endogamia. Esto es, «endogamia» se refiere a las personas que obtuvieron su titularidad en el mismo lugar donde habían obtenido el doctorado. Titularidad temprana: medida del acceso temprano a la plaza de titular; es una variable dicotómica que mide si el individuo obtuvo el puesto titular en un periodo de 3 años tras obtener el doctorado. Ranking del centro de titularidad: dado que no existen clasificaciones de reputación de las universidades o instituciones de investigación españolas, se han utilizado datos sobre el éxito relativo en el acceso a fondos competitivos de investigación; el indicador representa la posición relativa de cada organización con respecto al ratio de éxito en la candidatura a proyectos competitivos financiados en un periodo de seis años [33]. Es una medida de calidad relativa de la institución (no del departamento) que ha contratado al individuo. Área de investigación: es una variable de clasificación del campo de actividad del investigador. Se ajusta a la Clasificación del Campo Científico de OCDE. Los valores posibles son: Ciencias Biológicas y Biomédicas (usadas como categoría de referencia en las regresiones); Ciencias Exactas y Naturales, y Ciencias de la Ingeniería y Tecnológicas.

> **Tabla 1.1.** Estadísticos descriptivos de las variables.  $N=1583$

<b>VARIABLES CUANTITATIVAS</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D. E.</b>
Edad en 2005	42,01	41,0	4,8323
Año del Doctorado	1993	1994	3,5474
Tiempo para el grado de doctor	6,47	6,0	3,2264
Publicaciones hasta la titularidad	27,03	11,0	54,1687
Publicaciones anuales hasta la titularidad	2,40	0,9	5,3633
Ranking del centro de titularidad	18,13	17,0	12,0289

<b>VARIABLES CATEGÓRICAS</b>	<b>Media</b>
Sexo (mujer)	0,33
Movilidad a un centro diferente tras obtener el doctorado (Sí)	0,31
Movilidad fuera de la academia en el primer trabajo tras el doctorado (Sí)	0,03
Movilidad posdoctoral internacional (Sí)	0,58
Publicación temprana (Sí)	0,59
Titularidad en un centro diferente de aquel en que obtuvo el doctorado (Sí) - No es endogámico	0,39
Titularidad temprana (Sí)	0,28
Campo de investigación	
a: Ciencias Biológicas y Biomédicas	0,31
b: Ciencias Exactas y Naturales	0,37
c: Ciencias de la Ingeniería y Tecnológicas	0,33

**Fuente:** Cruz-Castro y Sanz-Menéndez [21].

### 3.3. Aspectos institucionales del contexto académico

En esta sección se contextualiza nuestro análisis en el marco institucional español y se ofrecen elementos para poder entender restricciones e incentivos de las organizaciones al seleccionar a su personal. Además se presentan las especificidades del proceso de selección al que se refiere este estudio. En todo caso, no debe olvidarse que el desarrollo y el tamaño del mercado de investigadores en los distintos campos científicos son muy diversos, así como su fragmentación en áreas más pequeñas.

Es importante tener en cuenta que el español no es un sistema de *tenure track* [9]. Long *et al.* [46] planteaban que los puestos de trabajo en el mercado laboral americano «no los controlan los gestores, sino

que dependen de mecanismos de mercado en los cuales los departamentos compiten por los candidatos; éstos deciden a qué puestos presentarse, los departamentos eligen candidatos para llenar las vacantes y los candidatos eligen entre las propuestas que reciben». Así, los propios candidatos juegan un papel muy importante en el resultado final de la asignación en el sistema.

En España, como en otros países, los procedimientos para la contratación, selección y otorgamiento de las plazas difieren bastante del modelo anterior<sup>7</sup>. La gestión de recursos humanos es una función muy centralizada en las instituciones académicas españolas y de otros países europeos y asiáticos. En éstos las plazas de titular con frecuencia son creadas *ex-novo* por las autoridades universitarias. En general, los departamentos no cuentan con recursos independientes para gestionar las plazas (que son puestos de funcionario) o crear otras nuevas. Si una persona con plaza deja la institución, suele ocurrir que el departamento pierde totalmente ese puesto y debe comenzar nuevas rondas de negociación con las autoridades para intentar conseguir una nueva. Este contexto de distribución de autoridad supone para el departamento incentivos a la hora de apoyar y recompensar a los candidatos leales, aquellos que no van a marcharse; de este modo los departamentos minimizan los riesgos de perder posiciones difíciles de conseguir.

En los sistemas donde existen puestos de *tenure track*, un profesor contratado trabaja durante un periodo aproximado de seis años, tras el que se le evalúa y se le concede (o no) la posición permanente. Se concibe este periodo como un tiempo en que el candidato puede demostrar su valía [57].

Dentro de sistemas donde no existen puestos de *tenure track*, el punto de entrada tradicional al mercado laboral académico es un puesto docente o una beca de formación predoctoral. En España, como en Francia [34], la política de formación en investigación apoya individualmente al estudiante, en vez de hacerlo indirectamente por medio de los fondos de proyectos de sus investigadores principales o de las instituciones. En este contexto se crean contratos implícitos entre los doctorandos y sus supervisores, y expectativas mutuas sobre colaboración y reclutamiento que tienen lugar durante el periodo de

**Nota 7.** Quizá una de las diferencias clave es que tales procedimientos son gobernados por reglas legales obligatorias que casi no dejan margen de libertad para procedimientos locales.



formación<sup>8</sup>. De este modo, la entrada al mercado de trabajo tiende a ocurrir de forma bastante temprana en la carrera y el periodo anterior a la titularidad se asocia mucho más con un proceso de aprendizaje que con una demostración de capacidades y resultados. Entre nuestra población de estudio, la edad promedio de entrada en la institución donde se obtuvo la plaza es de 28 años de edad, mientras que la edad promedio al doctorarse es de 31 y la edad promedio de obtención de la plaza es de 36 años.

En España, las plazas se publican en convocatoria pública a la que se puede presentar cualquier persona con grado de doctor (único requisito formal). Los candidatos pueden provenir del propio departamento, de otras universidades o de centros de investigación. Para nuestro periodo de referencia, el procedimiento de selección quedaba establecido por la Ley de Reforma Universitaria de 1983 [69]; para el CSIC sigue siendo el mismo. Los aspirantes eran examinados por un tribunal constituido por cinco miembros, en general dos del departamento y tres elegidos al azar de entre todos los profesores funcionarios de la misma área disciplinar<sup>9</sup>; el presidente del tribunal habitualmente era uno de los dos integrantes del departamento.

Hay que recordar que este procedimiento de selección y provisión de la titularidad<sup>10</sup> cambió recientemente en dos ocasiones, primero en 2001 y luego en 2007, con la nueva Ley de Universidades y sus modificaciones. El cambio significó primero pasar de un esquema descentralizado, dominado por el departamento, a un esquema de acreditación y selección nacional, con comités únicos para todos los candidatos y puestos en todas las universidades públicas [20], aunque con posterioridad el sistema ha separado por completo las competencias de acreditación y contratación.

En este contexto existen reglas e incentivos que operan en el proceso de selección e influyen sobre el grado de apertura de la estructura académica de empleo, favoreciendo la emergencia de mer-

**Nota 8.** Un indicador de la fuerza de los lazos sociales desarrollados entre los doctorandos y sus tutores es que el 88,3% de quienes respondieron nuestro cuestionario afirmaron haber publicado con sus supervisores en el periodo predoctoral, y un 79,7% afirmó haber colaborado con ellos en proyectos de investigación tras la obtención del doctorado.

**Nota 9.** Hay casi doscientas áreas de conocimiento de las cuales se seleccionan integrantes para los tribunales. Esta fragmentación disciplinar hace que el promedio de tamaño del área sea pequeño, lo que contribuye a reducir la competencia y favorece la existencia de redes que tienden a favorecer las preferencias de los departamentos respecto a los candidatos que se presentan.

**Nota 10.** De hecho, esta circunstancia funcionó como criterio para la selección de nuestro universo (quienes obtuvieron la titularidad entre 1997 y 2001), para asegurarnos que todos los individuos seleccionados obtuvieron la titularidad bajo las mismas reglas.

cados internos de trabajo. El número de competidores potenciales (de dentro y fuera del departamento) puede variar; es frecuente que existan listas de espera o un orden informal en la promoción de los miembros del departamento. Este sistema implica altos costes de transacción para quienes no están en el departamento, porque estas culturas académicas tienden a valorar mucho la lealtad y, por tanto, a recompensarla. Suele ser arriesgado y costoso para los aspirantes externos invertir tiempo y esfuerzo en la preparación del concurso sin tener posibilidades claras (o sin el apoyo del Departamento o alguno de sus miembros)<sup>11</sup>.

Un elemento clave adicional es que, como se sabe, no existe negociación salarial en la contratación académica. La capacidad de negociación de las organizaciones o departamentos con los candidatos durante el proceso de reclutamiento y selección es casi nula. Lo que está en juego es la entrada, el acceso a la plaza de funcionario<sup>12</sup> y la promoción futura; estos son los limitados activos que los departamentos, universidades y centros de investigación pueden usar para la gestión de sus recursos humanos. Las plazas son las principales recompensas. Por tanto, este es un sistema fuertemente regulado, con muy pocos mecanismos de mercado. De hecho, podría decirse que el funcionamiento general del modelo español se ajusta a la disyuntiva entre las probabilidades de obtener la plaza y los niveles salariales descrita por Ehrenberg *et al.* [25], donde los departamentos que menores probabilidades de titularidad ofrecen están dispuestos a pagar salarios más altos a los profesores temporales. Podría decirse que aquí los salarios son bajos, pero quedan compensados por las expectativas de acceder a un empleo vitalicio.

Una última limitación a la existencia de un mercado de trabajo académico y de investigación abierto se deriva de la forma en que se financian las universidades y el CSIC. Los gobiernos regionales financian universidades públicas en sus territorios, y la distribución de recursos se hace conforme al número de estudiantes y al tipo de grado (técnico u otro), al nivel de facultad e internamente a la carga docente del departamento [36]. De esta forma las universidades

**Nota 11.** Como indicador, cabe señalar que en un 58,4% de los concursos de acceso a plazas reportados por nuestra muestra hubo un único candidato. El porcentaje es más alto para las universidades (66,3%), pero muy bajo en el CSIC (sólo en menos de 9,3% no hubo candidatos alternativos para la plaza de científico titular).

**Nota 12.** En España, como en otros países, los profesores permanentes de las universidades públicas son funcionarios [55] y sus salarios se definen sobre la base de reglas burocráticas: las mismas categorías ganan lo mismo y sólo surgen pequeñas diferenciaciones en los complementos por productividad investigadora [70].

no necesitan competir por los mejores investigadores para mejorar en el terreno financiero, porque la contribución de los costes indirectos, derivados de los proyectos competitivos de investigación, al financiamiento de las universidades es pequeña. Estas dinámicas arraigan en un contexto institucional en el que la evaluación de resultados es marginal o meramente formal [20].

En resumen, el bajo nivel general de movilidad del sistema español y de otros países europeos debería entenderse dentro del contexto institucional descrito. Los datos no sólo aportan la evidencia de unos significativos niveles de endogamia, sino que también muestran signos de que existen dinámicas de mercados de trabajo internos al comienzo del periodo predoctoral. Existe un grado limitado de movilidad posdoctoral entre universidades. Un 69% de los doctores no cambió de centro tras obtener el doctorado<sup>13</sup>. Otro indicador en esta dirección es que un 45,8% de la población encuestada permaneció en la misma universidad durante toda su carrera hasta la obtención de la plaza (licenciatura, doctorado y titularidad). Seis de cada diez individuos (60,8%) obtuvieron plaza en un departamento ubicado en la misma universidad donde obtuvieron su doctorado, esto es, eran endogámicos.

#### ***4. Movilidad, resultados científicos y recompensas***

Para evaluar la asociación entre endogamia y producción científica utilizaremos en primer lugar dos modelos tratados con una regresión lineal múltiple. El primer modelo (ver tabla 1.2) explica el número de publicaciones (en su logaritmo natural) hasta la obtención de plaza e introduce la variable «endogamia», una medida de calidad de la universidad y el año de doctorado como variables independientes. Con ello, se quería comprobar si existen diferencias significativas en el volumen de publicaciones entre quienes obtuvieron su grado de doctor en la misma institución donde obtuvieron la plaza y quienes no. La cantidad y calidad de publicaciones de un investigador se relaciona positivamente, aunque en forma moderada, con el prestigio

**Nota 13.** Es más, 42,3 % de los individuos que consiguieron la titularidad en el periodo bajo estudio no reportaron ningún tipo de experiencia posdoctoral internacional. Sin embargo, para quienes se mudaron temporalmente al extranjero, el acceso a la titularidad al regresar a España no fue directo; en casi todos los casos, primero debieron retornar a una posición temporal y más tarde obtuvieron la plaza.

del departamento contratante. No contamos con una medida de prestigio para nuestras instituciones de investigación, pero sí tenemos una medida de competitividad científica relativa a partir de nuestra muestra de organizaciones, y las ordenamos basándonos en esto. El año de doctorado se incluyó para dar cuenta de que los científicos que iniciaron sus carreras como doctores más tarde pueden haber tenido un menor número de publicaciones porque tuvieron menos años para publicar hasta el momento de la titularidad. En términos generales, el modelo tiene un poder explicativo muy pobre (sólo 2,3% de la varianza de la variable dependiente) y los coeficientes son muy modestos. En este modelo la variable que mide la endogamia, siendo significativa sólo al nivel del 10%, no parece predecir el volumen de publicaciones hasta la plaza; el impacto es pequeño, dado que se esperaría que los no endogámicos produjesen 15,3% más de artículos hasta la plaza que los endogámicos.

> **Tabla 1.2.** Variables explicativas de las publicaciones hasta la plaza (Modelo 1)

Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	
	B	E.E.	Beta	Exp(B)
Titularidad en un centro diferente de aquel en el que obtuvo el doctorado (Referencia: no-endogámico)	0,142*	0,079	0,047	1,153
Año del doctorado	-0,046***	0,011	-0,111	0,955
Ranking del centro de titularidad	-0,011***	0,003	-0,089	0,989
Constante	3,447	0,245		
R <sup>2</sup>	0,025			
R <sup>2</sup> corregido	0,023			
Observaciones	1450			

\*\*\* (p < 0,001)    \*\* (p < 0,05)    \* (p < 0,1)

**Nota:** los coeficientes no estandarizados –B– se refieren a la variable dependiente (logaritmo natural de publicaciones hasta la titularidad), pero Exp(B) se refiere directamente al número de publicaciones hasta la titularidad.

**Fuente:** Cruz-Castro y Sanz-Menéndez [21].

El segundo modelo de regresión (ver tabla 3) añade otras variables independientes que son relevantes para la teoría: publicación temprana, tiempo hasta el doctorado, movilidad posdoctoral internacional,

sexo y campo científico. En general, el segundo modelo es significativo y explica cerca del 45% de la varianza de la productividad científica. Sin embargo, en este segundo modelo endogamia, tiempo hasta el doctorado, sexo y área de ciencias tecnológicas no son significativas. La primera cuestión importante que conviene señalar es que, una vez que se introducen el resto de las variables, la de obtener la plaza en la misma o distinta universidad de doctorado (endogamia/no endogamia) deja de ser significativa.

> **Tabla 1.3.** Variables explicativas de las publicaciones hasta la plaza (Modelo 2)

Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	
	B	E.E.	Beta	Exp(B)
Titularidad en un centro diferente de aquel en el que obtuvo el doctorado (Referencia: no-endogámico)	0,040	0,060	0,013	
Año del doctorado	-0,121***	0,009	-0,290	0,886
Ranking del centro de titularidad	-0,007**	0,002	-0,056	0,993
Publicación temprana (antes del doctorado) (Referencia: sí)	1,967**	0,063	0,656	7,149
Movilidad posdoctoral internacional (Referencia: sí)	0,262**	0,061	0,088	1,300
Sexo (Referencia: mujer)	0,062	0,062	0,020	
Tiempo para el grado de doctor	-0,009	0,009	-0,021	
Campo de investigación: Ciencias Biológicas y Biomédicas (Referencia)				
Ciencias Exactas y Naturales	0,115*	0,061	0,038	1,122
Ciencias de las Ingenierías y Tecnológicas	-0,040	0,082	-0,013	
Constante	3,666	0,196		
R <sup>2</sup>	0,451			
R <sup>2</sup> corregido	0,449			
Observaciones	1450			

\*\*\* (p < 0,001)    \*\* (p < 0,05)    \* (p < 0,1)

**Nota:** los coeficientes no-estandarizados -B- se refieren a la variable dependiente (logaritmo natural de publicaciones hasta la titularidad), pero Exp(B) se refiere directamente al número de publicaciones hasta la titularidad, aunque sólo se ha calculado para variables significativas.

**Fuente:** Cruz-Castro y Sanz-Menéndez [21].

De este modo los resultados no aportan evidencia empírica concluyente a favor del argumento de que quienes dejaron la universidad en que se doctoraron para obtener una plaza de titular en otra institución sean más o menos productivos que quienes no lo hicieron. Las variables significativas son de naturaleza distinta. Haber publicado al menos un artículo antes de obtener el doctorado tiene el efecto independiente más significativo sobre el volumen de publicaciones hasta la plaza, controlado por el efecto de otras variables; quienes publicaron antes de haber obtenido su doctorado produjeron más de siete veces más artículos que quienes no lo hicieron. Este resultado es coherente con el argumento relativo a las ventajas acumuladas a lo largo de la carrera.

Los resultados también sugieren que quienes se doctoraron antes publicaron más. Además, y tal como se esperaba, conseguir la titularidad en una organización que ocupa una posición alta en el *ranking* de éxito en la obtención de proyectos de investigación competitivos se relaciona positivamente con el número de publicaciones hasta la obtención de la plaza. Una medida de movilidad es la variable de estancias de investigación posdoctoral en el extranjero, que tiene un efecto positivo sobre el número de publicaciones. La experiencia internacional en investigación aparece modesta, pero significativamente asociada a la producción en publicaciones; esto puede reflejar la importancia del acceso a redes científicas más amplias y abiertas, lo que podría facilitar la producción y la publicación. Así pues, ni la idea de que los profesores endogámicos son menos productivos que sus colegas no endogámicos, ni la idea de que son más productivos encuentra apoyo en los modelos utilizados.

Una vez que hemos llegado a una conclusión tentativa sobre la primera pregunta de investigación, pasamos al tema de la recompensa académica y, en concreto, a una crucial en el contexto del análisis que estamos realizando: la obtención temprana de la plaza de titular. La plaza es una recompensa pública muy valorada en la ciencia y, dado que es una forma de reconocimiento, debería ser gobernada por normas universalistas y basadas en el mérito. Dentro de las universidades y centros de investigación, una de las actividades más valoradas son las contribuciones al cuerpo de conocimiento certificado por medio de publicaciones científicas. Cabría esperar, por tanto, que los resultados investigadores en forma de publicaciones influyese positivamente en el progreso en las carreras académicas. Pero, ¿cuál es el

impacto de la endogamia y la movilidad en contextos organizacionales que favorecen mercados laborales internos socialmente construidos? ¿Qué importancia tienen los resultados científicos como explicación de la obtención temprana de una plaza de titular?

Para analizar la relación entre resultados, movilidad y recompensas, estudiamos las probabilidades de obtener una plaza de titular (profesor de universidad o científico en el CSIC) en los tres años siguientes a la finalización del doctorado<sup>14</sup>. Además de las variables generales de sexo, campo de investigación, tiempo hasta el doctorado y edad, en el modelo se introdujo otra variable para medir los resultados investigadores pasados (publicaciones anuales anteriores a la obtención de la titularidad, transformada en su logaritmo natural), así como un grupo de variables relacionadas con la movilidad, incluyendo la condición de endogamia y otras orientadas a medir distintos tipos de movilidad: si el primer empleo tras el doctorado se desempeñó fuera de la academia, si el individuo cambió de centro en el primer año posterior al doctorado y tuvo alguna estancia de investigación (seis meses mínimo) en el extranjero tras el doctorado y antes de obtener la plaza. Los resultados de la regresión logística se presentan en la tabla 1.4. El modelo es significativo, tiene un buen ajuste y clasifica bien.

Lo primero que resalta entre los datos es que los individuos más productivos no parecen ser recompensados con la obtención temprana de la plaza de titular. El signo del coeficiente de publicaciones anuales hasta la titularidad es negativo.

La explicación de la titularidad temprana debe buscarse en otras variables. Si analizamos las relacionadas con el primer trabajo posdoctoral y la movilidad, observamos que el contexto organizativo del primer puesto de trabajo tras el doctorado tiene un efecto significativo sobre el avance en la carrera en etapas posteriores. Quienes, tras el doctorado, tuvieron su primer empleo fuera de la academia están en desventaja para obtener una titularidad temprana frente a quienes tuvieron su primer trabajo como doctores en la universidad o en un centro público de investigación<sup>15</sup> (la probabilidad de una titularidad temprana para este último grupo es del orden de nueve veces mayor).

**Nota 14.** Puede parecer muy temprano, pero la mediana y la media de la distribución de la variable que mide el número de años transcurridos entre el doctorado y la plaza es de cinco años.

**Nota 15.** Dietz y Bozeman [22] también observaron este efecto negativo en su análisis de los efectos de la movilidad entre academia e industria para las publicaciones.

> **Tabla 1.4.** Probabilidad de obtener la plaza de titular en los 3 años posteriores al doctorado

<b>VARIABLES</b>	<b>Beta</b>	<b>E.E.</b>	<b>Exp(Beta)</b>
Publicaciones anuales hasta la titularidad (ln)	-0,287**	0,103	0,751
Titularidad en un centro diferente de aquel en el que obtuvo el doctorado (Referencia: No-endogámico)	0,358*	0,180	1,430
Primer trabajo posdoctoral fuera de la academia (Referencia: Sí)	2,309**	0,838	10,069
Cambio de Centro tras el doctorado (Referencia: Sí)	1,245***	0,232	3,474
Movilidad posdoctoral internacional (Referencia: Sí)	0,635***	0,171	1,888
Sexo (Referencia: Mujer)	0,987***	0,184	2,684
Edad en 2005	-0,451***	0,036	0,637
Tiempo para el grado de doctor	0,510***	0,045	1,665
Campo de investigación:			
<i>Ciencias Biológicas y Biomédicas (Referencia)</i>			
<i>Ciencias Exactas y Naturales</i>	0,799***	0,244	2,223
<i>Ciencias de la Ingeniería y Tecnológicas</i>	1,863***	0,239	6,891
Constante	8,801	1,452	6.640,066
Observaciones = 1.496			
R <sup>2</sup> Nagelkerke = 0,565 y 85,1% clasificación correcta			

\*\*\* (p < 0,001)    \*\* (p < 0,05)    \* (p < 0,1)

Fuente: Cruz-Castro y Sanz-Menéndez [21].

En estructuras académicas que se caracterizan por la existencia de dinámicas de mercados internos de trabajo, se esperaría que también el resto de las variables de movilidad se relacionaran negativamente con la variable dependiente (obtención temprana de la plaza). El modelo lo confirma: la titularidad temprana se relaciona negativamente con todas las formas de movilidad, aun cuando se controla por la productividad anual. Esta claro que los profesores endogámicos y no móviles están en una posición de ventaja relativa para alcanzar la titularidad temprana con respecto a los no endogámicos y móviles<sup>16</sup>. La probabilidad de alcanzar la titularidad en tres años (comparada con no alcanzarla) aumenta en un factor de 1,430 al ser endogámicos en



relación a no serlo, aunque cabe mencionar que la variable es apenas significativa ( $p=0,046$ ).

Lo mismo ocurre con quienes no tuvieron estancias de investigación en el extranjero y no se trasladaron a un centro o universidad diferente en el año posterior al doctorado. La probabilidad de obtener la titularidad temprana aumenta por un factor de 1,888 si no se tiene movilidad posdoctoral internacional en comparación con tenerla. Además la probabilidad de tener titularidad temprana aumenta por un factor de 3,474 al no cambiar de centro de trabajo nada más finalizar el doctorado frente a cambiar de centro.

Si observamos las cinco primeras variables independientes en conjunto, comprobamos que la productividad pasada no explica la titularidad temprana, y que además existen pocos incentivos a la movilidad nacional o internacional, que solamente contribuye a retrasar el acceso a las plazas de profesor titular<sup>17</sup>.

Con respecto a las variables más generales, vemos que la probabilidad de obtener la titularidad temprana en la carrera es más del doble para los investigadores hombres que para sus colegas mujeres<sup>18</sup>.

Los investigadores de más edad tienen menos probabilidad de haber obtenido la plaza de titular en los tres años siguientes al doctorado. Resulta interesante que, en contraste con muchos otros estudios, existan periodos largos desde la obtención de la licenciatura hasta el doctorado que no tienen un impacto negativo sobre la carrera. Al contrario, el coeficiente para esta variable es positivo, lo que refleja dinámicas sutiles a nivel de los departamentos; una vez que el académico, que con frecuencia ha tenido el puesto de profesor ayudante por muchos años, reúne los requisitos formales (el doctorado) exigidos para la plaza de profesor titular, se aceleran los procesos para conseguirle una plaza permanente. La probabilidad de obtener la titularidad en esos tres años se incrementa por un factor de 1,665 por cada año adicional que se tarda en obtener el doctorado. Este

**Nota 16.** Este resultado es contrario al argumento de McGee (basado en una evidencia bastante limitada y sin análisis multivariado) y a los resultados de Hargens y Farr [40] donde académicos endogámicos eran discriminados en su promoción y otras recompensas. En nuestra muestra, tres años después del doctorado el 35% de todos los que eran endogámicos tenía titularidad, mientras que el porcentaje para los que no lo eran alcanzaba sólo un 18%.

**Nota 17.** Esto es consistente con los hallazgos para el caso de Francia de Gaughan y Robin [34].

**Nota 18.** Long et al. [47] descubrieron una diferencia similar, pero menos marcada en su análisis de variaciones por sexo en la promoción de profesor ayudante a profesor titular en una muestra de bioquímicos. En nuestro caso, no teníamos datos sobre variables familiares o de acceso diferencial a mentores calificados y colaboradores, factores todos ellos importantes señalados por la literatura en su rol en cuanto a diferencias por género en el avance en las carreras entre quienes han ingresado en la academia. En nuestra muestra, transcurridos tres años tras la obtención del doctorado, el 33,6% de hombres tenían titularidad, mientras que en las mujeres solamente era de un 16,3%.

resultado sugiere la existencia de dinámicas de mercados laborales internos y de un fuerte mecanismo de recompensa a la lealtad.

También descubrimos diferencias significativas por campo científico. Tomando a los investigadores de Biología y Biomedicina como grupo de referencia, la probabilidad de obtener la titularidad temprana para los investigadores del campo de Ciencias Exactas y Naturales es más del doble, de hecho aumenta por un factor de 2,223; para los investigadores de Ingenierías la ventaja es aún mayor. Estas diferencias del mercado laboral para distintas áreas pueden estar asociadas al extraordinario aumento de la oferta de doctores en ciencias de la vida en los años noventa, pero también puede ser resultado de que los departamentos de ingeniería tengan prácticas extremas de retención, tomando en consideración que sus titulados ingenieros tienen muchas más oportunidades laborales y de carrera fuera de la academia.

El subgrupo de mujeres y el subgrupo de profesores no endogámicos alcanzan la titularidad temprana en una proporción menor que los hombres y los profesores endogámicos. A efectos de contemplar la posibilidad de interacción entre origen académico y género, también realizamos dos modelos de regresión logística separados para subgrupos endogámicos y no endogámicos, introduciendo el sexo y la productividad como variables independientes, que no se presentan aquí. No se observaron esas interacciones: los hombres, endogámicos o no, tienen más del doble de probabilidades de alcanzar la titularidad temprana en comparación con las mujeres.

## **5. Conclusiones**

Este trabajo ha explorado las carreras académicas en sus etapas iniciales y su interacción con la producción científica y la movilidad. Nuestro análisis ha tratado un tema clave para los estudios de la ciencia: la relación entre resultados y recompensas. Se ha enfocado este vínculo considerando la plaza de titular como una forma importante de recompensa y teniendo en cuenta el efecto de la movilidad tanto sobre la producción científica como sobre el acceso a una plaza. De acuerdo con gran parte de la literatura anterior, nuestro trabajo confirma la hipótesis de la existencia de ventajas acumuladas, en el sentido de que el factor de mayor importancia para explicar los resultados científicos en las etapas posteriores de la carrera, son

las publicaciones tempranas. La calidad de las instituciones también afecta positivamente a los resultados científicos de los individuos que obtienen la titularidad. Si ello se debe a que los comités de selección en estas instituciones aplican criterios más exigentes o a que estas instituciones forman y atraen investigadores más productivos, es tema para investigar en el futuro. En un contexto nacional de baja movilidad, un aspecto significativo del análisis es que los investigadores endogámicos no alcanzan la plaza de titular con menos publicaciones científicas. Una hipótesis que se debe explorar es si la falta de diferencias en los resultados refleja ciertas ventajas en el entorno de los profesores endogámicos, en tanto que la falta de movilidad en sus carreras implica menores costos de transacción, y su permanencia en el mismo departamento a lo largo del tiempo puede haber aumentado la probabilidad de involucrarse en trabajos colectivos y de haber publicado artículos en coautoría dentro de los grupos.

Es de destacar, sin embargo, que la mayor producción científica de aquellos que tienen estancias de investigación en el extranjero y retornan luego es un resultado interesante; se trata de un tipo de movilidad que, en general, es apoyada por el departamento de origen y se produce con mutuas expectativas de retorno. La mayoría de las universidades españolas reclutan a sus propios doctores, pero éstos no obtienen la titularidad con menos publicaciones que los doctores de distinto origen académico, lo que indica patrones de socialización comunes en las normas que enfatizan la investigación y la publicación. ¿Podemos concluir, entonces, que en las universidades y centros de investigación españoles al parecer se están aplicando reglas universalistas para la obtención de las plazas de titular? Los resultados de la segunda parte de nuestro análisis no apoyarían este argumento.

Dentro de un contexto institucional de baja movilidad y competencia limitada, se crean dinámicas de mercados internos de trabajo que afectan mucho al momento en que se obtienen las recompensas académicas (la plaza de titular). La titularidad temprana se explica por la trayectoria de la carrera y la construcción social del mercado más que por los resultados de investigación pasados, medidos éstos por las publicaciones científicas, que no tienen efecto positivo sobre la probabilidad de alcanzar la titularidad en pocos años tras haber obtenido el doctorado. Nuestros datos muestran que, en un contexto institucional de áreas muy fragmentadas, la movilidad posdoctoral (nacional o internacional, y en especial la movilidad que implica

dejar la academia temporalmente) no recompensa. Por el contrario, en las etapas iniciales lo que en realidad dinamiza la carrera es la permanencia y el compromiso institucional. Esto es especialmente cierto en el caso de los campos de investigación donde la oferta no excede la demanda o en áreas donde los costos de oportunidad del empleo en el sector privado son altos. En ambos casos surgen desde los departamentos estrategias de retención intensas basadas en proporcionar rápidamente la seguridad laboral de la plaza fija. A pesar de la existencia de reglas institucionales neutrales con respecto al sexo a la hora de evaluar los resultados y la obtención de la titularidad en las universidades y centros públicos de investigación, nuestros resultados sugieren la persistencia de desigualdades por sexo: con el control del resto de las variables, las mujeres avanzan más lentamente hacia la titularidad que sus colegas hombres.

De este trabajo también pueden extraerse algunas implicaciones para la investigación y las políticas. Si bien con frecuencia se argumenta a favor de la movilidad en sus distintas formas, como un modo de promover la colaboración académica y otros beneficios científicos, nuestros resultados para España cuestionan la presunción de que la movilidad tiene un efecto positivo en el progreso en la carrera. Hemos planteado la necesidad de analizar carreras académicas y de investigación, y resultados en términos de empleo en el contexto de las reglas institucionales y estructurales que gobiernan estos sistemas. La existencia de mercados de trabajo de investigación académica abiertos y competitivos no debería darse por sentada a la hora de interpretar los datos respecto a movilidad y resultados de investigación.

Se ha sugerido la existencia de distintos modelos posibles de relaciones entre movilidad, resultados científicos y empleo, que varían en función de los arreglos institucionales. Nuestros datos nos dan una idea clara del sistema que opera en España (y en otros países), que es distinto del que caracteriza a los mercados de trabajo abiertos y con movilidad: un sistema que valora fuertemente la lealtad institucional y la premia con plazas permanentes, pero que, sin embargo, no adjudica la titularidad según criterios que vayan en contra de los resultados científicos<sup>19</sup>. Las rigideces en la ges-

**Nota 19.** Sin embargo, en contextos de fuerte compromiso del departamento con los candidatos internos (más allá de su desempeño) puede surgir una reputación negativa, de modo que frene el interés y las solicitudes de candidatos externos más productivos.

ción de los recursos humanos y en la negociación de las condiciones individuales se soslayan con estrategias organizativas que permitan aumentar la retención de los doctores. No obstante, el éxito relativo de un modelo basado en estrategias de retención, sólo puede medirse a través de estudios comparativos sistemáticos.

La falta de movilidad internacional e interinstitucional en diversos contextos nacionales ha sido objeto de las políticas de ciencia durante décadas en Europa, pero los instrumentos de las políticas se han centrado en eliminar las barreras financieras de los individuos (mediante la concesión de becas de movilidad), en vez de transformar la estructura de incentivos de las organizaciones empleadoras. Los políticos aún enfocan la creación del mercado europeo de investigación desde el lado de la oferta de investigadores y no desde las estrategias organizacionales y los factores institucionales que afectan a estos mercados. Un enfoque alternativo podría ser aumentar la competencia dentro y entre las universidades y dotarlas de marcos regulatorios más flexibles que les permitan una gestión diferenciada de sus investigadores. Para mejorar el funcionamiento de los mercados externos de trabajo se necesita primero una transformación significativa de las estrategias organizativas y una reducción de las rigideces institucionales; teniendo en cuenta la experiencia histórica, creemos que sólo la diferenciación y la competencia entre instituciones autónomas pueden consolidar prácticas que favorezcan la movilidad y la utilicen en su provecho como sistema de transferencia de conocimiento.

En este artículo nos hemos centrado en las carreras académicas hasta la titularidad. Es necesario avanzar en la investigación sobre la relación entre movilidad y los resultados en etapas más avanzadas de la carrera, y analizar si persisten los mismos patrones que hemos hallado aquí. Si las ventajas sociales y del entorno de los investigadores endogámicos se pierden a lo largo del tiempo (se igualan progresivamente con las de los científicos llegados de otras instituciones), sería plausible hallar una función curvilínea. Del mismo modo, es también necesario comprender mejor el rol de los distintos tipos de colaboración (interna o externa a la institución de investigador) y sus interacciones con los diferentes tipos de movilidad. Nos hemos concentrado en cuánto (o cuán poco) logran los investigadores móviles y los que no lo son, pero, ¿son diferentes la calidad y el

impacto de lo que hacen? Creemos que éstas son preguntas importantes para investigaciones futuras.

## Referencias

- [1] Allison, P.D.; Long, J. S. (1990): «Departmental Effects on Scientific Productivity», *American Sociological Review*, 55 (4), pp. 469-478.
- [2] Allison, P. D.; Stewart, J. A. (1974): «Productivity differences among scientist: Evidence from accumulative advantage», *American Sociological Review*, 39 (4), pp. 596-606.
- [3] Aran, L.; Ben-David, J. (1968): «Socialization and Career Patterns as Determinants of Productivity of Medical Researchers», *Journal of Health and Social Behavior* 9 (1), pp. 3-15.
- [4] Ben-David, J. (1971/1984): *The scientist's role in society: a comparative study*, University of Chicago, Chicago, 1984 (segunda edición, con una nueva introducción).
- [5] Berelson, B. (1960): *Graduate education in the United States*, McGraw-Hill, Nueva York.
- [6] Blau, P. M. (1973): *The organization of academic work*, 2.ª ed. 1994, Transaction Publishers, New Brunswick y Londres.
- [7] Burris, V. (2004): «The academic caste system: Prestige hierarchies in PhD exchange networks», *American Sociological Review*, 69 (2), pp. 239-264.
- [8] Camacho, J. P. M. (2001): «Investment is the best cure for inbreeding», *Nature*, p. 107.
- [9] Carmichael, H. L. (1988): «Incentives in Academics: Why is There Tenure?», *Journal of Political Economy*, 96, pp. 453-472.
- [10] Caplow, T.; McGee, R. J. (1958): *The academic marketplace*, Basic Books, Nueva York.
- [11] Chubin, D. E.; Porter, A. L.; Boeckmann, M. E. (1981): «Career Patterns of Scientists: A Case for Complementary Data», *American Sociological Review*, 46 (4), pp. 488-496.
- [12] Clark, B. R. (1995): *Places of inquiry: Research and Advances Education in Modern Universities*, University of California Press, Berkeley.
- [13] Clemente, F. (1973): «Early Career determinants of Research Productivity», *The American Journal of Sociology*, 79 (2), pp. 404-419.
- [14] Cole, J. R.; Cole, S. (1973): *Social stratification in science*, Chicago University Press, Chicago.
- [15] Cole, J. R. (1979): *Fair Science: Women in the Scientific Community*, Free Press, Nueva York.
- [16] Cole, J. R.; Zuckerman, H. (1984): «The productivity puzzle: persistence and change in patterns of publications of men and women scientists», en Steinkamp, M.W.; Maehr, M.L. (eds.), *Advances in Motivation and Achievement*, 2, pp. 217-258, Jai Press, Greenwich, CT.

- [17] Cozzens, S. E. (1985): «Comparing the Sciences: Citation Context Analysis of Papers from Neuropharmacology and the Sociology of Science», *Social Studies of Science*, 15 (1), pp. 127-153.
- [18] Crane, D. (1965): «Scientists at major and minor universities. A study of productivity and recognition», *American Sociological Review*, 30 (5), pp. 699-714.
- [19] Crane, D. (1970): «The Academic Marketplace Revisited: A study of Faculty Mobility Using the Cartter Ratings», *The American Journal of Sociology*, 75 (6), pp. 953-964.
- [20] Cruz-Castro, L.; Sanz-Menéndez, L. (2007): «Research Evaluation in transition: individual versus organisational assessment in Spain», en Richard Whitley, R.; Glaser, J. (eds.), *The changing governance of the sciences. The advent of the Research evaluation systems. The Sociology of Sciences Yearbook*, 26, pp. 205-224, Springer, Dordrecht, NL.
- [21] Cruz-Castro, L.; Sanz-Menéndez, L. (2010): «Mobility vs. job stability: Assessing tenure and productivity outcomes», *Research Policy*, 39 (1), pp. 27-38.
- [22] Dietz, J. S.; Bozeman, B. (2005): «Academic careers, patents, and productivity: industry experience as scientific and technical human capital», *Research Policy*, 34 (3), pp. 349-367.
- [23] Eells, W. C.; Cleveland, A. C. (1935a): «Faculty Inbreeding», *The Journal of Higher Education*, 6 (5), pp. 261-269.
- [24] Eells, W. C.; Cleveland, A. C. (1935b): «The effects of Inbreeding», *The Journal of Higher Education*, 6 (6), pp. 323-328.
- [25] Ehrenberg, R. G.; Pieper, P. J.; Willis, R. A. (1998): «Do Economics departments with lower tenure probabilities pay higher faculty salaries?», *The Review of Economics and Statistics*, 80 (4), pp. 503-512.
- [26] Eisenberg, T.; Wells, M. T. (2000): «Inbreeding in Law School Hiring: Assessing the Performance of Faculty Hired from within», *The Journal of Legal Studies*, 29 (1), pp. 369-388.
- [27] Elliot, C. W. (1908): *University Administration*, reimp. por Kessinger Publishing, LLC (2007), Houghton Mifflin Co, Boston-Nueva York.
- [28] Fox, M. F. (1983): «Publication productivity among scientists. A critical review», *Social Studies of Science*, 13 (2), pp. 285-305.
- [29] Fox, M. F. (1991): «Gender, Environmental Milieu, and Productivity in Science», en Zuckerman, H.; Cole, J. C.; Bruer, J. T. (eds.), *The outer circle, women in the scientific community*, pp. 188-204, Norton, Nueva York.
- [30] Fox, M. F. (1995): «Women and scientific careers», en Jasanoff; S.; Markle, G. E.; Peterson, J. C.; Pinch, T. J. (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, pp. 205-223, Sage, Thousand Oaks, CA.
- [31] Fox, M. F.; Colatrella, C. (2006): «Participation, Performance, and Advancement of Women in Academic Science and Engineering: What is at Issue and Why», *Journal of Technology Transfer*, 31 (3), pp. 377-386.
- [32] Fox, M. F.; Mohapatra, S. (2007): «Social-organizational characteristics of work and publication productivity among academic scientists in

- doctoral-granting departments», *Journal of Higher Education*, 78 (5), pp. 542-571.
- [33] García, C. E.; Sanz-Menéndez, L. (2005): «Competition for funding as an indicator of research competitiveness: The Spanish R&D government funding», *Scientometrics*, 64 (3), pp. 271-300.
- [34] Gaughan, M.; Robin, S. (2004): «National science training policy and early scientific careers in France and the United States», *Research Policy*, 33 (4), pp. 569-581.
- [35] Gold, D.; Lieberman, S. (1961): «Texas Institutional Inbreeding re-examined», *The American Journal of Sociology*, 66 (5), pp. 506-509.
- [36] González Lopez, M. J. (2006): «Towards decentralized and goal-oriented models of institutional resource allocation: The Spanish case», *Higher Education*, 51 (4), pp. 589-617.
- [37] Hagstrom, W. O. (1971): «Inputs, Outputs, and the Prestige of University Science Departments», *Sociology of Education*, 44 (4), pp. 375-397.
- [38] Handschin, C. H. (1910): «Inbreeding in the Institutional Corps of American Colleges and Universities», *Science*, 32, pp. 707-709.
- [39] Hargens, L. L. (1969): «Patterns of mobility of new Ph.D.'s Among American Academic Institutions», *Sociology of Education*, 42 (1), pp. 18-37.
- [40] Hargens, L. L.; Farr, G. M. (1973): «An Examination of Recent Hypotheses About Institutional Inbreeding», *The American Journal of Sociology*, 78 (6), pp. 1.381-1.402.
- [41] Hargens, L. L.; Hagstrom, W. O. (1967): «Sponsored and Contest Mobility of American Academic Scientists», *Sociology of Education*, 40 (1), pp. 24-38.
- [42] Hollingshead, A. B. (1938): «Ingroup membership and academic selection», *American Sociological Review*, 3 (6), pp. 826-833.
- [43] Hollingshead, A. B. (1940): «Climbing the Academic Ladder», *American Sociological Review*, 5 (3), pp. 384-394.
- [44] Leydesdorff, L. (1998): «Theories of citation?», *Scientometrics*, 43 (1), pp. 5-25.
- [45] Long, J. S. (1978): «Productivity and Academic Position in the Scientific Career», *American Sociological Review*, 43 (6), pp. 889-908.
- [46] Long, J. S.; Allison, P. D.; McGinnis, R. (1979): «Entrance into Academic Career», *American Sociological Review*, 44 (5), pp. 816-830.
- [47] Long, J. S.; Allison, P. D.; McGinnis, R. (1993): «Rank Advancement in Academic Careers: Sex Differences and the Effects of Productivity», *American Sociological Review*, 58 (5), pp. 703-722.
- [48] Long, J. S.; Fox, M. F. (1995): «Scientific careers: Universalism and Particularism», *Annual Review of Sociology*, 21, pp. 45-71.
- [49] Long, J. S.; McGinnis, R. (1981): «Organizational Context and Scientific Productivity», *American Sociological Review*, 46 (4), pp. 422-442.
- [50] Mählck, P. (2001): «Mapping Gender Differences in Scientific Careers in Social and Bibliometric Space», *Science, Technology & Human Values*, 26 (2), pp. 167-190.



- [51] McGee, R. (1960): «The function of Institutional Inbreeding», *The American Journal of Sociology*, 65 (5), pp. 483-488.
- [52] McNeely, J. H. (1932): *Faculty inbreeding in land-grant colleges and universities*, U.S. Government Printing Office, Washington, p. 25.
- [53] Melin, G. (2005): «The dark side of mobility: negative experiences of doing a postdoc period abroad», *Research Evaluation*, 14 (3), pp. 229-237.
- [54] Merrit, D. J.; Reskin, B. F. (1997): «Sex, race, and credentials: The truth about affirmative action in Law Faculty Hiring», *Columbia Law Review*, 97 (2), pp. 199-311.
- [55] Mora, J. G. (2001): «The academic profession in Spain: between the civil service and the market», *Higher Education*, 41 (1-2), pp. 131-155.
- [56] Musselin, C. (2004): «Towards an European academic labour market? Some lessons draws from empirical studies of academic a labour market», *Higher Education*, 48 (1), pp. 55-78.
- [57] Musselin, C. (2005): «European academic labour markets in transition», *Higher Education*, 49 (1-2), pp. 135-154.
- [58] *Nature* (1992): «Reforming Japan's Science for the next Century», *Nature*, 359 (15 Octubre 1992), pp. 573-582.
- [59] *Nature* (1993): «What road ahead for Korean Science and Technology?», *Nature*, 364, pp. 377-384.
- [60] *Nature* (1998): «Spanish Universities and the obstacles to development», *Nature*, 396, p. 709.
- [61] *Nature* (2002): «Independence days», *Nature*, 419, pp. 875-876.
- [62] Navarro, A.; Rivero, A. (2001): «High rate of inbreeding in Spanish universities», *Nature*, 410, p. 14.
- [63] Nederhof, A. J.; Zwaan, R. A.; De Bruin, R. E.; Dekker P. J. (1989): «Assessing the usefulness of bibliometrics indicators for the Humanities and the Social and Behavioral Sciences: A comparative study», *Scientometrics*, 15 (5-6), pp. 423-435.
- [64] Park, C.-u. (2007): «Gender in Academic Careers tracks: the case of Korean biochemist», *Social Forum*, 22 (4), pp. 452-473.
- [65] Reskin, B. F. (1976): «Sex Differences in Status Attainment in Science: The Case of the Postdoctoral Fellowship», *American Sociological Review*, 41 (4), pp. 597-612.
- [66] Reskin, B. F. (1977): «Scientific Productivity and the Reward Structure of Science», *American Sociological Review*, 42 (3), pp. 491-504.
- [67] Reskin, B. F. (1978): «Scientific Productivity, Sex, and Location in the Institution of Science», *The American Journal of Sociology*, 83 (5), pp. 1.235-1.243.
- [68] Salancik, G. R.; Pfeffer, J. (1978): «Uncertainty, Secrecy, and the Choice of Similar Others», *Social Psychology*, 41 (3), pp. 246-255.
- [69] Sánchez-Ferrer, L. (1997): «From Bureaucratic Centralisation to Self-Regulation: The Reform of Higher Education in Spain», *West European Politics*, 20 (3), pp. 164-184.

- [70] Sanz-Menéndez, L. (1995): «Research actors and the State: research evaluation and evaluation of science and technology policies in Spain», *Research Evaluation*, 5 (1), pp. 79-88.
- [71] *Science* (1998): «Academic Inbreeding Attacked», *Science*, 282, p. 2.165.
- [72] *Science* (2003): «Chinese universities: An end to Business as usual?», *Science*, 302, p. 43.
- [73] *Science* (2006): «Spain reconsiders its university reform Law», *Science*, 314, p. 911.
- [74] Soler, M. (2001): «How inbreeding affects productivity in Europe», *Nature*, 411, p. 132.
- [75] Stephan, P. E.; Levin, S. G. (1992): *Striking the Mother Lode in Science. The importance of Age, Place, and Time*, Oxford University Press, Nueva York-Oxford.
- [76] Whitley, R. (2003): «Competition and pluralism in public sciences: the impact of institutional frameworks on the organization of academic science», *Research Policy*, 32 (6), pp. 1.015-1.039.
- [77] Wyer, J. C.; Conrad, C. A. (1984): «Institutional Inbreeding Reexamined», *American Educational Research Journal*, 21 (1), pp. 213-225.
- [78] Xie, Y.; Shauman, K. A. (1998): «Sex differences in research productivity: new evidence about an old puzzle», *American Sociological Review*, 63 (6), pp. 847-870.
- [79] Zuckerman, H.; Cole, J. R.; Bruer, J. T. (eds.) (1991): *The outer circle, women in the scientific community*, Norton, Nueva York.





# *Relaciones universidad-empresa y producción científica de los académicos*

> **Liney Manjarrés Henríquez**

Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento  
(INGENIO) (CSIC-UPV)

> **Andrés Carrión García**

Universidad Politécnica de Valencia,  
Departamento de Estadística e Investigación  
Operativa Aplicadas y Calidad

## ***1. Introducción***

Diversos autores han destacado que en las últimas dos décadas se han experimentado cambios radicales en el modo de producción del conocimiento y en las instituciones universitarias. Etzkowitz [20] ha equiparado estas transformaciones con la emergencia de una «segunda revolución académica» que, al igual que la primera, ha desembocado en la adopción por parte de la universidad de una nueva misión, complementaria a las actividades tradicionales de docencia e investigación. Esta «tercera misión» abarca todas aquellas actividades relacionadas con la generación, uso, aplicación y explotación, fuera del ámbito académico, del conocimiento y de otras capacidades de las que disponen las universidades [41].

El cumplimiento de esta «tercera misión» lleva a la universidad a convertirse en un actor decisivo en los procesos de desarrollo económico, a través de una vinculación mucho más estrecha con los diferentes agentes de su entorno, especialmente con las empresas. De esta forma, esferas institucionales anteriormente aisladas logran interactuar es-

trechamente, estimulando la emergencia de nuevos tipos de universidad que integran propósitos académicos, económicos y sociales en una visión compatible [21, 35, 44]<sup>1</sup>. Como resultado de esta dinámica, surgen nuevas estructuras en la universidad (oficinas de transferencia tecnológica) y se crean estructuras híbridas con otros agentes (parques científicos y tecnológicos, institutos mixtos) que trascienden la frontera institucional universitaria y promueven la explotación económica de su conocimiento [49]. En el caso español, por ejemplo, a finales de 2008 un total de 68 OTRIS universitarias eran miembros de Red OTRI, con otras 13 entidades asociadas; ello mientras que el sistema universitario español estaba compuesto por 77 universidades (50 públicas y 27 privadas), aunque 5 de ellas (1 pública y 4 privadas) eran no presenciales.

Las transformaciones descritas anteriormente han supuesto un cambio en los valores tradicionales de la institución universitaria, mostrándose más proclive a la comercialización de la investigación académica y, en general, al desarrollo de actividades con y/o para las empresas privadas. En este sentido, estudios como el de Lee [32] para el caso estadounidense y Azagra *et al.* [3] para el caso español, han puesto de manifiesto un cambio en la actitud de la comunidad docente hacia el reconocimiento de la relación universidad-empresa (RUE) como una actividad universitaria válida.

No obstante, diversos autores han destacado las consecuencias adversas que puede tener esta nueva orientación externa de la universidad sobre el desarrollo de las actividades tradicionales de docencia e investigación. La enseñanza, por ejemplo, puede verse afectada por un énfasis excesivo en el desarrollo de habilidades específicas a corto plazo, orientadas hacia las necesidades puntuales de algún agente económico en particular. Con relación a la investigación, el desarrollo de la «tercera misión» puede limitar la autonomía universitaria y restringir la agenda de investigación del académico hacia actividades con potencial uso económico [37]. En términos generales, la cuestión central que surge en este campo es si la universidad es la institución adecuada para transferir y comercializar el conocimiento, no porque dicha función sea incompatible con la de crear conocimiento, sino porque se ejerce con un coste que puede resultar excesivo para el desarrollo de sus misiones tradicionales [18].

**Nota 1.** A estos nuevos tipos de universidad aún no se les ha asignado un nombre único en la literatura, distinguiéndose las denominaciones de «universidad de servicios» [19], «universidad empresarial» [47] o «universidad emprendedora» [13].

En el marco descrito se inserta el presente capítulo, que tiene como objetivo general analizar las relaciones entre la «tercera misión» y las actividades de investigación, evaluando empíricamente el efecto que ejercen las relaciones universidad-empresa sobre la producción científica de los docentes universitarios.

El resto del capítulo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2 se realiza una revisión de los diferentes enfoques existentes en cuanto al efecto de las RUE sobre la investigación académica. En la sección 3 se describen los aspectos metodológicos del estudio empírico. En la sección 4 se presentan los resultados obtenidos y, por último, en la sección 5, las conclusiones.

## ***2. Las «RUE» y la investigación académica***

El incremento de las relaciones universidad-empresa (RUE) ha generado numerosas inquietudes con respecto a los efectos que dichas relaciones pueden tener sobre el desempeño científico de la comunidad académica. Los planteamientos que se encuentran en la literatura sobre esta materia son diversos y abarcan tanto aquellos que señalan las RUE como una amenaza para el desarrollo de la ciencia, hasta los más positivos, que ven en estos nuevos esquemas de relación una oportunidad para promover el desarrollo de nuevas disciplinas y nuevas líneas de investigación.

La primera de estas visiones, que se podría denominar *negativa*, se ha construido a partir de los principios tradicionales de la economía de la ciencia y subraya que, como consecuencia de la amplia divergencia existente entre los sistemas de funcionamiento de las universidades y las empresas, una vinculación estrecha entre estos agentes puede resultar a largo plazo «costosa» tanto en términos de producción, como de difusión de conocimiento. Así, por ejemplo, mientras que las universidades operan bajo los principios de la «ciencia pública», orientada a la difusión libre, rápida e imparcial de los resultados de investigación, las empresas siguen los esquemas de la «ciencia privada», fundamentada en la apropiación y explotación comercial del conocimiento [17]. Estas diferencias dan origen al llamado «problema del secreto»<sup>2</sup>.

**Nota 2.** El «problema del secreto» implica un aumento de las restricciones sobre la publicación de los resultados de investigación. Los empresarios no suelen compartir los valores académicos de la publicación de los resultados y el intercambio de información entre colegas y el público en general. En lugar de ello, buscan mantener la propiedad de los

Otra de las preocupaciones que ha surgido en torno a las RUE es su capacidad para penalizar la autonomía de los investigadores e incidir negativamente en la producción científica de alta calidad. Por ejemplo, en un estudio realizado en varias universidades de Estados Unidos, Florida y Cohen [23] observaron que la mayoría de los encuestados consideran que la industria tiene la capacidad de modificar el énfasis y orientación de sus programas de investigación, así como las políticas de divulgación de la información y publicación. Esta preocupación ha sido asociada con el denominado «problema del sesgo», que hace referencia a la capacidad que tiene la industria para cambiar la agenda de los académicos hacia la investigación aplicada a corto plazo, en detrimento de la investigación básica.

Finalmente, en el marco de esta visión *negativa* se ha señalado también que la diversidad de funciones que debe cumplir el investigador en el contexto de la «universidad emprendedora» puede generar tensiones con respecto al tiempo de dedicación necesario para el buen desarrollo de cada una de sus actividades. De esta forma, aunque la obtención de apoyo financiero de la industria no obstaculizase *per se* la cantidad y calidad de la producción científica, los académicos se enfrentarían a restricciones de tiempo que, al final, incidirían negativamente en su actividad científica («problema del tiempo escaso»).

En contraposición con los enfoques señalados anteriormente, también se ha desarrollado una visión más *positiva*, que considera las RUE y, en general la vinculación de la universidad con el entorno, como una actividad importante no sólo para asegurar la validez socioeconómica de la investigación académica, sino también para promover el rendimiento científico del docente. El argumento básico de esta visión está asociado con el llamado «efecto de los recursos», es decir, la vinculación con la industria facilita al profesor el acceso a recursos financieros adicionales y a conocimientos relevantes (recursos cognitivos), que inciden finalmente en la mejora de su desempeño científico. Dicho efecto es más fuerte cuando la relación entre los científicos y la industria se desarrolla durante un periodo de tiempo prolongado y no es sólo el resultado de un contrato de investigación ocasional [8]. Sin embargo, vale la pena destacar que, incluso dentro de esta corriente claramente más optimista, se

nuevos conocimientos para lograr o conservar una ventaja competitiva. Por estas razones, un alto interés comercial por los resultados de la investigación académica puede debilitar el compromiso tradicional de los profesores de publicar en el dominio público y favorecer el avance de la ciencia abierta [43].



ha advertido el peligro de considerar el efecto de las RUE desde una perspectiva lineal, indicando que, aunque se dé un efecto positivo inicial, difícilmente se podrá cumplir la premisa de que un mayor nivel de vinculación conllevará siempre un mejor rendimiento científico [7, 5].

En contraste con el debate teórico que se ha generado en torno a estas dos visiones, la literatura empírica existente tiende a converger hacia los enfoques más positivos. En este sentido, la mayor parte de los estudios realizados hasta la fecha ofrecen evidencia a favor de una relación positiva entre la RUE y el desempeño científico de los profesores universitarios [30, 28, 48, 10, 4, 8, 51, 40, 27]. De esta forma, si bien no se desconocen los efectos adversos que puede tener una mayor vinculación con la industria sobre el desarrollo de la ciencia abierta, se plantea que sus beneficios superan generalmente sus costes.

No obstante, a pesar de esta cierta uniformidad en los resultados, los estudios realizados presentan algunas limitaciones que es necesario considerar a la hora de establecer conclusiones generales. La primera de ellas, y quizá la más importante, hace referencia a la propia operacionalización de la RUE en los análisis empíricos. En este sentido, la práctica más habitual ha sido centrar la atención en un mecanismo específico de interacción, especialmente las patentes, y utilizarlo como variable proxy de la RUE. Ello obviamente genera una visión sesgada del fenómeno, por no decir poco representativa, teniendo en cuenta el limitado peso que dicho instrumento tiene en el amplio abanico de mecanismos que configuran las RUE. Una segunda limitación, aunque menos generalizada, ha sido analizar el efecto de las RUE sin tener en cuenta su intensidad. Así, la mayor parte de los trabajos han considerado si la interacción con el entorno tiene lugar, pero pocos han tenido en cuenta alguna medida que refleje la intensidad con la que la misma se lleva a cabo.

Los resultados obtenidos en estudios más recientes muestran que cuando se intentan controlar las limitaciones anteriormente mencionadas, el efecto de las RUE se torna mucho más complejo y se hace mucho más difícil establecer una relación simple y lineal entre dichas actividades y el desempeño científico del académico. En otras palabras, si bien la evidencia muestra que las RUE pueden ejercer un efecto positivo sobre la producción científica o, por lo menos, que no es *per se* una actividad que la inhiba, es ampliamente cuestionable la idea de que «cuanto más, mejor» [22, 31, 5].

En resumen, si bien se han desarrollado trabajos interesantes en torno al efecto de las RUE sobre la actividad científica del docente, el análisis de esta cuestión está lejos de ser un tema cerrado y se requieren mayores esfuerzos para tratar de esclarecer los factores que inciden en esta relación. Dichos esfuerzos deben partir de la consideración del carácter complejo de las RUE y ahondar en el análisis de factores asociados, entre otras cosas, con la diversidad de los mecanismos de interacción, la intensidad con la que se implementa dicho mecanismo y las características del agente con el que se establece la relación.

### ***3. Descripción del estudio empírico***

Tal como se comentó en la sección 1, el objetivo de este capítulo es analizar el efecto que ejercen las RUE sobre la producción científica de los investigadores académicos. Para ello, y teniendo en cuenta las limitaciones de la literatura empírica anteriormente señaladas, se plantea un modelo de análisis que integra como elementos clave: a) una mayor diversidad de mecanismos de RUE, y; b) las características del agente con el que se lleva a cabo la relación.

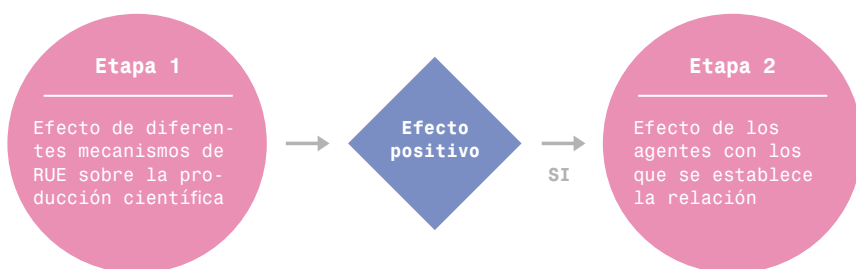
Con relación al primer elemento, el objetivo que se persigue es identificar en qué medida el efecto de las RUE depende del tipo de mecanismo a través del cual ésta se lleva cabo. Tal y como se ha indicado en la sección anterior, los trabajos realizados hasta la fecha, o bien se han centrado en un mecanismo concreto (patentes, por ejemplo), o bien han empleado un indicador muy genérico (el caso de la financiación industrial). Estas prácticas conducen, por una parte, a resultados parciales y, por otra, a resultados muy generales y poco discriminatorios. En vista de lo anterior, este capítulo pretende integrar en un mismo modelo de análisis diferentes mecanismos de relación universidad-empresa. Al hacer esto, se podría contrastar si el efecto positivo de las RUE sobre la producción científica, generalmente destacado en la literatura, sólo está presente cuando éstas se establecen a través de ciertos tipos de actividades.

La inclusión del segundo elemento permitirá evaluar un aspecto que, sorprendentemente, se ha tratado muy poco en la literatura: ¿cómo influyen las características del agente con el que se establece la relación sobre la producción científica de los docentes? Diversos

trabajos realizados en el campo de la gestión empresarial, han puesto de manifiesto que el efecto de las RUE sobre la innovación depende de las características del sector industrial en el que opera la empresa [36]. Teniendo en cuenta estos resultados, es factible esperar que el efecto de la RUE sobre el desempeño científico del docente pueda también estar regulado por las características del socio con el que éste se relaciona. Esta premisa encuentra también un apoyo importante en el denominado «efecto de los recursos», en la medida en que no todos los agentes tienen la capacidad de aportar recursos, especialmente cognitivos, que puedan fortalecer el desempeño científico de los docentes.

La operacionalización de los aspectos anteriores en el estudio empírico puede ser esquematizada tal y como se presenta en el gráfico 2.1.

> **Gráfico 2.1.** *Modelo de análisis*



**Fuente:** elaboración propia.

Tal y como se observa en el gráfico 2.1, el análisis de los dos aspectos clave de esta investigación se lleva a cabo a través de dos etapas o fases. En la primera etapa, se explora el efecto que ejercen diferentes mecanismos de RUE sobre la producción científica y se analiza además si dicho efecto es de carácter lineal o, si por el contrario, sigue un patrón más acorde con una U invertida. Posteriormente, en la segunda etapa, se analiza si el efecto positivo de los mecanismos identificados en el primer análisis varía en función de las características del agente con el que se establece la relación.

Un aspecto clave para el desarrollo de la primera etapa del modelo de análisis es la distinción entre actividades de RUE y actividades de investigación. Esta distinción no resulta clara en muchos casos, debido a que cada vez es más frecuente el desarrollo de actividades

de investigación en colaboración con agentes externos. Para tratar de solventar este problema, en este capítulo se adopta como criterio básico de clasificación la fuente de financiación de las actividades y el agente que las define. De esta forma, se consideran como actividades de investigación tradicional todas aquellas que han sido desarrolladas por medio de proyectos financiados a través de convocatorias públicas de carácter competitivo, las cuales han sido definidas atendiendo en gran parte a los intereses del propio investigador; mientras que por actividades de RUE se consideran aquellas que se realizan atendiendo a la demanda específica de un agente externo a la universidad. En función de esta distinción y teniendo en cuenta la información disponible, se consideran como actividades de investigación los proyectos financiados por convocatorias públicas de carácter competitivo en los ámbitos nacional (*PN*), regional (*PR*) y europeo (*PE*); mientras que por actividades de RUE, se entienden todas aquellas actividades y servicios universitarios contratados por agentes externos, tales como, contratos de I+D, apoyo tecnológico, consultoría, prestaciones de servicios (*ATP*) y formación bajo demanda (*FD*)<sup>3</sup>. En el análisis empírico, estas variables son medidas como el valor en euros de la financiación recibida por el profesor para el desarrollo de dichas actividades<sup>4</sup>.

El apoyo tecnológico, la consultoría, las prestaciones de servicios y la formación bajo demanda son actividades que se orientan a la resolución de problemas concretos. Por el contrario, los contratos de I+D contemplan actividades que, en principio, están orientadas hacia la generación de nuevo conocimiento y son al mismo tiempo las que mayores recursos aportan al profesor. Teniendo en cuenta estos rasgos distintivos, la hipótesis central de esta investigación es que sólo los contratos de I+D ejercen un efecto positivo sobre la producción científica. Esta consideración se realiza en base al llamado «efecto de los recursos», en el cual se asume que la RUE tiene un efecto positivo sobre la labor académica en la medida en

**Nota 3.** Una ventaja de esta definición es que reconoce un abanico mucho más amplio de actividades de vinculación que las que normalmente se han abordado en la literatura, evitando de esta forma adoptar una visión parcial del fenómeno. No obstante, como desventaja puede mencionarse el hecho de no considerar actividades de relación de carácter informal que, bajo determinadas circunstancias, pueden considerarse como un importante medio de transferencia de conocimiento universidad-entorno socioeconómico.

**Nota 4.** Se ha optado por emplear un indicador asociado con el volumen de la financiación para tratar de capturar de alguna forma la intensidad con la que se lleva a cabo la relación. Asimismo, hay que destacar que aunque la base de datos también contiene información sobre las licencias de patentes, éstas no se han incluido dentro del grupo de actividades de RUE debido a su poca representatividad tanto en términos de frecuencia como de impacto económico.

que proporciona, además de recursos financieros, oportunidades de aprendizaje a través de nuevos conocimientos, ideas y técnicas que, eventualmente, podrían convertirse en publicaciones científicas. En este sentido, resultaría muy difícil encontrar efectos positivos si la vinculación con la industria se realiza a través de canales de bajo nivel científico-tecnológico, tales como *ATP* y *FD*, de los cuales, en principio, no se espera que conduzcan al desarrollo de nuevo conocimiento, ni que supongan un intercambio de recursos relevantes.

Partiendo de la hipótesis anterior y con el objetivo de contrastar empíricamente si el efecto de las RUE sobre la producción científica es positivo sólo hasta cierto nivel, como han sugerido algunos autores [7, 5], se ha incluido como variable explicativa adicional el valor de los contratos de I+D al cuadrado ( $I+D^2$ ). En este sentido, si bien la interacción con la industria a través de mecanismos de alto nivel científico tecnológico puede proporcionar recursos cognitivos y financieros útiles para el desarrollo de la investigación universitaria, una vinculación excesiva puede generar problemas de asignación de atención y presiones de tiempo que probablemente disminuirían la capacidad de los investigadores para concentrarse en los resultados con mayor pertinencia académica.

En lo que respecta a las actividades de investigación y teniendo en cuenta que tradicionalmente uno de los indicadores de desempeño establecidos por las agencias y organismos que conceden los fondos públicos es la difusión de los resultados de investigación, se puede esperar que las variables *PR*, *PN* y *PE* se encuentren positivamente relacionadas con la productividad científica del profesor.

Adicionalmente, se han incluido como variables de control algunas características personales del profesor, su disciplina científica y la universidad a la que pertenece. Estas variables constituyen algunos de los factores que tradicionalmente se han reconocido en la literatura como posibles determinantes de la producción científica. Entre las características personales se incluyen la experiencia (*EXP*) y la posición (*POS*). La variable *EXP* es medida teniendo en cuenta el número de quinquenios que tiene el profesor, mientras que la variable *POS* es medida en una escala ordinal de 0-4 en función de su categoría docente. Tal como sugieren Carayol y Matt [12], los efectos de la posición pueden resultar ambiguos. Por una parte, teniendo en cuenta que la producción científica es uno de los criterios básicos de promoción, hay importantes incentivos para publicar cuando el docente

ocupa categorías inferiores, que pueden desaparecer cuando obtiene la promoción. No obstante, dado que la promoción de una categoría inferior a una superior implica no sólo un incremento de salario, sino también un mayor estatus dentro de la esfera académica, los profesores que tienen mayor categoría pueden incrementar su productividad debido a que tienen la capacidad para explotar mejor los recursos, tanto internos como externos (efecto del estatus). En este sentido, al igual que la variable *EXP*, la inclusión de la variable *POS* se realiza con carácter exploratorio, sin definir ninguna hipótesis previa sobre su posible efecto.

La disciplina científica, por su parte, es analizada a través de la inclusión de cinco variables *dummy*, que representan las áreas de: Ciencias Sociales y Humanidades (*Dis\_1*), Ciencias Agrarias (*Dis\_2*), Ciencias Naturales y Exactas (*Dis\_3*), Ciencias Médicas (*Dis\_4*) e Ingeniería y Tecnología (*Dis\_5*). Los estudios previos han puesto de manifiesto la gran influencia que ejercen los diferentes contextos disciplinares sobre el rendimiento académico, especialmente cuando este último se mide mediante el número de publicaciones científicas en revistas indexadas en el ISI [52, 42]. En esta línea, por ejemplo, se ha puesto en evidencia que en muchos campos de las ciencias sociales y humanidades las publicaciones en revistas ISI tienen un papel secundario en términos de producción e impacto científico, en comparación con los libros y monografías.

Finalmente, con el objetivo de evaluar el posible efecto de características institucionales se ha incluido como variable de control adicional el tipo de universidad a la que pertenece el profesor (*UNIV*). Los aspectos característicos de los dos modelos de universidad del sistema público de enseñanza superior en España (generales y politécnicas) pueden generar culturas organizativas diferentes y, por lo tanto, es posible que incidan en la forma en que los atributos personales y las RUE afectan a la productividad científica del docente. La variable *UNIV* está definida como una variable *dummy* que toma el valor de 0 o 1, de acuerdo con el tipo de universidad a la que pertenece el profesor.

En la segunda etapa del modelo se profundiza un poco más en el análisis del efecto de las RUE, considerando las características del agente externo con el que se establece la relación. Para ello, y partiendo de la hipótesis básica asociada con el efecto positivo de los contratos de I+D, se desagrega la contratación de dichas actividades en tres categorías diferentes en función del agente contratante: contratos

de I+D con administraciones públicas (*Ad I+D*), contratos de I+D con empresas manufactureras (*Manu I+D*) y contratos de I+D con empresas de servicios (*Serv I+D*). Estas variables también son medidas como el valor en euros de la financiación obtenida por el profesor mediante el desarrollo de dichas actividades con los agentes en cuestión.

En el modelo de análisis, la variable dependiente es el número de artículos publicados por el profesor en revistas científicas incluidas en la base de datos del *Thomson Institute for Scientific Information* (ISI). Este tipo de publicaciones suelen usarse como un indicador de la producción científica del docente y, a pesar de sus limitaciones, se consideran uno de los parámetros centrales de rendimiento en la comunidad científica [15, 39].

El estudio empírico toma como caso de análisis la Universidad de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia. Estas universidades son representativas de los dos modelos de instituciones de educación superior existentes en España: la universidad general y la universidad politécnica. La unidad de análisis es el profesor y solamente se han considerado aquellos que han sido responsables de proyectos de investigación financiados a través de convocatorias públicas y/o de actividades contratadas por agentes externos durante el periodo 1999-2004. En función de lo anterior, la población total objeto de estudio está conformada por 2.034 profesores pertenecientes a las dos universidades analizadas<sup>5</sup>.

La medida empleada para valorar la producción científica del docente se refiere al periodo 2003-2004, mientras que las variables explicativas asociadas con las actividades de RUE y de investigación, como se ha mencionado, cubren el periodo 1999-2004. Esta distinción se ha hecho considerando el desfase temporal existente entre el desarrollo de la investigación y la publicación de los resultados. Técnicas similares han sido aplicadas en estudios previos [28].

La variable dependiente analizada en este estudio tiene como características principales ser de recuento, entera no negativa, altamente sesgada, con significativa sobredispersión<sup>6</sup> y gran número de ceros.

**Nota 5.** Nótese que la unidad de análisis hace referencia al profesor responsable de los proyectos de investigación o actividades de RUE. En este sentido, la población considerada en el estudio es menor que la población total de profesores involucrados en dichas actividades. Los datos empleados en esta investigación fueron suministrados por las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de las dos universidades objeto de estudio.

**Nota 6.** La existencia de sobredispersión se verificó a partir de los resultados del modelo de regresión de Poisson, en los que se comprueba que el valor del cociente entre la discrepancia y sus grados de libertad está alejado del valor 1, que indicaría equidispersión.

Teniendo en cuenta lo anterior, se utiliza como técnica de estimación el modelo de regresión binomial negativo (MRBN), que captura de forma más adecuada la naturaleza de nuestra variable dependiente [11]. Como se puede observar en la tabla 2.1, las variables relacionadas con la RUE y con las actividades de investigación tradicional (medidas en euros) presentan una gran asimetría. Para paliar este efecto se aplica a estas variables la transformación logarítmica, tal como sugieren McLeay y Trigueiros [38]<sup>7</sup>.

> **Tabla 2.1.** Descripción de las variables

Variable	Descripción	Escala de medida	Media	E.S.	Moda
<b>&gt; Variable dependiente</b>					
PC	Producción científica	Número de artículos publicados por el profesor en revistas indexadas en el ISI, durante el periodo 2003-2004	1,46	2,82	0
<b>&gt; Actividades de relación Universidad-Empresa</b>					
I+D	Contratos de investigación y desarrollo	Valor en euros de la financiación obtenida a través de contratos de I+D durante el periodo 1999-2004	39.056	78.932	0
ATP	Apoyo tecnológico, consultoría y prestaciones de servicio	Valor en euros de la financiación obtenida a través de contratos de apoyo tecnológico, consultoría y prestaciones de servicio durante el periodo 1999-2004	34.486	36.573	0
FD	Formación bajo demanda	Valor en euros de la financiación obtenida a través de contratos de formación bajo demanda durante el periodo 1999-2004	1.832	0.475	0
I&D <sup>2</sup>	Contrato de investigación y desarrollo al cuadrado	Cuadrado del valor en euros de la financiación obtenida a través de contratos de I+D durante el periodo 1999-2004	80E	22E	0

**Nota 7.** Teniendo en cuenta que las variables pueden tomar el valor de 0, se ha utilizado la transformación logarítmica  $\log(x+1)$ .



Tabla 2.1. (Continuación)

Variable	Descripción	Escala de medida	Media	E.S.	Moda
<b>&gt; Actividades de investigación Académica</b>					
PE	Proyectos europeos	Valor en euros de los proyectos europeos obtenidos durante el periodo 1999-2004	0,32	1,23	0
PN	Proyectos nacionales	Valor en euros de los proyectos nacionales obtenidos durante el periodo 1999-2004	1,92	2,35	0
PR	Proyectos regionales	Valor en euros de los proyectos regionales obtenidos durante el periodo 1999-2004	1,60	2,08	0
<b>&gt; Características del profesor</b>					
EXP	Experiencia laboral	Número de quinquenios obtenidos por el profesor durante su vida laboral: 1 quinquenio equivale a 5 años de experiencia	3,08	1,95	3
POS	Posición ocupada por el profesor	Escala ordinal en el rango 0-4: (0), si el profesor tiene una categoría inferior a titular de escuela universitaria TEU (1), si el profesor es TEU (2), si el profesor es catedrático de escuela universitaria CEU. (3), si el profesor es titular de universidad TU (4), si el profesor es catedrático de universidad CU	2,40	1,44	3
<b>&gt; Disciplina científica</b>					
DIS	Área de investigación del profesor	Variable categórica: Dis_1 Ciencias Sociales y Humanidades Dis_2 Ciencias Agrarias Dis_3 Ciencias Exactas y Naturales Dis_4 Ciencias Médicas Dis_5 Ingeniería y Tecnología	2,90	1,56	1
<b>&gt; Característica de la universidad</b>					
UNIV	Universidad a la que pertenece el profesor	Variable dummy 0-1: 1, si el profesor pertenece a la UV 0, si el profesor pertenece a la UPV	0,52	0,50	1

Tabla 2.1. (Continuación)

Variable	Descripción	Escala de medida	Media	E.S.	Moda
<b>&gt; Procedencia de la demanda de I+D</b>					
Ad I&D	Contratación de I+D con administraciones públicas	Valor en euros de los contratos de I+D establecidos con administraciones públicas	17.014	19.905	0
Serv I&D	Contratación de I+D con empresas de servicios	Valor en euros de los contratos de I+D establecidos con empresas de servicios	30.960	98.902	0
Manu I&D	Contratación de I+D con empresas manufactureras	Valor en euros de los contratos de I+D establecidos con empresas manufactureras	24.647	0.830	0

Fuente: elaboración propia.

## 4. Resultados

La tabla 2.2 muestra los resultados de la etapa 1 del modelo de análisis, que hace referencia al efecto de los diferentes mecanismos de RUE sobre la producción científica. En primer lugar, y atendiendo a las variables que sugiere la literatura tradicional sobre determinantes de la producción científica, los resultados obtenidos indican que las características personales del docente analizadas en este estudio influyen de forma diferente sobre la producción científica. Mientras que la posición ocupada por el investigador ejerce un efecto positivo, la experiencia influye negativamente. Estos resultados son interesantes si se tiene en cuenta que la experiencia y la posición son variables que están correlacionadas positivamente. En este sentido, y en línea con lo observado en artículos previos, se demuestra que, más que el tiempo dedicado a la actividad académica o la edad del profesor, lo que influye positivamente sobre la producción científica son características más concretas relacionadas con las actividades desempeñadas por el profesor o con aspectos referidos a su posición y reconocimiento dentro de la institución [12, 6, 53].

> **Tabla 2.2.** Regresión binomial negativa para las variables que influyen en la producción científica de los profesores universitarios

Variables independientes	Producción científica PC	
	Etapa 1	
	B	Error típico
<b>&gt; Características del profesor</b>		
EST	0,327***	0,025
EXP	-0,061***	0,015
<b>&gt; Características de la Universidad</b>		
UNIV	-0,013	0,051
<b>&gt; Área de conocimiento</b>		
Dis_5	1,690***	0,100
Dis_4	2,500***	0,096
Dis_3	2,152***	0,087
Dis_2	1,937***	0,133
Dis_1		
<b>&gt; Financiación pública competitiva</b>		
Log PR	0,107***	0,009
Log PN	0,150***	0,009
Log PE	0,039***	0,011
<b>&gt; Relaciones Universidad-Empresa</b>		
Log I+D	0,158***	0,046
Log ATP	-0,049***	0,010
Log FD	-0,015	0,028
Log I+D2	-0,030***	0,009
Chi-cuadrado * **P < 0.01	3452,3***	

**Nota:** el valor Chi-cuadrado para los grados de libertad del modelo sugiere el rechazo de la hipótesis nula de que todos los parámetros, exceptuando la intersección, son iguales a cero con un nivel de significancia del 1%.

**Fuente:** elaboración propia.

Los resultados relacionados con la disciplina científica muestran que, tomando como categoría de referencia las ciencias sociales y humanidades (*Dis\_1*), las otras disciplinas científicas ejercen un efecto positivo y significativo sobre la publicación de artículos en revistas del ISI. Los resultados anteriores están en línea con estudios previos y evidencian la influencia que ejerce el contexto disciplinar sobre determinados *outputs* científicos [52, 42]. Sin

embargo, los resultados muestran que las características de la institución académica a la que pertenece el profesor no tienen efecto significativo sobre la producción científica. Aunque las universidades analizadas representan instituciones con perfiles muy diferentes, al parecer, el hecho de que estén regidas por la misma política pública de educación superior hace que no existan diferencias significativas en los patrones de publicación. Estos resultados sugieren que, al menos en el contexto analizado, las variaciones existentes entre los campos disciplinares tienen un efecto mucho más relevante sobre la producción científica de los investigadores que las diferencias existentes a nivel institucional.

Por otra parte, como era de esperar, los parámetros calculados a través del modelo de regresión muestran una relación significativa y positiva entre la investigación académica realizada a través de la financiación pública competitiva y la producción científica de los profesores universitarios. Adicionalmente, los coeficientes estimados ponen de manifiesto que los proyectos financiados a través de convocatorias públicas nacionales son los que ejercen un efecto positivo mayor sobre la producción científica del profesor.

Los resultados acerca de la variable central de este análisis indican que el efecto que ejercen las RUE sobre la producción científica depende del instrumento a través del cual se establece la relación. Cuando las RUE se basan en actividades de escaso nivel científico-tecnológico, la producción científica del profesor puede verse inhibida. Como se observa en la tabla 2.2, las actividades de apoyo tecnológico, consultoría y prestaciones de servicios (*ATP*) ejercen un efecto negativo y significativo, y las actividades de formación (*FD*), aunque no son significativas, presentan también coeficiente negativo. Este último aspecto puede ser consecuencia directa de la naturaleza y orientación de dichas actividades. En este sentido, se reconoce que las actividades de consultoría y formación están dirigidas a resolver problemas concretos que, en principio, no persiguen la novedad académica y suelen aprovechar la llamada «ciencia vieja» [1, 26]. Este hecho está en línea con los hallazgos de Howells *et al.* [29], quienes, a partir de una encuesta a los académicos del Reino Unido, observaron que los investigadores consideran las actividades de consultoría como «actividades poco interesantes» y con un «limitado impacto en su carrera científica». Los resultados anteriores, implican que un énfasis excesivo en el desarrollo de actividades rutinarias para la

industria puede alejar a la universidad del modelo de «universidad emprendedora» y convertirla simplemente en una «universidad consultora» con deficientes indicadores científicos [25, 2].

Por el contrario, y de acuerdo con la hipótesis general planteada en este capítulo, cuando la relación se lleva a cabo a través de los contratos de I+D las RUE tienen un efecto positivo y significativo sobre la productividad científica. Una posible explicación de este fenómeno es que los contratos de I+D son las únicas actividades de vinculación susceptibles de generar nuevos conocimientos. No obstante, es necesario tener en cuenta que este tipo de contratos contemplan por lo general cláusulas de confidencialidad que impiden o retrasan la difusión de los resultados. Por consiguiente, la alta significancia que tiene esta variable en el modelo de regresión podría deberse a efectos indirectos derivados de la obtención de mayores recursos y del aprendizaje que conlleva el desarrollo de este tipo de actividades.

No obstante, la variable  $I+D2$  es significativa y negativa, lo que indica que la financiación obtenida a través de los contratos de I+D favorece la producción científica sólo hasta cierto punto, después del cual ejerce el efecto contrario. Este resultado puede ser consecuencia indirecta de las presiones de tiempo y de asignación de atención que se generan a partir de una vinculación excesiva con la industria, aunque ésta sea mediante actividades de alto contenido científico-tecnológico. Estas presiones, según Calderini *et al.* [9] pueden reducir la capacidad de los investigadores para concentrarse en los resultados de pertinencia académica, en favor de los resultados de interés industrial. En este sentido, no se puede afirmar que entre los contratos de I+D y la producción científica se cumpla la condición de que «cuanto más mejor».

Los resultados de la estimación correspondiente a la etapa 2, que hace referencia al efecto del tipo de agente contratante, se presentan en la tabla 2.3. Los parámetros estimados muestran que la financiación obtenida a través de los contratos de I+D ejerce un efecto positivo y significativo sobre la producción científica cuando se establecen con empresas manufactureras. Por el contrario, la demanda de I+D procedente del sector servicios y de las administraciones públicas no parece ejercer efecto alguno. Estos hallazgos sugieren que el llamado «efecto de los recursos» (financieros, cognitivos y/o técnicos) o las economías de alcance propuestos por Breschi *et al.* [8] y Azoulay *et al.* [4], respectivamente, pueden ser capitalizados a

favor de la producción científica cuando las relaciones se establecen fundamentalmente con las empresas manufactureras.

> **Tabla 2.3.** Regresión binomial negativa para las variables que influyen en la producción científica de los profesores universitarios

Variables independientes	Producción científica PC	
	Etapa 2	
	B	Error típico
<b>&gt; Características del profesor</b>		
EST	0,330***	0,248
EXP	-0,061***	0,149
<b>&gt; Características de la Universidad</b>		
UNIV	-0,017	0,051
<b>&gt; Área de conocimiento</b>		
Dis_5	1,670***	0,101
Dis_4	2,475***	0,097
Dis_3	2,154***	0,087
Dis_2	1,935***	0,133
Dis_1		
<b>&gt; Financiación pública competitiva</b>		
Log PR	0,100***	0,009
Log PN	0,143***	0,009
Log PE	0,032***	0,011
<b>&gt; Relaciones Universidad-Empresa</b>		
Log ATP	-0,061***	0,010
Log FD	-0,025	0,028
<b>&gt; Procedencia de la demanda de I+D</b>		
Ad I+D	0,013	0,010
Serv I+D	-0,017	0,014
Manu I+D	0,047***	0,013
Chi-cuadrado * **P < 0.01 * * P < 0.05	3455,3***	

**Nota:** el valor Chi-cuadrado para los grados de libertad del modelo sugiere el rechazo de la hipótesis nula de que todos los parámetros, exceptuando la intersección, son iguales a cero con un nivel de significancia del 1%.

**Fuente:** elaboración propia.

A partir de los resultados anteriores, se ha realizado una regresión adicional que tiene como objetivo profundizar en el análisis de la influencia de las empresas manufactureras sobre la PC. Para ello, se definen cuatro nuevas variables siguiendo la taxonomía de sectores industriales propuesta por Pavitt [46], que contempla entre sus criterios de clasificación la intensidad científica tecnológica del sector y la naturaleza de las fuentes de conocimiento utilizadas para el desarrollo de actividades de innovación. Esta taxonomía distingue entre: a) empresas basadas en la ciencia (EBC); b) proveedores especializados (PES); c) empresas de escala intensiva (EEI) y d) empresas dependientes de proveedores (EDP). Mediante la estimación de los parámetros de esta regresión se busca determinar qué sectores manufactureros contratantes de I+D académica fomentan el desempeño científico de los profesores universitarios.

Los resultados muestran que, de las cuatro categorías sectoriales analizadas, sólo la contratación de actividades de I+D con empresas basadas en la ciencia y con las pertenecientes al grupo de proveedores especializados ejercen un efecto positivo y significativo sobre la producción científica (tabla 2.4). Estos resultados se explican en la medida en que las empresas de estos sectores operan en campos que se encuentran más cerca de la frontera científico-tecnológica, por lo que generalmente requieren de nuevo conocimiento en sus procesos de innovación. En este sentido, las actividades de I+D desarrolladas con y/o para estas empresas tienen una mayor probabilidad de generar conocimiento relevante, susceptible de ser publicado. En contraste, la relación que se establece con empresas pertenecientes a sectores tradicionales de la manufactura o de baja intensidad tecnológica (el caso de las empresas de escala intensiva y las empresas dominadas por los proveedores) tiende a orientarse hacia la solución de problemas rutinarios y específicos, donde, más que generación de nuevos conocimientos, se requiere la aplicación de los conocimientos existentes, por lo que muy difícilmente incidirá sobre la producción científica.

> **Tabla 2.4.** Regresión binomial negativa para las variables que influyen en la producción científica de los profesores universitarios

Variables independientes	Producción científica PC	
	Etapa 2	
	B	Error típico
<b>&gt; Características del profesor</b>		
EST	0,329***	0,024
EXP	-0,046***	0,015
<b>&gt; Características de la Universidad</b>		
UNIV	-0,044	0,042
<b>&gt; Área de conocimiento</b>		
Dis_5	1,775***	0,101
Dis_4	2,549***	0,097
Dis_3	2,216***	0,087
Dis_2	1,976***	
Dis_1		
<b>&gt; Financiación pública competitiva</b>		
Log IA	0,130***	0,009
<b>&gt; Relaciones Universidad-Empresa</b>		
Log ATP	-0,043***	0,010
Log FD	-0,024	0,028
<b>&gt; Procedencia de la demanda de I+D</b>		
Ad I+D	0,024	0,010
Serv I+D	-0,004	0,014
Manu I+D	0,047***	0,013
<b>&gt; Taxonomía empresas manufactureras</b>		
Log EBC	0,04***	0,016
Log PE	0,071***	0,020
Log EEI	0,012	0,019
Log EDP	0,065	0,039
Chi-cuadrado * **P < 0.01 * * P < 0.05	2141,7***	

**Nota:** el valor Chi-cuadrado para los grados de libertad del modelo sugiere el rechazo de la hipótesis nula de que todos los parámetros, exceptuando la intersección, son iguales a cero con un nivel de significancia del 1%.

**Fuente:** elaboración propia.



## 5. Conclusiones

La adopción por parte de las universidades de la llamada «tercera misión» ha generado preocupaciones con respecto a la viabilidad de combinar las actividades de transferencia de conocimiento con las funciones tradicionales de docencia e investigación. En este capítulo se ha analizado precisamente el efecto que ejercen las relaciones de la universidad con su entorno socioeconómico sobre la producción científica de los docentes. En el análisis se ha controlado también el efecto de un conjunto de variables asociadas a los atributos individuales del profesor, así como la disciplina científica y el perfil de la universidad a la que pertenece el investigador.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las RUE pueden incidir tanto positiva como negativamente sobre la actividad científica del docente y que su efecto final depende del mecanismo de vinculación, de la intensidad de la relación e incluso del socio con el que se establece la relación. En otras palabras, lo que se destaca en estos análisis es la naturaleza compleja y heterogénea de las RUE y la dificultad de establecer conclusiones genéricas con relación a su efecto.

En el caso específico analizado en esta investigación, los resultados muestran que sólo cuando la vinculación se basa en actividades de alto contenido científico-tecnológico (contratos de I+D), y sólo cuando se lleva a cabo hasta cierto nivel de intensidad, se aprecian efectos positivos sobre la productividad científica del docente. Estos resultados tienen dos implicaciones importantes. En primer lugar, ponen de manifiesto que el desarrollo de actividades rutinarias para la industria puede derivar en pobres indicadores científicos, y en segundo lugar, advierten del peligro que tiene un énfasis exagerado en actividades de vinculación, aunque estén basadas en actividades de I+D. Este último punto destaca la necesidad de profundizar en el debate sobre los límites de las relaciones universidad-empresa, ya que dichas actividades pueden desviar en exceso a los investigadores académicos de sus funciones tradicionales. En este sentido, la cuestión fundamental para los investigadores académicos, y para las universidades en general, tiene que ver con el equilibrio entre la contribución a la ciencia pública, a través de la libre difusión de sus resultados de investigación, y la obtención de recursos financieros de agentes privados, cada vez más necesarios para el desarrollo de la actividad científica.

Adicionalmente, se observó que el efecto positivo que ejercen los contratos de I+D sobre la producción científica está influido por las características del socio con el que se establecen dichos contratos. En este sentido, sólo los contratos de I+D establecidos con empresas industriales basadas en la ciencia y con empresas que pertenecen a la categoría de proveedores especializados inciden positivamente en el rendimiento científico de los docentes universitarios. En otras palabras, la productividad científica del docente sólo se ve favorecida cuando la relación se establece a través de actividades de alto nivel científico-tecnológico y con empresas que le otorgan una importancia relativamente alta al conocimiento científico como fuente para el desarrollo de sus productos y procesos. Este último aspecto es fundamental debido a que intrínsecamente destaca la importancia que tiene el contexto socioeconómico, y en particular el desarrollo del tejido productivo, como factores que influyen en la configuración de las RUE y en el efecto que las mismas pueden ejercer sobre el desarrollo de la investigación académica. En este sentido, los resultados aquí planteados deben entenderse en el contexto específico de esta investigación y constituyen, más que patrones de validez general, puntos de referencia para avanzar en el análisis de este fenómeno.

El reto para las instituciones gubernamentales, y las universidades en general, se encuentra en el diseño de políticas más selectivas orientadas a alcanzar un equilibrio adecuado entre las actividades de segunda y «tercera misión», que aproveche las complementariedades que se pueden generar entre ellas y minimice sus posibles costes. No obstante, vale la pena destacar que dicho equilibrio estará al final condicionado por el papel que la universidad desee desempeñar en la esfera social, académica o empresarial.

## ***Referencias***

- [1] Allen, T. (1977): *Managing the flow of technology*, MIT Press, Boston.
- [2] Arocena, R.; Sutz, J. (2005): «Latin American Universities: From an original revolution to an uncertain transition», *Higher Education*, 50, pp. 573-592.
- [3] Azagra, J.; Archontakis, F.; Gutierrez, A.; Fernández, I. (2006): «Faculty support for the objectives of university–industry relations versus degree of R&D cooperation: The importance of regional absorptive capacity», *Research Policy*, 35, pp. 37-55.

- [4] Azoulay, P.; Ding, W.; Stuart, T. (2006): «The Impact of Academic Patenting on the Rate Quality and Direction of Public Research», NBER Working Paper, 11.917.
- [5] Blumenthal, D.; Campbell, E.; Anderson, M.; Causino, N.; Seashore-Louis, K. (1996): «Participation of life-science faculty in research relationships with industry», *New England Journal of Medicine*, 335, pp. 1.734-1.739.
- [6] Bonaccorsi, A.; Daraio, C. (2003): «Age effects in scientific productivity. The case of the Italian National Research Council CNR», *Scientometrics*, 58, pp. 35-48.
- [7] Bonaccorsi, A.; Daraio, C.; Simar, L. (2006): «Advanced indicators of productivity of universities. An application of robust nonparametric methods to Italian data», *Scientometrics*, 662, pp. 389-410.
- [8] Breschi, S.; Lissoni, S.; Montobbio, F. (2007): «The scientific productivity of academic inventors: New evidence from Italian data», *Economics of Innovation and New Technology*, 162, pp. 101-118.
- [9] Calderini, M.; Franzoni, C.; Vezzulli, A. (2007): «If star scientists do not patent: The effect of productivity, basicness and impact on the decision to patent in the academic world», *Research Policy*, 363, pp. 303-319.
- [10] Calderini, M.; Franzoni, C. (2004): «Is academic patenting detrimental to high quality research? An empirical analysis of the relationship between scientific careers and patent application», CESPRI Working Paper, 162.
- [11] Cameron, A. C.; Trivedi, P. K. (1998): *Regression analysis of count data*, Cambridge University Press.
- [12] Carayol, N.; Matt, M. (2006): «Individual and collective determinants of academic scientists productivity», *Information Economics and Policy*, 18, pp. 55-72.
- [13] Clark, B. R. (1998): *Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Paths of Transformation*, Pergamon, Guildford, Reino Unido.
- [14] Cohen, W. M.; Nelson, R. R.; Walsh, J. P. (2002): «Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D», *Management Science*, 481, pp. 1-23.
- [15] Crane, D. (1965): «Scientists at Major and Minor Universities: A Study of Productivity and Recognition», *American Sociological Review*, 30(5), pp. 699-714.
- [16] D'Este, P.; Patel, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?», *Research Policy*, 36 (9), pp. 1.295-1.313.
- [17] Dasgupta, P.; David, P. A. (1994): «Towards a new economics of science», *Research Policy*, 235, pp. 487-521.
- [18] David, P.; Mowery, D.; Steinmueller, W. (1994): «University-Industry Research Collaborations: Managing Missions in Conflict», comunicación en la conferencia *University Goals, Institutional Mechanisms, and the Industrial Transferability of Research*, CEPR, Stanford University, Stanford, CA., 18-20 de marzo.

- [19] Enros, P. C.; Farley, M. (1986): *University Offices for Technology: Towards the Service University*, Ottawa, Science Council of Canada.
- [20] Etzkowitz, H. (1990): «The Second Academic Revolution: The Role of the Research University in Economic Development», en Cozzens, S. et al. (eds.), *The Research System in Transition*, pp. 109-124, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [21] Etzkowitz, H. (2003): «Innovation in innovation: The triple helix of university-industry-government relations», *Social Science Information*, 42, pp. 293-337.
- [22] Fabrizio, K.; DiMinin, A. (2005): «Commercializing the Laboratory: Faculty Patenting and the Open Science Environment», Goizueta Business School Paper Series GBS-OM-2005-004.
- [23] Florida, R.; Cohen, W. M. (1999): «Engine or infrastructure? The university role in economic development», en Branscomb, L. M.; Kodama, F.; Florida, R. (eds.), *Industrializing Knowledge. University-Industry Linkages in Japan and the United States*, pp. 589-610, MIT Press, Cambridge MA/Londres.
- [24] Fundación CyD, Informe CYD (2005): «La contribución de las universidades españolas al desarrollo», Barcelona.
- [25] Geuna, A. (1999): *The Economics of Knowledge Production. Funding and the Structure of University Research*, Edward Elgar, Cheltenham, Reino Unido.
- [26] Gibbons, M.; Johnston, R. (1974): «The role of Science in technological innovation», *Research Policy*, 3 (3).
- [27] Godin, B.; Gingras, Y. (2000): «Impact of collaborative research on academic science», *Science and Public Policy*, 27, pp. 65-73.
- [28] Gulbrandsen, M.; Smeby, J. (2005): «Industry funding and university professors' research performance», *Research Policy*, 34, pp. 932-950.
- [29] Howells, J.; Nedeava, M.; Georghiou, L. (1998): *Industry-academic links in the UK*, PREST, University of Manchester, Manchester.
- [30] Landry, R.; Traore, N.; Godin, B. (1996): «An econometric analysis of the effect of collaboration on academic research productivity», *Higher Education*, 32, pp. 283-301.
- [31] Larsen, M. (2007). «Too close for comfort? The effect of university-industry collaboration on the scientific performance of university professors», DRUID Summer Conference, Copenhagen, CBS, Dinamarca, 18-20 de junio.
- [32] Lee, Y. S. (1996): «Technology transfer and the research university: a search for the boundaries of university-industry collaboration», *Research Policy*, 25, pp. 843-86.
- [33] Lehman, H. C. (1958): «The chemist most creative years», *Science*, 127, pp. 1.213-1.222.
- [34] Lehman, H. C. (1960): «The decrement in scientific productivity», *American Psychologist*, 15, pp. 128-134.
- [35] Leydesdorff, L.; Meyer, M. (2003): «The triple helix of university-industry-government relations», *Scientometrics*, 58, pp. 191-203.
- [36] Malerba, F. (2005): «Sectoral Systems: How and Why Innovation Differ across Sectors and Industries», en Fagerberg, J., Mowery, D.C., Nelson,

- R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [37] Martin, B.; Etzkowitz, H. (2000): «The origin and evolution of the university species», *VEST*, 13, pp. 3-4.
- [38] McLeay, S.; Trigueiros, D. (1998): «Proportionate Growth and the Theoretical Foundations of Financial Ratios», Congress of the European Accounting Association, Amberes, Bélgica.
- [39] Merton, R. K. (1968): «The Matthew Effect in Science», *Science*, 159(3810), pp.56-63.
- [40] Meyer, M. (2006): «Academic Inventiveness and Entrepreneurship: On the Importance of Start-Up Companies in Commercializing Academic Patents», *The Journal of Technology Transfer*, 314, pp. 501-510.
- [41] Molas-Gallart, J.; Salter, A.; Patel, P.; Scott, A.; Duran, X. (2002): «Measuring Third Stream Activities», Final report to the Russell Group of Universities, SPRU, University of Sussex.
- [42] Nederhof, A. J. (2006): «Bibliometric monitoring of research performance in the social sciences and the humanities: a review», *Scientometrics*, 66 (1), pp. 81-100.
- [43] Nelson, R. R. (2001): «Observations on the post-Bayh-Dole rise of patenting at American universities», *Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), pp. 13-19.
- [44] Nowotny, H.; Scott, P.; Gibbons, M. (2001): *Re-Thinking Science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*, Polity Press, Cambridge, MA.
- [45] OCDE/IMHE Project (2006): «Supporting the Contribution of Higher Educational Institutions to Regional Development», Self report of Region of Valencia, Generalitat Valenciana - OCDE/IMHE Project.
- [46] Pavitt, K. (1984): «Sectorial patterns of technical change», *Research Policy*, 13, pp. 343-373.
- [47] Smilor, R. W.; Dietrich, G.; Gibson, D. V. (1993): «La Universidad Empresarial: Función de la educación superior en los Estados Unidos en materia de comercialización de la tecnología y el desarrollo económico», *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 135, pp. 3-14.
- [48] Stephan, P. E.; Gurm, S.; Sumell, A. J.; Black, G. (2007): «Who's Patenting in the University? Evidence from the Survey of Doctorate Recipients», *Economics of Innovation and New Technology*, 162, pp. 71-99.
- [49] Tuunainen, J. (2005): «Hybrid practices? Contributions to the debate on the mutation of science and university», *Higher Education*, 50, pp. 275-298.
- [50] Van Looy, B.; Callaert, J.; Debackere, K. (2006): «Publication and patent behavior of academic researchers: Conflicting. Reinforcing or merely co-existing?», *Research Policy*, 35, pp. 596-608.
- [51] Van Looy, B.; Ranga, M. J.; Callaert, J. K.; Debackere, K.; Zimmermann, E. (2004): «Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: towards a compounded and reciprocal Matthew-effect?», *Research Policy*, 33, pp. 425-441.

- [52] Wanner, R.; Lewis, L.; Gregorio, D. (1981): «Research Productivity in Academia: A Comparative Study of the Sciences, Social Sciences and Humanities», *Sociology of Education*, 54 (4), pp. 238-253.
- [53] Zuckerman, H. A.; Merton, R. K. (1972): «Age, aging and age structure in science», en Riley, M. R.; Johnson, M.; Foner, A. (eds.), *A Sociology of Age Stratification: Aging and Society*, 3, Russel Sage Foundation, Nueva York. Reeditado en Storer. N.W. (ed.) (1972): *The Sociology of Science: Collected Papers of R.K. Merton*, pp. 497-559, Chicago University, Chicago Press.







# *Movilidad de los investigadores y transferencia de conocimiento*

> **Liliana Herrera, María Felisa Muñoz Doyague y Mariano Nieto**

Universidad de León

Departamento de Dirección y Economía de la Empresa

## ***1. Introducción***

En los últimos años ha aumentado el interés por el estudio de la movilidad de los recursos humanos en los sistemas de innovación gracias al reconocimiento de que el proceso más importante que tiene lugar en este sistema es el aprendizaje [41]. La evaluación de los efectos de esta movilidad resulta importante para las políticas de innovación y las empresas. En el caso de las primeras, la llamada economía basada en el conocimiento demanda una expansión de instrumentos públicos dirigidos a favorecer la formación y la movilidad de los recursos humanos en ciencia y tecnología. Estos recursos humanos son uno de los elementos más significativos del sistema de innovación por su contribución a la producción y transferencia de conocimiento tecnológico previamente desarrollado y acumulado en el sistema público de I+D. En el año 2008, un total del 46.375 investigadores, en equivalencia a jornada completa, trabajaban en el sector empresas, lo que representó un 35% del total de los investigadores nacionales, una cifra record. Como resultado, muchos países ponen en marcha progra-

mas de movilidad de recursos humanos para que las empresas accedan a nuevos conocimientos mediante la contratación de investigadores científicos procedentes de centros públicos de investigación y de las universidades.

Por su parte, las empresas, que son los principales agentes del proceso de innovación, perciben que la realización de actividades innovadoras constituye una fuente inagotable de ventajas competitivas y, por ello, desarrollan estrategias proactivas hacia la innovación y explotan su potencial innovador desplegando todos sus recursos y capacidades tecnológicas. De esta forma aprovechan los conocimientos tecnológicos que tienen a su disposición para introducir periódicamente nuevos productos en el mercado y mejorar de continuo los procesos de producción. El éxito de estos procesos de obtención de innovaciones depende, en gran medida, de la capacidad que tenga la empresa para gestionar el conocimiento disponible, así como de las prácticas de recursos humanos que empleen [13]. En este sentido, se ha demostrado que la capacidad innovadora de las empresas está estrechamente relacionada con su habilidad para aprovechar los conocimientos que ya posee [47], pero también con su destreza para combinarlos con otros procedentes del exterior [54]. Por tanto, es verosímil suponer que la movilidad de los recursos humanos del sistema público de I+D representa una opción que permite a las empresas acceder a nuevos conocimientos y mejorar la explotación de aquellos con los que ya cuenta.

En este estudio se analiza empíricamente este supuesto, ya que la hipótesis de que esta movilidad incide positivamente sobre los *inputs* (esfuerzo innovador) y los *outputs* (nuevos productos) del proceso innovador se sustenta sobre sólidos argumentos y evidencias empíricas aportadas por la literatura académica. Los conocimientos de los recursos humanos procedentes de los centros públicos de investigación ofrecen nuevas oportunidades que estimulan el esfuerzo innovador empresarial [3] y, al combinarse con los conocimientos que la empresa ya posee, crean oportunidades para desarrollar nuevos productos [16, 54] que en muchos casos resultan en una innovación radical [21, 56]. Asimismo, se ha demostrado que el impacto comercial de los resultados de las investigaciones realizadas por investigadores científicos del sector público es superior al de las realizadas por investigadores del sector privado [21], y que el volumen de los conocimientos científicos producidos en instituciones públicas supera al producido en los depar-

tamentos de I+D empresariales [21]. También se ha señalado que tanto el ámbito de las aplicaciones como el valor social de la investigación pública son superiores al de la investigación realizada en el sector privado [2]. En este sentido, el *stock* de conocimientos producidos por los investigadores científicos en las universidades y en los centros públicos de investigación repercute positivamente en el crecimiento económico [1, 29] y en la productividad de la industria [1, 45].

A pesar de que la corriente mayoritaria en la literatura asume que la movilidad produce efectos positivos en el proceso innovador, algunos autores rebaten los argumentos anteriores y cuestionan la eficacia que tiene este tipo de movilidad para incentivar el esfuerzo innovador y mejorar los resultados innovadores de las empresas. El razonamiento con el que justifican sus críticas se basa en la idea de que la integración de los conocimientos aportados por los investigadores científicos en el *stock* de conocimientos que ya posee la empresa no es automática y en que, además, esta integración puede tener efectos negativos sobre el proceso innovador debido a la complejidad y elevada dimensión tácita de estos conocimientos y a los numerosos factores que pueden dificultar su incorporación y transferencia dentro de la empresa [36]. En este sentido, la asimilación de conocimientos depende en forma decisiva de la capacidad de absorción que desarrolle previamente la empresa [15] y de cómo entorpezca o facilite la comunicación entre los científicos [48]. Al mismo tiempo, dentro de la organización pueden surgir resistencias que dificulten la integración de los investigadores científicos y la aceptación de los conocimientos que aportan, posiblemente como consecuencia del conocido síndrome de «Not Invented Here» [34], que se manifiesta por la preferencia hacia los conocimientos desarrollados en la empresa y el rechazo de los conocimientos ajenos.

Otro factor que puede reducir el efecto positivo de la movilidad sobre la innovación empresarial tiene que ver con la diferente naturaleza de ambos conocimientos. En general, la estructura de incentivos a la que responden estos investigadores –evaluación por pares, reconocimiento académico, etc.– estimula una rápida divulgación de los resultados y refuerza el carácter público del conocimiento científico. En contraste, la realización de actividades de I+D en las empresas responde a incentivos económicos y los beneficios que puedan generar dependen, en gran medida, de que los conocimientos que produzcan no sean accesibles a terceros [23].

Las ventajas derivadas de la movilidad de investigadores científicos también pueden cuestionarse desde un plano teórico, por ser inconsistentes con postulados del Enfoque Basado en los Recursos y la Teoría de los Costes de Transacción. En este sentido, el Enfoque Basado en los Recursos predice que las empresas conseguirán y mantendrán en el tiempo una posición de ventaja competitiva solamente si cuentan con recursos valiosos, escasos, insustituibles y difíciles de imitar [9]. Surgen dudas sobre la posibilidad de que los conocimientos que aporten los investigadores desde el sistema público de I+D puedan pasar el filtro de estas cuatro condiciones y contribuir significativamente a mejorar la posición competitiva de la empresa. Hay razones para pensar que estos conocimientos son difíciles de proteger debido a la naturaleza de los incentivos que guían a los investigadores académicos hacia la difusión pública de los resultados de sus investigaciones. No obstante, este problema podría solventarse incurriendo en el coste de establecer unos derechos de propiedad.

Por otra parte, de acuerdo con los postulados de la teoría de los costes de transacción, el acceso a conocimientos científicos a través de la movilidad tiene asociados unos costes de transacción superiores a los de otras formas de acceso. Concretamente, la incorporación de investigadores académicos a las empresas implica tres tipos de costes que tienen su origen en la dificultad para: (a) delimitar el contenido del conocimiento y formalizar su transferencia (costes de naturaleza cognitiva que se deben al componente tácito del conocimiento), (b) definir los derechos de propiedad sobre el conocimiento (debido al carácter intangible, común a todos los activos del conocimiento, y a la propensión de los investigadores públicos a su difusión), y (c) reducir la incertidumbre que rodea el proceso de transacción [7].

El debate sobre la efectividad de la movilidad de los recursos humanos desde el sistema público de I+D plantea la necesidad de estudiar los efectos que tienen sobre la actividad innovadora de la empresa: ¿estimulan el esfuerzo innovador de la empresa (*inputs*) y/o mejoran los resultados innovadores (*outputs*)? Hasta la fecha no se ha analizado el impacto de estas prácticas sobre el proceso de innovación en la empresa aislando los efectos sobre los *inputs* y los *outputs*. Este análisis se justifica por la necesidad de conocer dónde ejercen un mayor efecto los conocimientos que aportan los investigadores académicos cuando se incorporan a la empresa. Con esa finalidad, en la siguiente sección se presentan los argumentos teóricos y los

resultados de los principales trabajos empíricos realizados sobre la relación entre la movilidad de los recursos humanos del sistema público de I+D y la actividad innovadora de las empresas (sección 2). En las siguientes secciones se describen el método, los datos y las variables empleadas para el contraste empírico (sección 3), se discuten los resultados del análisis (sección 4) y se presentan las conclusiones (sección 5).

## ***2. Antecedentes e importancia del estudio de la movilidad***

El éxito del proceso innovador depende, en gran medida, de que la empresa sea capaz de detectar cuáles son sus necesidades de conocimiento, así como de implantar prácticas de gestión del conocimiento que permitan su exploración y explotación. En efecto, el conocimiento es el activo competitivo más crítico que una empresa posee y éste reside en su capital humano [32]. Hoy en día se reconoce que, para lograr culminar con éxito la estrategia de innovación, la verdadera fuente de ventaja competitiva reside, en gran medida, en las personas, por ser ellas las depositarias del conocimiento, la creatividad y la capacidad de transformar la información, las destrezas y las ideas en resultados novedosos. En este contexto, el sistema de recursos humanos que implante una empresa es fundamental para que ésta desarrolle las capacidades necesarias para crear y adquirir nuevo conocimiento y, a su vez, competencias distintivas que puedan ser la base de su éxito.

Por ello, las empresas desarrollan mecanismos orientados a la obtención de nuevo conocimiento, entre los que se encuentra la contratación de investigadores científicos ya formados [4]. Este proceso garantiza que el capital humano contratado no sólo reúne los conocimientos y destrezas, sino que también aporta conocimientos con un valor único y una exclusividad para abordar con éxito el proceso innovador [39]. Por este motivo, es especialmente importante analizar cuál es el rol que desempeñan los recursos humanos procedentes del sistema público de I+D en la transferencia de conocimiento a las empresas que los contratan y, al mismo tiempo, evaluar la contribución del conocimiento científico al desarrollo de la estrategia innovadora de la empresa.

Con esta finalidad, estudios recientes han analizado los efectos de la movilidad de los recursos humanos del sistema público de I+D a las empresas, centrándose esencialmente en dar respuesta a dos cuestiones sustanciales: qué factores influyen en la movilidad de los investigadores científicos y cuál es la relación entre la movilidad y la productividad. En el primer caso, los estudios concluyen que son varios los factores que influyen cuando un investigador científico toma la decisión de marcharse a la empresa: factores relacionados con las características del individuo, entre los que se incluyen el contacto previo con el sector privado [18, 27, 43, 57]; factores relacionados con el contexto social e institucional [11]; factores relacionados con el sistema público de I+D [19, 10] y factores relacionados con las características de la empresa que contrata al investigador [33, 43]. No obstante, no hay una conclusión definitiva respecto a cuál es el factor dominante en el proceso de decisión.

Por otro lado, el análisis de la relación entre la movilidad y la productividad es más complejo y se ha realizado a nivel del individuo, demostrando que la movilidad depende, en muchos casos, de la productividad científica del investigador. De acuerdo con Zucker *et al.* [57], los investigadores científicos toman más rápidamente la decisión de irse a la empresa si tienen un capital intelectual de alta calidad y si ese capital es relevante para la obtención de resultados innovadores con valor comercial. Por lo tanto, el estudio de estas relaciones presenta problemas metodológicos al detectarse que la movilidad influye en la productividad del individuo y que, a su vez, ésta influye en la movilidad [33, 50, 51].

Los estudios que analizan la movilidad en las empresas son todavía más escasos y se centran en el estudio de lo ocurrido en ciertos sectores industriales, principalmente en el sector biotecnológico [56, 57]. Estos estudios aportan, además, poca evidencia empírica sobre las características de las empresas que participan en la movilidad. Pese a ello, recientemente se ha argumentado que el tamaño de la empresa, la concentración de la actividad innovadora, la cultura innovadora y la localización geográfica son características que pueden influir de forma significativa. También, se ha sugerido que la movilidad puede verse afectada por las condiciones específicas del sector de actividad [18] y que los *outputs* innovadores se obtienen más fácilmente si la movilidad se ha producido hacia una empresa que ya ha desarrollado una cierta capacidad de absorción [19, 20]. No

obstante, aunque algunos estudios señalan que esta movilidad se produce en empresas innovadoras, aún se desconoce qué variables influyen en la propensión de las empresas a incorporar personal del sistema público de I+D y su importancia relativa. Este capítulo pretende, por ello, determinar en qué medida las características estructurales de la empresa, su comportamiento innovador previo y los factores del entorno geográfico y competitivo determinan el hecho de que una empresa decida incorporar personal del sistema público de I+D.

En cuanto al efecto de la movilidad en las empresas, aunque se asume que ésta pueda producir efectos positivos sobre la actividad innovadora, el supuesto debe contrastarse empíricamente. Estudios recientes sólo concluyen que la contratación de investigadores científicos puede tener efectos en la gestión de la I+D, las prácticas de recursos humanos y la coordinación entre el área de I+D y otras áreas funcionales de la empresa [20, 55]. Sin embargo, sorprende que todavía no se hayan analizado empíricamente los efectos de la movilidad en el proceso innovador. Se ha argumentado que el progreso científico puede estimular directa o indirectamente el esfuerzo privado en I+D y la obtención de resultados innovadores, y que los recursos humanos, desde el sistema público de I+D, pueden contribuir en este proceso de distintas maneras.

En cuanto al esfuerzo innovador, la literatura reconoce que la contratación de investigadores académicos aumenta el *stock* de conocimiento científico de las empresas y las acerca a los más recientes avances tecnológicos, permitiéndoles conseguir ventaja competitiva. El hecho de tener acceso a conocimientos complementarios a los que ya posee representa para la empresa un estímulo para la explotación y aplicación de ese nuevo conocimiento [25]. Sin embargo, si se busca obtener beneficios de esta situación, la empresa debe crear una cierta capacidad de absorción para que este conocimiento pueda ser entendido, modificado y asimilado en su interior y acabe desarrollando productos y procesos innovadores [15]. Además, es importante tener en cuenta que esta capacidad de absorción es sostenible si la empresa realiza inversiones continuas en I+D [3]. El rol de los investigadores científicos en este proceso es importante, porque aumentan el *stock* de conocimientos de la empresa y porque orientan las decisiones de inversión en I+D. Por tanto, este estudio pretende contrastar la idea de que la movilidad de los recursos humanos desde el sistema público de I+D a las empresas influye en el esfuerzo innovador.

Adicionalmente, el conocimiento que aportan los investigadores académicos facilita que la empresa obtenga resultados innovadores. Se ha comprobado que, gracias al conocimiento que posee el personal altamente cualificado, es posible superar ciertas dificultades que surgen en el desarrollo de una nueva tecnología o en la absorción de la que ya existe. Atributos como la motivación intrínseca del personal en I+D [5, 44], la posesión de un estilo cognitivo [46] o la experiencia [49] están positivamente relacionados con la obtención de resultados innovadores. Estudios recientes señalan que el valor comercial de los resultados de las investigaciones realizadas por investigadores académicos es superior al de las realizadas por investigadores del sector privado [21] y que tiene mayor probabilidad de producir innovaciones radicales [26, 35]. Como resultado también es importante determinar si la movilidad de los recursos humanos desde el sistema público de I+D a las empresas influye en los resultados innovadores.

Como se observa, en este capítulo se distingue entre *inputs* y *outputs* del proceso innovador. En la mayoría de las investigaciones empíricas realizadas en el ámbito de la economía y la gestión de la innovación se utilizan indistintamente *inputs* y *outputs* como medidas de la innovación [17]. Auja *et al.* [3] llevan a cabo una revisión de los estudios que hacen explícita la diferencia entre estos dos indicadores. El problema de los *inputs* es una cuestión de incentivos y recursos de apoyo a la investigación, mientras que el problema de los *outputs* está relacionado con la productividad de la investigación y los factores que determinan el nivel de resultados. Este estudio adopta explícitamente la diferencia entre esfuerzo y resultados para contrastar empíricamente las ideas expuestas anteriormente de manera que pueda determinarse si la movilidad del personal del sistema público de I+D incide en el *stock* de conocimiento en la empresa (*input*) y mejora su posición competitiva (*output*).

### **3. Metodología, variables y datos**

En este estudio se ha aplicado un método de emparejamiento no paramétrico llamado «Propensity Score Matching», que compara, específicamente, los *inputs* y *outputs* del proceso innovador de aquellas empresas que incorporaron personal del sistema público de I+D (estado factual) con los resultados que podrían haber alcanzado si no lo hubiesen hecho



(estado contrafactual). Dado que una empresa  $i$  no puede ser observada simultáneamente cuando contrata y cuando no contrata estos recursos humanos, el estado contrafactual se convierte en el problema de investigación y se estima con información procedente de un grupo de control formado por empresas que no contrataron personal del sistema público de I+D, pero que tenían igual propensión a hacerlo. El método ofrece dos tipos de análisis: por un lado, estima y analiza la propensión de las empresas a contratar personal procedente del sistema público de I+D y, por otro, estima el efecto causal de esta movilidad sobre la actividad innovadora de las empresas. En este último caso, la cifra neta del efecto corresponde a la diferencia de medias entre el valor de una variable  $Y_i$ , que representa la actividad innovadora de las empresas que contrataron estos recursos humanos y el valor de esta misma variable, que representa la actividad innovadora del grupo de control. Dehejia y Wahba [24] realizan una descripción minuciosa de esta metodología y Herrera *et al.* [31] describen su uso aplicado al caso de la movilidad del personal del sistema público de I+D a las empresas.

Para el análisis de los factores que influyen en la propensión de las empresas a contratar personal del sistema público de I+D, se han seleccionado variables a partir de estudios que analizan la movilidad de los investigadores académicos en las empresas [18, 19, 20, 33, 55] y el comportamiento innovador [14]. Así, se incluyeron variables representativas del *tamaño* de la empresa, su *edad* y la *participación de capital extranjero* como indicadores de la habilidad para obtener recursos. Siguiendo la tipología introducida por la OCDE, el estudio clasificó las empresas en sectores de alta, media y baja tecnología para controlar diferencias sectoriales en cuanto al nivel de acumulación de la tecnología. El análisis incluyó también un indicador de la *localización* de la empresa, para comprobar si la proximidad a una gran concentración de infraestructuras de soporte a la innovación influye en la propensión de las empresas a participar en esta movilidad, y se diferenció entre empresas localizadas en regiones centrales del sistema nacional de innovación (Cataluña, País Vasco y Madrid) y empresas localizadas en regiones periféricas. El estudio también incluyó dos indicadores del comportamiento innovador de la empresa: el *grado de organización de las actividades de I+D* y los *gastos en I+D*. Por último, debido a la ampliamente aceptada relación entre el mercado y los incentivos para innovar, se consideraron variables representativas del entorno competitivo como la influencia

del *mercado principal*, la *concentración del mercado* y el *nivel de internacionalización* de la empresa.

Para el análisis del efecto de la movilidad, el estudio incluyó distintos indicadores de la actividad innovadora con el objetivo de estimar el efecto de la contratación de recursos humanos desde el sistema público de I+D en los *inputs* y *outputs* del proceso innovador de las empresas. Para la medida de los *inputs* del proceso, el estudio incluyó la *intensidad en I+D* de las empresas (gasto en I+D/ventas por cien) como un indicador que refleja su esfuerzo innovador y el grado de compromiso que la empresa tiene con las actividades de I+D. También se tuvo en cuenta la distribución de los gastos en I+D que las empresas realizan y se construyó un indicador de la intensidad en I+D interna y externa para conocer la influencia de los recursos humanos desde el sistema público en la estrategia de obtención del conocimiento en las fases tempranas del proceso innovador. El primer indicador incluye información sobre todas las actividades realizadas en el interior de la empresa para la generación de tecnología, y el segundo, información sobre la adquisición externa de tecnología. Esta última ha adquirido importancia debido a la necesidad de contar con fuentes externas de conocimiento y la posibilidad que tienen las empresas de beneficiarse de economías de escala desde organizaciones externas dedicadas a la investigación [12].

Así mismo, el estudio incluyó la *propensión a patentar* (patentes/número de empleados por cien) como una medida del *output* innovador. De acuerdo con Czarnitzki y Licht [22], a pesar de las limitaciones asociadas a este indicador, la propensión a patentar es una medida más cercana en el tiempo a la realización de proyectos de I+D que las ventas de nuevos productos o la reducción de costes alcanzadas por la aplicación de nuevos procesos.

Todas las variables anteriormente descritas se construyeron con datos procedentes de la *Encuesta sobre Estrategias Empresariales* que elabora la Fundación SEPI. La encuesta recoge anualmente información sobre el comportamiento estratégico de cerca de 3.000 empresas con más de 10 empleados. Desde 1998, la encuesta recoge datos sobre el comportamiento innovador de las empresas, incluyendo información sobre el nivel de formalización de su actividad innovadora, la cooperación tecnológica y las dificultades de financiación de la I+D. Adicionalmente se incluye información que indica si la empresa incorporó personal procedente del sistema público de I+D.

El estudio utilizó datos que cubren el periodo 1999-2001 y estimó el efecto de la movilidad sobre la actividad innovadora de las empresas el mismo año en que se produjo la movilidad (2000) y el año siguiente (2001). Se asume que la variable que indica si la empresa participó o no en la movilidad en 2000 viene determinada por variables exógenas con retardo, es decir, por sus valores correspondientes a 1999 para reducir problemas de endogenidad. Con el fin de identificar las empresas que participaron en la movilidad, la variable tomó el valor de 1 si la empresa había incorporado personal del sistema público de I+D en 2000 y 0 en el caso contrario<sup>1</sup>. Aunque la encuesta recoge información inédita sobre la actividad innovadora y las políticas de innovación, sólo indica si la empresa incorporó o no este personal y no recoge información sobre las circunstancias o programas que facilitaron la movilidad ni el nivel de formación del personal.

La muestra cuenta con un total de 495 empresas que contestaron a la encuesta los tres años. Un total de 35 empresas incorporaron personal del sistema público de I+D. Aunque la encuesta tiene una muestra representativa de empresas del sector industrial, el escaso número de empresas que incorporaron estos recursos humanos refleja su baja participación o interés en la movilidad. Finalmente, para la estimación del efecto, el estudio utilizó sólo 70 empresas (35 empresas que incorporaron personal del sistema público de I+D y 35 empresas en el grupo de control). Las empresas en el grupo de control se eligieron con un criterio de proximidad o emparejamiento, de manera que toda empresa que incorporó estos recursos humanos tenía una empresa gemela en el grupo de control que no incorporó estos recursos humanos, pero tenía igual propensión a hacerlo<sup>2</sup>.

## 4. Resultados

La tabla 3.1 muestra los resultados de un modelo *probit* y los efectos marginales obtenidos en el análisis de las variables que influyen en

**Nota 1.** En la Encuesta sobre Estrategias Empresariales, se pregunta de manera explícita a la empresa si reclutó personal con experiencia profesional en el sistema público de I+D.

**Nota 2.** Los métodos de emparejamiento como el empleado aquí comparan unidades expuestas a un tratamiento con unidades de un grupo de control que son lo más similares posibles en términos de sus características observables. Debido a que el emparejamiento entre unidades que difieren en muchas características es por lo general inviable, estos métodos resumen las características de cada unidad en una variable escalar o propensity score para hacer el emparejamiento más factible. En este estudio tal variable es definida como la propensión de una empresa a incorporar personal del sistema público de I+D.

la propensión a incorporar recursos humanos del sistema público de I+D. Los resultados muestran que el tamaño de la empresa, la pertenencia a un sector de alta y media tecnología, y el tener un alto grado de organización de la actividad innovadora influyen positiva y significativamente en la propensión a incorporar estos recursos humanos. Se cumple, por tanto, el primer supuesto de la investigación y se aporta evidencia empírica de la importancia relativa de estas variables. En este último caso la estimación de los efectos marginales revela que un cambio en las variables sector de alta tecnología y grado de organización de la actividad innovadora podría, ceteris paribus, aumentar la propensión a incorporar estos recursos humanos en casi 3 y 2 puntos porcentuales respectivamente. Un cambio en el tamaño de la empresa, ceteris paribus, sólo produciría un aumento de 1 punto porcentual.

> **Tabla 3.1.** Factores que influyen en la propensión de las empresas a incorporar personal del sistema público de I+D

VARIABLES†	Coef.	E.M.
Tamaño	0,24 ***	0,01 ***
Edad	-0,01	
Sector de alta tecnología	0,55 **	0,03 **
Sector de media tecnología	0,35 *	0,01 *
Región	-0,13	
% de participación de capital extranjero	-0,01	
Grado de organización de las actividades de I+D	0,37 **	0,02 *
Gastos en I+D	-2,24	
Mercado en crecimiento	0,04	
Concentración del mercado	0,11	
Propensión a exportar	-0,01	
N	495	
Número de empresas beneficiarias de la movilidad	35	
Núm. de empresas no-beneficiarias de la movilidad	460	
Log Likelihood	-137,05	
Pseudo R <sup>2</sup>	0,15	
Correctamente clasificados	97,97%	

† Todas las variables tienen un retardo temporal de un año.

E.M. = Efectos marginales.

\*\*\* significativo al 1%; \*\* significativo al 5%; \* significativo al 10%.

Fuente: elaboración propia y Herrera et al [31].

Empresas en sectores de alta tecnología concentran casi el 60% de la actividad innovadora de las empresas españolas. Como resultado, estas empresas tienen una mayor propensión a buscar distintas fuentes de conocimiento e incorporan personal del sistema público de I+D para reforzar una línea de investigación existente o aumentar su número de actividades innovadoras. Estos resultados también coinciden con los obtenidos en el estudio de Hoils [33], que demuestra que la concentración de la actividad innovadora y el ambiente inventivo son algunos de los principales determinantes de la movilidad.

Por otro lado, la influencia positiva de la variable que mide el nivel de organización de las actividades de I+D (p.e., si la empresa cumple, al menos, algunas de las siguientes condiciones: tiene un departamento de I+D, tiene un plan para sus actividades de I+D o elabora indicadores de I+D) confirma el resultado del trabajo de Cruz-Castro y Sanz-Menéndez [20]: la asimilación del conocimiento que transfieren los investigadores académicos depende críticamente de la capacidad de absorción que tiene la empresa y, sin ella, la empresa no podrá obtener beneficios económicos del conocimiento científico. Asimismo, el grado de organización de las actividades de I+D en la empresa facilita la interacción entre los investigadores académicos y los ingenieros del departamento de I+D a la hora de compartir conocimiento, experiencias y perspectivas en una atmósfera útil para la transferencia de conocimiento [28].

Respecto a la influencia positiva del tamaño, el resultado puede sorprender si tenemos en cuenta que algunos estudios señalan que la movilidad se produce, por lo general, en el marco de un programa de apoyo a la innovación, orientado hacia pequeñas empresas. El resultado podría encontrar explicación en estudios que analizan la contratación y que indican que la mayoría de las pequeñas empresas adoptan prácticas informales de contratación, recurriendo a referencias o a una red de contactos en lugar de hacer uso de prácticas más formales e impersonales, tales como agencias de empleo, programas de prácticas en empresas o programas públicos de I+D [53]. Una de las principales razones por la que las empresas pequeñas eligen las prácticas informales es la falta de financiación [40] y de prácticas de recursos humanos ampliamente desarrolladas, lo que supone una menor propensión a usar y tomar ventaja de sofisticados programas de selección y contratación [8, 30, 52].

El análisis del perfil de las empresas que incorporan personal del sistema público de I+D tiene importantes implicaciones para quienes

diseñan la política de innovación. La movilidad en el caso que se estudia no estimuló el inicio de las actividades de I+D en la empresa por primera vez. El estudio demuestra que las empresas no innovadoras no incorporan estos recursos humanos y que, por tanto, éstos no contribuyen a ampliar el número de empresas innovadoras en la economía.

En la segunda parte del análisis, dirigida a estimar el efecto de la movilidad<sup>3</sup>, los resultados de la investigación muestran que, en el año en que se produce la movilidad, las empresas aumentaron su intensidad en I+D total en 2,544<sup>4</sup> puntos porcentuales respecto a las que no contrataron estos recursos humanos (ver tabla 3.2, columna 4). Adicionalmente, el estudio encontró que ese año la movilidad había aumentado significativamente la intensidad en I+D interna y externa, siendo la primera la que presentó un mayor efecto. Como resultado, las empresas decidieron aumentar la complementariedad entre estas dos fuentes de tecnología. Aunque a partir de la literatura se deduce que la disponibilidad de tecnología externa podría reducir las inversiones en I+D interna y, en consecuencia, la ventaja competitiva de las empresas, estudios recientes proveen argumentos hacia el beneficio de la complementariedad entre estas dos variables. Es posible capitalizar esta complementariedad si se cuenta con una cierta capacidad de absorción. El estudio, por tanto, confirma el supuesto de que la movilidad de los recursos humanos desde el sistema público de I+D a las empresas influye en el esfuerzo innovador. Con respecto al efecto sobre la propensión a patentar, los resultados muestran que en el año en que se produce la movilidad, esta propensión no presentó cambios significativos, debido, probablemente, a que el trabajador se estaba familiarizando con las rutinas organizativas y con las actividades de I+D propias de la empresa.

Los resultados también mostraron que la movilidad tiene, simultáneamente, efectos en los *inputs-outputs* un año después. Estos efectos resultaron positivos y significativos sólo sobre la intensidad en

**Nota 3.** Para comprobar la calidad del emparejamiento entre el grupo de empresas que incorporaron personal del sistema público de I+D y las empresas en el grupo de control se emplearon dos pruebas estadísticas (la prueba t de student para el contraste de igualdad de medias entre variables continuas y la prueba de Fisher para el contraste en variables dicotómicas), que no encontraron diferencias significativas en la propensión a incorporar estos recursos humanos y en las variables de control. Como resultado, las empresas en estos dos grupos se parecían en el conjunto de características observables, excepto en los *inputs* y *outputs* del proceso innovador (ver [31]).

**Nota 4.** Note el lector que el efecto causal de la movilidad sobre la variable de interés (columna 4 en la tabla 3.2) se estima como una diferencia entre el valor medio de esta variable en el grupo de empresas que incorporaron personal del sistema público de I+D (grupo experimental) y su valor medio en el grupo de control. La movilidad tiene un impacto positivo sobre la variable de interés si el efecto causal es significativamente mayor a cero.

I+D interna y la propensión a patentar. Al parecer, la contratación del personal del sistema público de I+D estimula a las empresas a mantener las inversiones en generación interna de tecnología frente a la adquisición externa.

> **Tabla 3.2.** Efecto promedio de la movilidad de los recursos humanos del sistema público de I+D a las empresas

	Empresas beneficiarias de la movilidad (medias)	Empresas no beneficiarias de la movilidad (medias)	Efecto causal (puntos porcentuales)	Bootstrap Error estándar	Número de emparejamientos
<b>&gt; Periodo t</b>					
Intensidad en I+D externa	1,095	0,179	0,916***	2,517	35
Intensidad en I+D interna	2,304	0,666	1,638***	2,219	35
Intensidad en I+D total	3,399	0,845	2,554***	2,865	35
Propensión a patentar	0,005	0,000	0,005	1,354	35
<b>&gt; Periodo t+1</b>					
Intensidad en I+D externa	0,533	0,118	0,415	0,357	35
Intensidad en I+D interna	1,797	0,409	1,388***	2,481	35
Intensidad en I+D total	2,330	0,527	1,803	1,238	35
Propensión a patentar	0,477	0,000	0,478**	1,909	35

\*\*\* significativo al 1 %; \*\* significativo al 5 %.

Fuente: elaboración propia y Herrera et al [31].

En cuanto a la propensión a patentar, los resultados obtenidos confirman, por un lado, que es necesario cierto periodo de tiempo para que los beneficios de la movilidad sean visibles y, por otro, que el aumento de esta propensión debe ser analizado teniendo en cuenta el perfil de empresas beneficiarias de la movilidad. Respecto al último, el estudio ha demostrado que las empresas que participaron en la movilidad eran empresas en los sectores de alta y media tecnología.

En España estos sectores son muy dinámicos y, por tanto, estaríamos ante empresas cuya propensión a patentar es alta, incluso en el corto plazo. Por lo anterior, determinar con exactitud el periodo de tiempo en el que los resultados de la movilidad se hacen visibles debe hacerse controlando variables como el sector de actividad e, incluso, el tamaño de la empresa.

## ***5. Conclusiones e implicaciones para la política de innovación***

Este capítulo ha analizado el efecto de la incorporación de personal del sistema público de I+D en el proceso innovador de las empresas que los acogen. La motivación reside en la premisa de que la movilidad de estos recursos humanos facilita la transferencia de conocimiento previamente desarrollado y acumulado en el sistema público de I+D. Por este motivo, el estudio de este tipo de movilidad tiene la clara intención de mejorar el entendimiento sobre cómo fluye y es explotado el conocimiento científico por otros agentes en el sistema de innovación.

Los resultados obtenidos confirman que los conocimientos que aportan estos recursos humanos inciden positivamente tanto en los *inputs* como en los *outputs* del proceso innovador. El hecho de que las empresas tengan acceso a conocimientos complementarios a los que ya poseen representa un estímulo para la explotación y aplicación de ese nuevo conocimiento. Las empresas, según muestra este estudio, aumentaron de manera continuada sus inversiones en actividades de I+D interna. Como resultado de estas inversiones, las empresas crean nuevo conocimiento único y valioso. El estudio también muestra que los efectos de la movilidad se produjeron en grandes empresas pertenecientes a los sectores de alta y media tecnología, y con un alto grado de organización de su actividad innovadora. Se ha confirmado, además, que la asimilación del conocimiento que el personal del sistema público de I+D transfiere depende, de forma decisiva, de la capacidad de absorción que tenga la empresa. En general, los resultados del estudio resaltan el papel crítico que desempeñan estos recursos humanos y su conocimiento científico en la actividad innovadora de las empresas y proveen implicaciones prácticas para las empresas y la política de innovación.



La movilidad permite a las empresas obtener conocimiento potencialmente valioso. No obstante, para que las empresas consigan aprovechar este conocimiento deben contar con cierta capacidad de absorción [15, 19, 20], un hecho que confirman los resultados obtenidos en esta investigación. Estudios recientes señalan que esta capacidad puede ser mejorada si las empresas ponen en marcha prácticas de recursos humanos que mejoren su capacidad para asimilar, compartir y aplicar nuevo conocimiento [13]. El conocimiento científico se caracteriza por su complejidad y su elevada dimensión tácita y, por ello, la gestión de los recursos humanos es un elemento clave para integrar el conocimiento científico al *stock* de conocimiento de la empresa y para obtener beneficios económicos.

La transferencia e integración del conocimiento no es un proceso automático y puede venir acompañado de resistencias en la organización que dificulten la integración de los investigadores y la aceptación del conocimiento que estos aportan [34, 36]. Tal y como muestra el estudio, los efectos de la movilidad en los *outputs* comienzan a manifestarse transcurrido un periodo de tiempo después de la incorporación de los investigadores, cuestión que deben tener en cuenta los directivos para no buscar un rendimiento positivo a corto plazo cuando contratan personal del sistema público de I+D. Conseguir que el conocimiento científico se convierta en específico y sea una fuente de ventaja competitiva para las empresas es un proceso cuyo resultado sólo será visible en el largo plazo, por lo que la decisión de contratar personal del sistema público de I+D debe ser considerada como una decisión estratégica.

La adquisición del conocimiento a través de la movilidad de personal procedente del sistema público de I+D otorga claramente a las empresas un beneficio adicional. La incorporación de personal con conocimientos científicos permite a las empresas reducir la inevitable incertidumbre asociada a la adquisición correcta de cualquier factor estratégico [6]. En el caso de los recursos humanos, esta incertidumbre se manifiesta en la dificultad de conocer con antelación si el rendimiento del individuo, una vez seleccionado, se corresponderá con el esperado [37], es decir, si el nuevo conocimiento científico adquirido tendrá efectos positivos en la actividad innovadora de la empresa. En esta línea, hay un amplio número de estudios que muestran la contribución de los recursos humanos altamente cualificados al proceso innovador [38]. Los investigadores públicos han recibido

formación y entrenamiento en el sistema público de I+D y son conscientes de la visibilidad de sus resultados, la cual puede influir en la movilidad. Las habilidades de estos investigadores y la visibilidad de su productividad podrían ser de utilidad para la empresa, de ahí que, cuanto mejor conozca el empleador las habilidades disponibles por los candidatos potenciales, mejor informadas estarán sus decisiones de selección y, consecuentemente, menor será la incertidumbre con respecto al acierto de la elección [42].

Los resultados del estudio también aportan evidencia del efecto de las relaciones entre agentes del sistema de innovación. A pesar de que la literatura reconoce ampliamente que el proceso más importante que tiene lugar en un sistema de innovación es el aprendizaje, que sólo pueden llevar a cabo las personas [41], son pocos los estudios que analizan la contribución de los recursos humanos del sistema público de I+D al SI y a la dinámica industrial. Sin embargo, aunque el estudio demuestra que la contribución de los investigadores públicos al proceso innovador de las empresas es positiva, no todas las empresas están obteniendo ventajas de esta movilidad.

Es de interés para quienes diseñan la política conocer que la incorporación de personal del sistema público de I+D se produce en grandes empresas en sectores de alta y media tecnología. Como resultado, los aspectos más tradicionales de la actividad innovadora podrían ser fortalecidos en detrimento de la adquisición de una cierta diversidad tecnológica en los sectores productivos. Adicionalmente, la continua movilidad de estos recursos humanos hacia empresas innovadoras podría ampliar y profundizar sus actividades de I+D, aunque no se conseguiría utilizar estos recursos humanos para incrementar el número de nuevas empresas que deciden adoptar una estrategia de innovación por primera vez.

La utilidad de este conocimiento científico al progreso económico y al cambio tecnológico está ampliamente documentada. Las Administraciones Públicas están interesadas en la movilidad del personal del sistema público de I+D para que las empresas puedan acceder a este conocimiento. No obstante, muchos de los programas de apoyo a la movilidad del personal científico a las empresas desconocen cómo ocurre la interacción entre el sector público y privado de I+D. Futuras líneas de investigación podrían dirigirse a establecer el impacto de la movilidad en aspectos más amplios de la actividad innovadora de las empresas, más allá de las actividades de I+D. Resulta determinante co-

nocer cómo obtienen ventaja las empresas del conocimiento científico, en especial en el grado de novedad de las innovaciones y los retornos económicos. Adicionalmente, hay que tener en cuenta en futuras investigaciones que los investigadores públicos no sólo transmiten conocimiento, sino también nuevas habilidades y prácticas organizativas. Como resultado, podría ser importante para las empresas y para quienes diseñan la política obtener información sobre los factores que influyen en el proceso de integración del conocimiento científico al stock de conocimiento y las rutinas organizativas de la empresa. Ya que el subsistema de recursos humanos es un elemento diferenciador de los sistemas de innovación, la realización de futuros estudios comparativos entre países sobre la efectividad de la movilidad podría contribuir a mejorar el diseño de las políticas tecnológicas y analizar los flujos de conocimiento científico en la economía global.

Por último, cabe señalar que las conclusiones deben ser interpretadas con precaución, ya que el estudio presenta una serie de limitaciones respecto a la calidad de los datos utilizados y el periodo de tiempo bajo análisis. Las encuestas españolas disponibles para analizar estos supuestos no ofrecen información sobre las condiciones en las que la movilidad tiene lugar ni en el nivel de formación del personal del sistema público de I+D. El acceso a información primaria procedente de empresas o de los programas de movilidad y potenciación de recursos humanos podría mejorar el conocimiento sobre las aportaciones del personal científico a la estrategia innovadora de las empresas y la economía, así como las barreras de acceso a estos programas. Asimismo, conviene que el acceso a esta información sea continuo para ampliar el horizonte temporal de la investigación y así conocer el efecto de la movilidad en la transformación de los sectores productivos.

## Referencias

- [1] Adams, J. D. (1990): «Fundamental stocks of knowledge and productivity growth», *Journal of Political Economy*, 98, pp. 673-702.
- [2] Agrawal, A.; Henderson, R. (2002): «Putting patents in context: Exploring knowledge transfer from MIT», *Management Science*, 48 (1), pp. 44-60.
- [3] Ahuja, G.; Lampert, C. M.; Tandon, V. (2008): «Moving beyond Schumpeter: Management research on the determinants of technological innovation», *The Academy of Management Annals*, 2 (1), pp. 1-98.

- [4] Almeida, P.; Dokko, G.; Rosenkopf, L. (2003): «Startup size and the mechanisms of external learning: increasing opportunity and decreasing ability?», *Research Policy*, 32 (2), pp. 301-315.
- [5] Amabile, T. M. (1988): «A model of creativity and innovation in organizations», *Research in Organizational Behaviour*, 10, pp. 23-167.
- [6] Amit, R.; Schoemaker, P. (1993): «Strategic assets and organizational rent?», *Strategic Management Journal*, 14 (1), pp. 33-46.
- [7] Arora, A.; Gambardella, A. (2008): «Ideas for rent: an overview of markets for technology», *DIME Working Papers on Intellectual Property Rights*, 83, (June).
- [8] Barber, A. E.; Wesson, M. J.; Roberson, Q. M.; Taylor, M. S. (1999): «A tale of two job markets: Organizational size and its effects on hiring practices and job search behavior», *Personnel Psychology*, 52 (4), pp. 841-867.
- [9] Barney, J. B. (2001): «Is the resource-based 'view' a useful perspective for strategic management research? Yes», *Academy of Management Review*, 26 (1), pp. 41-56.
- [10] Bozeman, B.; Gaughan, M. (2007): «Impacts of grants and contracts on academic researchers' interactions with industry», *Research Policy*, 36 (5), pp. 694-707.
- [11] Breschi, S.; Lissoni, F. (2001): «Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey», *Industrial and Corporate Change*, 10 (4), pp. 975-1.005.
- [12] Chadee, D. D.; Pang, B. (2008): «Technology strategy and performance: a study of information technology service providers from selected Asian countries», *Service Business*, 2 (2), pp. 109-126.
- [13] Chen, C.-J.; Huang, J.-W. (2009): «Strategic human resource practices and innovation performance -The mediating role of knowledge management capacity», *Journal of Business Research*, 62 (1), pp. 104-114.
- [14] Cohen, W. (1995): «Empirical studies of innovation activity», en Stoneman, P. (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and the Technological Change*, pp. 182-264, Blackwell, Oxford.
- [15] Cohen, W.; Levinthal, D. A. (1990): «Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation», *Administrative Science Quarterly*, 35 (1), pp. 128-152.
- [16] Cohen, W.; Nelson, R.; Walsh, J. (2002): «Links and impacts: The influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, 48 (1), pp. 1-23.
- [17] Cohen, W.; Levin, R. C. (1989): «Empirical studies of innovation and market structure», en Schmalensee, R.; Willig, R. D. (eds.), *Handbook of Industrial Organization*, pp. 1.059-1.107, North-Holland, Nueva York.
- [18] Crespi, G. A.; Geuna, A.; Nesta, L. (2007): «The mobility of university inventors in Europe», *Journal of Technology Transfer*, 32 (3), pp. 195-215.
- [19] Cruz-Castro, L.; Sanz-Menéndez, L. (2005a): «The employment of PhDs in firms: trajectories, mobility and innovation», *Research Evaluation*, 14(1), pp. 57-69.

- [20] Cruz-Castro, L.; Sanz-Menéndez, L. (2005b): «Bringing science and technology human resources back in the Spanish Ramon y Cajal programme», *Science and Public Policy*, 32 (1), pp. 39-53.
- [21] Czarnitzki, D.; Hussinger, K.; Schneider, C. (2008): «Commercializing academic research: The quality of faculty patenting», *ZEW Discussion Paper*, 08-069, Centre for European Economic Research, Mannheim (Alemania).
- [22] Czarnitzki, D.; Licht, G. (2006): «Additionality of public R&D grants in a transition economy», *Economics of Transition*, 14 (1), pp. 101-131.
- [23] Dasgupta, P.; David, P. (1994): «Toward a new economics of science», *Research Policy*, 23 (5), pp. 487-521.
- [24] Dehejia, R.; Wahba, S. (2002): «Propensity score matching methods for non-experimental causal studies», *Review of Economics and Statistics*, 84 (1), pp. 151-161.
- [25] Dosi, G. (1982): «Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change», *Research Policy*, 11 (3), pp. 147-162.
- [26] Freeman, C. (1992): «Innovation, changes of techno-economic paradigm and biological analogies in economics», en Freeman, C. (ed.), *The Economics of Hope: Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, pp. 121-142, Pinter, Londres y Nueva York.
- [27] Gaughan, M.; Robin, S. (2004): «National science training policy and early scientific careers in France and the United States», *Research Policy*, 33 (4), pp. 569-581.
- [28] Gold, A. H.; Malhotra, A.; Segars, A. H. (2001): «Knowledge management: An organizational capabilities perspective», *Journal of Management Information Systems*, 18 (1), pp. 185-214.
- [29] Griliches, Z. (1984): *R&D, Patents, and Productivity*, University of Chicago Press, Chicago.
- [30] Heneman III, H. G.; Berkley, R. A. (1999): «Applicant attraction practices and outcomes among small businesses», *Journal of Small Business Management*, 37 (1), pp. 53-74.
- [31] Herrera, L.; Muñoz-Doyague, M.; Nieto, M. (2009): «The mobility of public researchers. Scientific knowledge transfer, and the firm's innovation process», *Journal of Business Research*, 63, pp. 510-518.
- [32] Hitt, M. A.; Bierman, L.; Shimizu, K.; 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 (1), pp. 13-28.
- [33] Hoisl, K. (2007): «Tracing mobile inventors – The causality between inventor mobility and inventor productivity», *Research Policy*, 36 (5), pp. 619-636.
- [34] Katz, R.; Allen, T. J. (1982): «Investigating the not Invented Here (NIH) syndrome: A look at the performance, tenure and communication patterns of 50 R&D project groups», *R&D Management*, 12 (1), pp. 7-19.
- [35] Kaufmann, A.; Tödtling, F. (2001): «Science-industry interaction in the

- process of innovation: the importance of boundary-crossing between systems», *Research Policy*, 30 (5), pp. 791-804.
- [36] Kessler, E. H.; Bierly, P. E.; Gopalakrishnan, S. (2000): «Internal vs. external learning in new product development: effects on speed, costs and competitive advantage», *R&D Management*, 30 (3), pp. 213-224.
- [37] Koch, M. J.; McGrath, R. G. (1996): «Improving labor productivity: Human resource management policies do matter», *Strategic Management Journal*, 17 (5), pp. 335-354.
- [38] Leede, J.; Looise, J. K. (2005): «Innovation and HRM: Towards an integrated framework», *Creativity and Innovation Management*, 14 (2), pp. 108-117.
- [39] Lepak, D. P.; Snell, S. A. (1999): «The Human resource architecture: Toward a theory of human capital allocation and development», *Academy of Management Review*, 24 (1), pp. 31-48.
- [40] Leung, A. (2003): «Different ties for different needs: Recruitment practices of entrepreneurial firms at different development phases», *Human Resource Management*, 42 (4), pp. 303-320.
- [41] Lundvall, B. (1992): *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter Publisher, Londres.
- [42] Malm, F. T. (1954): «Recruiting patterns of labor markets», *Industrial and Labor Relations Review*, 7 (4), pp. 507-525.
- [43] Mangematin, V. (2000): «PhD job market: Professional trajectories and incentives during the PhD», *Research Policy*, 29 (6), pp. 741-756.
- [44] Muñoz-Doyague, M. F.; González-Álvarez, N.; Nieto, M. (2008): «An examination of individual factors and employees' creativity: the case of Spain», *Creativity Research Journal*, 20, pp. 21-33.
- [45] Pavitt, K. (1991): «What makes basic research economically useful?», *Research Policy*, 20 (2), pp. 109-119.
- [46] Scott; Bruce (1994): «Determinants of innovative behavior: a path model of individual innovation in the work place», *Academy of Management Journal*, 37 (3), pp. 580-607.
- [47] Subramaniam, M.; Youndt, M. A. (2005): «The influence of intellectual capital on the types of innovative capabilities», *Academy of Management Journal*, 48 (3), pp. 450-63.
- [48] Szulanski, G. (2000): «The process of knowledge transfer: A diachronic analysis of stickiness», *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82 (1), pp. 9-27.
- [49] Tierney, P.; Farmer, S. M.; Graen, G. B. (1999): «An examination of leadership and employee creativity: the relevance of traits and relationships», *Personnel Psychology*, 52 (3), pp. 591-620.
- [50] Trajtenberg, M. (2005): «Recombinant ideas: The mobility of inventors and the productivity of research», *Proceedings of the CEPR Conference*, Munich (mayo), pp. 26-28.
- [51] Trajtenberg, M.; Shiff, G.; Melamed, R. (2006): «The names game: Harnessing inventors' patent data for economic research», *NBER Working Papers*, 12.479, Cambridge, MA.

- [52] Urbano, D.; Yordanova, D. (2008): «Determinants of the adoption of HRM practices in tourism SMEs in Spain: an exploratory study», *Service Business*, 2 (3), pp. 167-185.
- [53] Van Auken, H. E. (2005): «A Model of Small Firm Capital Acquisition Decisions», *The International Entrepreneurship and Management Journal*, 1 (3), pp. 335-352.
- [54] Yli-Renko, H.; Autio, E.; Sapienza, H. J. (2001): «Social capital, knowledge acquisition, and knowledge exploitation in young technology-based firms», *Strategic Management Journal*, 22 (6/7), pp. 587-613.
- [55] Zellner, C. (2003): «The economic effects of basic research: Evidence for embodied knowledge transfer via scientists' migration», *Research Policy*, 32 (10), pp. 1.881-1.895.
- [56] Zucker, L.; Darby, M. R.; Brewer, M. B. (1998): «Intellectual human capital and the birth of U.S. biotechnology enterprises», *American Economic Review*, 88 (1), pp. 290-306.
- [57] Zucker, L.; Darby, M. R.; Torero, M. (2002): «Labor mobility from academe to commerce», *Journal of Labor Economics*, 20 (3), pp. 629-660.





# *Grupos de investigación, integración social y actividad investigadora*

> **Jesús Rey Rocha Y M. José Martín Sempere**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología

(IEDCYT-CCHS)

## ***1. Introducción***

La productividad de los científicos y, en general, el conjunto de su actividad investigadora, están influenciadas por un amplio espectro de factores individuales y contextuales. Entre estos últimos se encuentran las características de los grupos o equipos de investigación a los que pertenecen<sup>1</sup>.

Dada la relevancia que el trabajo en equipo ha adquirido en la ciencia contemporánea, el estudio de la identidad social de los científicos es de gran importancia para comprender los distintos aspectos relacionados con su actividad investigadora y su rendimiento, y para apoyar las decisiones de política científica relacionadas con la

**Nota 1.** No existe un consenso sobre la definición de grupo y equipo de trabajo, de modo que ambos conceptos se usan frecuentemente como sinónimos. Existen diferentes aproximaciones, desde distintas áreas del conocimiento, que tienen en consideración factores diversos [50, 54]. En el presente trabajo, lejos de profundizar en este debate, hablaremos indistintamente de grupos o equipos de investigación, entendiendo por tales un conjunto de dos o más personas que desarrollan su actividad científica en la misma unidad (departamento, laboratorio, etc.), con líneas de investigación, objetivos e intereses científicos comunes, que comparten tareas y recursos, publican conjuntamente de forma habitual y disponen de una cierta autonomía económica y de decisión.

organización estructural y funcional de la investigación. El grupo constituye el entorno inmediato para el investigador, el nicho en el que desarrolla su actividad. Podemos considerar que dicho entorno viene delimitado por las características del propio grupo (dimensión social) y por el grado de integración de los científicos en el seno del mismo (dimensión psicosocial). Numerosos autores coinciden en señalar que los procesos de socialización se producen fundamentalmente en el ámbito de los grupos o equipos, más que en el contexto más general de las organizaciones, y que la socialización grupal tiene mayor influencia que la organizativa en la conducta de la mayor parte de los trabajadores [42]. El ámbito de las organizaciones científicas no es ajeno a esta dinámica. Por lo tanto, las características de los grupos de investigación, así como los procesos de socialización que se producen en su seno, desempeñan un papel clave como determinantes de la actividad científica e investigadora de sus componentes.

Como veremos a continuación, existen numerosos estudios sobre el modo en que las características de los grupos de investigación, tales como su tamaño, antigüedad, nivel de cohesión y estabilidad, entre otras, afectan a los hábitos de trabajo de los investigadores, su rendimiento y su productividad individual. Por otro lado, factores como la integración social, la comunicación, la situación de los individuos en el seno de su grupo, el tipo de relaciones intragrupales que mantienen y su grado de integración en el seno del grupo y con sus colegas influyen también en el rendimiento investigador de los científicos.

El presente capítulo explora en qué medida la actividad investigadora, el rendimiento y el prestigio de los científicos, están influenciados por su contexto grupal, determinado por el nivel de consolidación de los grupos de investigación y el nivel de integración de los individuos en el seno de los mismos. Nuestro objetivo es averiguar si los investigadores que han alcanzado las mayores cotas de consolidación grupal y de integración social en el seno de sus grupos tienen un mejor rendimiento, son más productivos y gozan de mayor prestigio científico que sus colegas que no han alcanzado este nivel.

El estudio se ciñe al colectivo concreto de investigadores del área de Biología y Biomedicina del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)<sup>2</sup>. El CSIC es un organismo suficientemente

**Nota 2.** El CSIC es el mayor organismo público de investigación en España. A diferencia de los *research councils* existentes en otros países, no actúa como agencia financiadora de la investigación, sino que tiene como tarea fundamental

representativo de la investigación que se realiza en España, y sus investigadores constituyen un universo homogéneo y perfectamente delimitado, diferenciado de otros colectivos de científicos, como pueden ser los pertenecientes a los ámbitos universitario, hospitalario o empresarial. El área de Biología y Biomedicina es una de las más competitivas de este organismo público de investigación, como demuestran las cifras relativas a la consecución de proyectos financiados, productividad y visibilidad internacional, entre otras. A finales del año 2008 representaba casi un 20% del total de los recursos presupuestarios del CSIC. Biología y Biomedicina, al igual que otros campos de investigación experimental, impone a los investigadores un intenso régimen de trabajo y coexistencia en el laboratorio [16, 18], de modo que la integración del individuo en el seno del grupo y su cohesión con el resto de sus colegas son de primordial importancia.

Los resultados obtenidos indican que un elevado nivel de consolidación de los grupos de investigación y de integración de los investigadores en el seno de los mismos son factores que pueden contribuir a crear un clima social favorable para su rendimiento y productividad individual. Los investigadores que desarrollan su actividad inmersos en un clima social caracterizado por estos factores participaron en un mayor número de contratos y proyectos de investigación nacionales y dirigieron más tesis doctorales que el resto de sus colegas. Asimismo, fueron más productivos, como refleja el mayor número de artículos publicados en revistas internacionales de impacto y de patentes obtenidas.

Antes de adentrarnos en la descripción del estudio, revisaremos la literatura existente sobre los efectos de distintos factores contextuales sobre la actividad investigadora y el rendimiento individual de los científicos. A continuación, presentaremos una panorámica sucinta del contexto en el que se desarrolla la actividad de los investigadores y los grupos de investigación en España, y más concretamente en el CSIC. Posteriormente detallaremos la metodología empleada y mostraremos los principales resultados obtenidos. Finalmente destacaremos las principales conclusiones y algunas implicaciones para la gestión de la investigación y las políticas de Ciencia y Tecnología.

## ***2. Efectos colectivos sobre la actividad investigadora y el rendimiento individual de los científicos***

Existen en la literatura numerosos trabajos que analizan los efectos de los atributos sociales y organizativos sobre la actividad investigadora de los científicos y su rendimiento individual. No debe confundirse éste con el rendimiento grupal, ya que los resultados a escala colectiva pueden ser distintos de los referidos a los investigadores como individuos.

No es nuestra intención hacer aquí una exploración exhaustiva de los estudios y hallazgos en este sentido, sino revisar brevemente los principales factores implicados. Pueden encontrarse revisiones más completas en la literatura disponible [17, 20, 33, 48, 49, 57].

A finales de los años setenta, el volumen colectivo publicado por UNESCO [2] incorpora una serie de artículos en los que se revisan los diferentes factores sociales y organizativos que pueden estar relacionados con el rendimiento de las unidades de investigación y de sus miembros. Factores agrupados en las siguientes categorías: actividades de I+D, métodos de investigación, intercambios y contactos científicos con otras unidades, métodos de evaluación, planificación del trabajo y elección de temas de investigación, disponibilidad de recursos, pautas y niveles de influencia, de supervisión, de remuneración y de promoción, ambiente de trabajo, y diversas variables demográficas como la edad, experiencia, tamaño de la plantilla, renovación de personal, sector institucional y disciplina científica.

El contexto organizativo, como factor que puede inducir efectos colectivos sobre la actividad y rendimiento individuales de los investigadores, ha sido estudiado por diversos autores [20, 33]. A escala macro, el contexto organizativo viene delimitado por las características del país, de la comunidad científica y del campo o disciplina científica considerados [17, 24, 46], así como por la naturaleza académica o no académica y el carácter público o privado del contexto institucional [6, 17, 20, 28, 29, 32], entre otros aspectos. Igualmente importantes son, en este ámbito, las prácticas de organización y gestión de la investigación en el seno de la institución [6, 45], el grado de libertad organizativa [20, 24], el prestigio de la unidad o institución a la que pertenece el científico [1, 6, 12, 14, 20, 32], el grado de selectividad y concentración de los recursos [27, 57, 60, 61] y el tamaño de las unidades o grupos de investigación.

Este último factor es quizás el que mayor atención ha despertado entre los estudiosos del tema [3, 6, 9, 10, 11, 17, 27, 28, 29, 30, 36, 52, 53, 57]. Otro factor que puede inducir efectos colectivos es la edad de los equipos, es decir, su mayor o menor antigüedad o longevidad [4, 11, 52].

En otro orden de cosas, el grado de integración social, caracterizado a través de factores como la estabilidad, cohesión y sinergia del grupo, pueden determinar la actividad investigadora y el rendimiento de los científicos [52]. Numerosos estudios sugieren que las normas grupales pueden tener una influencia más decisiva sobre la productividad individual que el conocimiento, las habilidades y las aptitudes que los individuos aportan al ámbito de trabajo, y que la identidad grupal puede tener una mayor influencia sobre la productividad que las condiciones laborales [23].

Hasta aquí hemos visto distintas características grupales que pueden influir en la actividad de los investigadores. No obstante, como señalan numerosos investigadores de la dinámica de grupos, el estudio de las características individuales y del comportamiento de los componentes de los grupos es tan importante como el examen de los propios grupos a la hora de comprender la naturaleza de la dinámica de estos [59].

Las características individuales de los componentes del grupo pueden asimismo tener efectos colectivos sobre la actividad investigadora de los científicos. Entre ellas, la estructura del grupo, determinada por la combinación de individuos de diferentes categorías profesionales y edades [4, 6, 17]. El mayor o menor rendimiento de los colegas del equipo puede también determinar la productividad individual [36]. Un caso particular es el efecto producido por la presencia en el grupo de «científicos estrella» [13, 17].

Una noción central común a las teorías de la identidad social y de la autocategorización es que la conducta de los individuos se ve transformada cualitativamente por su definición de sí mismos en términos de su pertenencia al grupo [56]. La integración social, que refleja «la atracción hacia el grupo, la satisfacción con otros miembros del mismo, y la interacción social entre sus componentes» [44], ha sido objeto de análisis desde distintas disciplinas interesadas en la dinámica de grupos, pero ha recibido escasa atención por parte de los estudiosos de la actividad científica e investigadora, más interesados por las observaciones a escala meso y macro. No obstante, gran parte

del conocimiento conceptual y empírico obtenido de la investigación sobre grupos en ámbitos como gestión, deportes o psicología, puede aplicarse al estudio de los investigadores y sus grupos.

Numerosos autores han asociado la integración social con aspectos como la productividad y la eficacia [25], la moral y la satisfacción de los componentes de los equipos y la eficacia en la coordinación de las tareas [38, 44], la calidad en la resolución de problemas [35] y el éxito en la consecución de objetivos [51].

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la integración social y la cohesión son propiedades dinámicas. La situación de los individuos dentro de su grupo, el tipo de relaciones intragrupales que mantienen y su grado de integración en el seno del grupo y con sus colegas cambian a lo largo del tiempo, pasando por distintas etapas o estadios en el transcurso de la historia de los grupos y de los individuos [5, 39, 40, 41, 55]. Worchel y colaboradores [58, 59] han propuesto un modelo de formación y desarrollo de los grupos, analizando en qué medida el proceso afecta a las conductas individuales, interpersonales e intergrupales.

### **2.1. El contexto de los grupos de investigación en España y en el CSIC**

En España persiste un problema estructural que afecta a la formación y consolidación de los grupos de investigación en el sistema nacional de ciencia y tecnología. La necesidad de promoción individualizada y la ausencia de incentivos para la creación de grupos mayores o fuertemente relacionados entre sí tienden a favorecer su fragmentación, evitando que alcancen el tamaño suficiente y la masa crítica necesaria [7, 8]. Un aspecto no menos importante es el relativo a la estabilidad y consolidación de los investigadores pertenecientes a estos grupos. España, además de disponer de un reducido número de investigadores en relación con otros países de la Unión Europea, cuenta con un sistema de ciencia y tecnología en el que los jóvenes investigadores encuentran múltiples dificultades para el desarrollo de una carrera de investigación, lo que retrasa la posibilidad de establecer y consolidar nuevos grupos y líneas de investigación en los que aplicar la formación y experiencia adquiridas durante su formación pre y postdoctoral [7, 22, 31, 43].

En el CSIC, el departamento ha constituido tradicionalmente la principal unidad estructural dentro de sus centros e institutos. Sin embargo, las unidades funcionales para los investigadores y el

resto del personal ligado a la investigación son, de hecho, los grupos de investigación. De tal modo que, como ocurre en muchos otros organismos de investigación [42], el proceso de socialización organizativa ocurre principalmente dentro de los grupos. La dinámica de la investigación en el CSIC se enmarca en un sistema caracterizado por la libertad de cátedra (en el sentido de libertad de creación intelectual) y por un esquema de financiación de la investigación basado casi exclusivamente en fuentes externas y en la capacidad de captación de recursos por parte de los grupos de investigación [19]. Sistema cuyo modelo organizativo ha sido definido por López Facal [34] como «fundamentado en una federación de institutos y de éstos en una federación de grupos de investigación», en el que los investigadores tienen una amplia capacidad para elegir sus propias líneas de investigación, para autorregular la organización de su trabajo y para asociarse funcionalmente en grupos.

En este contexto organizativo se enmarca la actividad de los grupos durante el periodo aquí analizado, que cubre el quinquenio 1998-2002. Periodo previo a la transformación del CSIC en agencia estatal y al establecimiento de sus planes de actuación 2006-2009 y 2010-2013, los cuales plantean una serie de acciones de gestión que conciernen directamente a los grupos de investigación. Entre ellas, la consigna a los investigadores para que generen las sinergias oportunas para agruparse en torno a líneas de investigación, definidas como elementos verticales destinados a agrupar diferentes investigadores, grupos de investigación y recursos, en base a una coherencia temática.

### **3. Metodología**

El método utilizado en el presente estudio consiste en la combinación de una encuesta al personal científico-investigador del CSIC, y un análisis del contenido de sus *curricula vitae*. La encuesta se realizó mediante un cuestionario digital accesible a través de Internet, durante los meses de marzo a junio de 2003. Se preguntó a los investigadores acerca de distintos aspectos de su actividad científica e investigadora, relativa al período 1998-2002. Además de los datos personales y profesionales de los encuestados, se recabó información relativa al nivel de consolidación del grupo de investigación al que pertenecían, a su nivel de integración en dicho grupo y al número de

colaboraciones mantenidas durante el periodo analizado. Asimismo, se solicitó a los investigadores que adjuntaran su *curriculum vitae* junto con la encuesta.

### 3.1. Universo objeto de estudio

El universo objeto de estudio está constituido por el personal científico-investigador del CSIC. Está compuesto por un total de 2.161 investigadores activos en los distintos centros, institutos y unidades de investigación del CSIC, a fecha de diciembre de 2002. Se encuestó a la totalidad del universo, sin realizar ningún tipo de muestreo, obteniéndose una tasa de respuesta global del 34,1%.

Se analizan aquí los datos correspondientes a la población de 357 investigadores adscritos al área de Biología y Biomedicina del CSIC<sup>3</sup>. Se obtuvieron un total de 123 cuestionarios debidamente cumplimentados (tasa de respuesta del 34,5%). Por su parte, 113 de los encuestados adjuntaron su *curriculum vitae* con información completa correspondiente al periodo analizado. La tasa de respuesta es ligeramente superior entre las mujeres (38,2%) que entre los hombres (32,8%) y desciende ligeramente con la edad (32-40 años: 38,6%; 41-50 años: 35,5%; >50 años: 31,3%). Asimismo, es más reducida en el caso de la categoría profesional más alta (profesores de investigación: 26%; investigadores científicos: 36,8%, científicos titulares: 36,5%).

### 3.2. Variables

Se han analizado las siguientes variables o indicadores<sup>4</sup>:

a) *Indicadores de actividad científica, rendimiento y prestigio.*

Tomando como fuente de información la encuesta (en el caso de las colaboraciones) y el *curriculum vitae* de los investigadores (para el resto), se obtuvieron los siguientes indicadores de:

1. Actividad investigadora: participaciones en contratos y proyectos de I+D financiados.
2. Colaboración científica: colaboraciones de los investigadores con otros grupos de investigación de instituciones públicas o privadas.

**Nota 3.** En 2002, el área de Biología y Biomedicina empleaba al 36,5% de todos los recursos humanos del CSIC y al 20,6% de todo el personal investigador del organismo, en un total de 20 centros, institutos y unidades de investigación [15].

**Nota 4.** Para una descripción más exhaustiva de las variables, puede consultarse Rey Rocha et al. [48, 49] y Martín Sempere et al. [37].



3. Productividad científica y tecnológica: artículos en revistas con factor de impacto (FI) recogidas en el *Journal Citation Reports* (JCR) del *ISI Web of Knowledge*, artículos en revistas no recogidas en el JCR, libros y capítulos de libros, patentes y modelos de utilidad concedidos, contribuciones en congresos nacionales e internacionales y otras publicaciones (informes, etc.)
4. Impacto: FI medio de las publicaciones, FI medio de los autores y FI máximo de los autores.
5. Actividad formativa: número de tesis doctorales dirigidas.
6. Prestigio: pertenencia a comités editoriales o actividades de revisión para revistas internacionales, participación en la evaluación de proyectos y programas de I+D internacionales y premios científicos recibidos<sup>5</sup>.

b) *Variables contextuales o grupales:*

1. Percepción de los investigadores sobre el nivel de consolidación del grupo al que pertenecen<sup>6</sup>.
2. Percepción de los investigadores sobre su nivel de integración en dicho grupo<sup>7</sup>.
3. Nivel de consolidación e integración (NCI), calculado como la combinación de las dos variables anteriores. Comprende tres categorías, que describiremos más adelante, en el apartado dedicado a los resultados.

c) *Variables individuales:*

1. Edad.
2. Antigüedad o experiencia profesional, determinada mediante el tiempo transcurrido desde la obtención del grado de doctor<sup>8</sup>.

**Nota 5.** Todos ellos son considerados indicadores de eminencia y prestigio científico por distintos autores (véase, por ejemplo, Long y McGinnis [33] y Prpić [47]).

**Nota 6.** El equipo o grupo de investigación se concibe aquí del mismo modo que en los estudios psicosociales, es decir, como un esquema cognitivo existente en la mente de los individuos, de modo que la pertenencia al grupo es el resultado de una elección individual, más que de una asignación [58, 59]. Así pues, se solicitó a los encuestados que se adscribieran a una de las siguientes categorías: a) pertenecientes a grupos consolidados; b) pertenecientes a grupos no consolidados, que se encuentran en proceso de desarrollo y consolidación; y c) no pertenecientes a ningún grupo en particular, ya sea porque trabajan con diferentes equipos dependiendo del proyecto, o bien porque habitualmente trabajan solos.

**Nota 7.** Se solicitó a los encuestados que señalaran en qué estadio grupal consideraban encontrarse, utilizando éste como un indicador de su nivel de integración en el seno del grupo. Hemos utilizado la escala propuesta por Worchel y colaboradores [58, 59], constituida por una serie de estadios que describen el proceso de formación y desarrollo del grupo. En Rey Rocha et al. [49] puede encontrarse una descripción de las principales características de cada uno de estos estadios.

**Nota 8.** Se definieron tres grupos de científicos, a partir de los correspondientes percentiles: a) científicos de menor experiencia o *júnior*, b) científicos de experiencia intermedia, y c) científicos de mayor experiencia o *sénior*.

3. Trayectoria profesional previa, incluyendo la antigüedad como investigadores de plantilla del CSIC, y la procedencia (desde España o desde el extranjero) en el momento de su incorporación<sup>9</sup>.

## 4. Resultados

La tabla 4.1 muestra la distribución de los investigadores encuestados en función del nivel de consolidación del grupo al que pertenecen y del estadio grupal en que se encuentran. Casi tres cuartas partes (73,2%) se consideran componentes de un grupo consolidado, mientras que los pertenecientes a equipos en proceso de desarrollo y consolidación suponen el 25%. Por otra parte, más de la mitad de los investigadores encuestados (54,5%) consideran que su situación en el seno de su equipo de investigación se corresponde con el estadio de productividad grupal, el cual constituye el de mayor integración del individuo en el seno del grupo. A su vez, el estadio de identificación grupal, que representa el comienzo de la integración del individuo en el grupo, engloba a una cuarta parte (25,2%) de los científicos encuestados. Finalmente, el 12,2% consideran encontrarse en el estadio de declive y desintegración grupal<sup>10</sup>.

La combinación de ambos factores (nivel de consolidación y estadio grupal) a través del Nivel de Consolidación e Integración (NCI), sitúa a cerca de la mitad de los investigadores encuestados (48,8%) como individuos «totalmente consolidados e integrados» (TCI), por cuanto se consideran miembros de un grupo consolidado y se identifican con el estadio de productividad grupal. Por otro lado, cerca de un tercio (30,1%) se encuentran «en proceso de consolidación e integración» (PCI), bien porque se sienten en estadio de identificación grupal (independientemente de que su grupo esté o no consolidado) o bien porque, aun hallándose en estadio de productividad grupal, no pertenecen a un equipo consolidado. Finalmente, un 12,2% se encuen-

**Nota 9.** Se registró la fecha en que cada individuo se incorporó a la plantilla del CSIC, y, en el caso de los investigadores que realizaron estancias en el extranjero, el tiempo transcurrido hasta dicha fecha desde su regreso a España. Se consideraron investigadores «recientemente incorporados» aquellos que ingresaron en el CSIC durante el periodo de estudio o en los dos años inmediatamente anteriores (es decir, entre 1996 y 2002, ambos inclusive). Igualmente, se ha denominado «recientemente retornados» a los que se incorporaron al CSIC en el mismo año de su vuelta del extranjero, o en los dos años siguientes.

**Nota 10.** Este estadio engloba los siguientes estadios originalmente propuestos por Worchel et al. [59]: individuación, declive grupal, periodo de descontento y suceso precipitante.

tran «en proceso de declive y desintegración» (DCI), o de «pérdida de consolidación e integración» ya que, independientemente de que se consideren o no miembros de un equipo, y de que éste esté o no consolidado, se incluyen a sí mismos en uno de los estadios de declive y desintegración grupal.

> **Tabla 4.1.** Distribución de los investigadores de acuerdo con el nivel de consolidación de su grupo y del estadio grupal en que se encuentran

Nivel de consolidación del grupo	Estadio grupal						No contesta		Total	
	IG		PG		DDG					
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>C</b>	<b>10</b>	<b>8,1</b>	<b>60</b>	<b>48,8</b>	12	9,7	8	6,5	90	73,2
<b>NC</b>	<b>20</b>	<b>16,3</b>	<b>7</b>	<b>5,7</b>	2	1,6	2	1,6	31	25,2
<b>NG</b>	1	0,8	0	0	1	0,8	0	0	2	1,6
<b>Total</b>	31	25,2	67	54,5	15	12,2	10	8,1	123	100

% con respecto al tamaño muestral (n=123).

Valores del Nivel de Consolidación e Integración (NCI): Individuos totalmente consolidados e integrados (cifras en negrita); en proceso de consolidación e integración (cifras en negrita y cursiva); en proceso de declive y desintegración (cifras en cursiva).

C: grupo consolidado; NC: grupo no consolidado (en proceso de desarrollo y consolidación); NG: investigadores que no pertenecen a ningún grupo; IG: identificación con el grupo; PG: productividad grupal; DDG: declive y desintegración grupal.

**Fuente:** elaboración propia.

En anteriores artículos [48, 49] aportábamos pruebas empíricas de cómo el nivel de consolidación de los grupos y el nivel de integración de los investigadores en el seno de éstos están correlacionados con distintos aspectos de la actividad investigadora, el rendimiento, la productividad y el prestigio de los científicos. En el caso de la comunidad investigadora del área de Biología y Biomedicina del CSIC, el nivel de consolidación grupal está correlacionado con los indicadores de actividad investigadora y de productividad científica de índole más académica: esta correlación es positiva con el número de artículos publicados en revistas recogidas en el JCR, con la colaboración con otros equipos, con la participación en proyectos de I+D financiados con cargo a convocatorias nacionales y con el prestigio académico, pero negativa con el FI. Por su parte, el nivel de integración de los

investigadores en el seno del grupo al que pertenecen, medido a través de su estadio grupal, muestra una correlación positiva con las actividades e indicadores de carácter más tecnológico o aplicado, como el número de patentes y la colaboración con el sector privado. Ambos factores contextuales muestran una correlación positiva con la actividad de formación de nuevos investigadores a través de la dirección de tesis doctorales.

Analizaremos a continuación el efecto combinado de ambas variables contextuales, a través del NCI. La tabla 4.2 muestra el porcentaje de investigadores que colaboraron con otros grupos de investigación y con empresas o instituciones privadas, así como el número medio de colaboraciones por investigador. En general, los individuos totalmente consolidados e integrados colaboraron más con otros grupos y con empresas o instituciones privadas, en promedio, que el resto de sus colegas, si bien las diferencias no resultan significativas en términos estadísticos<sup>11</sup>. Los valores de los indicadores de actividad, productividad, impacto y prestigio, se encuentran reflejados en la tabla 4.3. Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en: a) el número de participaciones en contratos y proyectos de investigación financiados; b) la productividad científica, medida en número de artículos publicados en revistas recogidas por el JCR; c) la productividad tecnológica, medida en número de patentes concedidas; d) el máximo valor de FI obtenido por cada autor; e) el número de tesis doctorales dirigidas. Los investigadores totalmente consolidados e integrados participaron en más contratos y proyectos nacionales y obtuvieron más patentes que el resto. Asimismo, publicaron más artículos en revistas de impacto y dirigieron el doble de tesis doctorales, en promedio, que sus colegas en proceso de consolidación e integración.

La mayor productividad en términos de artículos en revistas de impacto no está acompañada por un mayor factor de impacto. No se han encontrado diferencias significativas en el FI medio de los artículos y de los autores, si bien los investigadores en proceso de consolidación e integración mostraron valores ligeramente superiores. Los valores máximos de FI alcanzados por estos últimos fueron sig-

**Nota 11.** En el presente trabajo, dado que las variables cuantitativas no se ajustan a una distribución normal, las diferencias entre categorías se han analizado mediante un test no paramétrico, el test de Mann-Whitney. Las relaciones entre variables cualitativas se han analizado mediante el test de Chi-cuadrado, obtenido mediante métodos exactos (test de Monte Carlo). El nivel de confianza es del 95% ( $\alpha < 0,05$ ).

nificativamente mayores que los de aquellos en proceso de declive y desintegración, alcanzando los totalmente consolidados e integrados valores intermedios entre ambos.

Finalmente, los valores obtenidos en los indicadores de prestigio son ligeramente superiores en el caso de los investigadores totalmente consolidados e integrados, si bien no se han encontrado diferencias significativas en ninguno de ellos.

El gráfico 4.1 muestra las relaciones entre el NCI y los indicadores de actividad científica, productividad e impacto<sup>12</sup>. El ángulo agudo que forman con el vector del NCI los vectores de todas las variables (excepto el del FI) indica una elevada correlación con esta variable. Por el contrario, el vector del FI máximo forma un ángulo obtuso, casi ortogonal, con el del NCI, indicando una correlación negativa y baja. El FI máximo es la variable que menos contribuye a las diferencias entre científicos, como indica su baja correlación, en valores absolutos, con el NCI<sup>13</sup>. El número de tesis dirigidas es la variable que mejor discrimina entre investigadores TCI, PCI y DCI, seguida por la productividad en número de artículos en revistas JCR; ambas variables muestran los mayores valores absolutos de correlación con el NCI. Por otra parte, el número de tesis dirigidas, seguido por el FI máximo y por el número de patentes son, en este orden, las variables más significativas en términos de varianza explicada.

El análisis CATPCA indica una fuerte asociación de los investigadores totalmente consolidados e integrados con todos estos indicadores, excepto con el FI máximo. Así pues, un alto nivel de consolidación del grupo y de integración del investigador en su seno, se asocian con una elevada participación en contratos y proyectos de investigación nacionales, con una mayor producción científica y tecnológica (en términos de artículos en revistas JCR y de patentes, respectivamente) y con la dirección de un mayor número de tesis doctorales.

**Nota 12.** La figura muestra el diagrama de saturaciones en las componentes obtenido mediante el análisis de componentes principales para datos categóricos (CATPCA). Se ha utilizado el CATPCA para identificar, resumir y representar las relaciones entre las diferentes variables. En el anexo 1 se explican los fundamentos de este procedimiento estadístico, con el fin de facilitar la interpretación de los resultados por parte de los lectores no familiarizados con él. En el análisis CATPCA se han introducido únicamente aquellas variables que mostraron previamente diferencias estadísticamente significativas entre categorías.

**Nota 13.** Véase el anexo 2.

> **Tabla 4.2.** Indicadores de colaboración, en función del nivel de consolidación e integración de los investigadores

	% investigadores que han colaborado			Promedio de colaboraciones		
	PCI (n=37)	TCI (n=60)	DCI (n=15)	PCI	TCI	DCI
<b>&gt; Colaboraciones con otros grupos de investigación</b>						
Grupos españoles	94,7	96,7	100	2,5±1,8 (0-8) 2	3,5±2,4 (0-10) 3	2,6±1,6 (1-6) 2
Grupos extranjeros (total)	86,8	96,7	93,3	3,0±2,5 (0-9) 2	4,3±4,0 (0-19) 3	3,9±3,1 (0-10) 4
<i>Colaboraciones bilaterales (grupos de países miembros de la Unión Europea)</i>	76,3	78,3	86,7	1,6±1,6 (0-6) 1	2,1±2,2 (0-10) 1	2,1±2,0 (0-7) 1
<i>Colaboraciones bilaterales (grupos de países no miembros de la Unión Europea)</i>	57,9	70,0	46,7	1,0±1,1 (0-4) 1	1,6±1,7 (0-7) 1	1,3±2,3 (0-9) 0
<i>Colaboraciones con grupos multinacionales</i>	31,6	36,7	26,7	0,4±0,6 (0-3) 0	0,7±1,3 (0-8) 0	0,6±1,3 (0-5) 0
<i>Total</i>	100	98,3	100	5,5±3,5 (1-13) 4,5	7,8±5,5 (0-25) 6,5	6,5±3,3 (2-13) 7
<b>&gt; Colaboraciones con empresas o instituciones privadas</b>						
Españolas	28,9	40,0	33,3	0,3±0,6 (0-2) 0	0,6±0,9 (0-3) 0	0,7±1,0 (0-2) 0
Extranjeras	10,5	23,3	6,7	0,1±0,3 (0-1) 0	0,3±0,6 (0-2) 0	0,1±0,2 (0-1) 0
<i>Total</i>	36,8	53,3	33,3	0,4±0,7 (0-3) 0	0,9±1,1 (0-5) 1	0,7±1,1 (0-3) 0

PCI: en proceso de consolidación e integración; TCI: totalmente consolidados e integrados; DCI: en proceso de declive y desintegración.

Descriptivos expresados como «promedio ± desviación típica (intervalo) mediana».

Fuente: elaboración propia.

> **Tabla 4.3.** Indicadores de actividad científica, productividad, impacto y prestigio, en función del nivel de consolidación e integración de los investigadores

	<b>PCI (n=37)</b>	<b>TCI (n=60)</b>	<b>DCI (n=15)</b>
<b>&gt; Participación en contratos y proyectos de I+D financiados</b>			
Total proyectos (*)	5,9±2,4 (2-12) 6	7,9±3,4 (3-17) 7	5,4±2,7 (2-11) 5
<i>Proyectos nacionales (*)</i>	4,6±2,0 (1-9) 4	5,9±2,4 (2-13) 6	4,3±1,7 (2-8) 4
<i>Proyectos internacionales</i>	1,3±1,6 (0-5) 1	2,0±2,2 (0-10) 2	1,1±1,1 (0-3) 1
<b>&gt; Productividad científica y tecnológica</b>			
Total artículos (**)	11,9±9,3 (2-46) 10	17,3±10,5 (1-45) 14	13,5±12,2 (2-40) 9
<i>Artículos en revistas JCR (**)</i>	11,2±8,8 (2-43) 10	16,2±10,2 (1-44) 13,5	13,2±12,1 (2-40) 9
<i>Artículos en revistas no-JCR</i>	0,7±1,1 (0-4) 0	1,0±1,7 (0-9) 0	0,3±0,9 (0-3) 0
Libros y capítulos de libros	1,1±2,0 (0-10) 0	1,3±1,8 (0-8) 1	3,0±5,9 (0-22) 1
Otros documentos	0,1±0,2 (0-1) 0	0,1±0,6 (0-3) 0	0,2±0,8 (0-3) 0
Patentes concedidas (*)	0,2±0,5 (0-2) 0	0,6±1,2 (0-6) 0	0
Contribuciones en congresos	9,9±8,9 (0-38) 8	13,5±13,1 (0-79) 11	9,7±7,4 (0-26) 10
<b>&gt; Impacto</b>			
FI medio de los autores	6,8±3,3 (2,6-15,8) 5,3	5,3±2,7 (1,3-13,9) 5,1	5,1±1,8 (2,4-7,9) 5,3
FI máximo de los autores (***)	14,1±6,7 (3,6-29,5) 13,2	12,7±8,4 (1,8-36,2) 10,5	10,0±6,7 (4,5-30,7) 7,7
FI medio de los artículos (n=1470 artículos)	5,9±4,8 (0,3-29,5) 4,7	5,2±4,4 (0,2-36,2) 3,9	5,2±4,5 (0,4-30,7) 4,0
<b>&gt; Formación de nuevos investigadores</b>			
Tesis doctorales dirigidas (**)	1,0±1,1 (0-4) 1	2,0±1,5 (0-6) 2	1,4±1,4 (0-5) 1
<b>&gt; Prestigio</b>			
Revisor o miembro del comité editorial de revistas internacionales (número de revistas)	2,8±4,5 (0-19) 0	3,8±5,2 (0-19) 2	2,2±2,8 (0-8) 0

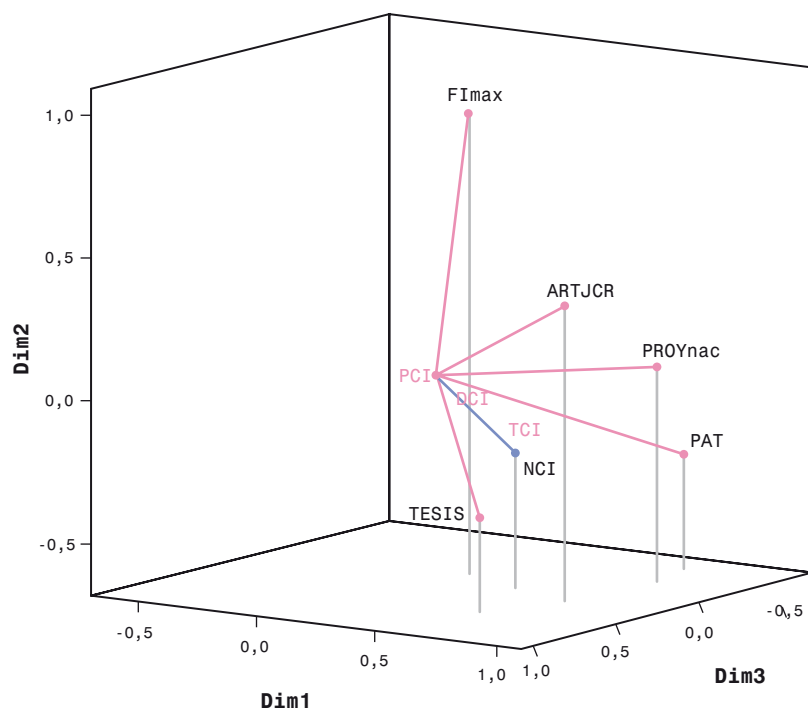
Tabla 4.3. (Continuación)

	PCI (n=37)	TCI (n=60)	DCI (n=15)
Número de actuaciones como evaluador de proyectos de I+D internacionales	0,7±1,6 (0-8) 0	1,1±2,1 (0-9) 0	0,5±1,0 (0-3) 0
Premios científicos recibidos	0,4±0,8 (0-3) 0	1,2±1,9 (0-7) 0	1,2±1,9 (0-6) 0

Diferencias significativas, test Mann-Whitney ( $\alpha < 0,05$ ): (\*) TCI > (PCI=DCI) (\*\*) TCI > PCI (\*\*\*) PCI > DCI. **PCI**: en proceso de consolidación e integración; **TCI**: totalmente consolidados e integrados; **DCI**: en proceso de declive y desintegración. Descriptivos expresados como «promedio ± desviación típica (intervalo) mediana».

Fuente: elaboración propia.

> **Gráfico 4.1.** Relaciones entre el nivel de consolidación e integración de los investigadores (NCI) y los indicadores de su actividad, productividad e impacto



NCI: Nivel de Consolidación e Integración; PCI: en proceso de consolidación e integración; TCI: totalmente consolidados e integrados; DCI: en proceso de declive y desintegración. FImax: FI máximo de cada autor; ARTJCR: número de artículos publicados en revistas del JCR; PROYnac: participaciones en contratos y proyectos de I+D nacionales; TESIS: tesis doctorales dirigidas.

Resumen del modelo: véase el anexo 2.

Fuente: elaboración propia.



Analizaremos a continuación el modo en que las variables individuales (edad, antigüedad o experiencia profesional y trayectoria profesional) se relacionan con las variables contextuales y con las variables dependientes (indicadores de actividad, rendimiento y prestigio científico), para a continuación investigar si desempeñan algún papel modulador del efecto de las variables contextuales sobre estos indicadores.

Las tres variables individuales muestran una correlación significativa tanto con el nivel de consolidación de los grupos [48], como con el nivel de integración de los investigadores [49]. Por un lado, los investigadores pertenecientes a equipos no consolidados son significativamente más jóvenes, en promedio, y han obtenido su doctorado más recientemente que sus colegas de grupos consolidados. La mayoría de ellos son investigadores recientemente incorporados a la plantilla del CSIC, en una proporción significativamente mayor que los de los grupos consolidados. Un elevado número de estos científicos jóvenes recién incorporados a la plantilla del CSIC en un grupo no consolidado procedían de una estancia en el extranjero, finalizada durante el mismo año en que se incorporaron, o en los dos años inmediatamente anteriores. Por otra parte, los investigadores en estadio de identificación con el grupo son significativamente más jóvenes, en promedio, y obtuvieron su doctorado más recientemente que sus colegas en estadio de productividad grupal. Los investigadores en proceso de declive y desintegración grupal muestran valores intermedios en ambos parámetros. Más de dos tercios de los científicos en estadio de identificación grupal son individuos incorporados recientemente a la plantilla del CSIC, la mayoría de ellos inmediatamente después de regresar de una estancia en el extranjero. Por el contrario, la mayoría de los investigadores en los estadios de productividad grupal y de declive y desintegración grupal se incorporaron al CSIC antes de 1996.

El NCI muestra también una relación estadísticamente significativa con la edad y con la experiencia y la trayectoria profesional (tabla 4.4). Los investigadores en proceso de consolidación e integración son significativamente más jóvenes, en promedio, que sus colegas totalmente consolidados e integrados, y obtuvieron su doctorado más recientemente. Los investigadores DCI muestran valores intermedios en ambas variables. Más de dos tercios (68,6%) de los científicos en proceso de consolidación e integración se han incorporado recientemente a la plantilla del CSIC, un 62,5% de ellos inmediatamente des-

pués de su regreso de una estancia en el extranjero. Por el contrario, la mayor parte de los investigadores TCI y DCI se incorporaron a la plantilla del CSIC antes de 1996. El análisis multivariante CATPCA refleja asimismo que la edad, la antigüedad o experiencia profesional, y la trayectoria profesional están altamente correlacionadas entre sí [37].

> **Tabla 4.4.** Distribución de los investigadores en función de su nivel de consolidación e integración, y de su edad, experiencia y trayectoria profesional

	PCI		TCI		DCI	
	n	%	n	%	n	%
<b>&gt; Edad</b> Existe relación $\chi^2$ ( $\alpha < 0,05$ )						
32-40 (n=21)	14	40,0	5	8,9	2	15,4
41-50 (n=57)	17	48,6	32	57,1	6	46,2
> 50 (n=34)	4	11,4	19	33,9	5	38,5
Promedio (*)	42,7±5,7 (34-57) 42		49,2±7,7 (35-67) 48		46,5±6,6 (38-60) 46	
<b>&gt; Antigüedad o experiencia profesional</b> Existe relación $\chi^2$ ( $\alpha < 0,05$ )						
Júnior (n=39)	20	57,1	14	25,0	5	38,5
Intermedios (n=38)	12	34,3	19	33,9	4	30,8
Sénior (n=35)	3	8,6	23	41,1	4	30,8
Promedio (*)	14,7±4,6 (6-26) 14		20,9±7,7 (7-39) 20		18,5±7,2 (9-34) 17	
<b>&gt; Trayectoria profesional</b> Existe relación $\chi^2$ ( $\alpha < 0,05$ )						
RecExt (n=20)	15	42,9	4	7,1	1	7,7
RecNac (n=19)	9	25,7	7	12,5	3	23,1
NoRec (n=73)	11	31,4	45	80,4	9	69,2

(\*) Diferencias significativas, test Mann-Whitney ( $\alpha < 0,05$ ): TCI>PCI

**PCI:** en proceso de consolidación e integración; **TCI:** totalmente consolidados e integrados; **DCI:** en proceso de declive y desintegración.

**RecExt:** investigadores recientemente incorporados a la plantilla del CSIC, tras haber retornado recientemente de una estancia en el extranjero; **RecNac:** investigadores recientemente incorporados a la plantilla del CSIC, procedentes de otro puesto en una institución española; **NoRec:** investigadores incorporados a la plantilla del CSIC con anterioridad a 1996.

Descriptivos expresados como «promedio ± desviación típica (intervalo) mediana».

**Fuente:** elaboración propia.

> **Tabla 4.5.** Indicadores que mostraron diferencias significativas entre investigadores en función de su edad, experiencia y trayectoria profesional

	<b>FIau</b>	<b>FImax</b>	<b>FIar</b>	<b>Tesis</b>
<b>&gt; Edad</b>				
A: 32-40 (n=21)	7,1±2,9 (2,5-11,7) 7,0	16,4±8,5 (3,6-30,7) 14,1	7,2±6,0 (0,36-30,7) 5,8	0,4±0,7 (0-2) 0
B: 41-50 (n=57)	6,0±2,9 (2,0-15,8) 5,6	13,3±7,8 (3,2-36,2) 10,8	5,4±4,3 (0,17-36,2) 4,2	1,9±1,6 (0-6) 1
C: >50 (n=34)	4,1±2,3 (1,0-13,9) 4,3	9,03±6,8 (1,5-29,5) 7,7	4,1±3,5 (0,15-29,5) 3,3	2,1±1,3 (0-5) 2
Diferencias significativas	(A = B) > C	(A = B) > C	A > B > C	(C = B) > A
<b>&gt; Antigüedad o experiencia profesional</b>				
Júnior (n=39)	6,8±3,0 (2,2-12,5) 6,1	15,3±8,8 (3,2-36,2) 14,0	6,8±5,7 (0,31-36,2) 5,6	0,9±1-3 (0-5) 0
Intermedios (n=38)	5,6±2,9 (1,4-15,8) 5,1	12,8±7,8 (1,8-30,1) 11,6	5,4±4,2 (0,17-30,1) 4,1	2,1±1,5 (0-6) 2
Sénior (n=35)	4,4±2,3 (1,0-13,9) 4,4	9,4±6,3 (1,5-29,5) 8,3	4,1±3,3 (0,15-29,5) 3,4	2,1±1,4 (0-5) 2
Diferencias significativas (test de Mann-Whitney, $\alpha < 0,05$ )	(J=I)>S	(J=I)>S	J > I > S	(S=I)>J
<b>&gt; Trayectoria profesional</b>				
RecExt (n=20)	8,0±3,1 (2,56-12,5) 8,0	16,5±7,7 (3,6-30,7) 14,0	7,2±6,0 (0,47-30,7) 5,8	0,4±0,7 (0-2) 0
RecNac (n=19)	5,2±2,6 (2,0-12,0) 4,7	12,5±7,0 (3,8-28,0) 10,8	5,2±4,4 (0,26-28,0) 3,8	0,8±0,8 (0-2) 1
NoRec (n=73)	5,1±2,7 (1,0-15,8) 4,8	11,5±8,1 (1,5-36,2) 9,5	4,9±4,1 (0,15-36,2) 3,8	2,3±1,4 (0-6) 2
Diferencias significativas (test de Mann-Whitney, $\alpha < 0,05$ )	RecExt > (RecNac=NoRec)	RecExt > NoRec	RecExt > (RecNac=NoRec)	Porec > (RecNac=RecExt)

**FIau:** FI medio de los autores; **FImax:** FI máximo de los autores; **FIar:** factor de impacto medio de los artículos. **RecExt:** investigadores recientemente incorporados a la plantilla del CSIC, tras haber retornado recientemente de una estancia en un laboratorio extranjero; **RecNac:** investigadores recientemente incorporados a la plantilla del CSIC, procedentes de otro puesto en una institución española; **NoRec:** investigadores incorporados a la plantilla del CSIC con anterioridad a 1996.

Descriptivos expresados como «promedio ± desviación típica (intervalo) mediana».

**Fuente:** elaboración propia.

Por otra parte, el análisis bivariante de las relaciones de las variables individuales con los indicadores de actividad científica, rendimiento y prestigio, muestra que únicamente el FI y el número de tesis doctorales dirigidas están relacionados con dichas variables (tabla 4.5). Los científicos *sénior* y los de mayor edad obtuvieron valores de FI más bajos que el resto de sus colegas. Por otra parte, los *júnior* y los más jóvenes dirigieron menos tesis doctorales durante el quinquenio estudiado. Por lo que respecta a su trayectoria profesional, los investigadores incorporados recientemente a la plantilla del CSIC tras retornar de una estancia en el extranjero mostraron mayores valores de FI, mientras que los que se incorporaron a la plantilla del CSIC antes de 1996 dirigieron un mayor número de tesis doctorales.

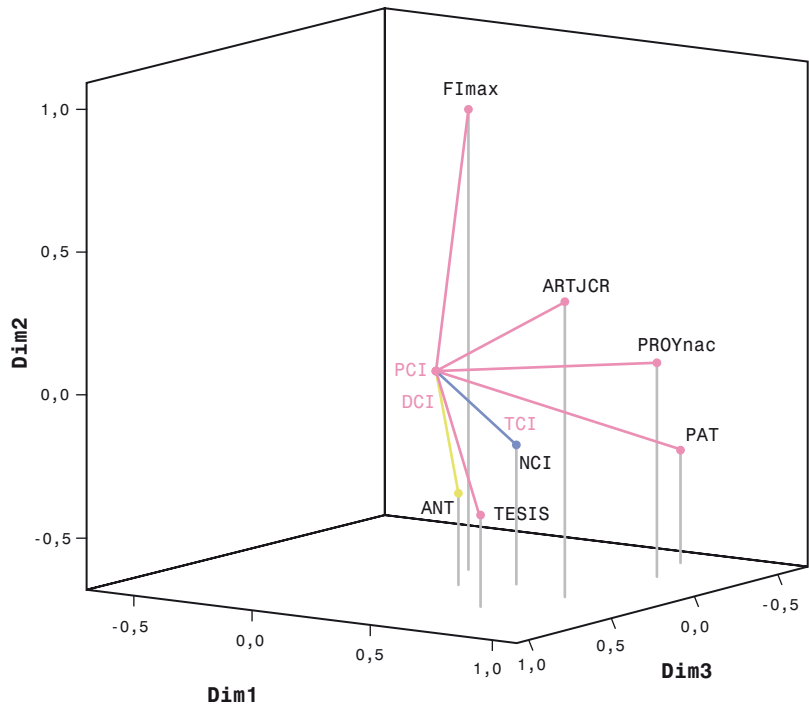
Para determinar si las variables individuales tienen algún efecto sobre la relación de los indicadores de actividad científica, productividad e impacto con el nivel de consolidación e integración de los investigadores, hemos realizado un análisis CATPCA, considerando todas aquellas variables para las que se han encontrado correlaciones significativas. Como hemos visto anteriormente, las tres variables individuales están estrechamente correlacionadas entre sí, y dado que su efecto sobre la relación conjunta es similar, únicamente hemos considerado en el análisis definitivo la antigüedad o experiencia profesional.

El gráfico 4.2 representa los resultados de este análisis, y muestra que las características individuales de los investigadores no afectan a la relación entre el NCI y el resto de las variables. Las correlaciones entre éste y las variables dependientes (número de artículos en revistas JCR, de patentes concedidas, de tesis doctorales dirigidas, de participaciones en proyectos nacionales y FI máximo de los autores) son similares a las que se encontraron en el análisis anterior (gráfico 4.1) en el que no se incluía la experiencia profesional como variable predictiva. El efecto de esta variable se produce en la misma dirección que el del NCI.

La relación inversa entre el FI máximo de los autores y el NCI está determinada en gran medida por la experiencia y la trayectoria profesional de los investigadores. Los valores más elevados de FI máximo que presentan los investigadores en proceso de consolidación e integración se deben fundamentalmente a la trayectoria de los científicos *júnior* que se incorporaron recientemente a la plantilla del CSIC tras retornar de una estancia en el extranjero (individuos que

son más numerosos entre los científicos en proceso de consolidación e integración, como muestra la tabla 4.4).

> **Gráfico 4.2.** Relaciones entre el nivel de consolidación e integración de los investigadores (NCI), su experiencia profesional y los indicadores de su actividad, productividad e impacto



**NCI:** Nivel de Consolidación e Integración; **PCI:** en proceso de consolidación e integración; **TCI:** totalmente consolidados e integrados; **DCI:** en proceso de declive y desintegración.

**ANT:** antigüedad o experiencia profesional; **FImax:** FI máximo de cada autor; **ARTJCR:** número de artículos publicados en revistas del JCR; **PROYnac:** participaciones en contratos y proyectos de I+D nacionales; **TESIS:** tesis doctorales dirigidas.

Resumen del modelo: véase el anexo 2.

**Fuente:** elaboración propia.

En resumen, el Nivel de Consolidación e Integración de los investigadores muestra una correlación positiva con el número de tesis doctorales dirigidas por éstos, con su productividad científica y tecnológica, y con su participación en contratos y proyectos de investigación nacionales. El hecho de ser un investigador «totalmente consolidado e integrado» se asocia con una mayor cantidad de tesis doctorales dirigidas, una mayor participación en contratos y proyec-

tos de I+D nacionales, y una mayor productividad científica (artículos JCR) y tecnológica (patentes concedidas). Por el contrario, el NCI tiene una débil correlación con el Factor de Impacto, un indicador que está influenciado por la edad y por la experiencia y la trayectoria profesional. Los valores más elevados de FI correspondieron a investigadores *júnior* recientemente retornados del extranjero y que se incorporaron a un equipo no consolidado, los cuales se encuentran mayoritariamente en proceso de consolidación e integración.

## 5. *Discusión y conclusiones*

Los grupos o equipos de investigación conforman el entorno próximo en el que se desenvuelve el trabajo diario de los científicos. Así pues, el conocimiento y comprensión de las características y dinámicas grupales adquiere una especial importancia. Aspectos como el nivel de consolidación de los grupos y el nivel de integración de los individuos en su seno son, entre otros, factores que determinan un contexto grupal más o menos adecuado para el desarrollo de la actividad investigadora. En el presente capítulo se presenta una prueba empírica de cómo, en una comunidad científica concreta como es el área de Biología y Biomedicina del CSIC, ambos factores repercuten favorablemente en la actividad de los científicos, contribuyendo a aumentar su actividad investigadora, su rendimiento y su productividad.

En un área como Biología y Biomedicina, en la que los requerimientos de dedicación imponen a los científicos una intensa y prolongada convivencia en el laboratorio, el contexto grupal, determinado conjuntamente por el nivel de consolidación de los grupos de investigación y el grado de integración de sus componentes en el seno de los mismos, es determinante en el rendimiento individual de los científicos, por cuanto influye no sólo en el volumen de su actividad investigadora (determinado por el número de proyectos de investigación en los que participan) y de formación de nuevos investigadores (a través de la dirección de tesis doctorales), sino también en su productividad científica y tecnológica (medida a través de los indicadores que se utilizan habitualmente en la evaluación *ex post* de la actividad investigadora de los científicos españoles en éste y otros campos científicos: los artículos científicos en revistas de impacto y las patentes).

Aspecto aparte lo constituye el impacto de las publicaciones, otro de los indicadores fundamentales en la evaluación de la actividad investigadora. El factor de impacto está influenciado en gran medida, en la muestra aquí considerada, por la edad y por la experiencia y trayectoria profesional. Parece que los científicos más jóvenes, que no gozan aún de una posición estable y una reputación como investigadores (la mayoría de los cuales, en nuestra muestra, son individuos recientemente incorporados a la plantilla del CSIC tras finalizar una estancia en un centro de investigación extranjero) se encuentran bajo una mayor presión para publicar en revistas de alto factor de impacto. Como señala Jennings [26], estos investigadores están especialmente obsesionados por incrementar sus cifras de FI, como un medio de mejorar sus posibilidades de promoción. Una vez han alcanzado una posición estable y consolidada, conceden menor importancia al FI que a otros aspectos de su carrera investigadora, como la obtención de fondos para la investigación a través de contratos y proyectos de I+D financiados, la formación de nuevos investigadores, la publicación en revistas de amplia difusión internacional en su disciplina (aun cuando éstas no siempre coincidan con las que tienen un mayor FI) o la obtención de resultados con aplicación práctica y potencialmente patentables.

A la hora de interpretar los resultados del presente estudio y establecer comparaciones con otros, hay que tener presente los siguientes aspectos. En primer lugar, la unidad objeto de estudio es, en este caso, el individuo, de modo que lo que aquí se estudia son los efectos del contexto grupal sobre la actividad y rendimiento de los científicos, no del grupo. Además, hay que tener en cuenta el criterio utilizado para caracterizar a los grupos y determinar su nivel de consolidación, basado en la apreciación personal de los científicos encuestados. Así pues, debe prestarse especial atención si se comparan los resultados aquí obtenidos con los de otros estudios donde la unidad de análisis es el grupo, o donde éste se define y construye sobre la base de la frecuencia de trabajos firmados por dos o más autores, o de la frecuencia de citas cruzadas entre autores.

No hay que olvidar, por otra parte, otras dimensiones contextuales de ámbito más amplio y general, que también tienen un papel determinante en la actividad y rendimiento de los científicos. Nos referimos al contexto geopolítico, social, cultural y económico (nacional y supranacional), al contexto institucional y organizativo al que

pertenece el científico (ámbito académico, empresa, etc.), y al campo o área científica de sus líneas de investigación. Dimensiones que también deben ser cuidadosamente consideradas a la hora de obtener conclusiones y establecer comparaciones, evitando realizar extrapolaciones e inferencias que conduzcan a interpretaciones erróneas de la realidad en la que están inmersos colectivos de investigadores pertenecientes a diferentes contextos.

En el estudio quedan patentes las ventajas competitivas de los equipos de investigación consolidados. Sin embargo, esto no debería conducir a una conclusión simplista y, a nuestro modo de ver, inadecuada, de favorecer a los grupos consolidados por encima de todo. La reflexión más bien está dirigida hacia la necesidad tanto de apoyar a los grupos de investigación consolidados como de potenciar la consolidación de los grupos en vías de desarrollo y los grupos emergentes formados por líderes jóvenes que comienzan su andadura, siempre en el marco de estrategias y políticas basadas en el rigor en la selección de personal y en criterios de calidad científica.

Hemos comprobado, por otro lado, la importancia que tienen el autoconcepto de pertenencia a un grupo y la integración de los científicos en el seno de sus equipos para el conjunto de su actividad investigadora, su rendimiento y su productividad. Estos son aspectos especialmente relevantes que deben tenerse en consideración a la hora de diseñar y poner en marcha estrategias orientadas hacia la concentración de recursos y el fomento de la creación de grandes grupos mediante la convergencia de otros de menor tamaño. Tales estrategias pueden tener efectos potencialmente contraproducentes, derivados del hecho de favorecer alianzas «artificiales», que pueden conducir al establecimiento de asociaciones escasamente cohesivas cuyos miembros tengan un reducido sentimiento de pertenencia al grupo y, por tanto, una escasa percepción de integración grupal. Estas alianzas pueden afectar a factores como las pautas de trabajo, las relaciones intragrupales o los flujos de comunicación y, en definitiva, al rendimiento y productividad de los investigadores y de sus grupos.

Los resultados presentados aquí corroboran la importancia del trabajo en equipo en el ámbito de la investigación científica, entendido éste no ya como dos o más científicos que trabajan conjuntamente en la resolución de un problema, sino como un proceso complejo de interacciones y relaciones personales en un marco contextual determinado.



En consecuencia, los investigadores deberían no sólo procurar trabajar en el marco de una estructura grupal, sino también preocuparse activamente por que su rendimiento se vea mejorado gracias a un mayor desarrollo y consolidación del grupo al que pertenecen, y a una mayor integración personal en el seno del mismo. Estamos convencidos de que en esta era en que la investigación y la producción de conocimiento se basan en gran medida en el trabajo en equipo, las interrelaciones y la intercomunicación, factores como la consolidación de los grupos de investigación y el nivel de integración de sus componentes, son determinantes para la actividad y el rendimiento de los investigadores.

## Referencias

- [1] Allison, P. D.; Long, J. S. (1990): «Departmental effects on scientific productivity», *American Sociological Review*, 55, pp. 469-478.
- [2] Andrews, F. M. (ed.) (1979): *Scientific Productivity: The Effectiveness of Research Groups in Six Countries*, Cambridge University Press, Cambridge; UNESCO, París.
- [3] Bonaccorsi, A.; Daraio, C. (2002): «The organization of science: size, agglomeration and age effects in scientific productivity», SPRU NPRNet Conference, *Rethinking Science Policy*.
- [4] Bonaccorsi, A.; Daraio, C. (2003): «Age effects in scientific productivity. The case of the Italian National Research Council (CNR)», *Scientometrics*, 58 (1), pp. 49-90.
- [5] Budge, S. (1981): «Group cohesiveness revisited», *Group*, 5, pp. 10-18.
- [6] Carayol, N.; Matt, M. (2004): «Does research organization influence academic production? Laboratory level evidence from a large European university», *Research Policy*, 33, pp. 1.081-1.102.
- [7] CICYT, Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (2003): *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007*, 2, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid.
- [8] CICYT, Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (2007): *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011*, Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid.
- [9] Cohen, J. E. (1980): «Publication rate as a function of laboratory size in a biomedical institution», *Scientometrics*, 2 (1), pp. 35-52.
- [10] Cohen, J. E. (1981): «Publication rate as a function of laboratory size in 3 biomedical-research institutions», *Scientometrics*, 3 (6), pp. 467-487.
- [11] Cohen, J. E. (1991): «Size, age and productivity of scientific and technical research groups», *Scientometrics*, 20 (3), pp. 395-416.
- [12] Cole, S. (1970): «Professional standing and the reception of scientific discoveries», *American Journal of Sociology*, 76, pp. 286-306.

- [13] Cole, J. R.; Cole, S. (1972): «The Ortega Hypothesis», *Science*, 178, pp. 368-375.
- [14] Cole, J. R.; Cole, S. (1973): *Social Stratification in Science*, Chicago University Press, Chicago.
- [15] CSIC (2003): *Memoria 2002*, 2, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- [16] De Lorenzo, V. (2000): «La investigación biomédica», *Arbor*, 653, pp. 17-36. Número monográfico «El CSIC en los umbrales del siglo XXI».
- [17] Dundar, H.; Lewis, D. R. (1998): «Determinants of research productivity in higher education», *Research in Higher Education*, 39, pp. 607-631.
- [18] Etzkowitz, H. (1992): «Individual investigators and their research groups», *Minerva*, 30, pp. 28-50.
- [19] Fernández Esquinas, M.; Pérez Yruela, M.; Merchán Hernández, C. (2006): «El sistema de incentivos y recompensas en la ciencia pública española», en Sebastián, J.; Muñoz, E. (eds.), *Radiografía de la Investigación Pública en España*, pp. 148-206, Red CTI y Biblioteca Nueva, Madrid.
- [20] Fox, M. F. (1983): «Publication productivity among scientists: A critical review», *Social Studies of Science*, 13 (2), pp. 285-305.
- [21] Fox, M. F. (1992): «Research, teaching and publication productivity: mutuality versus competition in academia», *Sociology of Education*, 65, pp. 293-305.
- [22] González de la Fe, T.; González Ramos, A. M. (2006): «Estructura y dinámica de la comunidad científica española», en Sebastián, J.; Muñoz, E. (eds.), *Radiografía de la Investigación Pública en España*, pp. 99-121, Red CTI y Biblioteca Nueva, Madrid.
- [23] Hackman, J. R. (1983): «Group influences on individuals», en Dunette, M.D. (ed.), *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, pp. 1455-1526, John Wiley, Nueva York.
- [24] Hemlyn, S.; Gustaffson, M. (1996): «Research production in the arts and humanities - a questionnaire study of factors influencing research performance», *Scientometrics*, 37 (3), pp. 417-432.
- [25] Hoogstraten, J.; Vorst, H. C. M. (1978): «Group cohesion, task performance, and the experimenter expectancy effect», *Human Relations*, 31, pp. 939-956.
- [26] Jennings, C. (1998): «Citation data: the wrong impact?», *Nature Neuroscience*, 1 (8), pp. 641-642.
- [27] Johnston, R. (1994): «Effects of resource concentration on research performance», *Higher Education*, 29, pp. 25-37.
- [28] Jordan, J. M.; Meador, M.; Walters, S. J. K. (1988): «Effects of departmental size and organization on the research productivity of academic economists», *Economics of Education Review*, 7 (2), pp. 251-255.
- [29] Jordan, J. M.; Meador, M.; Walters, S. J. K. (1989): «Academic research productivity, department size, and organization: Further results», *Economics of Education Review*, 8 (24), pp. 345-352.
- [30] Knorr, K. D.; Mittermeir, G.; Aichholzar, G.; Waller, G. (1979): «Individual publication productivity as a social position effect in academic and

- industrial research units», en Andrews, F. M. (ed.), *Scientific Productivity. The effectiveness of Research Groups in Six Countries*, pp. 55-94, Cambridge University Press, Cambridge; UNESCO, París.
- [31] Larraga, V. (2003): «La pérdida de talentos científicos en España», Documento de trabajo, 22, Fundación Alternativas, Madrid.
- [32] Long, J. S. (1978): «Productivity and academic positions in the scientific career», *American Sociological Review*, 43, pp. 889-908.
- [33] Long, J. S.; McGinnis, R. (1981): «Organizational context and scientific productivity», *American Sociological Review*, 46, pp. 422-442.
- [34] López Facal, J.; Ugalde, U.; Zapata, A.; Sebastián, J. (2006): «Dinámica de la política científica española y evolución de los actores institucionales», en Sebastián, J.; Muñoz, E. (eds.), *Radiografía de la Investigación Pública en España*, pp. 21-70, Red CTI y Biblioteca Nueva, Madrid.
- [35] Lott, A. J.; Lott, B. E. (1961): «Group cohesiveness, communication level, and conformity», *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 62, pp. 408-412.
- [36] Mairesse, J.; Turner, L. (2002): «A look at individual differences in scientific research productivity: an econometric analysis of the publications on the French CNRS physicists in condensed matter (1980-1997)», Proceedings of the Conference *Rethinking Science Policy: Analytical Frameworks for Evidence-based Policy*, SPRU, Brighton, 21-23 marzo.
- [37] Martín Sempere, M. J.; Garzón García, B.; Rey Rocha, J. (2008): «Team consolidation, social integration and scientists' research performance: An empirical study in the Biology and Biomedicine field», *Scientometrics*, 76 (3), pp. 457-482.
- [38] McGrath, J. E. (1984): *Groups: Interaction and Performance*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [39] Moreland, R. L. (1987): «The formation of small groups», en Hendrick, C. (ed.), *Group Processes*, pp. 80-110, Sage Publications, Newbury Park, CA.
- [40] Moreland, R. L.; Levine, J. M. (1982): «Group socialization: Temporal changes in individual group relations», en Berkowitz, L. (ed.), *Advances in Experimental Social Psychology*, 15, pp. 137-192, Academic Press, Nueva York.
- [41] Moreland, R. L.; Levine, J. M. (1988): «Group dynamics over time: Development and socialization in small groups», en McGrath, J. E. (ed.), *The Psychology of Time: New Perspectives*, pp. 151-181, Sage Publications, Newbury Park, CA.
- [42] Moreland, R. L.; Levine, J. M. (2001): «Socialization in organizations and work groups», en Turner, M. E. (ed.), *Groups at Work: Theory and Research*, pp. 25-65, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- [43] Muñoz, E.; Santesmases, M. J.; Espinosa de los Monteros, J. (1999): *Changing Structure, Organisation and Nature of Public Research Systems. Their Dynamics in the Cases of Spain and Portugal*, Instituto de Estudios Sociales Avanzados, CSIC, Madrid.
- [44] O'Reilly, C. A.; Caldwell, D. F.; Barnett, W. P. (1989): «Work group demography, social integration, and turnover», *Administrative Science Quarterly*, 34 (1), pp. 21-37.

- [45] Pelz, D. C.; Andrews, F. (1966): *Scientists in Organisations: Productive Climates for Research and Development*, John Wiley and Sons, Nueva York.
- [46] Prpić, K. (1994): «The socio-cognitive frameworks of scientific productivity», *Scientometrics*, 31 (3), pp. 293-311.
- [47] Prpić, K. (1996): «Characteristics and determinants of eminent scientists' productivity», *Scientometrics*, 36 (2), pp. 185-206.
- [48] Rey Rocha, J.; Garzón García, B.; Martín Sempere, M. J. (2006): «Scientists' performance and consolidation of research teams in Biology and Biomedicine at the Spanish Council for Scientific Research», *Scientometrics*, 69 (2), pp. 183-212.
- [49] Rey Rocha, J.; Garzón García, B.; Martín Sempere, M. J. (2007): «Exploring social integration as a determinant of research activity, performance and prestige of scientists. Empirical evidence in the Biology and Biomedicine field», *Scientometrics*, 72 (1), pp. 59-80.
- [50] Rey Rocha, J.; Martín Sempere, M. J.; Sebastián, J. (2008): «Estructura y dinámica de los grupos de investigación», *Arbor*, CLXXXIV (732), pp. 743-757.
- [51] Shaw, M. E. (1981): *Group Dynamics: The Psychology of Small Group Behaviour*, 3ª ed., McGraw-Hill, Nueva York.
- [52] Stankiewicz, R. (1979): «The size and age of Swedish academic research groups and their scientific performance», en Andrews, F. M. (ed.), *Scientific Productivity. The Effectiveness of Research Groups in Six Countries*, pp. 191-222, Cambridge University Press, Cambridge; UNESCO, París.
- [53] Stankiewicz, R. (1980): *Leadership and the Performance of Research Groups*, RPI Research Policy Institute, University of Lund.
- [54] Triadó, I.; Gallardo, E. (2007): «Cuando el trabajo en equipo no es sólo un grupo de trabajo», *Capital Humano*, 206, pp. 98-102.
- [55] Tuckman, B. W.; Jensen, M. A. C. (1997): «Stages of small group development revisited», *Group and Organizational Studies*, 2, pp. 419-427.
- [56] Turner, J. C.; Haslam, S. A. (2001): «Social identity, organizations, and leadership», en Turner, M. E. (ed.), *Groups at Work: Theory and Research*, pp. 25-65, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- [57] Von Tunzelmann, N.; Ranga, M.; Martin, B.; Geuna, A. (2003): «The Effects of Size on Research Performance: A SPRU Review», SPRU, Science and Technology Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton.
- [58] Worchel, S. (1996): «Las estaciones de la vida grupal y su impacto en la conducta intergrupal», en Morales, J. F.; Páez, D.; Deschamps, J. C.; Worchel, S. (eds.), *Identidad social. Aproximaciones psicosociales a los grupos y a las relaciones entre grupos*, pp. 287-321, Promolibro, Valencia.
- [59] Worchel, S.; Coutant-Sassic, D.; Grossman, M. (1992): «A developmental approach to group dynamics: a model and illustrative research», en Worchel, S.; Wood, W.; Simpson, J. A. (eds.), *Group Process and Productivity*, pp. 181-202, Sage Publications, Newbury Park, CA.
- [60] Ziman, J. (1987): «Science in a 'Steady State'», Science Policy Support Group Concept Paper, 1, SGPS, Londres.

- [61] Ziman, J. (1989): «Restructuring Academic Science», Science Policy Support Group Concept Paper, 8, SGPS, Londres.
- [62] Zucker, L. G.; Darby, M. R.; Brewer, M. B. (1998): «Intellectual human capital and the birth of U.S. biotechnology enterprises», *American Economic Review*, 88 (1), pp. 290-306.

## ***Anexo 1: fundamentos del análisis de componentes principales no lineales para datos categóricos (CATPCA)***

El análisis CATPCA (*categorical principal components analysis*) o Análisis de Componentes Principales para Datos Categóricos es un procedimiento estadístico que permite analizar conjuntamente variables de distinta naturaleza (numéricas, ordinales o nominales), reduciendo el conjunto original de variables a uno más pequeño de componentes no correlacionadas que representen la mayor parte de la información encontrada en las variables originales.

El CATPCA proporciona distintas salidas gráficas. En el presente trabajo hemos utilizado el diagrama de saturaciones en las componentes, que muestra las relaciones entre las variables en un espacio de dos o tres dimensiones. Las relaciones entre las variables se muestran mediante vectores orientados hacia la categoría con la mayor puntuación. La longitud de un vector refleja la importancia de la variable: a mayor longitud, mayor nivel de varianza explicada. Los ángulos entre los vectores reflejan las correlaciones entre las variables que representan: cuanto más ortogonales son los vectores, menos correlacionadas están las variables. La relación entre éstas será mayor cuanto menor sea el ángulo entre sus vectores (correlación positiva) o cuanto más se acerque éste a 180 grados (correlación negativa).

## ***Anexo 2: resumen de los modelos CATPCA***

**Relaciones entre el nivel de consolidación e integración de los investigadores (NCI) y los indicadores de su actividad, productividad e impacto (gráfico 4.1)**

Alfa de Cronbach: 0,93

Varianza explicada:

- \* Total (autovalor) 3,8
- \* % de la varianza 77,0% (Dimensión 1 = 36,9%; Dimensión 2 = 23,5%; Dimensión 3 = 16,6%)
- \* Varianza explicada (variables): TESIS 0,87; FImax 0,85; PAT 0,81; ARTJCR 0,69; PROYnac 0,62; NCI (variable suplementaria) 0,24







# *Estructura y especialización de las universidades*

> **María Bordons, Fernanda Morillo, Rosa Sancho e Isabel Gómez**  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia  
y Tecnología (IEDCYT-CCHS)

## ***1. Introducción***

Las universidades juegan actualmente un papel decisivo en el avance de la ciencia en la mayor parte de los países. Junto a su tradicional doble vocación de enseñanza e investigación, hoy en día se demanda cada vez más la denominada «tercera misión», orientada a resolver necesidades sociales. De hecho, las universidades contribuyen a la producción de nuevo conocimiento, pero también a su transmisión, su diseminación y su aplicación a la innovación técnica [14]. La investigación universitaria puede mejorar la competitividad de la industria local, y también contribuir a la cohesión social y a la promoción de valores culturales. Con el fin de situar la universidad en el entorno del país podemos mencionar que en España, en 2008, el último dato recientemente publicado por el INE afirmaba que las universidades ejecutaron 3932 millones de euros, lo que representó un 26,7% del total nacional (tabla 5.1).

En este contexto, adquiere especial importancia el estudio de la estructura y posicionamiento de las universidades (véase por ejemplo,

[2, 28, 34]), así como la introducción de prácticas de evaluación de su actividad científica orientadas a garantizar un uso eficiente de los recursos y a promover internamente una cultura de calidad. El creciente número de universidades, su necesidad de atraer a los mejores profesores y estudiantes, así como de captar recursos y demostrar el uso eficiente de los mismos, ha inducido la aparición de procesos de evaluación de calidad que facilitan las comparaciones entre centros. Recientemente han surgido distintos *rankings* de universidades [4, 29, 30] basados en diversos indicadores estructurales, de inversiones y/o resultados de investigación y de prestigio, según los casos. Aunque estos rankings no están exentos de limitaciones [22, 33] han generado competencia entre las universidades para alcanzar los primeros puestos en las clasificaciones.

La participación española en la ciencia internacional ha crecido de forma sostenida durante los últimos veinte años, favorecida por diferentes políticas científicas y por la integración de España en la UE a mediados de los 80. Según el número de documentos de España recogidos en los *National Science Indicators* elaborados por *Thomson Reuters* (antes ISI), nuestro país pasó de la posición 15 en 1982 a la posición 10 en 2004, y en la actualidad contribuye con un 3% a la producción científica mundial. Sin embargo, los documentos españoles reciben sólo un 0,7% de las citas mundiales, lo que indica un bajo impacto internacional de su investigación en la mayoría de las áreas [3]. El sector público es el mayor productor de documentos incluidos en la *Web of Science* (WoS) a través de las universidades, el CSIC y los hospitales. Las empresas son prácticamente invisibles en estas bases de datos, ya que tradicionalmente su participación en la investigación básica en España ha sido muy reducida y su actividad es más visible a través de las bases de datos nacionales (por ejemplo, ICYT) y de patentes [10].

Las universidades españolas han afrontado diversas reformas en los últimos años. La promulgación de la Ley de Reforma Universitaria (LRU) en 1983 constituyó un hecho decisivo, ya que introdujo la autonomía universitaria, según la cual las universidades pasan a ser entidades autónomas con capacidad para establecer sus propios programas. Se transfiere así la gestión administrativa y financiera de las universidades desde el Estado central a las diecisiete comunidades autónomas, que pasan a ser responsables últimas de las universidades públicas ubicadas en su región. Solamente la Universidad de Educación a Dis-

tancia y la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo mantienen su dependencia del gobierno central.

Sin embargo, la I+D no está transferida a las diferentes comunidades autónomas, por lo que las áreas prioritarias de investigación se deciden de acuerdo con la política científica promovida por el Estado. La financiación de la I+D para el sector de la educación superior proviene, principalmente, de los presupuestos generales del Estado, pero también cada vez más de los presupuestos que destinan los respectivos gobiernos regionales a la I+D, de los fondos para investigación procedentes de la Unión Europea y de las empresas. Como consecuencia de lo anterior, se observa una mayor capacidad de autofinanciación de las universidades, que se ha descrito también para otros países en el contexto europeo [2].

Para situar el sector de la enseñanza superior en España en el conjunto de todos los sectores institucionales, se presenta en la tabla 5.1 la distribución de los investigadores y gastos en I+D por sectores institucionales (datos de 2008). Se observa que, aunque cerca de la mitad de los investigadores españoles pertenecen a la Universidad, el gasto en I+D de dicho sector corresponde al 27% del total, mientras que el sector que ejecuta el mayor porcentaje del gasto interno de I+D es el empresarial (55%).

> **Tabla 5.1.** Distribución de gastos en I+D e investigadores por sectores institucionales. 2008

Sectores institucionales	Gastos I+D		Investigadores EJC		Gastos I+D/ Investigador	%Gastos I+D/PIB
	(miles €)	%	N.	%	(miles €)	
Enseñanza Superior	3.932.413,1	26,75	61.736	47,13	63,70	0,36
Administración Pública	2.672.288,1	18,18	22.578	17,24	118,36	0,25
Empresas	8.073.521,2	54,92	46.375	35,40	174,09	0,74
IPSFL	23.170,5	0,16	298	0,23	77,75	
Total	14.701.392,9		130.986		112,24	1,35

**Nota:** IPSFL = Instituciones privadas sin fines de lucro.

\* Incluye becarios pre y postdoctorales y contratados.

**Fuente:** [17].

Las reformas sucesivas experimentadas por el sector de la enseñanza superior en nuestro país han tenido por objeto incrementar la calidad y eficiencia de las universidades españolas. Actualmente se pueden distinguir diferentes tipos de universidades en España, según cuál sea su dependencia administrativa (públicas/privadas), su área de especialización (generalistas/especializadas), su tamaño o su ubicación geográfica (centrales/periféricas). Consideramos interesante estudiar el comportamiento del sistema universitario en España incluyendo indicadores de inversiones (*input*) y de resultados de investigación (*output*) y explorando la influencia de algunas de las características antes mencionadas (tipo de dependencia, tamaño, área de especialización, ubicación geográfica, etc.) sobre la actividad científica. Se tienen en cuenta las comunidades en las que están situadas, no sólo por su directa dependencia administrativa, sino por la influencia del entorno en que se desarrolla la labor de la universidad, a través de las interacciones con el sector Empresa y el sector Administración [25, 35].

Este estudio forma parte de un proyecto sobre la dinámica del cambio en las organizaciones de investigación que se centra en dos dimensiones fundamentales de su actividad: la producción de nuevo conocimiento y la forma en la que las universidades gestionan sus *inputs*, determinan sus estrategias de investigación competitiva y de qué modo influye esto en el mercado de trabajo de los investigadores [12].

## 2. Objetivos

El objetivo de este capítulo es estudiar las universidades españolas mediante indicadores estructurales, de *input* y de *output*; explorar la relación entre estos indicadores y describir el comportamiento de las universidades en diferentes dimensiones, poniendo especial énfasis en la influencia de la especialización. Queremos contribuir al conocimiento del sistema investigador universitario en España, ofreciendo datos que podrían ser útiles para la gestión de la investigación a nivel institucional, regional y nacional.

Se plantean diversas cuestiones: ¿Influyen las características estructurales de la universidad, como, por ejemplo, su tamaño y antigüedad, sobre la actividad científica? ¿Pueden influir sobre la productividad y/o la visibilidad de la investigación? ¿Se observan diferencias

en el rendimiento científico de las universidades según su carácter generalista o especializado? ¿Podemos distinguir entre universidades docentes y universidades investigadoras? ¿Tienen las universidades públicas y privadas diferentes intereses y comportamientos?

El interés de esta línea de investigación se basa en la preocupación existente a nivel europeo por desarrollar estrategias adecuadas para apoyar una necesaria reforma de las universidades ante un contexto cada vez más competitivo y favorecer su actividad en las distintas dimensiones de docencia, investigación y orientación social. Muestra de ello son los proyectos desarrollados dentro de la red de excelencia PRIME (AQUAMETH, OEU, SUN)<sup>1</sup>, algunos de cuyos resultados están ya publicados (ver, por ejemplo, [2]). En esta línea se han desarrollado también otros estudios que analizan la influencia sobre la actividad universitaria de diversos factores, como, por ejemplo, el grado de desarrollo industrial del entorno, el tamaño del centro, la dependencia administrativa de las universidades, su orientación docente o investigadora, o la especialización temática [6, 19, 31, 34, 35].

Este capítulo presenta la estructura que se muestra a continuación. En primer lugar, se describen los aspectos metodológicos del estudio y se introducen los distintos indicadores estructurales, organizativos y de producción científica. En segundo lugar, se muestran los resultados de la investigación, y se presenta una comparación de las universidades públicas y privadas basada en distintas variables estructurales y de producción científica. El resto del estudio se centra en las universidades públicas. Se analiza el comportamiento de las universidades públicas en relación con su ubicación geográfica, antigüedad, tamaño y especialización; se explora la relación entre variables estructurales, variables de *input* y variables de *output*, y se analiza la posible influencia del perfil temático de las universidades en su comportamiento, para presentar después los resultados correspondientes a las áreas de Química e Ingeniería. Finalmente, se comentan los resultados y se ponen en relación con estudios previos publicados sobre el tema en la literatura científica.

**Nota 1.** Véase <http://www.prime-noe.org/>

### 3. Metodología

En 2005, España contaba con 48 universidades públicas y 21 privadas. Existían dos universidades que proporcionaban sólo educación a distancia (una pública y otra privada) y que sólo se consideran en este capítulo en el análisis temático de los centros. El estudio de la actividad de las universidades españolas se realiza a través de una selección de indicadores que se describen a continuación:

- a) Indicadores estructurales y organizativos, procedentes principalmente del Instituto Nacional de Estadística ([17]):
  - \* Antigüedad: número de años transcurridos desde la creación de la universidad.
  - \* PIB regional (NUTS-2) relativo a la media de la UE-25, como un indicador del desarrollo de la comunidad autónoma en la que se ubica la universidad, que podría influir en su actividad.
  - \* Tipo administrativo: público o privado.
  - \* Número total de profesores con y sin título de doctor; % profesores doctores respecto al total de profesores.
  - \* Número de estudiantes (excluidos los estudiantes de doctorado); % de estudiantes/profesor doctor.
  - \* Especialización temática del profesorado. Se describe el perfil de especialización de cada universidad mediante la distribución temática de sus profesores doctores por nueve áreas: Agricultura-Biología-Medio Ambiente; Biomedicina; Ciencias Sociales; Física; Humanidades; Ingeniería; Matemáticas; Medicina Clínica, y Química. Para ello se ha establecido una correspondencia entre las áreas del conocimiento a las que se adscribe el personal universitario y las nueve áreas antes mencionadas. El grado de concentración/dispersión de los profesores por áreas se cuantifica a través del índice de Pratt [27], que oscila entre 0 (baja concentración) y 1 (alta concentración).
  - \* Tesis doctorales leídas; n.º de tesis/1000 estudiantes.
- b) Resultados de investigación (*output* científico). Se analizan las publicaciones científicas de las universidades como un indicador de su actividad investigadora. Se identifican las publicaciones científicas en el periodo 1996-2004 recogidas en: 1) las bases de datos internacionales *Science Citation Index* (SCI), *Social Sciences Citation Index* (SSCI) y *Arts & Humanities Citation Index* (AHCI), producidas por *Thomson Reuters*; 2) las bases de datos

nacionales del CSIC: ICYT (Índice Español de Ciencia y Tecnología) que cubre las ciencias experimentales, e ISOC (Índice Español de Ciencias Sociales y Humanidades), que cubre las ciencias sociales y humanas. Para cada universidad se han calculado los siguientes indicadores:

- \* Indicador cuantitativo de actividad científica: número de publicaciones en las bases de datos internacionales (N.º Pub.Int.).
- \* Orientación internacional: porcentaje de los documentos internacionales (% Pub.Int) sobre el total de la producción de la universidad en revistas científicas (incluyendo las bases españolas ICYT e ISOC).
- \* Indicadores de productividad científica. Número de publicaciones internacionales/profesor doctor.
- \* Indicadores de impacto. El impacto o visibilidad internacional de la investigación se analiza a través del número de citas por documento (ventana de citación variable), el porcentaje de documentos no citados y el porcentaje de publicaciones en revistas multidisciplinares de alto factor de impacto (*Science*, *Nature* y *PNAS*), aquí denominadas revistas *top*.
- \* Indicadores de especialización temática (especialización del *output*). Se analiza la distribución temática de las publicaciones internacionales por las nueve áreas previamente descritas<sup>2</sup>, identificándose diferentes tipos de universidades de acuerdo con su perfil temático. El grado de concentración/dispersión de los documentos por áreas temáticas se cuantificó mediante el índice de Pratt, que permite distinguir entre universidades generalistas y especializadas.
- \* Indicadores de colaboración. La colaboración científica se estudia a través del porcentaje de documentos de cada universidad en colaboración nacional (dos o más centros nacionales) y/o internacional (algún centro extranjero). Estos valores se normalizaron con respecto a la media del país.
- \* Nexos con el sector privado. Se analiza el porcentaje de documentos realizados en colaboración entre la universidad y el sector empresarial, que constituye un indicador del compromiso de la universidad para resolver necesidades sociales.

**Nota 2.** Para ello se parte de la clasificación de revistas en disciplinas de las bases de datos *Thomson Reuters* y se asignan los documentos a disciplinas en función de su revista de publicación, para agrupar, al final, las disciplinas en las nueve áreas mencionadas.

Hay que señalar que en este estudio se utilizan datos relativos a publicaciones de los periodos 1996-2004 (total producción) y 2001-2005 (Química e Ingeniería), y datos de personal de 2005. Podría haber sido más adecuado utilizar datos de inversiones de un año intermedio de los periodos, pero los datos de personal accesibles correspondían a 2005, lo que condicionó la selección de las restantes variables. Se consideró esta opción válida porque las variables empleadas no muestran alta variabilidad en cortos periodos de tiempo.

Se utilizan diversas técnicas de análisis estadístico multivariante para agrupar universidades con un perfil temático similar (conglomerados de k-medias) y para explorar la relación entre las variables estructurales, de *input* y de *output* (análisis factorial)<sup>3</sup>.

## **4. Resultados**

### **4.1. Universidades públicas y privadas**

En España las universidades públicas cuentan con una larga historia: la Universidad de Salamanca, la más antigua del país, se creó en 1218, y antes de 1700 ya se habían creado otras diez universidades públicas; la primera universidad privada se estableció en 1886 (la Universidad católica de Deusto). En este capítulo se estudian 48 universidades públicas y 21 universidades privadas. Las universidades públicas concentran cerca del 92% de los estudiantes universitarios, frente al 8% de las privadas.

En la tabla 5.2 se muestran las características estructurales y de actividad de las universidades públicas y privadas a través de los distintos indicadores introducidos en la metodología. Se presentan en la tabla los valores medios de cada variable  $\pm$  su desviación estándar. Se observa que las universidades públicas son más antiguas que las privadas (en promedio 141 frente a 26 años respectivamente) y tienen mayor tamaño, medido éste por el número de estudiantes (en promedio 25.870 frente a 6.014 estudiantes) y profesores (1.893 frente a 529). En lo que se refiere al porcentaje del profesorado con título de doctor, es solo ligeramente superior en las universidades públicas (40% frente al 37%). Las universidades privadas se sitúan

**Nota 3.** El software empleado es SPSS (versión 13).



en regiones más ricas –mayor PIB regional- (113,65 frente a 92,50), mientras que las públicas están más distribuidas geográficamente.

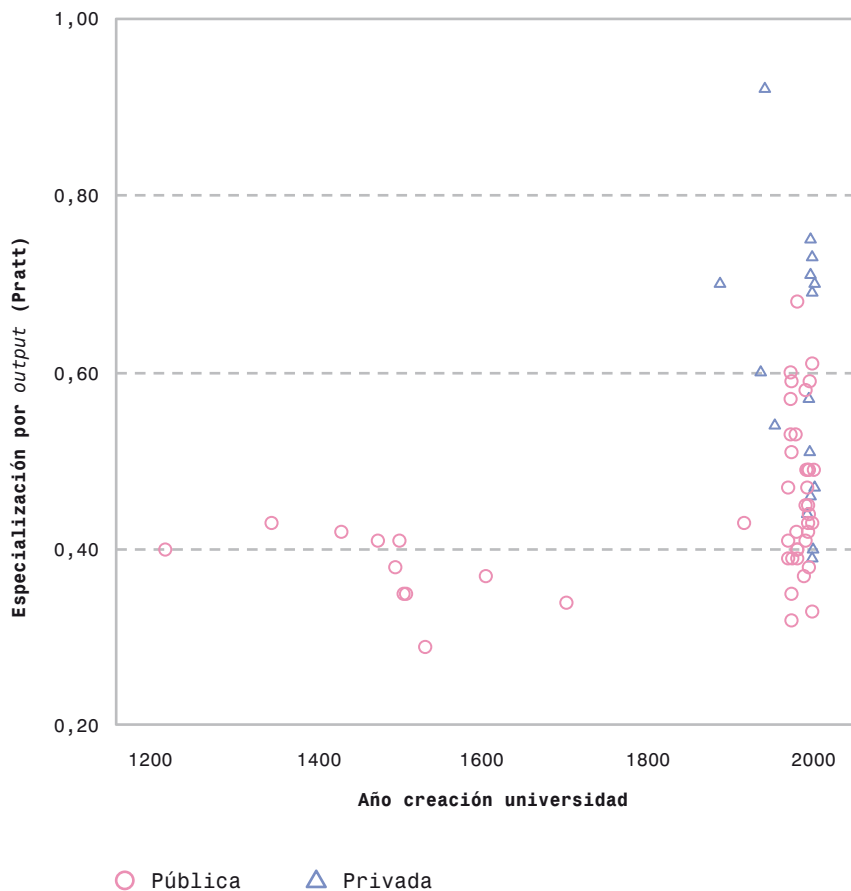
> **Tabla 5.2.** Estructura y resultados científicos de las universidades públicas y privadas

	<b>Públicas (N=47)</b>	<b>Privadas (N=17)</b>	<b>Total (N=64)</b>
Antigüedad	141,06±221,75	26,5±33,32	111,97±198,19
	(7-788)	(4-120)	(4-788)
N.º estudiantes	25.870±16.917	6.014±3.646	20.827±17.073
	(6.021-84.293)	(723-11.984)	(723-84.293)
PIB regional (NUTS2)	92,50±20,11	113,65±14,94	98,12±20,99
	(59,9-124,7)	(79,4-124,7)	(59,9-124,7)
N.º tot.prof.	1.893,04±1.195,48	528,76±347,45	1.530,66±1.201,26
	(477-5.989)	(98-1.317)	(98-5.989)
N.º prof.doctores	824,45±636,88	207,8±188,80	660,65±616,90
	(109-2.969)	(23-762)	(23-2.969)
% prof.doctores/ tot.prof.	40,40±10,57	36,68±13,21	39,41±11,34
	(19,19-61,29)	(16,06-58,16)	(16,06-61,29)
N.º estudiantes/ tot.prof.	13,55±2,11	10,77±3,59	12,84±2,81
	(7,83-18,83)	(6,23-18,74)	(6,23-18,83)
N.º estudiantes/ prof.doctor	35,38±8,92	33,27±14,70	34,85±10,59
	(23,15-62,35)	(13,07-62,40)	(13,07-62,40)
N.º tesis/ 1.000 estudiantes	5,53±4,06	2,68±4,56	4,74±4,36
	(2,49-24,47)	(0-18,63)	(0-24,47)
N.º publicaciones int.	3.297 ± 334	220 ± 573	2.479±3.174
	(186-14.570)	(1-2.403)	(1-14.570)
N.º pub. int/ prof.doctores	3,72±1,57	0,54±0,77	2,91±1,98
	(1,12-8,86)	(0-3,15)	(0-8,86)
% publicaciones int.	60,8±10,1	38,0±28,9	54,7±19,3
N.º cit./artic.	2,40±0,63	1,73±1,33	2,22±0,92
	(1,29-3,95)	(0-4,08)	(0-4,08)
% doc. no citados	45,62±5,71	58,95±20,08	49,31±12,91
	(32,7-59,41)	(32,19-100)	(32,19-100)
Especialización por output (publicaciones)	0,45±0,09	0,59±0,15	0,48±0,12
	(0,29-0,68)	(0,9-0,92)	(0,29-0,92)

**Nota:** N.º pub.int.= Número de publicaciones internacionales (1996-2004).  
Datos expresados como media ± desviación estándar (mínimo-máximo).

**Fuente:** elaboración propia, Gómez et al. [13].

> **Gráfico 5.1.** *Antigüedad y especialización basada en las publicaciones en revistas internacionales de universidades públicas y privadas*



Fuente: Gómez et al. [13].

En lo que se refiere a los resultados de investigación, las universidades públicas muestran una mayor orientación investigadora: sus publicaciones son fundamentalmente internacionales (61% de sus publicaciones son internacionales frente al 38% para las universidades privadas), muestran una mayor productividad por profesor (3,72 frente a 0,54 publicaciones internacionales/profesor doctor) y más tesis leídas (5,53 frente a 2,68 tesis/1.000 estudiantes). El impacto de las publicaciones internacionales es superior en las universidades públicas, tanto si se tienen en cuenta el número de citas recibidas por artículo (2,40 frente a 1,73 citas/artículo), como el porcentaje

de artículos no citados (46% en las universidades públicas frente al 59% en las privadas). Por otro lado, las universidades privadas están ligeramente más orientadas a la docencia, como se observa por su menor número de estudiantes por profesor.

El perfil temático de las universidades públicas y privadas se analiza a través de la distribución porcentual de documentos por nueve áreas científicas (especialización por *output*), y se calcula el índice de Pratt para comparar el grado de concentración/diversificación por áreas temáticas de las distintas universidades. Se observa una concentración temática mayor en el caso de las universidades privadas que en las públicas (índice de Pratt de 0,59 frente a 0,45, siendo las diferencias estadísticamente significativas;  $p < 0.001$ ). La mayor concentración temática, es decir, las más especializadas y con mayor índice de Pratt, corresponde a las universidades de creación más reciente, así como a las de tipo técnico. Esto se muestra más detalladamente en el gráfico 5.1, que recoge la distribución de las universidades públicas y privadas en función de su año de creación y de su especialización por *output*. Observamos que las universidades creadas antes de 1700 son públicas y generalistas (bajos valores del índice de Pratt), mientras que las universidades privadas son más modernas y presentan distinto nivel de especialización, aunque predominan las de índice de Pratt superior a 0,5.

Nuestros datos muestran que algunas universidades concretas destacan por un alto rendimiento científico medido a través de distintos indicadores. Es el caso de la UAM, que muestra altos valores de productividad científica ( $N.^{\circ}$  doc./ $N.^{\circ}$  prof. doctores), número de tesis leídas y visibilidad internacional ( $N.^{\circ}$  citas/doc.); o de la Universidad Pompeu Fabra, con una alta visibilidad internacional ( $N.^{\circ}$  citas/doc.; porcentaje de documentos en revistas *top*). Entre las universidades privadas, destaca la Universidad de Navarra, con niveles de publicación comparables a las mejores universidades públicas ( $N.^{\circ}$  citas/artículo y  $N.^{\circ}$  tesis/profesor), junto con buenos indicadores de docencia (elevada proporción Profesor/alumno). Es interesante señalar que tanto la Universidad de Navarra como la Universidad Autónoma de Madrid se crearon hace más de cuarenta años.

El estudio de la siguiente sección se circunscribe a las universidades públicas; puesto que las universidades privadas son en su mayoría de muy reciente creación, carecemos de información sobre la distribución de su profesorado por áreas del conocimiento y tienen

baja producción de difusión internacional (a excepción de la Universidad de Navarra).

#### **4.2. Universidades públicas**

En esta sección se analiza el comportamiento de las 47 universidades públicas existentes en España en el periodo objeto de análisis<sup>4</sup> en relación con su ubicación geográfica, antigüedad, tamaño y especialización.

Ubicación geográfica. Se observa que Andalucía concentra el mayor número de universidades (9), seguida de Cataluña (7), Madrid (6) y la Comunidad Valenciana (5). En el otro extremo, se sitúan ocho Comunidades Autónomas que sólo cuentan con una universidad cada una.

Antigüedad. Atendiendo al año de creación, las universidades pueden agruparse en cuatro clases: aquellas creadas entre los siglos XIII-XVII (11 universidades, 23%); las establecidas entre 1900-1979 (17 universidades, 36%); entre 1980-1989 (5 universidades, 11%), y desde 1990 hasta 2005 (14 universidades, 30%).

Tamaño. La universidad con mayor número de alumnos es la Universidad Complutense de Madrid (UCM), con cerca de 84.000 estudiantes, mientras que la más pequeña es la Universidad Técnica de Cartagena, en Murcia, con solo 6.000 estudiantes.

Perfil de especialización basado en el profesorado (*input*). La distribución de los profesores doctores por áreas científicas y el posterior cálculo del índice de Pratt, permite realizar comparaciones entre universidades según la concentración/dispersión de su profesorado por áreas temáticas. Al igual que habíamos observado antes para la especialización por *output*, las universidades más antiguas muestran baja concentración (bajo índice de Pratt), es decir, que presentan actividad dispersa por distintas áreas atendiendo a la adscripción temática de sus profesores, mientras que las universidades más recientes muestran un amplio rango de variación en este indicador.

Para agrupar las universidades según su perfil de especialización por *input*, se utiliza el análisis de conglomerados o *clusters*, técnica que permite clasificar elementos con un comportamiento similar en grupos homogéneos denominados conglomerados. La similitud entre los elementos se mide a través de la distancia que existe entre ellos, de forma que los elementos más cercanos entre sí son más similares y se agrupan dentro de un mismo conglomerado. En nuestro caso concreto, se

**Nota 4.** Se excluye la UNED.

identifican cinco conglomerados o tipologías de universidades por su perfil de especialización temática. La tabla 5.3 muestra el porcentaje de profesores que, en promedio, tienen las universidades de cada conglomerado en cada área temática. Se observan dos conglomerados con una elevada especialización (1 y 2), mientras los tres restantes muestran una importante diversidad temática. Se distinguen así cinco tipologías (tabla 5.3):

> **Tabla 5.3.** Especialización temática basada en el profesorado (profesores doctores) (input) de los cinco conglomerados de universidades

	Conglomerados				
	1 (n=4)	2 (n=4)	3 (n=19)	4 (n=4)	5 (n=4)
Agricultura-Biología-M. Ambiente	1,70	10,71	6,57	<b>24,30</b>	6,03
Biomedicina	6,22	1,29	10,73	<b>17,70</b>	5,00
Física	1,29	7,29	5,96	2,50	5,86
Humanidades	<b>17,26</b>	6,62	<b>19,03</b>	14,24	<b>15,19</b>
Ingeniería	7,63	<b>53,14</b>	8,83	5,43	<b>17,34</b>
Matemáticas	2,78	<b>11,16</b>	5,17	4,64	5,51
Medicina Clínica	1,24	0,24	7,70	10,24	2,41
Química	3,22	2,01	7,88	2,91	6,61
Ciencias Sociales	<b>58,10</b>	7,33	<b>27,96</b>	17,85	<b>35,98</b>
Índice de Pratt	0,77	0,69	0,40	0,48	0,54

Fuente: elaboración propia, Gómez et al. [13].

- \* Conglomerado 1: universidades especializadas en Ciencias Sociales y Humanas (4 universidades), que muestran una alta especialización (índice de Pratt=0,77);
- \* Conglomerado 2: universidades especializadas en Ingeniería y Matemáticas (4 universidades politécnicas) (índice de Pratt= 0,69);
- \* Conglomerado 3: universidades generalistas cuya actividad se distribuye entre todas las áreas, con fuerte peso de las Ciencias Sociales (28%) y Humanidades (19%) (bajos índices de Pratt, en torno a 0,40) (19 universidades);
- \* Conglomerado 4: universidades en las que predomina la Agricultura/Biología/Medio Ambiente y las Ciencias Médicas (índice de Pratt=0,48) (4 universidades);

- \* Conglomerado 5: universidades con alta actividad en Ciencias Sociales, Ingeniería y Humanidades (índice de Pratt=0,54) (4 universidades).

#### 4.3. Relación entre estructura y actividad investigadora

Con el fin de explorar el comportamiento de las universidades, se estudia la relación entre variables estructurales, variables de *input* y variables de *output* a través de análisis factorial. El análisis factorial es una técnica de reducción de datos que agrupa las variables que correlacionan entre sí y tienen, por tanto, un significado común. Permite disminuir la dimensionalidad de los datos, al identificar un número mínimo de dimensiones capaces de explicar el máximo de información contenida en aquellos. En este caso concreto se agrupan las 17 variables en cuatro factores que explican el 74% de la varianza (tabla 5.4).

El primer factor incluye variables relacionadas con el tamaño de las universidades. Contribuyen a este factor el número de profesores doctores, el número de estudiantes, el número de publicaciones internacionales y el número de tesis leídas. Estas variables tienen una correlación positiva con la antigüedad de las universidades y negativa con la carga docente medida a través del número de estudiantes por profesor. Se observa que, al aumentar el tamaño de la universidad, disminuye la especialización en el *output* (menor índice de Pratt basado en publicaciones), es decir, que las publicaciones tienden a distribuirse por mayor número de áreas temáticas.

El segundo factor se relaciona con la productividad y la visibilidad internacional de la producción. Contribuyen positivamente a este factor el número de documentos internacionales por profesor, el número de citas por artículo y el porcentaje de publicaciones en revistas *top*. Se observa una correlación negativa con el porcentaje de documentos no citados. La productividad en revistas internacionales y la visibilidad tienden a aumentar con la orientación internacional de las universidades, medida a través del porcentaje de publicaciones internacionales y de la colaboración internacional.

El tercer factor indica que las regiones más ricas tienen universidades muy especializadas, medida la especialización en su doble vertiente de *input* y *output*. Resulta interesante observar que la colaboración internacional y el porcentaje de documentos en las mejores revistas de la especialidad contribuyen positivamente a este factor.

> **Tabla 5.4.** Agrupación de variables mediante análisis factorial

	Componente			
	1 Tamaño	2 Produc- tividad Visibi- lidad	3 Espe- ciali- zación	4 Tercera misión
N.º prof. doctores	0,969			
N.º estudiantes	0,921			
N.º publicaciones int.	0,874	0,404		
N.º tesis	0,835			
Antigüedad universidad	0,673			-0,422
N.º estudiantes/prof. doctor	-0,620			
N.º citas/artículo		0,919		
N.º pub.int./prof. doctores		0,868		
% public. int. frente a total		0,818		
% artículos no citados		-0,815		
% doc. en revistas top		0,608	0,398	
Especialización <i>input</i> (Pratt-Prof.doctor)			0,858	
PIB Regional (NUTS2)			0,689	0,354
Tasa colaboración internacional		0,535	0,627	-0,415
Tasa colab.universidad-empresa				0,808
Tasa colab. nacional				0,605
Especialización <i>output</i> (Pratt-publicaciones)	-0,310		0,441	0,516

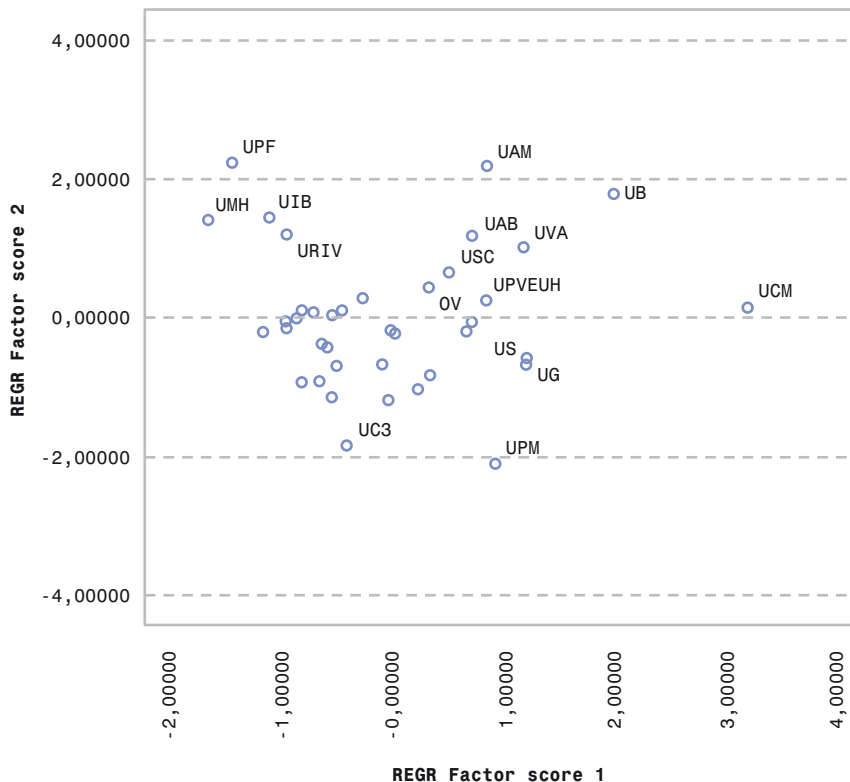
**Nota:** método de extracción: análisis de componentes principales. Sólo se muestran cargas factoriales >0,3.

**Fuente:** elaboración propia, Gómez et al. [13].

El cuarto factor está relacionado con la «tercera misión» de las universidades, relacionada con la transferencia de conocimiento a la sociedad, medido a través del porcentaje de documentos en colaboración entre la universidad y la industria. Se observa que la colaboración nacional influye positivamente, es decir, que al aumentar la colaboración nacional tiende a aumentar también la colaboración entre la universidad y la industria. Influye también positivamente en este factor la especialización y el desarrollo regional, pues la colaboración nacional tiende a ser mayor en las universidades más especializadas situadas en las regiones más de-

sarrolladas. Por otra parte, se observa que la antigüedad de las instituciones y la colaboración internacional participan con signo negativo en el factor.

> **Gráfico 5.2.** Distribución de las universidades públicas según los factores 1 (tamaño) y 2 (productividad/visibilidad internacional)



Nota: abreviaturas de las universidades en el anexo.

Fuente: Gómez et al. [13].

EL gráfico 5.2 muestra la ubicación de las universidades según su comportamiento en los dos primeros componentes. Las dos universidades más antiguas y de mayor tamaño de Madrid y Barcelona se sitúan en la parte derecha del gráfico (Universidad Complutense de Madrid y Universidad de Barcelona) (altos valores en el factor 1 relativo a tamaño). La Universidad Pompeu Fabra (UPF) y la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) aparecen en la parte superior del gráfico debido a su



alta productividad y visibilidad internacional (altos valores en el factor 2), situándose la Universidad Autónoma de Madrid por encima de la Universidad Pompeu Fabra en el factor 1 relativo a tamaño. Por otro lado, la posición de la Universidad Carlos III (UC3) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en la parte inferior del gráfico indican una baja productividad/visibilidad internacional de estas universidades, que en parte puede explicarse por su orientación temática hacia disciplinas cuyos resultados no están muy bien recogidos en las bases de datos internacionales utilizadas, como son las Ciencias Sociales y la Ingeniería que, además, se caracterizan por ser áreas con bajas tasas de citación.

#### **4.4. Influencia del perfil temático**

Es un hecho admitido que los estudios comparativos de la actividad científica de distintas instituciones se ven limitados por diferencias en la misión, financiación y especialización temática de las mismas [31]. Por este motivo, en esta sección se pretende poner de manifiesto los distintos hábitos de publicación y colaboración científica según las áreas temáticas (previamente descritos en otros estudios, ver, por ejemplo, [19]), y explorar la conveniencia de estudiar por separado las universidades según su perfil temático de actividad.

Las diferencias en los hábitos de publicación y colaboración del sector universitario español en cuatro áreas temáticas seleccionadas (Ciencias Sociales, Ciencias Humanas, Química y Tecnología) se muestran en la tabla 5.5. Se observa el predominio de las publicaciones internacionales en Química y Tecnología (más del 85% de sus publicaciones recogidas en la *Web of Science* –WoS), mientras que las publicaciones nacionales adquieren gran importancia en Ciencias Sociales (83%) y, especialmente, en Ciencias Humanas (88%).

Siguiendo la metodología descrita para el estudio de la producción global de las universidades, se utiliza el análisis factorial para identificar los principales factores subyacentes que clarifican la relación entre las variables en dos áreas concretas: Química e Ingeniería. Los datos relativos a Ciencias Sociales y Ciencias Humanas no se exponen aquí en profundidad, pero pueden consultarse en otra publicación [1]. Hay que señalar que los indicadores utilizados en esta parte del estudio difieren ligeramente de los mostrados para el análisis global de las universidades, realizándose aquí un análisis

más detallado que incluye publicaciones científicas en un periodo más reciente (2001-2005).

> **Tabla 5.5.** Producción científica y patrones de colaboración de la universidad española en cuatro grandes áreas temáticas. 2001-2005

	Química	Tecnología	Ciencias Sociales	Ciencias Humanas
N.º doc.BD internacional	18.284	21.138	5.556	2.602
N.º doc.BD españolas	326	4.023	26.927	18.849
% doc. BD española/ total doc.	1,75	15,99	82,90	87,87
<b>BD Internacional</b>				
% colab.nacional	39,5	38	33,1	6,2
% colab.internacional	32,7	32	27,9	5,7
% sin colaboración	37,3	38,4	46,4	89,0
% colab.empresa	2,18	2,52	1,31	0,15
<b>Bases de datos nacionales</b>				
% colab.nacional	23,01	28,49	11,89	5,96
% colab.internacional	7,98	6,64	2,24	1,34
% sin colaboración	70,55	66,27	86,26	92,97
% colab.empresa	3,99	8,75	0,41	0,26

**Nota:** BD= Base de datos. Las bases de datos españolas son ICYT -en Química y Tecnología- e ISOC -en Ciencias Sociales y Humanas-. La base de datos internacional es la *Web of Science* (WoS), que incluye el SCIE, SSCI y AHCI.

**Fuente:** elaboración propia, Bordons et al. [1].

**4.4.1. Área temática de Química.** El área de Química tiene una clara orientación internacional, como demuestra el hecho de que la base de datos ICYT solo incluye el 2% del total de las publicaciones. El análisis factorial permite obtener cuatro factores que explican el 71% de la varianza (tabla 5.6) y que corresponden a los conceptos de «tercera misión», tamaño, visibilidad y especialización, de forma similar a lo descrito para el análisis global de las universidades en todas las áreas (tabla 5.4).

El primer factor agrupa las variables relativas a desarrollo industrial y tercera misión de la universidad: las regiones ricas con elevado PIB, con alta participación del sector industrial en las inversiones en I+D y elevado porcentaje de población ocupada

en el sector industrial, tienden a mostrar una mayor colaboración universidad-empresa.

> **Tabla 5.6.** *Química. Agrupación de variables mediante análisis factorial*

	Componentes			
	1 Tercera misión	2 Tamaño y antigüedad	3 Visi- bilidad internac.	4 Especiali- zación
Gasto I+D empresa	0,891			
% poblac. activa empresa	0,788			0,337
PIB_CCAA	0,686			-0,360
%colab.nac.WoS	0,662	-0,492		
%colab.empresa WoS	0,536			
N.º prof. Química		0,906		
Antigüedad		0,878		
N.º documentos WoS		0,849		
%colab.internac.WoS			0,790	
Citas relativas			0,734	
FIR			0,663	0,414
%no citados-relat.	-0,341	-0,402	-0,610	
%doc. ICYT/total doc.			-0,603	
Indice actividad WoS				0,902
%profesores Química				0,820

**Método de extracción:** análisis de componentes principales. Sólo se muestran cargas factoriales >0,3.

**Nota sobre las variables:** datos de impacto relativos al promedio del país (citas relativas, factor de impacto relativo (FIR), % documentos no citados relativo). Especialización temática analizada a través del índice de actividad WoS (% documentos en Química de cada universidad respecto al % documentos en Química del país) y el % profesores en Química (% profesores Química de cada universidad respecto al total de profesores de cada universidad).

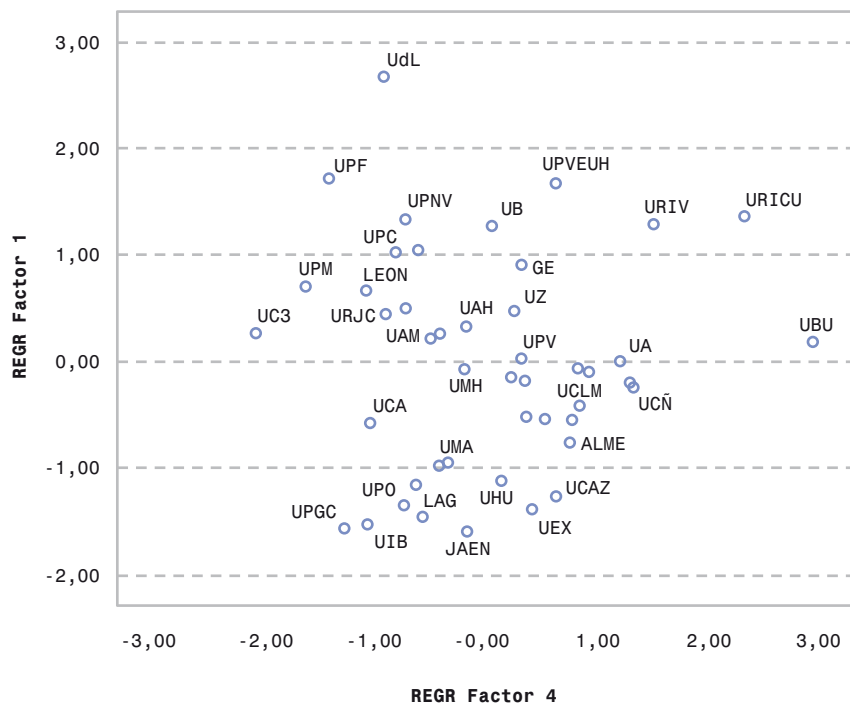
**Fuente:** elaboración propia, Bordons *et al.* [1].

El segundo factor está relacionado con el tamaño y antigüedad de las universidades: el número de profesores y de publicaciones WoS se relaciona positivamente con la antigüedad de la universidad, y negativamente con la colaboración nacional y con la proporción de documentos no citados.

El tercer factor recoge variables relacionadas con la visibilidad internacional de las publicaciones: las citas recibidas, el factor de

impacto relativo y la colaboración internacional en WoS se relacionan inversamente con la proporción de documentos no citados y con el peso de las publicaciones nacionales recogidas en la base de datos ICYT.

> **Gráfico 5.3.** Química. Relación entre el factor 1 (desarrollo industrial de la comunidad autónoma y «tercera misión» de la universidad) y el factor 4 (especialización en Química)



**Nota:** abreviaturas de las universidades en el anexo.

**Fuente:** Bordons et al. [1].

Finalmente, el cuarto factor se relaciona con la especialización de la universidad, medida tanto a través del porcentaje de profesorado en Química como de la actividad relativa de la universidad en el área (índice de actividad, IA), y tiene una correlación positiva con el factor de impacto relativo (FIR). Hay que señalar que en el análisis global de las universidades, la especialización se incrementaba con la riqueza industrial de las regiones, lo que no se verifica para la Química. No obstante, el estudio global incluía el índice de Pratt, capaz de identificar la concentración, pero no en qué materia se daba

la misma, por lo que se excluyó del análisis por áreas, siendo sustituido por los indicadores % de profesores en Química e índice de actividad en Química, más específicos y apropiados para este nivel de análisis.

El gráfico 5.3 muestra en el eje vertical el factor 1, es decir, la riqueza industrial de las regiones y el desarrollo de la «tercera misión» en la universidad, y presenta en el eje horizontal el factor 4, relativo a la especialización en Química. Destacan por su situación en regiones económicamente ricas y por su alta especialización en el área algunas universidades, como la de La Rioja (URIOJ) o la Universidad Rovira i Virgili (URIV). La Universidad de Burgos (UBU), a la derecha del gráfico, es la que muestra mayor especialización en el área (más de la mitad de su producción en WoS corresponde al área de Química), mientras que la Universidad de Lérida se sitúa en la parte superior del gráfico por su localización en una comunidad autónoma rica (Cataluña) y por presentar altos valores de colaboración con la empresa en WoS.

**4.4.2. Área temática de Ingeniería-Tecnología.** En el área de Ingeniería-Tecnología la producción científica internacional WoS es muy superior a la recogida por la base de datos ICYT (84% frente al 16%), aunque esta última es más elevada que la descrita para Química. A través del análisis factorial se obtienen cinco factores, que explican el 81% de la varianza (tabla 5.7).

Según la tabla 5.7, en esta área se mantienen los factores relativos a la visibilidad internacional, entorno de desarrollo industrial y tamaño, ya descritos en el área anterior, y se añaden dos nuevos factores. Es interesante observar que en este caso el tamaño de las universidades (número de profesores) se incrementa con la especialización (% profesores en el área, índice de actividad) (factor 1), lo que se explica en el contexto de la importancia de las universidades politécnicas en el área. Por otro lado, es llamativo que la colaboración internacional en las publicaciones WoS contribuya a tres factores: facilita la obtención de alto impacto (factor 2), pero también se ve propiciada por un desarrollo industrial rico (factor 3), y es característica de algunas universidades de larga historia que son generalistas (factor 4). Hay que señalar que la colaboración con la empresa tiende a incrementarse en las regiones con mayor PIB, en las que también tiende a producirse una mayor colaboración internacional,

pero también se asocia a universidades de mayor antigüedad, en las que predomina la orientación local de las publicaciones (factor 5).

> **Tabla 5.7.** *Ingeniería-Tecnología. Agrupación de variables mediante análisis factorial*

	Componentes				
	1 Tamaño y especializ. liz.	2 Visibilidad	3 Desarrollo industrial	4 Colab. int. y antigüedad	5 Colab. empresa
N.º prof. Ingeniería	0,921				
% prof. Ingeniería	0,888				
Índice Actividad WoS	0,841				
N.º doc WoS	0,840				
Citas relativas		0,925			
No citados-relat.		-0,871			
FIR		0,865			
Gasto I+D empresa			0,909		
% poblac. activa empresa			0,780		
PIB_CCAA			0,756	0,303	
% col.nac WoS				-0,846	
% col.int.WoS		0,315	0,442	0,702	
% doc.ICYT/tot.doc.					0,779
Antigüedad		0,377		0,521	0,620
% col.empr. WoS			0,478		0,552

**aNota:** método de extracción: análisis de componentes principales. Sólo se muestran cargas factoriales >0,3.

**Fuente:** elaboración propia, Bordons et al. [1].

La asociación positiva entre tamaño y antigüedad de las universidades descrita para el análisis global de las universidades se verifica en Química, pero no en Ingeniería. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las universidades politécnicas, que son las de mayor producción en Ingeniería, se crean como tales en los años 70, si bien proceden de la fusión de escuelas técnicas que tienen una larga trayectoria anterior.

La especialización se asociaba a mayor impacto relativo en Química, pero esto no se detecta en las Ingenierías, donde la mayor especialización corresponde a las universidades politécnicas, de gran tamaño, mientras que el mayor impacto parece asociarse a las universidades de mayor antigüedad, no especializadas en Ingeniería, y que probablemente difieren en sus temas y en la orientación más básica de su investigación.

Finalmente, la asociación entre visibilidad de las publicaciones internacionales y colaboración internacional se verifica para las dos áreas estudiadas.

## ***5. Discusión y conclusiones***

### **5.1. Limitaciones metodológicas**

Antes de discutir los resultados obtenidos en este capítulo, nos parece importante comentar con brevedad algunas limitaciones metodológicas que pueden afectar tanto a la adecuada interpretación de los resultados actuales como al planteamiento de futuras investigaciones.

La escasez de datos a disposición pública sobre las universidades privadas dificulta su estudio, y es la razón por la que en este trabajo solo se hayan considerado en un primer nivel de análisis, excluyéndose en los análisis más detallados.

En la selección de las variables sobre personal investigador, conviene tener en cuenta posibles diferencias entre universidades en las categorías de su personal y en el peso de cada una de ellas. Así, por ejemplo, en este estudio solo se han considerado profesores doctores en plantilla, excluyendo al personal doctor contratado, lo que puede afectar de forma diferente a las universidades según su volumen de personal contratado.

Las diferencias en los hábitos de publicación y citación de las distintas disciplinas apuntan a la necesidad de realizar estudios desagregados por áreas, lo que puede ser especialmente importante en el caso las ciencias sociales y humanas, que difieren sustancialmente de las restantes áreas. El uso de los indicadores basados en citas en las ciencias humanas debe hacerse con gran cautela, ya que su validez se ve reducida por la larga vida media que caracteriza a estas áreas

y la importancia de las monografías que rara vez se tienen en cuenta como fuentes de citas.

Se pone de manifiesto la importancia de seleccionar como fuente de la producción científica una base de datos adecuada a las características del área objeto de estudio. Así por ejemplo, la base de datos *Web of Science* proporciona una mejor cobertura de los resultados científicos de los investigadores en las ciencias experimentales y de la vida que en las ciencias sociales y humanas, ya que en estas últimas adquieren mucha importancia las monografías (no incluidas en el WoS) y las publicaciones en revistas nacionales (sólo algunas cubiertas por la mencionada base de datos) [16, 21]. En este sentido, se ha observado que aproximadamente el 45% de los profesores doctores y casi el 60% de los alumnos de las universidades españolas pertenecen a ciencias sociales y humanidades, mientras que su *output* apenas representa el 9% de las publicaciones internacionales, lo que sugiere una insuficiente cobertura de los resultados de estas áreas en las bases de datos utilizadas. Sería interesante incluir en futuros análisis otros tipos documentales como son los informes y patentes –importantes en Ingeniería–, o los libros y monografías –muy relevantes en las ciencias sociales y humanas–. El interés de estos tipos documentales se ha descrito tanto en la literatura internacional [16] como en estudios concretos relativos a nuestro país [11, 23, 32].

## **5.2. Universidades públicas y privadas**

En España las universidades públicas son más numerosas, más antiguas y de mayor tamaño que las privadas. También suelen ser más generalistas, pues con el paso de los años las universidades tienden a aumentar su cobertura disciplinar. Las universidades privadas muestran menor tendencia a la diversidad temática, pues ésta se controla según criterios económicos y prevalece la oferta de titulaciones competitivas [6]. Hay que destacar que las universidades públicas están más orientadas a la investigación que las privadas (presentan mayor productividad internacional, mayor número de tesis por profesor doctor), mientras que en las universidades privadas predomina la docencia sobre la investigación, pues muchas de ellas están orientadas hacia áreas de interés profesional para la sociedad. En este estudio no se consideran indicadores relativos al éxito académico y profesional de los graduados, como puede ser la tasa de licenciados, el grado de desempleo de los licenciados o el tipo de trabajo que



desempeñan, pero las universidades privadas suelen obtener buenos resultados en estos ámbitos.

### 5.3. Estructura y actividad científica

El análisis de la relación entre estructura y actividad científica de las universidades se ha limitado a las públicas, debido a la escasa producción científica de la mayoría de universidades privadas, en parte por su reciente creación, pero también por su menor orientación investigadora.

En el estudio global de las universidades, observamos una correlación positiva entre el tamaño de la universidad (medido como número de estudiantes y de profesores) y la cifra de publicaciones internacionales y tesis. Sin embargo, hay que destacar que la productividad no siempre se incrementa con el tamaño de la universidad, sino que se asocia con una fuerte orientación internacional y elevado impacto. Esto implica que no todas las universidades grandes consiguen visibilidad y productividad elevadas, aunque a las universidades grandes les resulta más fácil conseguir las. Este resultado coincide con estudios previos en los que se demuestra que las universidades grandes, tanto en España como en Europa, presentan impactos relativos superiores a la media del sector de la enseñanza superior de su propio país [22, 36]. En el estudio desagregado por áreas, la mayor producción se asocia a mayor visibilidad internacional en Química (menor porcentaje de documentos no citados), y también se describió en un estudio anterior en Ciencias Sociales (mayor porcentaje de citas relativas) [1].

La asociación positiva entre colaboración internacional y visibilidad se observa en el estudio global de las universidades y se verifica para las dos áreas aquí estudiadas (Química e Ingeniería) y también para las Ciencias Sociales y Humanas [1], aunque en la última los indicadores basados en citas WoS son menos fiables [21] y el porcentaje de documentos internacionales es muy reducido. El mayor impacto de la investigación realizada en colaboración internacional ha sido descrito en distintas áreas y por diferentes autores (ver, por ejemplo, [7, 8, 18, 24, 26]). Aunque algunos estudios la han relacionado con una mayor tasa de autocitación derivada del mayor número de autores que generalmente se asocia a la colaboración internacional (ver, por ejemplo, [15]), otros trabajos han puesto de manifiesto que el incremento de citación se obtiene principalmente a través de citas externas [5, 9].

#### 5.4. Especialización

En lo que se refiere a la especialización, diversos estudios señalan que la diferenciación de las universidades es una respuesta estratégica frente a un ambiente de creciente competitividad. Así, es posible la diferenciación horizontal, que supone la especialización de la universidad bien hacia la dimensión profesional, bien hacia la académica; o la diferenciación vertical, que distingue entre universidades generalistas o especializadas [2]. Según Bonaccorsi y Daraio [2], la diferenciación de las universidades europeas es mucho menor que la de las norteamericanas y, entre las europeas, España y otros países mediterráneos presentan la menor diferenciación. Nuestro estudio muestra que la mayor especialización temática corresponde a las universidades politécnicas y a las de reciente creación. Las universidades antiguas son generalistas y de mayor tamaño por su ya comentada tendencia a crecer en respuesta a demandas internas y externas para cubrir mayor número de disciplinas. En cuanto a la diferenciación horizontal, ya se ha señalado la mayor orientación de las universidades privadas a la docencia y actividad profesional, mientras que esta diferenciación es escasa en el caso de las universidades públicas. En realidad, en España no se clasifican las universidades como docentes o de investigación. Al considerar la historia del sistema universitario en nuestro país, se observa que en distintas ocasiones se crearon universidades orientadas a fomentar la calidad y la investigación, especialmente bien dotadas de profesorado y de medios (por ejemplo, UAM y UAB en los años 70; Universidad Carlos III de Madrid y Pompeu Fabra en Barcelona en los años 90), pero con el tiempo su diferenciación se atenúa y tienden a parecerse a las universidades ya existentes [6]. Diferentes autores señalan que la diferenciación en el sector universitario puede ser muy positiva, pues permite a las universidades desarrollar estrategias más enfocadas a sus objetivos y a determinados segmentos de la población, lo que les permitiría ser más flexibles ante las demandas científicas y/o de la sociedad y construir una identidad propia reconocible desde el exterior [2].

¿Es la especialización temática de las universidades un factor importante en la visibilidad e influencia de sus resultados de investigación? ¿Es un factor determinante del buen hacer docente e investigador? Un estudio reciente sobre el conjunto de universidades más productivas en la *Web of Science* [22] permitió observar que el

impacto de las universidades en sus áreas de mayor especialización era mayor que el correspondiente a dichas áreas en las universidades generalistas sólo en cuatro disciplinas (Ciencias Biológicas, Medicina Clínica, Biología Molecular/Bioquímica y Física) de un total de quince consideradas. Se constata en dicho estudio que las cuatro disciplinas mencionadas presentaban cierto componente de *big science*, lo que podría explicar la mayor relevancia del concepto de «masa crítica» en las mismas. No obstante, hay que señalar que el estudio señalado se refiere a una selección de universidades de todo el mundo, y que el comportamiento de las universidades puede variar dependiendo de los países y del tipo de universidad.

En el estudio global de las universidades realizado en este capítulo, se constata que la especialización temática (a través del índice de concentración de publicaciones y profesores por áreas) se asocia a un indicador de alta visibilidad como es el porcentaje de documentos en revistas multidisciplinares de alta calidad (*Nature*, *Science*, *PNAS*). Pero al mismo tiempo se observa que los centros con mayor producción internacional (entre las que predominan las viejas universidades generalistas) tienden a tener un mayor impacto medio medido por número de citas por documento, lo que apoya su buen quehacer científico y señala la importancia del factor tamaño.

En este sentido, es interesante destacar que algunas universidades españolas grandes y antiguas son las que alcanzan mejores posiciones en los *rankings* de Shanghai (SJTU) y de *The Times* (THES): la Universidad de Barcelona, que es la más grande de España en cuanto al número de publicaciones internacionales, es la única incluida entre las 200 primeras del mundo. La Universidad Autónoma de Barcelona y las dos grandes universidades de Madrid, UCM y UAM, están entre las 300 primeras. No obstante, algunas universidades jóvenes y especializadas ubicadas en regiones ricas muestran en nuestro estudio buenos resultados, si los medimos por su elevada colaboración internacional y publicaciones en revistas *top*. Es el caso de la Universidad Pompeu Fabra (UPF)<sup>5</sup>, que además consigue situarse entre las cinco primeras universidades españolas (entre las 350 mejores del mundo) en el *QS World University ranking* de 2009 ([30]). La última edición de este producto ofrece una interesante novedad, que es la posición

**Nota 5.** Conviene señalar que el perfil de *output* de la UPF no es acorde con el de *input*, debido a que un elevado porcentaje de su profesorado del área médica no es personal de plantilla.

de cada universidad en distintos *rankings* temáticos, lo que permite identificar más claramente en qué ámbitos destaca cada institución.

En el estudio desagregado por áreas, se pone de manifiesto que la visibilidad internacional tiende a aumentar con el grado de orientación internacional de la universidad (% publicaciones internacionales), es decir, que se requiere cierta masa crítica de producción internacional para alcanzar las mejores revistas y obtener un retorno en forma de citas. Esto se observa aquí en Química, pero también se ha descrito en Ciencias Sociales [1]. La especialización temática de la universidad parece positiva en el área de Química, ya que se asocia a la publicación en revistas de mayor factor de impacto. En el área de Ciencias Sociales, se observó que las universidades más jóvenes son las que muestran mayor especialización temática, y ello se asocia a mayor colaboración internacional y publicación en revistas de prestigio, pero las citas tienden a aumentar con el volumen de producción WoS, lo que señala nuevamente la importancia del factor tamaño [1]. En el caso de las Ingenierías, el prestigio de las revistas de publicación tiende a incrementarse con la edad de las universidades, y no parece aumentar con la especialización. La mayor especialización en Ingeniería corresponde a las universidades politécnicas, pero algunas universidades generalistas obtienen mayor visibilidad internacional en el área y sería interesante explorar si con un perfil temático diferente. Las universidades politécnicas están más orientadas a la resolución de problemas de la industria que a la investigación básica, lo que coincide con lo descrito para las escuelas alemanas de ingeniería [22].

### **5.5. Tercera misión**

En cuanto a la «tercera misión» de las universidades, en este capítulo sólo se ha analizado un indicador basado en las publicaciones firmadas en colaboración entre la universidad y la industria. La fuerza de las relaciones entre estos dos sectores es un indicador parcial de los flujos de conocimiento entre el sector académico y el empresarial, como se ha puesto de manifiesto en diversos trabajos [20]. La colaboración universidad-empresa es reducida en el contexto español, asciende al 2% de las publicaciones WoS de la universidad y al 4% en el caso de las publicaciones en revistas españolas [12]. El estudio global de todas las áreas muestra que cuando crece la colaboración nacional, también lo hace la colaboración universidad-empresa, y se

da con mayor frecuencia en universidades jóvenes y especializadas situadas en regiones ricas, como Madrid, Cataluña o Valencia. Trabajos anteriores han descrito que en las regiones europeas, cuando existe una fuerte actividad industrial en la misma zona de la universidad, se originan sinergias importantes [35]. Por otra parte, es probable que las universidades jóvenes sean más conscientes que las antiguas del interés de participar en proyectos conjuntos con la empresa. También ha de señalarse el importante papel que desempeñan los gobiernos regionales para fomentar los efectos de la «triple hélice», promoviendo los lazos de la universidad con empresas locales. Sorprenden algunos resultados, como, por ejemplo, el caso de universidades situadas en regiones industriales, como es el País Vasco, que no presentan indicadores altos de colaboración con la industria. Aunque ha de tenerse en cuenta que sólo hemos estudiado la colaboración en publicaciones internacionales, y la industria española es más activa en publicaciones nacionales [10]. Consideramos que sería interesante introducir otros indicadores, como el número de contratos industria-universidad y el número de patentes, para completar este estudio.

El estudio desagregado por áreas muestra que la asociación entre riqueza de las regiones y colaboración universidad-empresa se produce en Química y Tecnología, mientras que no se verificó en las áreas de Ciencias Sociales y Humanas [1], probablemente porque existe menor actividad empresarial que pueda beneficiarse de la investigación académica en estas áreas. Esto no implica que la universidad no contribuya al desarrollo de su «tercera misión» en estas áreas, sino que lo hace a través de otros mecanismos (asesoramiento gubernamental, divulgación científica, etc.) que no se detectan a través de los indicadores utilizados.

Por otro lado, hay que señalar que en las Ingenierías la colaboración universidad-empresa puede desarrollarse en dos entornos diferentes: en zonas ricas, asociada a colaboración internacional y, por tanto, a intereses supranacionales, y en universidades muy consolidadas, asociada a intereses locales, como se infiere de un alto porcentaje de publicaciones de orientación nacional.

### **5.6. Implicaciones para las políticas de investigación**

A partir de este capítulo se pueden derivar algunas implicaciones de interés para la gestión de la investigación en el entorno universita-

rio. Este estudio pone de manifiesto los buenos resultados de algunas grandes universidades generalistas, lo que apunta hacia la importancia del factor tamaño, que junto a la orientación internacional de la investigación son elementos que facilitan la posterior visibilidad y reconocimiento de la investigación. Asimismo, se observa cómo la colaboración internacional se asocia repetidamente a una mayor visibilidad internacional en las distintas áreas temáticas estudiadas, lo que apoya la necesidad de continuar favoreciendo los vínculos entre investigadores españoles y extranjeros. En el entorno universitario español la mayor especialización temática se detecta en las universidades de reciente creación (además de en las politécnicas), y se asocia a pautas de publicación de orientación internacional (revistas de alto factor de impacto, colaboración internacional), aunque no a mayor reconocimiento (citas), lo que podría ser debido a la falta de una masa crítica de investigadores y sugiere la conveniencia de evitar la proliferación de pequeñas universidades y favorecer la colaboración entre las existentes para evitar el aislamiento. Finalmente, se observa que la colaboración universidad-empresa tiende a asociarse con una mayor orientación local de la investigación (en el caso de la ingeniería), y una mayor presencia de colaboración nacional. Somos conscientes de que la colaboración en las publicaciones entre el sector universidad y el sector empresa es solo un signo de la posible transferencia de conocimiento entre ambos sectores, y que dicha comunicación se canaliza también por otros medio no estudiados aquí (contratos, movilidad de investigadores, contactos informales, patentes, etc.), pero que cada vez demandan mayor atención, dadas las políticas actuales que tienden a fomentar los vínculos de la universidad con el sector privado.

Este estudio constituye un paso más en una línea de investigación abierta y de gran interés en la actualidad –tanto en España como en Europa–, orientada a introducir indicadores adecuados para analizar y describir los distintos perfiles de universidades y su posicionamiento en las diferentes dimensiones en las que se desarrolla su actividad.

## Referencias

- [1] Bordons, M.; Sancho, R.; Morillo, F.; Gómez, I. (2010): «Perfil de actividad científica de las universidades españolas en cuatro áreas temáticas: un enfoque multifactorial», *Revista Española de Documentación Científica*, 33(1), pp. 9-33, DOI 10.3983/redc.2010.1.718.
- [2] Bonaccorsi, A.; Daraio, C. (2007): *Universities and strategic knowledge creation. Specialisation and performance in Europe*, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, Reino Unido.
- [3] CINDOC (2006): *La investigación del CSIC a través de sus publicaciones científicas de difusión internacional (1981-2003)*, en <http://www.csic.es/documentacion.do>, CINDOC, Madrid.
- [4] Cybermetrics (2009): *Webometrics Ranking of World Universities*, en <http://www.webometrics.info/index.html>.
- [5] Costas, R.; Van Leeuwen, T.N.; Bordons, M. (2010): «Some evidences on the effects of self-citations at teams and individual levels of analysis», *Scientometrics*, 82 (3), pp. 517-537.
- [6] De Miguel, J.; Caïs, J.; Vaquera, E. (2001): *Excelencia. Calidad de las universidades españolas*, Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid.
- [7] Glänzel, W. (2001): «National characteristics in international scientific co-authorship relations», *Scientometrics*, 51(1), pp. 69-115.
- [8] Glänzel, W.; Schubert, A. (2001): «Double effort=Double impact? A critical view at international co-authorship in chemistry», *Scientometrics*, 50(2), pp. 199-214.
- [9] Glänzel, W.; Thijs, B. (2004): «Does co-authorship inflate the share of self-citations?», *Scientometrics*, 61(3), pp. 395-404.
- [10] Gómez, I.; Sancho, R.; Bordons, M.; Fernández, M. T. (2006): «La I+D en España a través de publicaciones y patentes», en Sebastián, J.; Muñoz, E. (eds.), *Radiografía de la Investigación pública en España*, pp. 273-301, Biblioteca Nueva, Madrid.
- [11] Gómez, I.; Bordons, M.; Morillo, F.; Aparicio, J.; Candelario, A.; Herrero, M. (2009a): *La actividad científica del CSIC a través del Web of Science. Estudio bibliométrico del periodo 2000-2007*, en [http://www.cindoc.csic.es/investigacion/informe\\_CSIC\\_2009.pdf](http://www.cindoc.csic.es/investigacion/informe_CSIC_2009.pdf), IEDCYT-CCHS, CSIC, Madrid.
- [12] Gómez, I. et al. (2009b): *Dinámica de las organizaciones de investigación: una aproximación bibliométrica. Informe final proyecto 2004-08052-C02-02/SOCI*, IEDCYT, CCHS, CSIC. Madrid.
- [13] Gómez, I.; Bordons, M.; Fernández, M. T.; Morillo, F. (2009c): «Structure and research performance of Spanish universities», *Scientometrics*, 79(1), pp. 131-146, DOI: 10.1007/s11192-009-0408-0.
- [14] Havas, A. (2009): «Universities and the emerging new players: building futures for higher education», *Technology Analysis & Strategic Management*, 32 (3), pp. 425-443.
- [15] Hertzberg, H.; Müller-Hill, B. (1995): «Quality and efficiency of basic

- research in molecular biology: a bibliometric analysis of thirteen excellent research institutes», *Research Policy*, 24(6), pp. 959-979.
- [16] Hicks, D. (2004): «The four literatures of Social Science», en Moed, H.F.; Glänzel, W.; Schmoch, U., (eds.), *Handbook of quantitative science and technology research*, pp. 473-498, Kluwer Academic Publishers, Países Bajos.
- [17] INE: Instituto Nacional de Estadística, en <http://www.ine.es>.
- [18] Katz, J. S.; Hicks, D. (1997): «How much is collaboration worth? A calibrated bibliometric model», *Scientometrics*, 40(3), pp. 541-554.
- [19] Larivière, V.; Gingras, Y.; Archambault, E. (2006): «Canadian collaboration networks: A comparative analysis of the natural sciences, social sciences and the humanities», *Scientometrics*, 68(3), pp. 519-533.
- [20] Leydesdorff L; Meyer, M. (2003): «The Triple Helix of university-industry-government relations», *Scientometrics*, 58 (2), pp. 191-203.
- [21] Moed, H. F. (2005): *Citation Analysis in Research Evaluation*, Springer, Países Bajos.
- [22] Moed, H. F. (2006): *Bibliometric ranking of World Universities CWTS Report 2006-01*, Leiden.
- [23] Moros, A.; Bordons, M. (2003): «La memoria de actividad como fuente de información bibliométrica en el estudio de una Escuela Politécnica Superior», *Revista Española de Documentación Científica*, 26(2), pp. 143-161.
- [24] Narin, F.; Stevens, K.; Whitlow, E. S. (1991): «Scientific cooperation in Europe and the citation of multinational co-authored papers», *Scientometrics*, 21(3), pp. 313-323.
- [25] Olmeda-Gómez, C.; Ovalle-Parandones, M. A.; Perianes-Rodríguez, A.; Moya-Anegón, F. (2008): «Impacto internacional de la investigación y la colaboración científica de las universidades de Cataluña», *Revista Española de Documentación Científica*, 31(4), pp. 591-611.
- [26] Persson, O.; Glänzel, W.; Danell, R. (2004): «Inflationary bibliometric values: the role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies», *Scientometrics*, 60(3), pp. 421-432.
- [27] Pratt, A. D. (1977): «A measure of class concentration in bibliometrics», *Journal of the American Society of Information Science*, 28(5), pp. 285-92.
- [28] Reale, E.; Poti, B.M.; Primeri, E.; Lepori, B.; Probst, C.; Gómez, I.; De Filippo, D.; Sanz, E.; Van den Besselaar, P. (2009): «Methodologies for the characterisation of the publication output of higher education institutions using institutional databases», en Larsen, B.; Leta, J. (eds.), *Proceedings of the 12th International Conference on Scientometrics and Informetrics*, pp. 984-985, BIREME/PAHO/WHO and Federal University of Rio de Janeiro, Sao Paulo.
- [29] SJTU (2008): *Academic Ranking of World Universities-2008*, en <http://www.arwu.org/rank2008/EN2008.htm> [15 agosto 2008], Institute for Higher Education, Shanghai Jiao Tong University, China.
- [30] THES (2009): «World University Rankings. Who is Number One?», *The Times Higher Education Supplement*, en <http://www.timeshighereducation.co.uk/WorldUniversityRankings2009.html> [1 octubre 2009]



- [31] Thijs, B.; Glänzel, W. (2008): «A structural analysis of publication profiles for the classification of European research institutes», *Scientometrics*, 74(2), pp. 223-236.
- [32] Torres-Salinas, D.; Delgado López-Cozar, E.; Jiménez-Contreras, E. (2009): «Análisis de la producción de la Universidad de Navarra en revistas de Ciencias Sociales y Humanidades empleando rankings de revistas españolas y la Web of Science», *Revista Española de Documentación Científica*, 32(1), pp. 22-39.
- [33] Van Raan, A. F. J. (2005): «Fatal Attraction: Conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods», *Scientometrics*, 62(1), pp. 133-143.
- [34] Visser, M. S.; Calero, C. M.; Moed, H. F. (2007): «Beyond Rankings: the role of large research universities in the global scientific communication system», en Torres-Salinas, D.; Moed, H. F. (eds.), *Proceedings of ISSI 2007*, pp. 761-765, CINDOC-CSIC, Madrid.
- [35] Zitt, M.; Ramanana-Rahary, S.; Bassecoulard, E.; Lavilla, F. (2003): «Potential science-technology spill-overs in regions: an insight on geographic co-location of knowledge activities in the EU», *Scientometrics*, 57(2), pp. 295-320.
- [36] Zitt, M.; Filliattreau, G. (2007): «Big is (made) beautiful. Some comments about the Shanghai ranking of world-class universities», en Sadlak; Liu, (eds.), *The world-class University and Ranking: Aiming beyond status*, pp.141-160, UNESCO-CEPES/Cluj University Press, Rumanía; Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University, China.

## **Anexo: abreviaturas de las universidades públicas españolas usadas en el estudio**

> **Tabla 5.8.** *Abreviaturas de las universidades*

<b>Universidad</b>	<b>Abreviatura</b>
Univ. Autónoma de Barcelona	UAB
Univ. Autónoma de Madrid	UAM
Univ. Carlos III	UC3
Univ. Complutense de Madrid	UCM
Univ. de Alcalá de Henares	UAH
Univ. de Alicante	UA
Univ. de Almería	ALME
Univ. de Barcelona	UB
Univ. de Burgos	UBU
Univ. de Cádiz	UCAZ
Univ. de Cantabria	UCA
Univ. de Castilla-la Mancha	UCIM
Univ. de Córdoba	UCOR
Univ. de Coruña	UCÑ
Univ. de Extremadura	UEX
Univ. de Gerona	GE
Univ. de Granada	UG
Univ. de Huelva	UHU
Univ. de Jaén	JAEN
Univ. de la Laguna	LAG
Univ. de la Rioja	URIOJ
Univ. de las Islas Baleares	UIB
Univ. de las Palmas de Gran Canaria	UPGC
Univ. de León	LEON
Univ. de Lérida	UDL
Univ. de Málaga	UMA
Univ. de Murcia	UMUR
Univ. de Oviedo	OV
Univ. de Salamanca	USAL
Univ. de Santiago de Compostela	USC
Univ. de Sevilla	US
Univ. de Valencia	UVA
Univ. de Valladolid	VALL





# *Incentivos de los académicos para patentar*

> **José García Quevedo**

Universidad de Barcelona

Departamento de Economía Política y Hacienda Pública  
e Instituto de Economía de Barcelona

## ***1. Introducción***

Las universidades, tal y como es ampliamente reconocido, son un agente clave en los sistemas nacionales de innovación [34, 18]. Entre los distintos modos en que las universidades contribuyen al desarrollo tecnológico y a la innovación, se ha destacado su creciente relación con las empresas y el aumento de la transferencia de conocimientos. En este sentido, un informe de la Comisión Europea [12] sobre el papel de las universidades en la Europa del conocimiento, destacaba que una de las prioridades del futuro inmediato de las universidades debía ser el aumento de la interacción con las empresas y de los flujos de conocimiento desde las universidades a las empresas y a la sociedad. La transferencia de conocimientos entre universidades y empresas tiene lugar a través de distintas vías, como pueden ser los contratos conjuntos de investigación universidad-empresa, la creación de empresas *–spin off–* a partir de la investigación universitaria, o las patentes universitarias y su posterior comercialización.

En años recientes, las patentes universitarias han generado un interés creciente, tanto por parte de la investigación académica como desde el punto de vista de las políticas diseñadas para incentivar la innovación [35, 6, 47]. La evidencia sobre el aumento de las patentes universitarias es significativa, aunque cabe precisar que no es un fenómeno homogéneo por universidades ni por países [26, 23, 48]. Sin embargo, existen pocos estudios empíricos que analicen la relación entre universidades y patentes y los factores que influyen en la generación de patentes por parte de las universidades, en particular para las universidades y países europeos. Así, como Azagra *et al.* [5] afirman, nuestro conocimiento sobre los mecanismos que favorecen la solicitud de patentes universitarias es todavía limitado. En el último año disponible, 2007, el conjunto de patentes registradas por las universidades, según la Red OTRI, alcanzó la cifra de 434 patentes vía nacional, de las que 192 tenía extensión PCT.

Este capítulo contribuye a la literatura aplicada que analiza los factores que explican la producción de las patentes académicas. En comparación con estudios previos que centran su análisis fundamentalmente en la influencia de los gastos en I+D y de las oficinas de transferencia de tecnología [15, 39, 5], el objetivo de este estudio es examinar la influencia de los incentivos a los investigadores universitarios para generar patentes. En concreto, se examina qué efectos tienen las normas de distribución entre universidades y profesores de los ingresos derivados de las patentes en el volumen de patentes solicitadas por cada universidad. En los EEUU, las universidades que otorgan más incentivos a sus científicos generan mayores ingresos por licencias de patentes [30]. Asimismo, como señala la Comisión Europea [13], la explotación eficiente de los resultados de la investigación financiada con fondos públicos depende de una gestión adecuada de la propiedad intelectual, junto con el desarrollo de una cultura emprendedora y de una mejor comunicación e interacción entre los sectores público y privado.

Que los profesores universitarios y las universidades promuevan las patentes puede tener efectos favorables para las universidades. Entre ellos, se ha destacado el aumento de los recursos financieros, el incremento de los contratos con empresas para el desarrollo de la patente en un producto comercializable, la posible creación de empresas *spin off* y una explotación comercial más rápida de las invenciones. El principal argumento a favor de las patentes universitarias es que

facilitan la transferencia de tecnología desde las universidades a las empresas privadas [47]. Las empresas pueden estar interesadas en el conocimiento que generan las universidades, pero para que consideren adecuado destinar recursos a I+D para el desarrollo de la posible aplicación comercial de ese conocimiento, necesitan disponer de algún tipo de protección frente a sus posibles competidores. Junto a este argumento, se destaca que un sistema adecuado de patentes universitarias puede favorecer la transmisión de conocimientos a la sociedad de determinadas invenciones que de otro modo permanecerían ocultas, dado el escaso interés que en la explotación comercial tiene gran parte de los investigadores.

No obstante, la evidencia empírica que apoye los argumentos anteriores resulta limitada. Además, las patentes, como es conocido, encierran cierta paradoja, ya que por una parte estimulan el desarrollo de nuevos conocimientos, pero por otra suponen una restricción de los flujos de este conocimiento. Esta paradoja es aún más intensa en el caso de instituciones centradas en la investigación básica financiada con fondos públicos. Así, la creciente tendencia a patentar de las universidades puede comportar un riesgo sobre la parte de investigación que es ciencia abierta, bien público, con efectos significativos sobre el bienestar a largo plazo.

La influencia de la normativa sobre los derechos de propiedad intelectual (IPR) en la generación de patentes académicas ha suscitado un interés creciente desde los cambios introducidos por la ley Bayh-Dole en Estados Unidos en 1980, que otorgó a las universidades los derechos de propiedad de las patentes universitarias generadas por la investigación financiada con fondos federales. En los países europeos existen diferencias sustanciales en los sistemas de derechos de propiedad intelectual. Mientras en algunos países los investigadores universitarios son propietarios de las patentes derivadas de sus investigaciones, en otros la universidad retiene la propiedad, aunque generalmente el investigador tiene el derecho a participar en los beneficios que se deriven de la explotación de la patente [6, 23, 47].

Con la intención de facilitar incentivos económicos adecuados a los investigadores universitarios para que generen más investigación patentable, algunos países europeos, como Alemania e Italia, han cambiado el sistema de propiedad intelectual de las invenciones de los investigadores universitarios. Sin embargo, los cambios legislativos

en estos dos países han seguido direcciones opuestas. Mientras en Alemania el denominado «privilegio del profesor», a través del cual los profesores universitarios retienen todos los derechos de propiedad derivados de sus invenciones, se abolió en 2001, en Italia se ha introducido este privilegio, de manera que los IPR se conceden a los profesores, aunque las universidades tienen el derecho a recibir un porcentaje de los ingresos netos que genera la explotación comercial de las invenciones patentadas [6, 10].

Estos cambios obedecen a intuiciones opuestas [31]. Mientras en el caso de Alemania, que también ha seguido Austria, el argumento es que las universidades están en mejor posición que los investigadores individuales para explotar los IPR, en el caso de Italia el argumento es el contrario; se supone que los profesores universitarios, motivados por las ganancias esperadas, pueden tener un mayor incentivo para patentar que las universidades que los emplean. Estos cambios se han apoyado en una evidencia insuficiente [34] sobre los efectos de la ley Bayh-Dole y se han centrado en los resultados de carácter más comercial de la investigación universitaria, sin considerar el conjunto de efectos que patentes y licencias pueden representar sobre los distintos modos en que las universidades contribuyen a la innovación y al crecimiento económico.

El papel que las patentes ejercen sobre el comportamiento y el impacto de la ciencia académica es complejo y su influencia sobre la traslación de los resultados científicos a innovaciones industriales puede ser crucial [28]. De ahí que sea necesario avanzar en el conocimiento sobre la influencia que el sistema de patentes y las normas de propiedad intelectual tienen sobre la eficiencia de la producción y uso de la investigación, tanto con fines científicos como comerciales.

Con el objetivo de analizar los determinantes de las patentes académicas a un nivel institucional, se ha construido una base de datos para las universidades españolas que incluye las variables usadas habitualmente en los análisis aplicados, pero complementándolas con una variable sobre el nivel de los incentivos a los investigadores para patentar [9]. Para ello se ha reunido información sobre los *royalties* asignados a los científicos en cada una de las universidades españolas. El análisis de un país específico permite disponer de un contexto institucional homogéneo, ya que el marco legal es un factor importante para explicar diferencias entre países en el volumen de patentes universitarias [38].



El resto del capítulo se organiza de la manera siguiente: tras esta introducción, en el segundo apartado, se examinan, de acuerdo con la literatura, los principales factores determinantes de las patentes académicas. Tras ello, se presentan las fuentes estadísticas y datos disponibles para realizar un análisis aplicado al caso de España. En el cuarto apartado se presentan los resultados obtenidos en las estimaciones econométricas. El capítulo concluye con un apartado de conclusiones y de implicaciones para la definición de acciones de fomento de la innovación.

## ***2. Factores determinantes de las patentes académicas***

Del mismo modo que en los análisis de patentes empresariales, el marco teórico utilizado para analizar los determinantes de las patentes académicas es la función de producción de conocimientos [24]. En este modelo, el número de patentes depende del esfuerzo en I+D. Este modelo básico es habitualmente ampliado con otras variables que pueden influir en las patentes universitarias.

Tres factores pueden explicar el aumento de las solicitudes de patentes universitarias que ha tenido lugar en los EEUU. Estos factores son los cambios legislativos, la financiación empresarial de la investigación universitaria y el aumento de las oficinas de transferencia de tecnología [26]. Los dos últimos factores suelen incluirse en los modelos que pretenden analizar motivos que explican las diferencias entre universidades en el número de patentes. En España no ha habido cambios legislativos significativos en este ámbito, por lo que, en un análisis en que se utiliza como unidad la universidad, no es necesario incluir el primero de los factores mencionados. Los modelos acostumbran a incluir también variables que capturen la calidad y la orientación de la investigación en las universidades. Además, los incentivos a los investigadores deben ser una variable explicativa de las diferencias en la generación de patentes por parte de las universidades.

De este modo, la aproximación que se propone en Barrio y García-Quevedo [9], similar a la utilizada en otros estudios aplicados, pretende explicar el número de patentes académicas como resultado de diversas variables independientes que han resultado relevantes en la literatura, y determinar su influencia y efectos por medio de

la estimación econométrica de un modelo. En la estimación se tiene en consideración el carácter de datos de recuento de la variable dependiente, definida como el número de patentes solicitadas por cada universidad. Las principales variables que se considera pueden influir en la generación de patentes académicas se presentan a continuación.

En primer lugar, es de esperar que el número de patentes universitarias dependa de los recursos destinados a las actividades de I+D. En consecuencia, los gastos en I+D se han empleado en la mayoría de estudios aplicados sobre los determinantes de las patentes académicas [15, 39, 5, 1]. En particular, Coupé [15] examina en detalle, con la utilización de diferentes modelos, la relación entre gastos en I+D y patentes académicas y confirma que es una variable significativa. En cuanto a la financiación obtenida para actividades de I+D, es conveniente examinar si existen diferencias según la fuente de financiación y analizar si las universidades que reciben más financiación a través de contratos y con una orientación comercial superior presentan una mayor propensión a patentar. Importante distinción esta, porque, como Henderson *et al.* [26] señalan, uno de los principales factores que explican el crecimiento de las solicitudes de patentes universitarias es el aumento de la financiación privada de la investigación académica.

Sin embargo, los resultados de los análisis aplicados no son concluyentes [23, 5]. Las patentes de titularidad universitaria pueden estar, tal y como sugieren algunos autores [4], más relacionadas con la investigación básica a largo plazo, que permite generar invenciones más susceptibles de ser patentadas, que con los resultados de la investigación que se puedan derivar de contratos con empresas, más orientados a la solución de problemas tecnológicos. En sentido contrario, la interacción entre universidades y empresas puede generar nuevas ideas y un interés superior en patentar por parte de los investigadores universitarios [2, 42]. Ello se debe, en gran medida, a que las empresas orientan su investigación hacia ámbitos cuyos resultados son más susceptibles de ser patentados. En este sentido, la información aportada por algunos responsables de oficinas de transferencia de tecnología en España apunta en la misma dirección; la interacción de la universidad con las empresas, apoyada frecuentemente por fondos públicos, se ha traducido en nuevas patentes académicas.

En segundo lugar, como muestran los estudios teóricos y aplicados, el papel de las oficinas de transferencia de tecnología tiene una importancia crítica en la gestión y posterior licencia de patentes

universitarias. De este modo, el aumento de las oficinas de transferencia de tecnología y de su volumen de actividad ha sido también, de acuerdo con Henderson *et al.* [26], uno de los factores que explica el crecimiento de las patentes académicas, afirmación apoyada por la evidencia empírica [19, 15]. No obstante, la medición de su influencia en un modelo aplicado presenta dificultades relevantes, ya que no existe un indicador que recoja tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos de las oficinas de transferencia de tecnología. Asimismo, sus modos de actuación en este ámbito pueden presentar diferencias relevantes con incidencia, por ejemplo, más en la calidad de las patentes que sólo en su cantidad. En los análisis aplicados se ha tendido a utilizar un indicador de tamaño, como puede ser el número de empleados o de técnicos [30, 9].

Otra variable que puede repercutir en el volumen de patentes académicas es la calidad científica de las universidades, aunque los resultados de los análisis empíricos no son concluyentes. Mientras Miyata [32] y Azagra *et al.* [5] encuentran una relación positiva entre la calidad científica y las invenciones y las patentes como variables dependientes respectivamente, este parámetro no es significativo en el caso de los ingresos por licencias [30]. La medición de la calidad de la investigación universitaria tampoco está exenta de dificultades. Algunos de los indicadores que se han propuesto en la literatura son el número de publicaciones y el volumen de citas, como indicador de impacto, la posición de la universidad en diferentes *rankings* o la calidad de su personal investigador, medida, por ejemplo, por el porcentaje de doctores.

Algunos análisis recientes sobre patentes académicas han enfatizado que uno de los principales factores que han contribuido a su rápido crecimiento en estos últimos años han sido las crecientes oportunidades tecnológicas en los campos de la biomedicina y de la investigación farmacéutica, y también, aunque en menor medida, en las tecnologías de información y comunicación [33, 23, 43]. En estos ámbitos, la investigación universitaria tiene una capacidad superior para aprovechar las oportunidades tecnológicas al estar mucho más vinculadas a los resultados de la investigación básica. De acuerdo con Geuna y Nesta [23], este factor resulta mucho más importante en la explicación del incremento de las patentes académicas que los cambios normativos sobre los derechos de propiedad intelectual. Por ello, en los análisis aplicados sobre los factores determinantes de

las patentes académicas es necesario incluir una variable que permita controlar la especialización de la investigación académica, dado que las universidades presentan diferencias significativas relacionadas con sus campos de investigación.

La última variable que hay que considerar son los incentivos a los investigadores para patentar. El sistema de derechos de propiedad intelectual para las invenciones de los investigadores universitarios y las normas para la distribución entre las universidades y sus profesores de los ingresos generados por las invenciones, merece una particular atención en el análisis de los determinantes de las patentes académicas. Algunos autores han enfatizado la importancia de los incentivos en el esfuerzo de los científicos al desarrollar invenciones [29, 44] y en los resultados de los centros de transferencia de tecnología [41], y en algunos análisis se ha observado evidencia de esta importancia para las patentes académicas [15] y para los ingresos generados por las patentes universitarias [30]. Sin embargo, aún se conoce poco sobre la influencia que los incentivos ejercen sobre los investigadores a la hora de generar investigación patentable. En España, aunque las universidades son las propietarias de las invenciones generadas por los investigadores universitarios, éstos tienen el derecho de participar en los *royalties* derivados de las patentes.

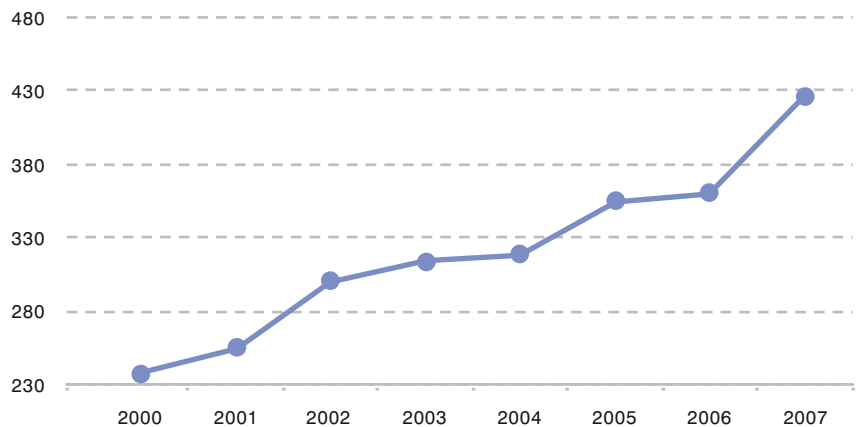
### ***3. Variables y fuentes estadísticas***

La estimación de un modelo con el objetivo de explicar el número de patentes universitarias en España, según las variables independientes presentadas con anterioridad, requiere construir una base de datos, combinando distintas fuentes estadísticas. En estos análisis aplicados, las unidades utilizadas con más frecuencia son las universidades, los departamentos o los investigadores considerados individualmente [3, 42]. En el análisis de Barrio y García-Quevedo [9] y a partir de la información disponible, se ha construido una base de datos para 47 universidades públicas. Aunque actualmente existen más de 70 universidades en España, la información de las universidades privadas es muy limitada y no ha sido posible incluirla en el análisis. Asimismo, en España son las universidades públicas las que desarrollan la mayor parte de la investigación académica. En concreto, representan el 92,7% del total de los gastos universitarios en

I+D y emplean al 93,6% de los investigadores medidos en equivalencia a dedicación plena [27].

Las fuentes habituales para el análisis de las patentes son la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) y la Oficina Europea de Patentes (EPO). Los análisis se han centrado por lo general en los datos disponibles de las patentes propiedad de las universidades. Esta aproximación subestima la participación universitaria en las patentes, debido a que no tiene en cuenta las patentes cuyas propietarias no son las universidades, pero en las que existe un inventor universitario [23, 47]. En el caso de España, una encuesta reciente con datos de seis países europeos, la encuesta Patval, muestra que la participación de patentes cuya propietaria es la universidad es superior a la proporción de patentes en las que participa un investigador universitario sin ser propiedad de la universidad [47]. No obstante, es necesario avanzar en la recopilación de datos sobre las patentes que no son propiedad de la universidad, pero en las que un investigador académico, o bien aparece como inventor, o bien es el titular de la patente, para poder disponer de un panorama preciso de la implicación de las universidades en la generación de patentes.

> **Gráfico 6.1.** Evolución de las solicitudes de patentes participadas por universidades con efectos en España. 2000–2007



Fuente: OEPM.

Aunque la solicitud de patentes universitarias en España es un sistema menos utilizado, en comparación con los países avanzados, para

proteger los resultados de la investigación [35], ha tenido lugar un aumento significativo en años recientes, tal y como ocurre en otros países europeos [45]. En concreto, el número de solicitudes de patentes universitarias ha pasado de una cifra en torno a 240 patentes en 2000 a 427 en 2007. Las solicitudes de patentes universitarias representan una proporción destacada de las solicitudes realizadas en España. En 2007 alcanzaron un porcentaje del 11,8%, lo que supone un aumento de casi dos puntos porcentuales respecto al 9,9% de 2005.

> **Tabla 6.1.** *Solicitudes de patentes nacionales participadas por universidades. 2000–2007*

<b>Universidades</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>Acumulado</b>
Universidad Politécnica de Cataluña	29	20	23	34	25	36	35	37	239
Universidad Politécnica de Valencia	22	27	35	22	23	31	21	20	201
Universidad de Sevilla	4	12	22	25	29	26	18	15	151
Universidad Politécnica de Madrid	17	8	9	11	9	17	21	39	131
Universidad Complutense de Madrid	20	9	12	18	20	13	12	22	126
Universidad de Santiago de Compostela	8	8	18	23	21	16	16	12	122
Universidad de Málaga	4	10	17	6	9	17	9	36	108
Universidad de Granada	9	6	16	13	16	17	15	16	108
Universidad Autónoma de Madrid	11	7	7	11	16	10	12	24	98
Universidad de Zaragoza	9	9	7	12	8	14	12	19	90
Universidad de Vigo	6	13	10	14	8	11	14	11	87
Universidad de Barcelona	6	9	6	13	8	10	11	12	75
Universidad de Oviedo	7	20	15	6	8	6	6	4	72
Universidad Autónoma de Barcelona	10	5	4	8	6	10	14	7	64
Universidad de Valencia	13	4	11	3	12	6	7	7	63

**Nota:** se presentan los valores de las 15 universidades con más solicitudes en el periodo 2000-2007. Se considera al solicitante, tanto si se trata del primer solicitante como del segundo, lo cual implica que varios solicitantes pueden compartir la titularidad de una misma solicitud de patente.

**Fuente:** OEPM.

Las diferencias entre universidades en las solicitudes de patentes son sustanciales y su distribución es poco uniforme. Mientras algunas universidades, como la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad Politécnica de Valencia, solicitan más de 20 patentes anuales, un número significativo de universidades, especialmente las pequeñas y de reciente creación, solicitan una o dos patentes anuales.

Del mismo modo que la distribución de patentes es poco uniforme, la distribución de ingresos también es muy irregular, puesto que mientras unas pocas patentes pueden generar ingresos significativos, de la gran mayoría no se derivan ingresos. De acuerdo con la estadística elaborada por la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) [17], en 2006 las universidades españolas disponían de 150 patentes en explotación, con unos ingresos generados de aproximadamente 2,4 millones de euros. Este valor coincide con el que se presenta en la Encuesta de la Red OTRI [40], que pone de manifiesto que los ingresos por licencias en el periodo 2003-2008 han oscilado entre los 1,7 millones de euros de 2003 hasta el máximo de 2,4 en 2007, mientras que en 2008 este valor se situó en 1,98 millones de euros. Estos valores, del mismo modo que el número de licencias de patentes, están muy alejados de los correspondientes a los países más avanzados. Así, mientras en España el retorno económico medio de las licencias por universidades se sitúa en 45.000 euros por universidad, en Europa es de 266.800 y en Estados Unidos de casi 7 millones de euros [40].

En la comparación de las patentes entre universidades o entre países, es necesario considerar diversas cuestiones [6]. En primer lugar, las patentes son un indicador con limitaciones, ya que no todas las invenciones son patentadas y las patentes difieren significativamente en su valor económico [24]. En segundo lugar, las patentes son en gran medida un fenómeno específico de determinados campos de investigación. De este modo, las universidades especializadas en ámbitos de investigación con mayores oportunidades de resultados patentables presentarán mejores resultados que las que están especializadas en otros campos de investigación de difícil traslación a patentes. En tercer lugar, en las solicitudes de patentes influyen aspectos institucionales, como la posible distribución de beneficios o la presencia y eficiencia de las oficinas de transferencia de tecnología. Finalmente y en particular, en las comparaciones con Estados Unidos es necesario tener en consideración las sustanciales diferencias que existen en cuanto a estructura, organización y relaciones con las empresas del

sistema universitario norteamericano respecto a la gran mayoría de países europeos [34].

La primera variable explicativa del número de patentes que se debe considerar son los recursos destinados a actividades de I+D. En España, el Instituto Nacional de Estadística (INE) ofrece, en su estadística anual sobre actividades de I+D, información sobre las actividades en I+D de los diferentes sectores, incluido el sector de educación superior. Esta información se presenta también en las estadísticas de la OCDE sobre I+D. Sin embargo, para garantizar la confidencialidad, el INE no proporciona información individual por universidades. Una fuente alternativa es la estadística que publica la CRUE, que proporciona una información útil para el análisis de las actividades de I+D en las universidades. En concreto, en esta estadística se ofrecen datos sobre la financiación que obtienen las universidades para la investigación, distinguiendo entre investigación básica y aplicada. La diferencia en esta estadística entre investigación básica y aplicada depende del tipo de financiación y no corresponde a la propuesta por el manual de Frascati de la OCDE. En el caso de la investigación básica, la financiación proviene de subvenciones y becas para desarrollar proyectos de investigación. Esta financiación es concedida fundamentalmente en convocatorias competitivas de las administraciones públicas tanto europeas como nacionales o regionales. De acuerdo con estas estadísticas, prácticamente el 95% de los fondos para la investigación básica proviene de instituciones públicas.

Por otra parte, los fondos para la investigación aplicada provienen de contratos con terceras instituciones para la provisión de servicios de investigación y de consultoría. En este caso, prácticamente el 60% de los fondos proviene del sector privado. Esta distinción permite analizar la influencia que el tipo de financiación tiene sobre la tendencia a patentar de las universidades.

En España todas las universidades públicas cuentan con una oficina de transferencia de resultados de la investigación (OTRI), organizada en la Red OTRI de universidades. Las OTRI han experimentado en los últimos años un crecimiento significativo del volumen de recursos para proyectos y contratos, alcanzando la cifra de 428 millones de euros en 2006, muy superior a los 207 millones de 2000 [22]. Este volumen corresponde a los contratos de I+D entre empresas y universidades gestionados por las OTRI. Las OTRI tienen tamaños y capacidades muy



diferentes, aunque en muchos casos su dimensión es reducida y algo más de la mitad de las OTRI dispone de menos de seis técnicos [40]. Aunque en los últimos años algunas OTRI han adoptado un papel más activo en otras vías más avanzadas de transferencia de tecnología, como es la creación de *spin off* o las licencias de patentes, los ámbitos a los que el personal técnico destina una dedicación superior continúan siendo los contratos bajo demanda y las subvenciones de colaboración, mientras que las actividades de valorización y transferencia de resultados de investigación representan una participación menor [40]. En este sentido y a pesar de los avances de los últimos años y la ampliación de sus ámbitos de actuación, las OTRI siguen presentando ciertas limitaciones. En concreto, en el Plan Nacional de I+D+i 2008-2001, aun destacando la importancia de estas entidades, se afirma que están sobrecargadas de trabajo administrativo y burocrático, cuando su función principal debería ser actuar como organismos estratégicos de coordinación y contacto.

La medición mediante un modelo aplicado de la influencia de las oficinas de transferencia de tecnología en el número de patentes presenta dificultades relevantes, tal y como se ha señalado anteriormente, ya que no existe un indicador que recoja tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos de las OTRI. Del mismo que en otros análisis aplicados [30], se ha utilizado un indicador de su tamaño. En concreto, se han considerado dos alternativas: el número total de empleados y el número de técnicos que puede ser más indicativo de la capacidad de la OTRI en la gestión de patentes [9]. Ambas son variables proxy no exentas de limitaciones, dado que no captan todos los factores vinculados a la capacidad y eficiencia de las OTRI para transferir tecnología<sup>1</sup>.

Las siguientes dos variables utilizadas en el análisis aplicado son la calidad científica y la especialización de las universidades. Para la medición de la calidad científica de las universidades se ha utilizado la proporción de doctores en cada universidad, a partir de la información disponible en el Instituto Nacional de Estadística (INE). Este indicador es una aproximación a la calidad y capacidad de producción científica de las universidades y tampoco está exento de limitaciones, dados los numerosos factores que determinan la calidad

**Nota 1.** En España esta información está disponible en la encuesta que realiza la Red OTRI de universidades desde 2002, aunque en los primeros años la información no era del todo exhaustiva.

científica de las universidades. La especialización en determinados campos científicos puede influir de modo muy significativo, como se ha señalado, en la capacidad de patentar de las universidades. Para captar la especialización y orientación de la investigación universitaria en determinados campos científicos, se ha utilizado el número de publicaciones en el *Science Citation Index* en el periodo 1996-2001 [20]. Se han excluido otro tipo de publicaciones, como las de ciencias sociales, dado que el propósito es controlar las diferencias en la orientación de la investigación que pueda afectar al número de patentes.

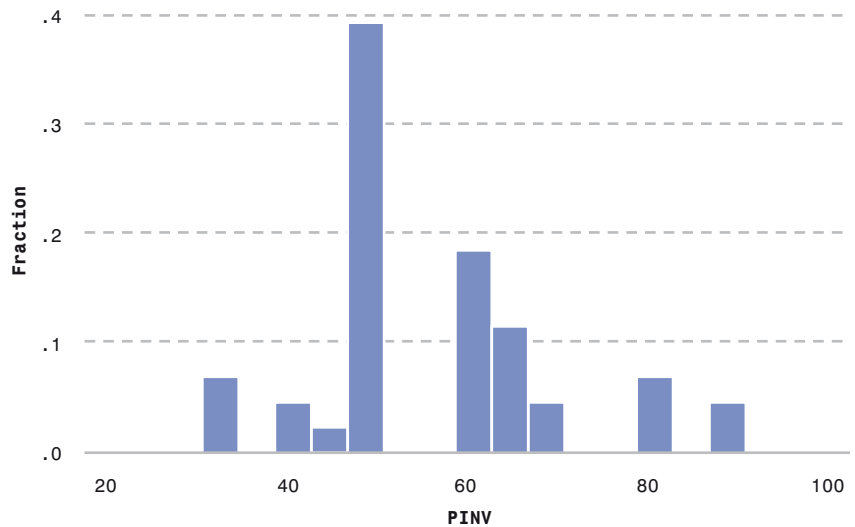
Finalmente, en España, tanto la universidad como el investigador individual tienen incentivos para patentar los resultados de su investigación. La Ley española 11/1986, de Patentes de Invención y de Modelos de Utilidad, señala en su artículo 20 que la universidad es la propietaria de las invenciones realizadas por el personal universitario como consecuencia de su actividad investigadora en la universidad. El mismo artículo afirma también que el personal tendrá el derecho a participar en los beneficios obtenidos por la universidad por la licencia o cesión de sus derechos sobre las invenciones, y que las modalidades y cuantía de esta participación se determinan a través de los estatutos de la universidad.

En consecuencia, las universidades han definido normas internas para la distribución de los posibles *royalties*. Las normas tienen que ser aprobadas por los órganos de gobierno de las universidades. En estas regulaciones, el porcentaje para la distribución de los posibles beneficios entre la universidad y el investigador, y en algunas ocasiones el departamento o grupo de investigación, se fijan de manera permanente, con lo que variar la participación en los *royalties* exige cambiar la normativa. En términos generales, la mayor parte de los beneficios se destina al investigador, con una media del 56%, mientras que la universidad recibe el 29,5%. El resto es asignado al departamento al que el investigador pertenece (13,5%), mientras que la participación del grupo de investigación es marginal (1%), y solo tiene lugar en tres universidades.

La recopilación de estos datos muestra que existen diferencias significativas en los *royalties* asignados a los investigadores en las universidades españolas, al igual que ocurre en el caso de EEUU. Mientras que universidades como las de Cantabria, Extremadura, Salamanca o Valladolid asignan entre el 80 y 90% de los beneficios al investigador universitario, en otras universidades, como son los casos de la

Universidad Autónoma de Barcelona, La Laguna, Girona, o Jaume I de Castellón, este porcentaje se sitúa en niveles inferiores, alrededor del 35%. Tal variación entre universidades permite analizar si los incentivos a los investigadores son una variable explicativa de las diferencias en las patentes universitarias. El histograma muestra que, aunque existe una cierta concentración de universidades que han establecido porcentajes de participación para el investigador en torno al 50-60%, existen diferencias significativas entre universidades. Esta distribución presenta cierta similitud con la existente en Estados Unidos, presentada en Lach y Shankerman [30].

> **Gráfico 6.2.** *Distribución por universidades de la participación del investigador en los royalties (en porcentaje)*



**Nota:** PINV es el porcentaje de los *royalties* asignado al inventor.

**Fuente:** elaboración propia con información de las universidades.

Los estadísticos descriptivos del conjunto de variables utilizadas se presentan en la tabla 6.2. Estos estadísticos ponen de manifiesto las diferencias entre universidades. Así, por ejemplo, el número de patentes solicitadas en este periodo oscila entre un mínimo de 1 y un máximo de 68. Además el porcentaje de participación en los beneficios derivados de la explotación de patentes asignado a los profesores universitarios muestra, como se ha señalado, diferencias que alcanzan un máximo del 90% y un mínimo del 33%.

> **Tabla 6.2.** Estadísticos descriptivos

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
PAT	13,90	15,02	1	68
I+D	1,54e+07	1,28e+07	755.438,3	5,17e+07
I+DB	1,07e+07	8.641.161	353.048,8	3,66e+07
I+DA	4.707.286	5.147.647	402.389,4	2,39e+07
OTRIPER	12,65	10,28	1	43
OTRITEC	7,68	5,38	1	28,5
PROFESORES	1.628,51	1.054,64	370	5.102
PHD	1.124,53	848,44	228	4.297
PUBFAC	0,929	0,447	0,288	2,131
SHINV	56,70	13,63	33,0	90,0
SHUNIV	29,15	12,13	10,0	67,0

**Nota:** valores para 43 universidades públicas. De la base de datos original de 47 universidades se han suprimido 4 observaciones por falta de información suficiente.

- PAT: número total de patentes universitarias. Años 2002, 2003 y 2004. Fuente: OEPM.
- I+D: financiación de las universidades para actividades de I+D (en euros). 2002. Fuente: CRUE.
- I+DB: financiación de las universidades para actividades de I+D (en euros). 2002. Investigación básica. Fuente: CRUE.
- I+DA: financiación de las universidades para actividades de I+D (en euros). 2002. Investigación aplicada. Fuente: CRUE.
- OTRIOPER: personal de las OTRI. 2004. Fuente: RedOTRI.
- OTRITEC: personal técnico de las OTRI. 2004. Fuente: RedOTRI.
- PROFESORES: número de profesores. Media 2002 y 2003. Fuente: INE.
- PHD: profesores doctores. 2002. Fuente: INE.
- PUBFAC: número medio de publicaciones en el *Science Citation Index* (1996-2001) por profesor. Fuente: Fundación CYD [20].
- SHINV: participación del inventor en los *royalties* (en %). Elaboración propia con datos de las universidades.
- SHUNIV: participación de la universidad en los *royalties* (en %). Elaboración propia con datos de las universidades.

## 4. Resultados

Las estimaciones de los factores determinantes de las patentes requieren tener en consideración la naturaleza de la variable endógena, el número de patentes, que constituye un ejemplo típico de datos de recuento. En este caso, especificaciones propias de los modelos de datos de recuento son preferibles a los modelos de regresión lineal estimados por mínimos cuadrados ordinarios [25, 11]. Los modelos básicos para datos de recuento son los modelos Poisson y binomiales negativos [11], que son los utilizados en las estimaciones que se presentan en Barrio y García Quevedo [9].

A partir de esta base de datos, los resultados de las estimaciones [9] que se resumen en la tabla 6.3 ponen de manifiesto que la participación asignada a los investigadores en los *royalties* no tiene un efecto significativo en las diferencias existentes por universidades en el número de solicitudes de patentes.

Este resultado, que debe considerarse con cautela, dada la dificultad de controlar por todas las características que pueden afectar a la actividad en relación a las patentes de las universidades, difiere del obtenido por Lach y Shankerman [30] para los ingresos por licencias de patentes en las universidades de Estados Unidos. De este análisis se infiere, tal y como sugiere una reciente revisión de la literatura sobre patentes académicas y licencias [6], que los efectos de los incentivos pueden ser sustancialmente diferentes según el marco institucional y organizativo y las características individuales de las universidades. Por lo tanto, como destaca Baldini [6], si el propósito es aumentar la actividad de las universidades en la solicitud de patentes, no es suficiente con cambios normativos sobre el reparto de los derechos de propiedad intelectual. Del mismo modo, tampoco es posible trasladar los resultados que obtienen algunas universidades de Estados Unidos a las universidades europeas sólo con cambios normativos y sin tener en consideración las características específicas del sistema universitario norteamericano [34].

Entre las razones que pueden explicar la ausencia de relación entre los incentivos a los investigadores y el número de patentes universitarias, al margen de los escasos ingresos por licencias, destacan las siguientes: en primer lugar, en la comparación con otros países debe tenerse en consideración que, a pesar del avance de los últimos años, el esfuerzo en I+D de las universidades españolas representa, con datos de 2006, un 0,33% del PIB y todavía se sitúa por debajo de la media de los países avanzados, que alcanzaron un porcentaje de gastos en I+D del 0,39% sobre el PIB [37].

En segundo lugar, a finales de los ochenta y en los primeros noventa tuvo lugar una expansión muy notable del sistema universitario, con la creación de nuevas universidades, desde las 37 que existían en 1990 hasta las prácticamente 80 en la actualidad. Aunque esta expansión puede haber favorecido la interrelación entre universidades y empresas, al existir una mayor proximidad espacial, la capacidad investigadora y el nivel científico de muchas de estas universidades es limitado [8]. Además, en muchos casos su especialización se ha orientado hacia

las ciencias humanas y sociales, con una baja presencia en actividades cuyos resultados en investigación sean susceptibles de patentar.

> **Tabla 6.3.** Resultados de las estimaciones. Modelo binomial negativo

Variable	Signo esperado	Signo obtenido	Significatividad estadística
I+D	+	+	SÍ
I+DB	+	+	NO
I+DA	+	+	SÍ
OTRIPER	+	-	NO
OTRITEC	+	-	NO
PROFESORES	+	+	SÍ
PHD	+	-	NO
PUBFAC	+	+	NO
SHINV	+	-	NO

Fuente: Barrio y García Quevedo [9].

En tercer lugar, los análisis [14, 21] de los diferentes modos de transferencia de tecnología entre las universidades y las empresas ponen de manifiesto que las universidades españolas responden a las demandas empresariales de modo similar a otros países europeos, tal y como muestran, por ejemplo, los volúmenes de ingresos derivados de contratos de I+D entre universidades y empresas. En cambio, en otras vías, como la creación de *spin off* y las licencias de patentes, los niveles son inferiores a los de los países avanzados. El comportamiento de las universidades tiene un carácter más propio de *demand pull* que de *technology push*, en el que además, dadas las limitaciones tecnológicas de gran parte del tejido productivo español, una proporción elevada de estas demandas empresariales tiene un nivel científico y tecnológico reducido. Por tanto, al bajo nivel de calidad y originalidad de la investigación en un número importante de universidades se suma la escasa capacidad de absorción de las empresas españolas. En este sentido, sólo si las empresas tienen una actitud proactiva hacia la innovación como parte de su estrategia empresarial y buscan conocimiento de las universidades que les pueda resultar de utilidad, se materializarán relaciones universidad-empresa de cierta consistencia [49].

Finalmente, el sistema universitario español se caracteriza, en comparación con Estados Unidos y con gran parte de los países europeos, por una movilidad muy reducida de sus profesores. En este sentido, es difícil esperar que las diferencias entre universidades en cuanto a la participación de los investigadores en ingresos derivados de las patentes puedan suponer un factor de atracción de profesores por parte de universidades específicas. Únicamente con cambios legislativos y organizativos de más alcance, que permitan una mayor diferenciación entre universidades, cabe esperar un aumento de la movilidad de los profesores entre universidades.

Para el resto de las variables, los resultados muestran, una relación positiva entre los fondos recibidos para actividades de I+D y el número de patentes, del mismo modo que en otros análisis aplicados [15, 39, 5, 1]. La distinción entre las dos fuentes de financiación, ingresos para la investigación básica y fondos derivados de contratos de I+D para la investigación aplicada, pone de manifiesto que mientras el primero no influye en el volumen de patentes, el parámetro correspondiente al segundo es positivo y significativo. Si bien la información disponible no permite distinguir con total precisión entre la financiación pública y privada de la I+D universitaria, este resultado es coherente con la afirmación [26] de la importancia del aumento de la financiación industrial de la I+D universitaria en el incremento de las patentes académicas. Sin embargo, los resultados de la literatura no son plenamente coincidentes y algunos autores argumentan que es más relevante el volumen de la financiación y no el hecho de que su origen sea empresarial [19, 5, 23]

De los resultados de las estimaciones no se deriva un efecto positivo del tamaño, medido tanto por el personal total como por el número de técnicos, de las OTRI en el número de patentes. Este resultado debe considerarse con cautela, dada la dificultad de capturar con una variable como el tamaño el conjunto de funciones que realiza una OTRI en cuanto a la gestión de las patentes, así como su eficiencia, . Sin embargo, el resultado obtenido para el conjunto de las OTRI en España es contrario al de las estimaciones realizadas para Estados Unidos [15], donde sí hay una evidencia positiva, particularmente para el caso de las universidades privadas [30].

Aunque para alguna OTRI en España se obtiene un resultado positivo [4] sobre su influencia en la generación de patentes, los resultados son coherentes con los diagnósticos realizados para las oficinas

universitarias de transferencia de tecnología. Como se ha señalado antes, en el nuevo Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 se afirma que su capacidad de actuar como organismos estratégicos es limitada. La gestión de patentes es una tarea compleja en todas sus fases, desde la organización de las comunicaciones de invenciones susceptibles de ser patentadas a su posible licencia, que exige disponer de cierta masa crítica y especialización. A pesar de que algunas universidades se han dotado de oficinas de patentes y han tenido lugar mejoras significativas, para una gran parte de las OTRI es todavía un ámbito por recorrer, en el que se requiere un tamaño adecuado y, posiblemente, acuerdos de colaboración con otras universidades para disponer de una cierta masa crítica.

## **5. Conclusiones**

En este capítulo se han examinado, en el marco de las relaciones entre las universidades y las empresas, los factores determinantes de las patentes académicas. En particular, se ha analizado la influencia que la regulación del reparto de los derechos de propiedad intelectual tiene sobre la generación de patentes universitarias en España. Los resultados del análisis aplicado [9] muestran que las diferencias entre universidades en la participación de los investigadores en los beneficios que se puedan derivar de las licencias de las patentes académicas no es una variable significativa del número de patentes universitarias. Tal y como ponen de manifiesto algunos análisis en este ámbito [6], las características individuales de cada universidad o del conjunto del sistema pueden ser más relevantes en la explicación de las diferencias entre universidades y países en la generación de patentes académicas que los modos de regulación de la propiedad intelectual.

La gestión de la propiedad intelectual en las universidades está siendo objeto de un interés creciente por parte de las políticas que pretenden impulsar la transferencia de los conocimientos generados en las universidades al tejido productivo. Así, en una reciente recomendación de la Comisión Europea [13] sobre la gestión de la propiedad intelectual en universidades, se presenta un código de prácticas sobre esta cuestión y se afirma que la implicación activa de los organismos públicos de investigación en la gestión de la pro-



piedad intelectual y en la transferencia de conocimiento es esencial en la generación de beneficios socioeconómicos, así como para atraer estudiantes, investigadores y recursos financieros.

Por todo ello, el papel de las patentes en las universidades es objeto de un intenso debate, dada la complejidad de sus efectos sobre la ciencia y finalmente sobre la productividad y el crecimiento. El énfasis que desde el punto de vista de la política se ha puesto en la importancia de la regulación y gestión de los IPR ha recibido críticas, en concreto de dos tipos. En primer lugar, se ha puesto de manifiesto la falta de información y de datos para analizar con rigor las características y efectos de las patentes universitarias [34, 23, 31] y que, en consecuencia, gran parte de las decisiones sobre la regulación de los IPR se están tomando con información limitada. En particular, nuestro conocimiento sobre las patentes que no son propiedad de la universidad, pero en las que participa un investigador universitario, es escaso. Los estudios en curso sobre este aspecto [31] ponen de manifiesto que se trata de un fenómeno importante en algunos países europeos y que es necesario tenerlo en cuenta en la comparación con las universidades de Estados Unidos. En segundo lugar, la importancia que se está otorgando a los IPR corresponde a una visión limitada de las relaciones entre universidades y empresas, y otorga una excesiva importancia al papel que las patentes tienen en la transferencia de tecnología. Además, ignora los efectos que las patentes pueden tener sobre otras vías en que las universidades contribuyen a la innovación y al crecimiento económico. En este sentido, acciones que favorezcan la competencia entre universidades y su autonomía, junto con medidas de apoyo a instituciones que favorezcan la creación de empresas y la comercialización de tecnología, podrían tener efectos mucho más significativos [34].

La existencia de organismos intermedios especializados, como las OTRI, es fundamental para facilitar la transferencia de conocimientos y las relaciones entre universidades y empresas. Los resultados del análisis aplicado son coherentes con la visión de que, a pesar de los sustanciales avances, en España las OTRI todavía juegan un papel limitado en los modos más avanzados de transferencia de tecnología. Tal y como destaca un reciente informe sobre la política tecnológica y de innovación en España [36], es necesario mejorar la utilización de la infraestructura existente de intermediarios y reforzar las relaciones entre universidades y empresas. Para conseguir este obje-

tivo, las OTRI deberían actuar como organismos estratégicos y no estar centradas, en gran medida, en tareas administrativas, como sucede actualmente. En el ámbito de las patentes, este carácter estratégico implica aumentar el volumen de patentes de las universidades, pero sobre todo su calidad, capacidad de internacionalización y posibilidades de ser licenciadas. Ello requiere disponer de las competencias adecuadas, de cierta masa crítica y de un elevado nivel técnico.

Por otra parte, los resultados también ponen de manifiesto la importancia de los fondos destinados a la I+D y de la financiación contractual en la generación de patentes. Los estudios comparativos con otros países sobre las distintas formas de transferencia de tecnología [14, 21] apuntan, del mismo modo que el resultado del análisis aplicado, que las universidades españolas tienen un comportamiento más *demand pull* que *technology push*, en el que además las demandas de las empresas tienen un nivel tecnológico limitado. En este sentido, para favorecer la generación y transferencia de conocimientos desde las universidades a las empresas, se requiere tanto mejorar la calidad investigadora de las universidades como, más en particular, la capacidad de absorción de las empresas. Los análisis sobre las relaciones entre universidad y empresa [49] muestran que son las universidades con una investigación reconocida y especializada las que establecen relaciones mutuamente ventajosas con las empresas, pero que es necesario que existan empresas que consideren la innovación como un elemento central de su estrategia y que destinen recursos a la I+D interna para que estas relaciones se materialicen y sean provechosas. En el mismo sentido, un análisis reciente para España sobre los efectos de la cooperación con las universidades y del uso de fuentes externas en la innovación empresarial [46] destaca que la política de innovación debería ir más allá de favorecer indiscriminadamente las relaciones universidad-empresa y debería concentrarse en mejorar las capacidades tecnológicas de las empresas y, en consecuencia, su capacidad de absorción, y promover la cooperación en actividades con alto impacto en la innovación.

## Referencias

- [1] Acosta, M.; Coronado, D.; León, M. D.; Martínez, M. A. (2009): «Production of university technological knowledge in European regions: Evidence from patent data», *Regional Studies*, 43, pp. 167-181.
- [2] Agrawal, A.; Henderson, R. (2002): «Putting patents in context: Exploring knowledge transfer from MIT», *Management Science*, 48, pp. 44-60.
- [3] Auzolay, P.; Ding, W.; Stuart, T. (2007): «The determinants of faculty patenting behaviour: Demographics or opportunities?», *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63, pp. 599-623.
- [4] Azagra-Caro, J.; Fernández de Lucio, I.; Gutiérrez Gracia, A. (2003): «University patents: output and input indicators... of what?», *Research Evaluation*, 12, pp. 5-16.
- [5] Azagra-Caro, J.; Carayol, N.; Llerena, P. (2006): «Patent production at a European research university: exploratory evidence at the laboratory level», *Journal of Technology Transfer*, 31, pp. 257-268.
- [6] Baldini, N. (2006): «University patenting and licensing activity: a review of the literature», *Research Evaluation*, 15, pp. 197-207.
- [7] Baldini, N.; Grimaldi, R.; Sobrero, M. (2006): «Institutional changes and the commercialization of academic knowledge: A study of Italian universities' patenting activities between 1965 and 2002», *Research Policy*, 35, pp. 518-532.
- [8] Barrio Castro, T. del; García-Quevedo, J. (2005): «Effects of university research on the geography of innovation», *Regional Studies*, 39, pp. 1.217-1.229
- [9] Barrio Castro, T. del; García-Quevedo, J. (2009): «The determinants of university patenting: Do incentives matter?», *Documents de treball de l'IEB (Instituto de Economía de Barcelona, Universidad de Barcelona)*, 2009/13.
- [10] Breschi, S.; Lissoni, F.; Montobbio, F. (2007): «The scientific productivity of academic inventors: new evidence from Italian data», *Economics of Innovation and New Technology*, 16, pp. 101-118.
- [11] Cameron, A.; Trivedi P. (1998): *Regression analysis of count data*, Cambridge University Press, Nueva York.
- [12] Comisión Europea (2003): *El papel de las universidades en la Europa del conocimiento*, COM(2003) 58 final, Bruselas.
- [13] Comisión Europea (2008): *Commission recommendation on the Management of intellectual property in knowledge transfer activities and Code of Practice for universities and other public research organisations*, COM(2008) 1329, Bruselas.
- [14] Conesa, F. (2007): «Las encuestas sobre transferencia de conocimiento», *La contribución de las universidades al desarrollo 2006*, Fundación CYD, Barcelona.
- [15] Coupé, T. (2003): «Science is golden: Academic R&D and University patents», *Journal of Technology Transfer*, 28, pp. 31-46.

- [16] CRUE (2004): «La Universidad española en cifras (2004)», *Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas*, Madrid.
- [17] CRUE (2008): «La Universidad española en cifras (2008)», *Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas*, Madrid.
- [18] Edquist, C. (2005): «Systems of innovation: perspectives and challenges», en Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, pp. 181-208, Oxford University Press.
- [19] Foltz, J.; Barham, B.; Kim, K. (2000): «Universities and agricultural biotechnology patent production», *Agribusiness*, 16, pp. 31-46.
- [20] Fundación CYD (2005): *La contribución de las universidades al desarrollo 2004*, Fundación CYD, Barcelona.
- [21] Fundación CYD (2007): *La contribución de las universidades al desarrollo 2006*, Fundación CYD, Barcelona.
- [22] Fundación CYD (2009): *La contribución de las universidades al desarrollo 2008*, Fundación CYD, Barcelona.
- [23] Geuna, A.; Nesta, L. (2006): «University patenting and its effects on academic research: The emerging European evidence», *Research Policy*, 35, pp. 790-807.
- [24] Griliches, Z. (1990): «Patent statistics as economics indicators: a survey», *Journal of Economic Literature*, XXVIII, pp. 1.661-1.707.
- [25] Hausman, J.; Hall B.; Griliches, Z. (1984): «Econometric models for count data with an application to the patents-R&D relationship», *Econometrica*, 52, pp. 909-938.
- [26] Henderson, R.; Jaffe, A.; Trajtenberg, M. (1998): «Universities as a source of commercial technology: a detailed analysis of university patenting 1965-1998», *Review of Economics and Statistics*, 80, pp. 119-127.
- [27] INE (2006): *Estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) 2005*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- [28] Jaffe, A.; Lerner, J.; Stern, S.; Thursby, M. (2007): «Academic science and entrepreneurship: Dual engines of growth», *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63, pp. 573-576.
- [29] Jensen, R.; Thursby, M. (2001): «Proofs and prototypes for sale: The licensing of University inventions», *The American Economic Review*, 91, pp. 240-259.
- [30] Lach, S.; Shankerman, M. (2008): «Incentives and invention in universities», *Rand Journal of Economics*, 39, pp. 403-433.
- [31] Lissoni, F.; Llerena, P.; McKelvey, M.; Sanditov, B. (2008): «Academic patenting in Europe: new evidence from the KEINS database», *Research Evaluation*, 17, pp. 87-102.
- [32] Miyata, Y. (2000): «An empirical analysis of innovative activity of universities in the United States», *Technovation*, 20, pp. 413-425.
- [33] Mowery, D.; Ziedonis, A. (2002): «Academic patent quality and quantity before and after the Bayh-Dole Act in the United States», *Research Policy*, 31, pp. 399-418.

- [34] Mowery, D.; Sampat, B. (2005): «Universities in National Innovation Systems», en Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, pp. 209-239, Oxford University Press.
- [35] OCDE (2003): *Turning science into business: patenting and licensing at public research organisations*, OCDE, París.
- [36] OCDE (2007): *R&D and innovation in Spain: Improving the policy mix*, OCDE y Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), Madrid.
- [37] OCDE (2008): *Main Science and Technology Indicators*, 2008/1, OCDE, París.
- [38] Pavitt, K. (1998): «Do patents reflect the useful research output of universities?», *Research Evaluation*, 7, pp. 105-111.
- [39] Payne, A.; Siow, A. (2003): «Does federal research funding increases University research output?», *Advances in Economic Analysis & Policy*, 3, pp. 1-22.
- [40] RedOTRI Universidades (2008): *Informe de la encuesta RedOTRI*, RedOTRI de Universidades (CRUE), Madrid.
- [41] Siegel, D.; Waldeman, D.; Link, A. (2003): «Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study», *Research Policy*, 32, pp. 27-48.
- [42] Stephan, P.; Gurmur, S.; Sumell, A.; Black, G. (2007): «Who's patenting in the University? Evidence from the survey of doctorate recipients», *Economics of Innovation and New Technology*, 16, pp. 71-99.
- [43] Rafferty, M. (2008): «The Bayh-Dole Act and university research and development», *Research Policy*, 37, pp. 29-40.
- [44] Thursby, M.; Thursby, G.; Gupta-Mukherjee, S. (2007): «Are there real effects of licensing on academic research? A life cycle view», *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63, pp. 577-598.
- [45] Van Pottelsberghe, B. (2007): «Hot 'patent' issues: quantitative evidence», en Guellec, D.; Van Pottelsberghe, B. (eds.), *The Economics of the European patent system*, Oxford University Press, pp. 184-215.
- [46] Vega-Jurado, J.; Gutiérrez-Gracia, A.; Fernández de Lucio, I. (2009): «Does external knowledge sourcing matter for innovation?», *Evidence from the Spanish manufacturing industry*, *Industrial and Corporate Change*, 18, pp. 637-670.
- [47] Verspagen, B. (2006): «University research, intellectual property rights and European innovation systems», *Journal of Economic Surveys*, 20, pp. 607-632.
- [48] Zeebroeck, N.; Van Pottelsberghe, B.; Guellec, D. (2008): «Patents and academic research: A State of the art», *Journal of Intellectual Capital*, 9 (2), pp. 246-263.
- [49] Yusuf, S. (2008): «Intermediating knowledge exchange between universities and businesses», *Research Policy*, 37, pp. 1.167-1.174.



# *Convergencia y diversidad en los centros de I+D*

> **Catalina Martínez, Laura Cruz Castro y Luis Sanz Menéndez,**  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP-CCHS)

## ***1. Introducción***

Los organismos y centros de investigación públicos han reducido de forma significativa su peso en el gasto interno bruto en I+D, pasando de representar, para el conjunto de países de la OCDE, del 18% en 1980 al 11% en 2007 [31]; en el caso español el sector representaba un 30% en 1980 y ha pasado a un 17% en 2007. Esta evolución es resultado de diversos procesos, que afectan de forma distinta a los países: crecimiento más rápido de los sectores de educación superior y empresas, o reformas e incluso transformación radical (privatización o integración en el sector universitario) del sector público investigador, a veces asociada a la emergencia de un nuevo sector semipúblico de organizaciones de investigación sin fines de lucro.

Aunque se transformen las formas de influencia, promoción y dirección de la investigación, los gobiernos siguen siendo actores clave en el sistema de I+D [22]. Promueven el avance de la investigación científica de forma directa y proporcionan incentivos para que otros actores lleven a cabo actividades de innovación. Además, condicio-

nan y limitan el entorno en el que se mueven las actividades de I+D y los propios centros y organismos de investigación, tanto públicos como privados; las leyes, las normas y los objetivos políticos, así como la asignación de recursos, tienen la capacidad de legitimar los resultados de la investigación, cómo debe ser esta implementada e incluso en qué condiciones y qué tipo de organizaciones deben llevar a cabo la I+D [9].

Los procesos de cambio en los centros públicos de investigación han atraído la atención de organismos internacionales [28, 29] y académicos [41, 44], pero se ha prestado menos atención a la diversidad de respuestas que han dado los centros públicos de investigación a este entorno cambiante<sup>1</sup>.

Gobiernos diferentes han venido asignando diversos roles y misiones a los centros públicos de investigación [8]; sin embargo, en los últimos años se han producido cambios radicales, algunos de ellos inspirados por la nueva gestión pública [1, 27], que van desde la privatización de los centros de I+D a la simple implementación de nuevas prácticas directivas<sup>2</sup>.

Además, muchos gobiernos han promovido la creación de nuevos tipos de centros de investigación: los centros de investigación cooperativa en Australia, Austria, Holanda y otros países [30] son ejemplos de un nuevo modelo basado en la cooperación entre el sector público y el privado; los centros de investigación en ingeniería [14] y los institutos universitarios de investigación multidisciplinar [4] promovidos por la *National Science Foundation* (NSF) de Estados Unidos son también formas de procurar excelencia y relevancia en las universidades. Estos nuevos centros de investigación se han ido convirtiendo en modelos para el resto de centros.

Los gobiernos han desarrollado un nuevo paradigma o modelo de política, porque reclaman una investigación más cooperativa, interdisciplinar y enfocada a la resolución de problemas. Se espera que los productores del conocimiento no sólo lleven a cabo investigación de alta calidad y excelencia, sino que también se concentren más en su transferencia y uso por otros agentes. Estas demandas crean presiones para el desarrollo de vínculos más fuertes entre los actores públicos y privados; los gobiernos quieren que la investigación sea

**Nota 1.** Para excepciones referidas a la crisis de financiación [37, 38].

**Nota 2.** Se pueden encontrar ejemplos en Gran Bretaña [2, 6], Nueva Zelanda [24], Canadá [42], Francia [23], Estados Unidos [19] y otros países [7].



más relevante social y económicamente y que se integre con excelencia teórica (*investigación fundamental inspirada en su aplicación*), lo que ha venido a llamarse el «cuadrante de Pasteur» [43]. En este nuevo enfoque, excelencia y relevancia se considerarían conjuntamente. Estos desarrollos están teniendo efectos en la naturaleza de los organismos de investigación; por ejemplo, se ha observado que los centros de investigación han diversificado sus funciones y que proliferan fundaciones privadas sin ánimo de lucro ente los organismos de investigación creados recientemente [13].

En este trabajo nos interesan las respuestas de los institutos y centros de I+D existentes, públicos y privados, al entorno cambiante; los procesos y estrategias de adaptación a las demandas políticas (modelos apropiados y legítimos), y el acercamiento o convergencia con los nuevos modelos de centros de investigación. Analizamos si las respuestas de los centros contribuyen a la reducción de la heterogeneidad entre centros de investigación y a la conformidad con el nuevo modelo. Este capítulo analiza hasta qué punto y de qué manera los centros de investigación ya existentes, procedentes de dos poblaciones diferentes (institutos del CSIC y centros tecnológicos), adoptan estrategias de financiación y modelos de dirección similares. En concreto, pretendemos evaluar la validez empírica de algunas hipótesis fundamentadas en el análisis institucional y comprobar si es cierto que las presiones isomórficas, que promueven la convergencia en el campo organizativo, vienen acompañadas de cambios en los centros de investigación existentes.

En la siguiente sección presentamos una breve descripción de los centros de investigación en España, así como el marco de análisis y las preguntas de investigación. En la tercera sección, describimos los conceptos, datos y métodos utilizados. En la cuarta sección, examinamos la evidencia empírica sobre las dimensiones seleccionadas (estrategias de financiación, y prácticas de dirección y diseño de la agenda investigadora) y evaluamos si los centros de investigación siguen patrones similares o diferentes. Concluimos con un resumen de los resultados, indicando algunas limitaciones de nuestro análisis y posibles líneas de investigación futuras, así como algunas implicaciones teóricas y políticas.

## **2. Los centros de investigación como problema analítico**

### **2.1. La dinámica de los centros de I+D en España**

Los centros de investigación predominantes en España, si exceptuamos las empresas y las universidades, han sido tradicionalmente de tres tipos: en primer lugar, los centros e institutos del CSIC, que realizan investigación básica y aplicada; en segundo lugar, otros organismos públicos de investigación (OPI), históricamente orientados a alguna misión en áreas específicas (agricultura, energía, oceanografía, medioambiente, salud, etc.), y, por último, los centros tecnológicos o «asociaciones de investigación industrial» que, situados en el sector privado sin fines de lucro, se dedican a la I+D aplicada y a proveer, a demanda, servicios tecnológicos a la industria.

A finales de los noventa empezaron a crearse, por iniciativa gubernamental tanto nacional como regional, una serie de centros con forma jurídica de fundaciones privadas sin ánimo de lucro, aunque apoyados con fondos públicos, orientados a la resolución de problemas y con implicación de los usuarios del conocimiento, intentando combinar la excelencia científica con la relevancia social. El motor de su creación quizá fue la necesidad de superar las rigideces burocráticas de los modelos tradicionales. El Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO) ha sido, si no el primero, el centro paradigmático de esta nueva generación, tanto por su tamaño como por su impacto<sup>3</sup>. Por iniciativa de algunos gobiernos regionales, se crearon otros centros bajo un modelo similar, y con frecuencia en colaboración con universidades y hospitales. Los gobiernos catalanes han sido especialmente activos en este sentido y pueden mencionarse algunos ejemplos [el Centro de Regulación Genómica (CRC), creado en 2000; el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), creado en 2002, o el Instituto de Bioingeniería de Cataluña (IBEC), creado en 2005] que ahora se reagrupan en el programa CERCA (Centros de Investigación de Cataluña). Estos nuevos centros parecen ganar rápidamente legitimidad de acuerdo con el doble criterio de excelencia y relevancia

**Nota 3.** El CNIO se creó por iniciativa de Ministerio de Sanidad en 1998, bajo el modelo de fundación privada sin fines de lucro, controlada y supervisada públicamente, pero con implicación de entidades privadas. El modelo de gestión se basa en un fuerte liderazgo científico a nivel directivo y un abandono de los modelos funcionariales, tanto en la contratación como en la carrera profesional.

y, además, parecen ser más eficientes a la hora de conseguir fondos y reconocimiento<sup>4</sup>.

Para referirnos a estos centros utilizamos el término «híbrido», porque combinan elementos de los modelos existentes, son el resultado de iniciativas públicas y están sujetos a su control, pero, sin embargo, tienen forma legal de fundación privada<sup>5</sup>. Estos nuevos centros tienen algunas características que los hacen diferentes de los modelos preexistentes, tanto en sus estructuras de financiación, como en sus sistemas de carrera profesional, en la colaboración público-privada para la definición de objetivos científicos y agendas de investigación, o en la capacidad de la dirección de orientar la investigación estratégicamente a medio y largo plazo. Los nuevos híbridos no están sujetos a las restricciones legales y regulativas de la función pública en la gestión de sus recursos humanos, y se promueve su capacidad de competir por fondos públicos y privados de investigación<sup>6</sup>. De hecho, algunos de los rasgos que permiten a estos centros orientarse estratégicamente hacia la excelencia y la relevancia están asociados con la diversificación de fuentes de financiación y con la capacidad de la dirección para fijar la agenda en su aspecto organizativo.

Los nuevos centros de investigación han devenido modelos de referencia para el resto por su conformidad con los elementos normativos emergentes de una política de investigación que enfatiza la autonomía, la excelencia y la orientación hacia problemas relevantes social y económicamente. La tabla 7.1 resume las características generales idealizadas de los nuevos centros, en comparación con las otras dos

**Nota 4.** A pesar de su reciente creación y reducido número, el nuevo tipo ha tenido mucho éxito. Por ejemplo, en la primera convocatoria lanzada por el Consejo Europeo de la Investigación (ERC), donde las propuestas son evaluadas según su calidad y excelencia en el contexto europeo, el nuevo tipo de centros de investigación ha obtenido 13 de las 25 *Starting Grants* y 6 de las 13 *Advanced Grants* concedidas a todas las instituciones españolas, por delante del CSIC y las universidades (datos de 24 de abril de 2009).

**Nota 5.** En la literatura sobre teoría de la administración pública, «híbrido» es una etiqueta general que se utiliza para describir un grupo muy diverso de instituciones y organizaciones, con frecuencia creadas por el gobierno para operar en un contexto de mercado, y que combina de forma distintiva elementos típicos de las organizaciones públicas y de las privadas [20]; en cualquier caso, también es posible encontrar organizaciones híbridas en contextos no mercantiles.

**Nota 6.** Los nuevos centros, una vez consolidados, parecen tener una estructura de financiación distinta de los tradicionales. Para disponer de una referencia hemos seleccionado un grupo de 7 centros híbridos [dos creados por el Ministerio de Sanidad (CNIO y CNIC) y 5 por el Gobierno Catalán (CRG, CMRB, IRB, ICIQ, CTTC)]. En 2008 los valores medios agregados de sus fuentes de financiación han sido: 56% ( $\sigma = 1$ ) financiación pública no competitiva, 29% ( $\sigma = 5$ ) financiación pública competitiva, y 18% ( $\sigma = 8$ ) de fuentes privadas (contratos o patrocinios). Adicionalmente, algunos de estos centros, por ejemplo el CNIC, se presentan como modelos de colaboración público-privada, dado que 13 empresas aportan el 32% del presupuesto en un periodo de 10 años (180 millones de euros) y otros tienen compromisos en sus Planes Estratégicos de alcanzar niveles de «autofinanciación» a través de fondos competitivos.

poblaciones de centros de investigación (los institutos del CSIC y los centros tecnológicos) objetos de nuestro interés.

> **Tabla 7.1.** *Características principales de los centros de I+D*

	<b>Centros híbridos</b>	<b>Institutos del CSIC</b>	<b>Centros tecnológicos</b>
<b>Entidad legal y forma de gobernanza</b>	Fundación privada sin fines de lucro con representación de actores públicos y privados en los Consejos Rectores. En algunos casos existen Consejos Asesores empresariales	Centros pertenecientes a la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), sin personalidad jurídica independiente del CSIC	Fundaciones privadas sin ánimo de lucro, en general afiliadas a la Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDIT)
<b>Misiones</b>	Producir investigación y hacer avanzar el conocimiento en torno a problemas sociales y económicos relevantes, trabajando en la resolución de problemas y valorizando los resultados	Desarrollar investigación fundamental y aplicada de la mayor excelencia	Apoyar la innovación y mejorar la competitividad de las empresas, especialmente PYMES, a través del suministro de I+D y servicios tecnológicos bajo demanda
<b>Financiación</b>	Financiación de diversas fuentes, y habitualmente financiación pública basal de los actores públicos implicados en su creación, normalmente en el contexto de Planes Estratégicos, junto con financiación externa (pública y privada) para el desarrollo de los proyectos estratégicos	Financiación de diversas fuentes, aunque principalmente pública, con un papel relevante de las transferencias directas del Gobierno	Financiación de diversas fuentes, aunque principalmente privadas, obtenidas de los contratos con empresas y servicios suministrados a la industria
<b>Gestión de los Recursos Humanos</b>	Derecho laboral sin modelo de función pública. Reclutamiento externo e internacional en el mercado mundial de la investigación. Condiciones basadas en la reputación y los resultados	Modelo de función pública. Falta de capacidad para negociar condiciones, salarios y recompensas de forma individual. Los resultados juegan un papel menor en la diferenciación de los salarios	Normas privadas y derecho laboral; salarios competitivos en los mercados regionales. Recompensas e incentivos basados en el cumplimiento de objetivos
<b>Capacidad de dirección de la agenda</b>	Fuerte liderazgo científico y capacidad de la dirección para definir la agenda de investigación	Limitada capacidad de dirección científica que tiende a centrarse en la integración de las actividades existentes	Fuerte capacidad de la Dirección y autoridad sobre la actividad de los Centros de acuerdo con los objetivos

Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Marco analítico

En trabajos anteriores [9] hemos descrito el modo en que emergen y se consolidan nuevos modelos legítimos de organizar las actividades de investigación. Argumentábamos entonces que la intervención gubernamental había jugado un papel decisivo a la hora de iniciar transformaciones estructurales en las organizaciones de investigación, apreciación que era consistente con los enfoques institucionales que defienden que la intervención del gobierno juega un papel clave en el cambio institucional de las organizaciones tanto públicas como privadas, unas veces mediante el uso del control que tienen sobre su financiación, y otras ejerciendo su poder como reguladores [16].

En la literatura sobre administración pública encontramos algunos análisis comparativos entre organizaciones públicas y privadas [33, 34] que señalan la emergencia de formas organizativas híbridas donde las fronteras entre los dos sectores se difuminan. Desde este enfoque se ha insistido en que «todas las organizaciones son públicas», sean éstas gubernamentales, empresariales o no lucrativas, con el argumento de que todas están, en mayor o menor medida, sujetas a la autoridad pública. El carácter público (*publicness*) señala en qué grado existe una influencia del gobierno sobre la organización [3].

Este concepto se ha aplicado a los centros de investigación [8] para estudiar la diversidad entre los mismos, clasificándolos en torno a dos dimensiones: el grado en que tienen carácter o naturaleza pública, y la naturaleza económica de aquello que producen, en particular su carácter de bien público o de mercado. Esta taxonomía y sus cuadrantes (tabla 7.2) ilustran la permeabilidad de las fronteras entre organizaciones públicas y privadas, tanto por su naturaleza como por aquello que producen.

El concepto de «carácter público» señala que la autoridad y el control político se ejercen en mayor o menor grado sobre los recursos de todas las organizaciones, aunque con grados variables según cuál sea el papel del gobierno en la fijación de la agenda de investigación de los laboratorios, la cantidad y proporción de recursos que vienen del gobierno (en forma de contratos, subvenciones, becas, etc.), o el control gubernamental sobre la estructura o diseño organizativo de los centros. «Carácter público» no es equivalente a la titularidad pública; en realidad, algunos tipos de centros comparten entre sí una serie de características relacionadas con su financiación y el modo de establecer sus agendas de investigación, y estas caracte-

rísticas comunes se mantienen con independencia de las diferencias en la titularidad.

> **Tabla 7.2.** *Clasificación de las organizaciones de investigación*

<b>Nivel de influencia del Mercado (naturalaleza de la I+D)</b>	Productos propietarios (alta)	Tecnología Privada	Tecnología mixta	Tecnología pública
	Productos mixtos (moderada)	Ciencia y tecnología privadas	Ciencia y tecnología mixtas	Ciencia y tecnología públicas
	Productos genéricos (baja)	Ciencia en nichos privados	Ciencia mixta	Ciencia Pública
		Baja	Moderada	Alta
<b>Nivel de influencia gubernamental</b>				

Fuente: basado en Bozeman [3] y Bozeman y Crow [5].

El enfoque institucionalista proporciona algunos elementos para abordar el cambio y la adaptación de centros de investigación sujetos a fuerzas tanto de mercado como gubernamentales. Las organizaciones públicas y las no lucrativas son más vulnerables a las influencias institucionales y a las necesidades de legitimación [16]. El vínculo entre la conformidad con las expectativas de los actores y la legitimidad de las organizaciones es fundamental para entender el isomorfismo (o la convergencia) en ciertos campos organizativos, en especial aquellos, como la I+D, que están sujetos a una fuerte influencia y apoyo público en forma de recursos.

En este trabajo se trata de poner a prueba algunas de las predicciones básicas de la teoría institucional con relación al isomorfismo entre organizaciones derivado de la conformidad con el entorno [25]. Tanto los teóricos de la adaptación racional [39] como los enfoques de isomorfismo institucional [12] coinciden en que las organizaciones del mismo campo organizativo<sup>7</sup>, con el tiempo, tienden a adoptar estructuras y prácticas similares (aquellas que se muestran como más

**Nota 7.** DiMaggio y Powell [12] definieron «campo organizativo» como aquellas organizaciones que, en conjunto, forman un área reconocida de vida institucional y que incluye proveedores clave, consumidores, agencias reguladoras y otras organizaciones que produzcan productos y servicios similares; también señalaron la importancia de la estructuración del campo a través de las interacciones y conexiones entre miembros, y el reconocimiento de su implicación mutua en una empresa común.

eficientes y legítimas)<sup>8</sup>. Así pues, la principal predicción es que con el tiempo las organizaciones del mismo campo tenderán a parecerse. El isomorfismo o la convergencia puede observarse empíricamente a través de una reducción de la diversidad o un aumento de la homogeneidad entre organizaciones diversas en alguna dimensión central o en un cambio hacia espacios comunes.

La mayoría de los estudios empíricos sobre isomorfismo se han centrado en los mecanismos a través de los cuales se produce, y muy pocos han investigado el isomorfismo (o su ausencia) como resultado (aunque hay excepciones [26]). Los pocos trabajos que han analizado el isomorfismo como variable dependiente han encontrado evidencia empírica en contra de la hipótesis de una homogeneidad creciente [21].

¿Cómo se podría explicar la hipotética ausencia de convergencia? Los enfoques que tratan a las organizaciones como actores activos consideran que éstas pueden responder estratégicamente y de modo diverso a las presiones institucionales [40]. Por ejemplo, Oliver [32], combinando elementos del enfoque institucional con algunos de la teoría de la dependencia de los recursos, aborda la diversidad de respuestas de las organizaciones a las presiones del entorno y sugiere que la conformidad con el entorno institucional no es ni inevitable ni invariablemente instrumental para las organizaciones; la variedad de respuestas incluye la conformidad, el compromiso, el rechazo, el desafío y la manipulación; aunque cuando una organización anticipa que la conformidad conlleva mejoras sociales o económicas (o, en otras palabras, ganancias en términos de legitimidad o eficiencia), será ésta la respuesta más probable a las presiones institucionales [32]; también puede suceder que las organizaciones adopten prácticas de duplicidad [36, 17], esto es, adoptar una norma formalmente, pero no cumplirla.

Un rasgo común a la mayoría de los estudios empíricos sobre isomorfismo organizativo es su ambigüedad a la hora de definir en qué dimensión y a qué nivel de análisis tendría que producirse un aumento de la similitud entre organizaciones para que pudiésemos confirmar la existencia de isomorfismo institucional. Los primeros trabajos se centraron en el análisis de las estructuras y prácticas organizativas, aunque más tarde también las estrategias organizativas se

**Nota 8.** DiMaggio y Powell identificaron tres tipos de presiones que llevan a las organizaciones del mismo campo a convertirse en isomórficas (y ser similares en ciertos aspectos): regulativas, miméticas y normativas.

han convertido en objeto de análisis; por ejemplo, Fligstein [15] o Haveman [18] han subrayado la imitación entre empresas a la hora de elegir estrategias financieras o de mercado, y Deephouse [11], la creciente similitud en las estrategias con el paso del tiempo.

Esta discusión nos acerca a nuestra principal pregunta de investigación sobre si los institutos del CSIC y los centros tecnológicos se han visto afectados por desarrollos isomórficos o han seguido evoluciones hacia espacios intermedios. La teoría institucional prediría una reducción en la heterogeneidad o diversidad de las prácticas y estrategias organizativas entre estos tipos de centros.

Para comparar y analizar los cambios, hemos seleccionado dos dimensiones<sup>9</sup>:

- \* **Las estrategias de financiación.** La financiación es uno de los elementos más relevantes en la transformación de los centros públicos o de aquellos sin fines de lucro [3, 33]. Algunos autores han analizado los cambios en la financiación de los centros públicos de investigación en España y la capacidad de estos para afrontar coyunturas de crisis mediante la búsqueda de financiación externa [37]. Por otra parte, la teoría de la dependencia de los recursos aporta una serie de elementos que permiten entender que tanto centros públicos como privados intenten reducir su dependencia de fuentes de financiación únicas a través de la diversificación. En este trabajo analizamos el grado en que ambos tipos de centros (institutos del CSIC y centros tecnológicos) convergen y adoptan pautas de financiación similares, diversificadas, tratando de reducir su dependencia con respecto a sus fuentes dominantes de financiación tradicionales y se mueven hacia una estrategia basada en las fuentes mixtas.

Nuestra hipótesis es que los centros en el mismo campo organizativo adoptarán estrategias de financiación similares, tendentes por un lado a la reducción de las fuentes tradicionales y, por otro lado, a incrementar la financiación pública competitiva, especialmente en un contexto en que la disponibilidad de ésta aumenta. Los centros tecnológicos, tradicionalmente basados en el mercado y en la comercialización de servicios y tecnología a empresas privadas, tenderán

**Nota 9.** Hay que mencionar otros trabajos [35] sobre los efectos de las políticas de I+D sobre los centros tecnológicos que adoptaron enfoques analíticos similares.



a reducir este tipo de financiación y a incrementar su financiación pública competitiva, porque les dotan de mayor autonomía. Los institutos del CSIC tenderán a reducir el peso de sus fuentes tradicionales (los subsidios directos) y a incrementar sus fondos públicos competitivos, porque les dotan de mayor autonomía, y colateralmente aquellos provenientes de contratos con la industria.

\* **Fijación de la agenda de investigación y prácticas directivas.**

Nos centramos en la planificación y en el grado de autoridad de la dirección de los centros para definir la agenda de investigación. Liyanage y Mitchell [24] identifican tres modelos de toma de decisiones en los centros de investigación: un *modelo de control ejecutivo* con una fuerte línea de decisión, filtración, orden y control; un *modelo de consenso* en el que las decisiones se toman a través de consultas en diversos niveles organizativos; y un *modelo de autoridad* basado en el control directo del director sobre la toma de decisiones, aunque equilibrado por consejos asesores.

En cuanto a esta segunda dimensión, nuestra hipótesis es que los centros en el mismo campo organizativo se moverán hacia el establecimiento de agendas organizativas más fuertes y una gestión estratégica de la investigación con más componentes de autoridad por parte de la dirección de los centros, basada bien en el liderazgo científico, o bien en el poder directivo, de forma similar a los modos de dirección predominantes en los centros híbridos.

### **3. Datos y método**

Para llevar a cabo este estudio hemos seleccionado dos poblaciones de centros de investigación: los centros tecnológicos y los institutos del CSIC. Varios factores les hacen diferentes, aunque ambos se encuentren en el mismo campo organizativo, el de las instituciones que realizan I+D. Por un lado, los centros tecnológicos se dedican fundamentalmente a la I+D aplicada y ofrecen servicios tecnológicos a la industria. Los 67 centros afiliados en 2007 a FEDIT (Federación Española de Centros Tecnológicos) contaban con un total de más de 6.300 empleados y 520 millones de euros de ingresos, lo que representa el 4% del gasto español en I+D. La mayoría proceden de las asociaciones industriales de investigación creadas para proporcionar soluciones

tecnológicas a las empresas (normalmente pequeñas y medianas empresas), se han constituido con formas legales privadas (fundaciones sin ánimo de lucro) y suelen mantener una relación bastante estrecha con los gobiernos regionales de sus respectivas comunidades autónomas. Por otro lado, el CSIC es el organismo público de investigación más grande de España y cuenta con un total de 124 institutos distribuidos por todo el país, con investigadores de todas las disciplinas. El CSIC tenía un presupuesto total de unos 800 millones de euros (el 6% del gasto español en I+D en 2007) y empleaba a más de 12.000 personas en labores de investigación.

Dada la complejidad de estudiar el cambio en las estrategias de financiación y prácticas de dirección en las organizaciones, hemos combinado el análisis de datos cuantitativos sobre fuentes de financiación y cualitativos sobre prácticas de dirección en torno al diseño de la agenda investigadora.

Primero se han utilizado datos presupuestarios anuales sobre fuentes de ingresos y otras características individuales de los centros para construir una base de datos cuantitativa con información para el periodo de 2004 a 2007, sobre 54 centros tecnológicos y 82 institutos del CSIC<sup>10</sup>. A partir de estos datos, calculamos tres variables asumiendo que las estrategias de financiación de un centro de investigación se reflejarán en su cartera de recursos financieros:

- \* **Financiación pública no competitiva:** cuota del presupuesto total anual de los centros que procede de subvenciones públicas directas. Es una medida de la influencia directa de los gobiernos.
- \* **Financiación pública competitiva:** cuota del presupuesto total anual de los centros que procede de financiación pública indirecta, mediada por convocatorias competitivas. Es un indicador de la autonomía del centro frente a la influencia directa del gobierno y el mercado, así como una medida de la excelencia y relevancia de su investigación, acorde al nuevo modelo de política.
- \* **Financiación del mercado:** cuota del presupuesto total anual de los centros que procede de contratos y servicios. Es un indica-

**Nota 10.** Agradecemos a FEDIT y CSIC el que nos hayan proporcionado los datos necesarios para realizar este análisis. Se han excluido los centros tecnológicos e institutos del CSIC de los que no se dispone de información completa para todo el periodo, así como todos los institutos del CSIC de humanidades y ciencias sociales (16 institutos, que representan el 10% del personal y el presupuesto total del CSIC). Esta última decisión se justifica porque no hay centros tecnológicos en estas áreas. Hay que señalar que seguramente el capítulo de ingresos no competitivos de los institutos del CSIC está subestimados dado que no se ha incluido el prorrateo de los gastos de la organización central del CSIC (en torno a un 8% del total), ni los atribuidos a 3 centros de servicios, que tienen un total de 9 institutos.

dor de la influencia que el mercado tiene sobre la actividad del centro, o de su dependencia respecto al mismo.

Primero comprobaremos si las estrategias de financiación de las dos poblaciones eran significativamente diferentes al inicio del periodo y su diversidad interna. La creciente homogeneidad (o reducción de diversidad) de la cartera de financiación de los centros de investigación a lo largo del tiempo confirmaría el isomorfismo. Un cambio en la distribución de las fuentes de financiación tradicionales así como el aumento de la financiación pública competitiva, serían también resultados consistentes con la primera hipótesis planteada en la sección anterior.

En segundo lugar, la información cualitativa analizada procede de una serie de entrevistas cualitativas semi-estructuradas realizadas en cinco institutos del CSIC y a directores de siete centros tecnológicos. El protocolo de las entrevistas fue común a todas ellas, así como las preguntas realizadas a los entrevistados para identificar estabilidad o cambio en la última década en cuanto a los procesos de elaboración de la agenda investigadora. En todas las entrevistas se preguntó por dos conceptos clave para este estudio, considerando una contestación afirmativa, en alguna de las dimensiones correspondientes a cada concepto, como un indicador positivo del desarrollo enunciado:

- \* **Desarrollo del «liderazgo científico o de dirección»**, concepto que representamos en dos dimensiones: i) la existencia de un director de investigación, un consejo de dirección o consejo científico encargado de definir las líneas de investigación del centro; ii) la existencia de reglas, formales o informales, que dificulten que los investigadores individuales o grupos de investigación seleccionen líneas de investigación y/o soliciten propuestas de financiación, sin consultar previamente con su jerarquía administrativa o científica dentro de la organización.
- \* **Existencia de una «agenda investigadora de la organización»**, entendida como un programa al más alto nivel o planificación estratégica, y diferente de una simple agregación de proyectos individuales o de grupos de investigación en el caso de los institutos del CSIC, o de las demandas del mercado procedentes de empresas en el caso de los centros tecnológicos. Para hacer operativo este concepto, consideramos tres dimensiones: i) la

existencia de planificación estratégica, es decir, la implementación dentro de la organización de procesos formales, sistemáticos y reglados para identificar las fortalezas de investigación, oportunidades competitivas, seleccionar prioridades e incluso asignar recursos en el medio o largo plazo; ii) el uso de horizontes temporales de medio a largo plazo. Dividimos los plazos de planificación de la investigación en aquellos basados en proyectos (normalmente corto plazo, hasta 2 años) y aquellos en programas (normalmente multianuales, hasta cinco años); y iii) la existencia de mecanismos formales de evaluación de resultados, más allá de los individuales, especialmente asociados a los objetivos estratégicos.

## **4. Resultados**

A continuación, presentamos los resultados del análisis de la evidencia empírica para confrontar nuestras hipótesis de investigación; primero, respecto a estrategias de financiación, y segundo, respecto a prácticas de dirección y fijación de la agenda investigadora.

### **4.1. Estrategias de financiación**

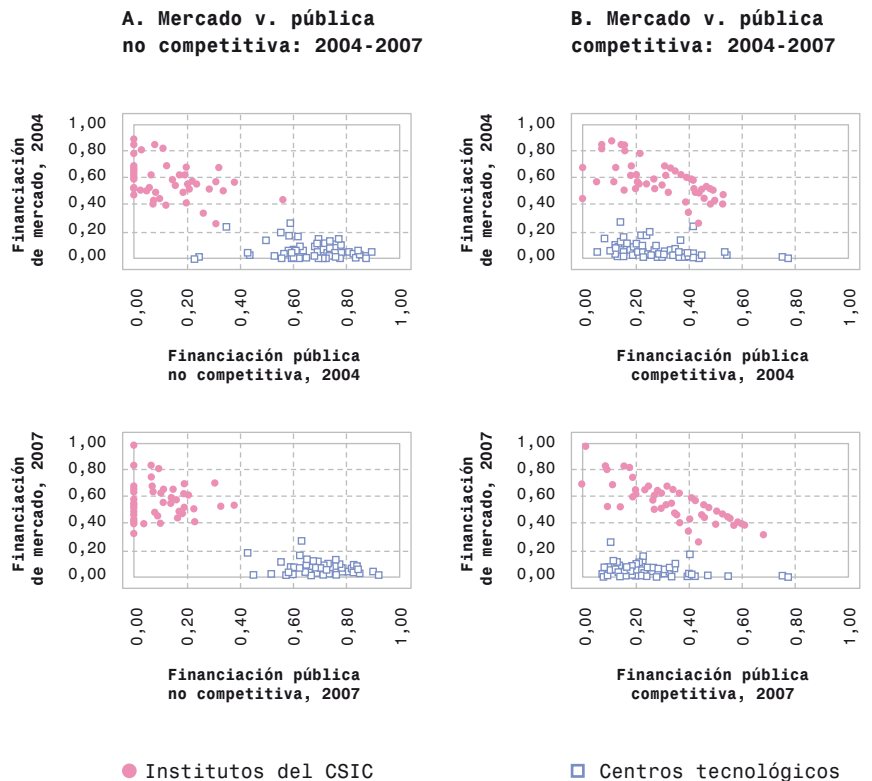
El objetivo de esta sección es doble. Primero, clasificar los centros tecnológicos e institutos del CSIC según una tipología de centros de investigación basada en las características de sus carteras de financiación. Segundo, determinar si han experimentado cambios a lo largo del tiempo que les hayan hecho converger hacia posiciones más cercanas, caracterizadas por la diversificación de fuentes de financiación, conforme a nuestra primera hipótesis, alejándose de su fuente dominante de financiación tradicional y aumentando la financiación pública competitiva.

Al representar gráficamente el comportamiento individual de los centros tecnológicos e institutos del CSIC, observamos que los centros tecnológicos tienden a concentrarse en la zona superior izquierda de un espacio bidimensional donde la influencia del mercado está representada en el eje vertical y la influencia del sector público, en el eje horizontal (gráfico 7.1). Los institutos del CSIC se concentran en la zona inferior derecha en cuanto a financiación pública no competitiva (gráfico 7.1.A), con grandes cuotas de ingresos procedentes de

subvenciones públicas y una pequeña proporción de fondos del mercado. Al comparar ingresos del mercado con ingresos públicos competitivos, la mayor parte de los centros tecnológicos e institutos del CSIC se sitúan en un área intermedia respecto a financiación pública competitiva (gráfico 7.1.B).

En media, mientras el 70% de los ingresos de los institutos del CSIC procede de subvenciones públicas directas (financiación pública no competitiva), el 57% de los ingresos de los centros tecnológicos procede del mercado. Un 25% de los ingresos de los institutos del CSIC y alrededor de un 33% en los centros tecnológicos corresponde a fondos públicos competitivos, procedentes de la Unión Europea o de convocatorias competitivas, tanto nacionales como regionales.

> **Gráfico 7.1.** Fuentes de financiación de los centros tecnológicos y los institutos del CSIC

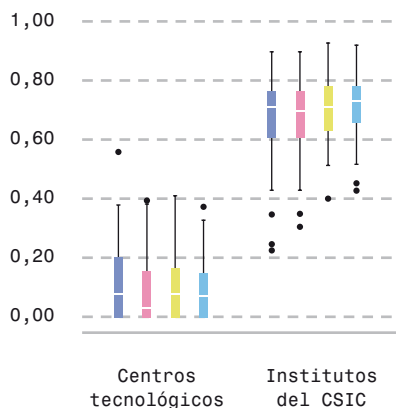


Fuente: Cruz-Castro, Sanz-Menéndez y Martínez [10].

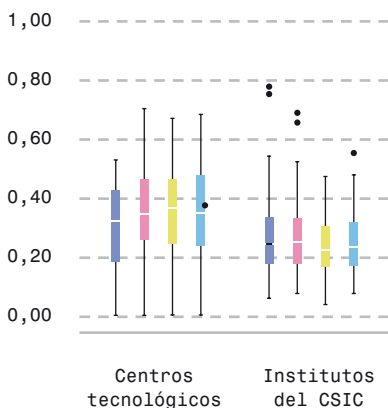
Los gráficos de cajas presentados a continuación ilustran estas diferencias y su evolución a lo largo del tiempo entre 2004 y 2007 (gráfico 7.2), señalando que existe una distancia importante entre centros tecnológicos e institutos del CSIC en cuanto a financiación pública no competitiva y de mercado, pero no tan grande en cuanto a financiación pública competitiva.

> **Gráfico 7.2.** Evolución temporal de fuentes de financiación por tipo de centro

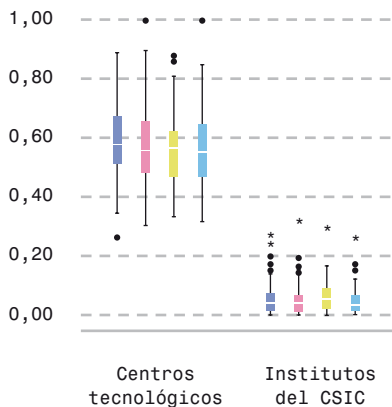
**Financiación pública no competitiva 2004-2007**



**Financiación pública competitiva 2004-2007**



**Financiación del mercado 2004-2007**



**Nota:** cada caja, de izquierda a derecha, corresponde a un año del periodo 2004-2007, tanto para los centros tecnológicos como para los institutos del CSIC, en cada uno de los tres gráficos.

**Fuente:** elaboración propia.

En el gráfico 7.2 se aprecia asimismo que no ha habido cambios importantes entre 2004 y 2007, en términos generales, para ambas poblaciones en su conjunto. La posición agregada de los centros tecnológicos y los institutos del CSIC no parece haber variado de forma significativa durante el periodo. Los cambios más señalados han correspondido a la financiación de los centros tecnológicos, que han aumentado los fondos públicos competitivos (5,2 puntos porcentuales más de cuota media), reduciendo en 2 puntos sus fondos de mercado y en 3,2 puntos porcentuales las subvenciones públicas directas entre 2004 y 2007. La dispersión respecto a la media en los centros tecnológicos, sin embargo, sólo ha disminuido para la financiación pública directa, lo que indica que no ha habido movimientos convergentes generalizados ni para la financiación pública competitiva, ni para los fondos de mercado. Por otro lado, los institutos del CSIC han experimentado cambios en las cuotas medias que parecen ir en contra de la hipótesis de la diversificación de fuentes de financiación y podrían indicar una menor propensión al cambio que en los centros tecnológicos: la cuota media de financiación pública directa ha aumentado en 3,6 puntos porcentuales, mientras que la cuota de financiación competitiva se ha reducido en 2,6 puntos porcentuales, con una reducción de la dispersión respecto a la media para ambas variables.

Para comprobar el alcance de estas primeras observaciones de carácter agregado, que aparentemente irían en contra de la hipótesis de un isomorfismo generalizado hacia el nuevo modelo de centro de investigación, procedemos a un análisis más detallado de los centros sobre cambios en las fuentes de ingresos. El objeto de este ejercicio es ilustrar la heterogeneidad interna dentro de cada una de las dos poblaciones y determinar cuántos centros, de forma individual, se han adaptado a los cambios de la forma esperada. Con tal fin, agrupamos los centros que han experimentado patrones de cambio similares durante el periodo<sup>11</sup>. De esta manera se distinguen cuatro tipos de estrategias de financiación diferentes, basadas en las dos hipótesis

**Nota 11.** Realizamos análisis de conglomerados de K-medias respecto a las diferencias entre las cuotas medias de financiación 2004-2005 y 2006-2007, para cada uno de los tres tipos de fuentes y para cada tipo de centro. De esta manera identificamos, por ejemplo, tres conglomerados de institutos del CSIC respecto a cambios en financiación pública no competitiva. En el primer conglomerado, caracterizado por un ligero descenso de la financiación pública no competitiva media entre 2004-2005 y 2006-2007 (centro final del conglomerado igual a -0,05), hay 25 institutos; en el segundo, caracterizado por un ligero aumento (centro final igual a 0,05), 52 institutos; y en el tercero, caracterizado por un aumento mayor (centro final igual a 0,26), 5 institutos. Para más información sobre la construcción de los conglomerados, véase Cruz-Castro, Sanz-Menéndez y Martínez [10].

principales de evolución de la fuente tradicional principal y aumento de la financiación competitiva antes formuladas:

- \* **Estrategia 1:** menos financiación tradicional (para los centros tecnológicos es el mercado y para los institutos del CSIC es la financiación pública no competitiva) y más financiación pública competitiva.
- \* **Estrategia 2:** menos financiación tradicional (para los centros tecnológicos es el mercado y para los institutos del CSIC es la financiación pública no competitiva) y menos financiación pública competitiva.
- \* **Estrategia 3:** más financiación tradicional (para los centros tecnológicos es el mercado y para los institutos del CSIC es la financiación pública no competitiva) y más financiación pública competitiva.
- \* **Estrategia 4:** más financiación tradicional (para los centros tecnológicos es el mercado y para los institutos del CSIC es la financiación pública no competitiva) y menos financiación pública competitiva.

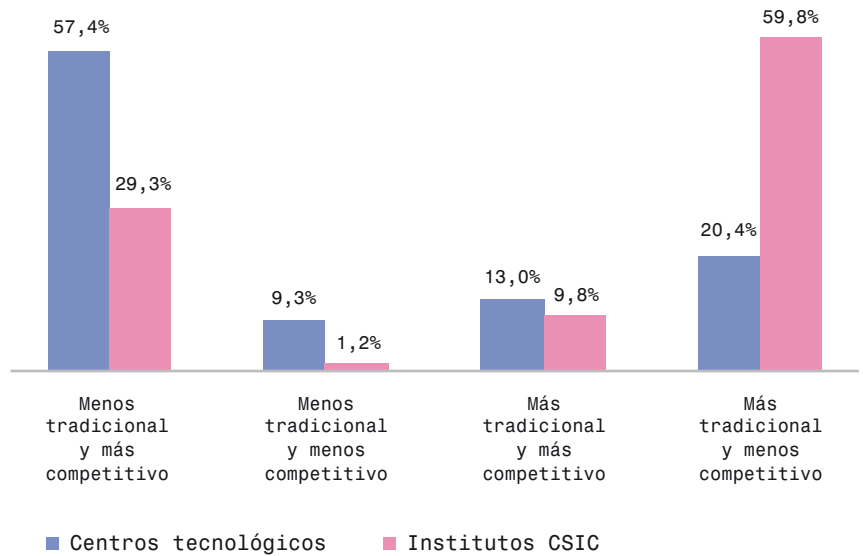
Adoptar la estrategia 1 significaría que los centros reducen la cuota de su fuente de financiación tradicional (ya sea el mercado o la financiación pública no competitiva) e incrementan su cuota de financiación pública competitiva, lo que representa un movimiento acorde a las predicciones de la convergencia hacia el nuevo modelo. Adoptar la estrategia 2, representaría también un acercamiento al nuevo modelo porque se reduce su fuente de financiación tradicional, aunque por otros medios. Dado que se reduce la cuota de financiación competitiva, los institutos del CSIC aumentarían su cuota del mercado y los centros tecnológicos aumentarían su cuota de fondos públicos no competitivos. Por otro lado, las estrategias 3 y 4 representarían un mantenimiento y reforzamiento de las fuentes tradicionales de financiación (para los centros tecnológicos el mercado y para los institutos del CSIC la financiación pública no competitiva), esto es, los centros que adoptan estas estrategias no se moverían hacia la convergencia.

Como indica la distribución de centros tecnológicos e institutos del CSIC por estrategias de financiación (gráfico 7.3), dentro de la heterogeneidad observada, constatamos que el 57% de los centros tecnológicos y el 29% de los institutos del CSIC se han movido en



las direcciones esperadas, reduciendo sus fuentes tradicionales e incrementando su cuota de ingresos procedente de fondos públicos competitivos. Los institutos del CSIC y los centros tecnológicos que adoptan la estrategia 1 han experimentado por tanto transformaciones que les alejan de los modos de financiación tradicionales de sus respectivas poblaciones, acercándose al nuevo modelo.

> **Gráfico 7.3.** Distribución de los centros según estrategias de financiación



Fuente: Cruz-Castro, Sanz-Menéndez y Martínez [10].

Sin embargo, una parte de los centros tecnológicos (20%) y más de la mitad de los institutos del CSIC (60%) han aumentado los ingresos de sus fuentes de financiación tradicionales y han reducido su financiación pública competitiva, lo que evidencia su resistencia al cambio e inercia respecto al statu quo, inercia que es mayor en los institutos del CSIC.

#### 4.2. Planificación y agendas de investigación

Las prácticas directivas de las organizaciones de investigación son complejas y tienen múltiples dimensiones. En esta sección, nos centramos en una de ellas: el grado de autoridad de la dirección de los

centros a la hora de planificar estratégicamente y definir la agenda de investigación. Analizamos si, tal y como cabría esperar en teoría, los centros tienden a parecerse con el tiempo y han desarrollado también liderazgos más fuertes y agendas investigadoras más definidas y centralizadas en el aspecto organizativo, una pauta atribuible a los centros híbridos.

El origen de los centros tecnológicos como asociaciones industriales influyó en que históricamente éstos tuvieran un modelo de dirección muy vinculado a la misión fundamental de proveer servicios bajo demanda a las empresas de la asociación. De este modo, los patronatos o juntas rectoras de los centros tecnológicos siempre han contando con un número significativo de representantes de los sectores industriales y empresariales, y sus prioridades de investigación, fuertemente orientadas a las aplicaciones industriales, provenían bien de los intereses generales de los sectores, o bien directamente de las demandas de las empresas. Todos los directores de los centros tecnológicos entrevistados identificaron un nivel en la organización encargado de definir las líneas de investigación del centro. Por añadidura, la mayoría de los directores describieron cómo, tradicionalmente, las decisiones sobre la orientación de los centros las tomaban ellos mismos en respuesta a las demandas de los patronatos, y las transmitían a los grupos de trabajo, que, en general, no tenían autonomía para seleccionar líneas de investigación o desarrollo de manera independiente. Tradicionalmente no existía una planificación a largo plazo en los centros tecnológicos, y este había sido el enfoque dominante hasta mediados de los noventa, cuando era difícil identificar una agenda organizativa distinta a la mera agregación de las demandas de mercado proveniente de las empresas locales y de las industrias asociadas. Esta dinámica es coherente con la expectativa de que las organizaciones de naturaleza escasamente pública planifiquen a corto plazo y estén sujetas a cambios rápidos e inducidos por el mercado [3].

Los institutos del CSIC llevan a cabo un tipo de investigación fundamentalmente dirigida al dominio público, lo cual es consistente con el hecho de que históricamente hayan recibido una parte sustancial de su presupuesto del gobierno central en forma de financiación de los gastos corrientes, de sus infraestructuras y de los salarios del personal, en su mayoría funcionarios públicos. Tradicionalmente, los institutos del CSIC han estado organizados en departamentos y grupos

de investigación, y dirigidos por un director nombrado por el Presidente de la institución, pero elegido previamente por el claustro y/o junta correspondiente entre el personal investigador de plantilla. A pesar de tratarse formalmente de una organización jerárquica bajo dependencia ministerial, ni el gobierno ni la Presidencia del CSIC han utilizado su autoridad para establecer agendas de investigación concretas a través de los directores de instituto, ya que, a diferencia de otros centros públicos de investigación con misiones específicas, la misión general del CSIC es el avance del conocimiento científico, tanto básico como aplicado.

Al igual que ocurre con los investigadores en las universidades públicas españolas, los investigadores y grupos del CSIC han disfrutado de niveles de autonomía muy altos a la hora de establecer y desarrollar sus líneas y proyectos de investigación, sin estar sujetos a aprobaciones o supervisiones de tipo jerárquico, siempre que fuesen capaces de conseguir los fondos y recursos necesarios para ello. Hasta muy recientemente, los centros del CSIC no han desarrollado ningún tipo de planificación estratégica y los directores eran considerados como administradores o gestores más que como líderes científicos en la mayoría de los casos<sup>12</sup>. Su papel formal no se asociaba a las decisiones estratégicas, dado que «el director (del instituto) tiene la firma para todo tipo de decisiones burocráticas que te puedas imaginar, pero el trabajo de los investigadores en sus laboratorios es bastante independiente... Por ejemplo, si un investigador quiere contratar a un ayudante o participar en un proyecto concreto, lo importante es que tenga los recursos necesarios, si los tiene la aprobación de la dirección es algo más bien rutinario»<sup>13</sup>. En comparación con los investigadores en los centros tecnológicos, los investigadores del CSIC en general, y a excepción de ciertas áreas que requieren grandes equipamientos, han dependido menos de la infraestructura tecnológica y científica de los centros, y esto les ha hecho aún más autónomos con respecto a la dirección de los mismos [37].

En los últimos años, los centros tecnológicos han afrontado desafíos y experimentado cambios propiciados, por una parte, por la

**Nota 12.** «En general, los directores no tenían ni el poder ni la voluntad para decidir qué investigación debía hacerse en los departamentos; siempre ha sido parte de la cultura del CSIC que las autoridades no deben interferir en la agenda de los investigadores... Tú (como investigador) preparabas tus proyectos y aunque el vicepresidente tenía que firmarlo antes de enviarlo al Ministerio, esto siempre ha sido una pura formalidad». Entrevista con un investigador permanente del CSIC (c3).

**Nota 13.** Entrevista con un director de departamento de un instituto del CSIC (b2).

sofisticación de las demandas de las empresas privadas, y por otra, por la emergencia de nuevas demandas desde el sector público (en especial los gobiernos regionales) para que orientasen su trabajo hacia nuevas misiones. En conjunto, los centros tecnológicos han adoptado una estrategia de financiación en la que han aumentado los fondos provenientes de fuentes públicas competitivas (ver sec. 5.1.). Este cambio ha venido acompañado de transformaciones en algunas de sus prácticas de dirección; en general, el número de representantes de las administraciones públicas (en especial, las regionales) en sus patronatos y juntas rectoras ha aumentado, y con ellos, un interés general por que el trabajo de los centros sea relevante socioeconómicamente para el entorno regional. Cuando discutimos con los directores de los centros la existencia de agendas de investigación organizativas, estos identificaron dos niveles de toma de decisiones. Si bien la mayoría de los centros mantienen proyectos a corto plazo que atienden a las necesidades y demandas de las empresas del sector a través de investigación bajo contrato, sin embargo, algunos de ellos han empezado a planificar estratégicamente a medio y largo plazo a través del desarrollo de proyectos genéricos y de la formación de investigadores. Cada vez es más frecuente que los centros cuenten con herramientas de planificación sistemática e incluso de prospectiva<sup>14</sup>.

Las decisiones con respecto a este segundo tipo de líneas de investigación de más largo plazo y que normalmente implican una planificación a varios años, se toman generalmente en el nivel directivo aunque con frecuencia van precedidas de un proceso de consultas en todos los niveles del centro, especialmente a directores de departamento y unidades operativas. La relevancia de los directores de programa y de los directores de departamento en el proceso de definición de la agenda, así como la idea de que la autonomía relativa de los investigadores estaba relacionada con sus resultados, también son evidentes<sup>15</sup>.

**Nota 14.** «Hemos pasado de trabajar casi exclusivamente a demanda, a anticipar cuál puede ser nuestra ventaja competitiva en el mercado del desarrollo industrial, siendo conscientes de que tenemos colaboradores y competidores... Las empresas quieren soluciones para los problemas de hoy, pero nosotros también tenemos que buscar información que nos permita anticipar qué es lo que van a necesitar mañana». Entrevista con un director de centro tecnológico (a5).

**Nota 15.** «Los investigadores son libres de explorar áreas y líneas de investigación concretas, pero saben que en algún momento van a tener que demostrar que esos proyectos son rentables... No tener éxito o no demostrar resultados conlleva pocas posibilidades de avanzar profesionalmente, de modo que la respuesta es sí, pueden ser autónomos, pero tienen que rendir cuentas... La autoridad se distribuye entre la dirección y los jefes de programa, ellos son el nivel intermedio de decisión clave». Entrevista con un director de centro tecnológico (a3).

> **Tabla 7.3.** Planificación y agenda de investigación por tipo de centro

	<b>Nivel de fijación de la agenda</b>	<b>Programación de la investigación</b>	<b>Evolución temporal</b>
<b>Centros híbridos</b>	Organizativo: Dirección Científica y Consejos Asesores	Plurianual Programas de investigación	Estable
<b>Centros tecnológicos</b>	Dirección General con consultas a los jefes de Departamentos. Creciente en cuanto a organización	Dos líneas: -Basada en proyectos de investigación bajo contrato con empresas - Programas genéricos de desarrollo tecnológico plurianuales	Establecimiento de la segunda línea a finales de los noventa y planes para reducir la primera
<b>Centros del CSIC</b>	En un nivel micro: los grupos de investigación y los investigadores individuales	Sigue el ciclo de las convocatorias competitivas de proyectos. Normalmente basada en proyectos (generalmente a corto plazo)	Planes Estratégicos plurianuales establecidos de forma obligatoria recientemente

**Fuente:** elaboración propia basada en entrevistas.

En contraste con los centros tecnológicos, a pesar de los cambios en sus estrategias de financiación, no se han encontrado cambios significativos en la dirección de los institutos del CSIC en las dimensiones seleccionadas. En conjunto, los institutos del CSIC mantienen un modelo de gestión basado en la autonomía de los investigadores y, en consecuencia, muy pocos señalan la existencia de agendas de investigación fuertes de instituto. Las agendas investigadoras de los institutos continúan siendo el resultado de la agregación de las agendas de los grupos de investigación más que el de programas altamente estructurados en cuanto a organización. Por otra parte, es difícil identificar en los organigramas de los institutos del CSIC la función de planificación estratégica y los propios investigadores y directores no identifican claramente un nivel directivo en sus institutos encargado de establecer o fijar líneas de investigación. No hay, por tanto, evidencia empírica suficiente que permita concluir, o siquiera intuir, que los institutos del CSIC se estén moviendo hacia el establecimiento de procesos de planificación más directivos, con

agendas organizativas fuertes, similares a las que parecen existir en los nuevos centros de investigación de carácter híbrido.

Sólo muy recientemente, en 2006, la transformación del CSIC en agencia estatal ha llevado a la introducción paulatina de prácticas de planificación estratégica en sus institutos, que deben elaborar periódicamente un plan estratégico de cuatro años, sujeto a una evaluación. En su conjunto, el plan estratégico del CSIC se convierte en la base del contrato-programa de la institución con el ministerio. Los primeros planes estratégicos se elaboraron para el periodo 2006-2009, por lo que es pronto para evaluar su impacto.

En resumen, la evidencia encontrada en respuesta a la cuestión de si los centros están convergiendo en sus prácticas de gestión no es concluyente. Por un lado, algunos centros tecnológicos parecen haber adoptado de manera creciente un modelo de organización basado en la planificación de la investigación y el desarrollo a largo plazo y en el nivel organizativo, si bien persiste un alto grado de heterogeneidad entre ellos. Por otro lado, la agenda investigadora de la mayoría de los centros e institutos del CSIC aún se construye a partir de un proceso «de abajo hacia arriba» en el que los grupos de investigación e incluso los investigadores individuales son el punto central en la toma de decisiones, a pesar de los esfuerzos recientes para adoptar perspectivas más organizativas y estratégicas, y sin menoscabo de que existan casos concretos de centros en los que la dirección ejerce un liderazgo científico significativo, de modo similar a lo que constituye la pauta común en los centros que hemos denominado híbridos<sup>16</sup>.

## 6. Conclusiones

Este trabajo ha explorado el cambio isomórfico en dos poblaciones de organizaciones de investigación: los institutos del CSIC y los centros tecnológicos. Nuestro análisis se ha centrado en un elemento clave para entender el cambio organizativo: la convergencia entre organizaciones del mismo campo organizativo como respuesta

**Nota 16.** «En unos pocos institutos del CSIC uno puede encontrar directores "estrella", que gozan de mucho prestigio como científicos y que son capaces de marcar la agenda de investigación, en colaboración con sus colegas de instituto, porque además son capaces de atraer investigadores y fondos, pero son una minoría». Entrevista con un director de instituto del CSIC (a9).

a la emergencia de nuevos centros de investigación en su entorno, promovidos por las políticas de ciencia y tecnología. Para analizar esa posible convergencia, hemos prestado atención a dos dimensiones, una de carácter estratégico (la financiación) y otra de carácter estructural (la planificación de la investigación y la fijación de la agenda científica). Hemos analizado la forma en que distintos tipos de centros de investigación han afrontado los cambios que se han producido en su entorno, y si frente a estos han desarrollado procesos de adaptación y cambio. Partiendo de una situación en la que, en lo que a financiación se refiere, los institutos del CSIC se situaban fundamentalmente en el ámbito de lo público y los centros tecnológicos en el de lo privado, hemos constatado cómo una parte de ambos tipos de centros se ha movido progresivamente hacia un espacio que podríamos considerar como semipúblico. Estos movimientos convergentes se han producido a la vez que se consolidaba un nuevo modelo de centro de investigación, que hemos denominado híbrido, basado en la autonomía, la excelencia, la cooperación, la transferencia de conocimiento y tecnología, y la investigación orientada a la resolución de problemas; estos centros gozan de una fuerte legitimidad y su emergencia ha supuesto un aumento de la competencia en el campo organizativo de los centros de investigación en España.

Sin embargo, los resultados de nuestro análisis sugieren que persiste una gran diversidad dentro de cada una de las dos poblaciones de organizaciones estudiadas en lo que se refiere a sus estrategias de financiación, y una parte importante de los centros no muestra movimientos o cambios significativos. Por otra parte, el grado en que los cambios en las estrategias de financiación han venido acompañados de cambios convergentes en las prácticas de dirección de los centros en cuanto a planificación estratégica y fijación de la agenda investigadora, ha sido bajo.

El caso de los centros tecnológicos muestra cómo organizaciones que se originaron como centros de investigación industriales orientadas al mercado, se han movido hacia espacios donde compiten con otros actores del sistema por los fondos públicos para investigación y desarrollo. Los centros tecnológicos han transformado la naturaleza de su carácter semipúblico a través de cambios en sus estrategias de financiación. La reducción progresiva de las fuentes privadas y el crecimiento de las fuentes públicas competitivas han ido parejos a un aumento de sus capacidades de desarrollo de I+D genérica, aunque

sin dejar de atender a su demanda tradicional de mercado, que sigue siendo la parte más estable de su estrategia de financiación. En consistencia con estos cambios, desde la dirección de los centros tecnológicos se reconoce que algunas de las prácticas y modos de gestión han cambiado y que se han adoptado procesos de establecimiento de la agenda de proyectos basados en el medio y largo plazo, y más alejados de la actuación a demanda del mercado. Se mantienen, no obstante, diferencias entre los centros tecnológicos en lo que se refiere al nivel de centralización de la toma de decisiones relacionada con este tipo de planificación estratégica.

La distribución de las fuentes de financiación de los institutos del CSIC muestra más estabilidad que la de los centros tecnológicos en el periodo analizado, si bien casi un tercio de los institutos del CSIC ha adoptado con el tiempo una estrategia de financiación en la que los cambios se centran en un aumento de las fuentes públicas competitivas. En todo caso, el grado de conformidad de los centros e institutos del CSIC hacia el modelo emergente basado en el liderazgo científico centralizado, con capacidad directiva sobre la fijación de la agenda de investigación y la planificación estratégica, es bajo. Una explicación plausible es que los cambios estructurales son más lentos en las organizaciones del sector público, especialmente si no existen presiones de tipo legal, coercitivo, y particularmente cuando estos cambios implican centralizar poder y autoridad en los niveles directivos en organizaciones tradicionalmente dominadas por comunidades profesionales.

Las diferencias encontradas entre nuestras dos poblaciones de centros demuestran que las presiones institucionales del entorno no afectan por igual a todas las organizaciones. Cuando las expectativas de ganancias económicas o de eficiencia son altas, los centros tecnológicos, que, al fin y al cabo, tienen patronos ante los que rendir cuentas, parecen mostrar una dinámica de conformidad y respuesta a esas presiones del entorno, en forma de cambios, tanto en la financiación como en la gestión, mayores que en el caso del CSIC.

Nuestro análisis no ha podido confirmar de manera concluyente las predicciones de la teoría referidas a una reducción de la diversidad y una convergencia entre las organizaciones de investigación. Existen algunas explicaciones que nos pueden ayudar a entender mejor estos resultados. La primera explicación alternativa pondría en cuestión la premisa básica de que las presiones del entorno institucional



producen un solo tipo de respuesta, la convergencia. Oliver [32] avanzó algunas de las diversas respuestas que las organizaciones pueden adoptar (incluidas esquivar y desafiar) ante las presiones del entorno; otros trabajos han identificado otras respuestas estratégicas, como la «duplicidad»<sup>17</sup> [39]. Cuando las organizaciones perciben que un cierto tipo de cambio institucional conduce a un conflicto de objetivos dentro de la organización, o cuando es dudoso el grado en que las presiones isomórficas son consistentes con los objetivos de la organización o más bien los limitan, entonces es probable que la respuesta organizativa sea una solución de compromiso, o incluso el rechazo a esas presiones [32].

Hay otros enfoques analíticos que también son útiles para explicar el carácter limitado de la convergencia organizativa; por ejemplo, tener en cuenta la influencia del marco temporal es importante para entender que las presiones e innovaciones del entorno tardan tiempo en difundirse y en ser adoptadas. También puede suceder que a un periodo de convergencia le suceda otro de divergencia [21]. Por último, los gestores juegan un papel clave en la interpretación de las presiones del entorno que más tarde se traducen en algún tipo de acción por parte de la organización [17].

En el terreno metodológico, conviene mencionar algunas limitaciones de nuestro análisis. En primer lugar, el carácter no concluyente de algunos de nuestros resultados puede estar relacionado con el hecho de que hemos considerado un periodo relativamente corto de tiempo (2004-2007); la solidez del análisis también podría mejorarse introduciendo variables de control y aplicando técnicas multivariantes. De hecho, una de las líneas futuras de investigación en este terreno sería la relación entre las estrategias de financiación y otras características organizativas, tales como el área científica, la producción, la categoría del personal investigador, etc. En segundo lugar, nuestro análisis cualitativo se diseñó para obtener resultados comparables y las entrevistas se llevaron a cabo en un reducido número de casos. Una encuesta más amplia, basada en cuestionarios autoadministrados realizados en todos los centros, proporcionaría un enfoque complementario.

**Nota 17.** Meyer y Rowan [25] utilizan el término «duplicidad» (*decoupling*) para referirse a la práctica de adoptar una estructura formalmente por motivos de legitimidad, pero no implementarla en la práctica. Es demasiado pronto para evaluar si el desarrollo de planes estratégicos en los centros del CSIC, algo que se les requirió legalmente, puede considerarse como un ejemplo de duplicidad.

Conscientes de las limitaciones de alcance general de una investigación basada sólo en dos tipos de centros, creemos sin embargo que nuestros resultados tienen una serie de implicaciones. Desde el punto de vista teórico, nuestros resultados relacionados con los centros de investigación en España aportan una evidencia que apoya con más firmeza los marcos analíticos que proponen que las organizaciones son actores estratégicos y activos que pueden responder de diversas formas a las presiones isomórficas del entorno, que aquellos enfoques que proponen modelos de fuerte conformidad y convergencia. Desde el punto de vista de las políticas, la principal implicación se refiere a los centros del sector público. Los institutos del CSIC parecen haber respondido menos activamente a las presiones del entorno institucional tendentes a la conformidad con un modelo emergente que implica cambios en la distribución interna de poder, autoridad y capacidad para la toma de decisiones. Los incentivos para el cambio o la conformidad construidos exclusivamente a través de instrumentos de financiación parecen no ser eficaces a la hora de asegurar el cambio organizativo. Puede que para encontrar mayores niveles de isomorfismo en organizaciones del sector público sea necesario llevar a cabo reformas de carácter legal que afecten al marco general de funcionamiento.

## Referencias

- [1] Boden, R.; Nedeva, M. (2006): «The appliance of Science?-New Public Management and Strategic Change», *Technology Analysis and Strategic Management*, 18 (2), pp. 125-241.
- [2] Boden, R.; Cox, D.; Nedeva, M.; Barker, K. (2004): *Scrutinising Science: The Changing UK Government of Science*, Palgrave- Macmillan, Houndmills - Nueva York.
- [3] Bozeman, B. (1987): *All Organizations Are Public: Comparing Public and Private Organizations*, Beard Books (reimp. 2004), Washington D.C.
- [4] Bozeman, B.; Boardman, P. C. (2003): *Managing the New Multipurpose Multi-discipline University Research Centers: Institutional Innovation in the Academic Community*, IBM Center for the Business of Governments (noviembre de 2003), Arlington,VA.
- [5] Bozeman, B.; Crow; M. (1990): «The environments of US R&D laboratories: political and market influences», *Policy Sciences*, 23, pp. 25-56
- [6] Cohen, L.; Duberley, J.; McAuley, J. (1999): «The Purposes and Process of Science: Contrasting Understandings in UK Research Institutions», *R&D Management*, 29 (3), pp. 233-245.

- [7] Cox, D.; Gummert, P.; Barker, K. (eds.) (2001): *Government Laboratories. Transition and Transformation*, IOS Press, Amsterdam.
- [8] Crow, M.; Bozeman, B. (1998): *Limited by Design. R&D Laboratories in the U.S. National Innovation System*, Columbia University Press, Nueva York.
- [9] Cruz-Castro, L.; Sanz-Menéndez, L. (2007): «New legitimation models and the transformation of the research field», *International Studies of Management and Organization*, 37 (1), pp. 27-52.
- [10] Cruz-Castro, L.; Sanz-Menéndez, L.; Martínez, C. (2009): *Research centers in transition: patterns of convergence and diversity*, *The Journal of Technology Transfer* (en imprenta), DOI: 10.1007/s10961-010-9168-5.
- [11] Deephouse, D. (1996): «Does Isomorphism legitimate?», *Academy of Management Journal*, 30 (4), pp. 1.024-1.039.
- [12] DiMaggio, P. J.; Powell, W. W. (1983): «The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields», *American Sociological Review*, 48 (2), pp. 147-160.
- [13] EUROLABS (2002): *A comparative Analysis of Public, semi-public and recently privatised Research Centres*, PREST on behalf of a project Consortium (PREST, CSI\_EM, SISTER, CSIC\_UPC), julio 2002, en ftp://ftp.cordis.lu/pub/rtd2002/docs/ind\_report\_prest1.pdf. Última consulta: 1 de agosto de 2008, CEC, Bruselas.
- [14] Feller, I.; Ailes, C. P.; Roessner, J. D. (2002): «Impacts of research universities on technological innovation in industry: evidence from engineering research centres», *Research Policy*, 31 (3), pp. 457-474.
- [15] Fligstein, N. (1991): «The structural transformation of American industry: An institutional account of the causes of diversification of the large firms, 1919-1979», en Powell, W. W.; DiMaggio, P. J. (eds.), *The New Institutionalism in Organizational Analysis*, pp. 311-336, Chicago University Press, Chicago.
- [16] Frumkin, P.; Galaskiewicz, J. (2004): «Institutional Isomorphism and Public Sector Organizations», *Journal of Public Administrations Research and Theory*, 14 (3), pp. 283-307.
- [17] George, E.; Chattopadhyay, P.; Sitkin, S. B.; Barden, J. (2006): «Cognitive Underpinnings of Institutional Perspectives and change: A framing perspective», *Academy of Management Review*, 31 (2), pp. 347-365.
- [18] Haveman, H. A. (1993): «Follow the leader: Mimeric isomorphism and entry into new markets», *Administrative Science Quarterly*, 38 (4), pp. 593-627.
- [19] Jordan, G. B. (2001): «Measuring the Performance of American Science and Technology Laboratories», en Cox, D.; Gummert, P.; Barker, K. (eds.), *Government Laboratories. Transition and Transformation*, pp. 174-186, IOS Press, Amsterdam.
- [20] Koppell, J. G. S. (2003): *The Politics of Quasi-Government: Hybrid Organizations and the Dynamics of Bureaucratic Control*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [21] Kraatz, M. S.; Zajac, E. J. (1996): «Exploring the limits of New Institutionalism: The Causes and Consequences of Illegitimate Organizational

- Change», *American Sociological Review*, 61 (5), pp. 812-836.
- [22] Larédo, P.; Mustar, P. (2004): «Public sector research: A growing role in innovation systems», *Minerva*, 42, pp. 11-27.
- [23] Larédo, P. (2001): «Government Laboratories or Public Institutions of Professional research: the case of France», en Cox, D.; Gummett, P.; Barker, K. (eds.), *Government Laboratories. Transition and Transformation*, pp. 114-127, Amsterdam: IOS Press.
- [24] Liyanage, S.; Mitchell, H. (1993): «Organizational management in Australian cooperative research centres», *Technology Analysis and Strategic Management*, 5 (1), pp. 3-14.
- [25] Meyer, J. W.; Rowan, B. (1977): «Institutionalized organizations: Formal structure as myth and ceremony», *American Journal of Sociology*, 83 (2), pp. 340-363.
- [26] Meyer, J. W.; Scott, R. W.; Strange, D. (1987): «Centralization, fragmentation, and school district complexity», *Administrative Science Quarterly*, 32 (2), pp. 186-202.
- [27] Nedeva, M.; Boden, R. (2006): «Changing Science: The Advent of Neo-liberalism», *Prometheus*, 24 (3), pp. 269-281.
- [28] OCDE (1989): *The changing role of Government Research Laboratories*, OCDE, París.
- [29] OCDE (2003): *Governance of Public research. Toward better practices*, OCDE, París.
- [30] OCDE (2004): *OCDE Science, Technology and Industry Outlook 2004*, OCDE, París
- [31] OCDE (2009): *Main Science and Technology Indicators 2009/1*, OCDE, París.
- [32] Oliver, C. (1991): «Strategic responses to institutional process», *Academy of Management Review*, 16 (1), pp. 145-179.
- [33] Perry, J. L.; Rainey, H. G. (1988): «The Public-Private Distinctions in Organization Theory», *Academy of Management Review*, 13 (2), pp. 182-201.
- [34] Rainey, H. G.; Bozeman, B. (2000): «Comparing Public and Private Organizations. Empirical research and the Power of A Priori», *Journal of Public Administration research and Theory*, 10 (2), pp. 447-469.
- [35] Rico-Castro, P. (2007): *La política tecnológica y sus efectos sobre el cambio de las organizaciones de I+D: el caso de los centros tecnológicos del País Vasco (1980-1999)*, tesis doctoral dirigida por Luis Sanz Menéndez y leída en la Universidad Complutense en 2007, en el Departamento de Ciencia Política y de la Administración II, en <http://eprints.ucm.es/8273/1/T30001.pdf> (ultimo acceso 12 Febrero de 2010).
- [36] Ruef, M.; Scott, W. R. (1998): «A Multidimensional Model of Organizational Legitimacy: Hospital Survival in Changing Institutional Environments», *Administrative Science Quarterly*, 43 (4), pp. 877-904.
- [37] Sanz-Menéndez, L.; Cruz-Castro, L. (2003): «Coping with environmental pressures: Public Research Organizations responses to funding crisis», *Research Policy*, 32 (8), pp. 1293-1308.
- [38] Schimank, U.; Stucke, A. (1994): «Coping with Trouble as a Complex Constellation of Political and Research Actors: Introducing a Theoretical

- Perspective», en Schimank, U.; Stucke, A. (eds.), *Coping with Trouble. How Science reacts to Political Disturbances of Research Conditions*, pp. 7-34, Campus Verlag-St.Martin's Press, Frankfurt-Nueva York.
- [39] Scott, W. R. (1995): *Institutions and organizations*, Sage Thousand Oaks, CA.
- [40] Scott, W. R. (2008): «Approaching adulthood: the maturing of institutional theory», *Theory and Society*, 37 (5), pp. 427-442.
- [41] Senker, J. (2000): «Introduction to a special issue on changing organization and structure of European public-sector research systems», *Science and Public Policy*, 27 (6), pp. 394-396.
- [42] Smith, J. (2000): «From R&D to strategic Knowledge management: transitions and challenges for national laboratories», *R&D Management*, 30 (4), pp. 305-311.
- [43] Stokes, D. E. (1997): *Pasteurs Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, The Brooking Institution, Washington D.C.
- [44] Van der Meulen, B. J. R.; Rip, A. (1994): *Research Institutes in Transition*, University of Twente –WMW, Enschede.



Sección II

# *Dinámica de la ciencia*







La capacidad de generación de conocimiento de la que viene dando muestras el sistema de ciencia español desde hace años, ha hecho que la producción científica española crezca a un ritmo superior que el de la mayoría de los países científicamente más desarrollados. Esta realidad, suficientemente analizada en el pasado, nos ha llevado a ocupar la novena posición del mundo en producción científica. Aunque el crecimiento sostenido de esta producción en los países científicamente más avanzados es una tónica casi general (entre los 25 mayores productores sólo uno desciende en producción en el periodo 2003-2007), también es cierto que las tasas de crecimiento son muy diversas y que España se encuentra entre los países que más crecen, sin llegar a los ritmos de crecimiento de China, Taiwán, Brasil, Turquía, India o Corea del Sur, pero, desde luego, muy por encima de los grandes productores europeos o norteamericanos. Aunque estos crecimientos han sido más fuertes en el caso español en la última década del pasado siglo, aún en años más recientes España sigue siendo el séptimo país de esos 25 más potentes en crecimiento bruto de su producción científica.

Este crecimiento tan acelerado en términos relativos no se corresponde con la evolución que han experimentado los indicadores cuantitativos que representan la calidad promedio de la investigación realizada. Así, el impacto normalizado que alcanza la producción científica española en el mismo periodo (2003-2007) nos coloca en la posición 16 del mundo entre los primeros 25 países productores de conocimiento científico. Este hecho se viene constatando de forma sistemática desde hace décadas. Mientras que nuestra capacidad de generación de conocimiento científico crece a buen ritmo, la calidad promedio del conocimiento generado, medido este en términos de su uso posterior por parte de los científicos del mundo, crece mucho más lentamente. Son muchos los factores que afectan a esta situación, algunos de los cuales serán analizados en los capítulos que siguen, pero los que se relacionan más directamente con las pautas de comunicación científica seguidas por los investigadores españoles, influyen de manera significativa sobre los resultados de impacto científico.

> **Tabla II.1.** Evolución de la producción científica de los 25 mayores productores del mundo. 2003-2007

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>Periodo ↓</b>	<b>% Crecimiento</b>
Estados Unidos	358.100	380.177	408.147	423.960	427.372	1997.756	19,34%
China	71.180	107.251	156.720	182.370	203.224	720.745	185,51%
Reino Unido	96.324	103.215	111.365	118.076	121.857	550.837	26,51%
Japón	99.856	106.245	112.834	113.765	108.446	541.146	8,60%
Alemania	90.880	95.508	103.035	104.551	104.776	498.750	15,29%
Francia	63.445	66.464	71.823	74.216	76.055	352.003	19,88%
Canadá	48.670	54.167	60.501	63.543	67.115	293.996	37,9%
Italia	49.240	53.245	56.725	60.800	64.233	284.243	30,45%
<b>España</b>	<b>35.857</b>	<b>40.180</b>	<b>44.306</b>	<b>49.161</b>	<b>52.237</b>	<b>221.741</b>	<b>45,68%</b>
Australia	31.441	35.565	38.874	43.015	45.395	194.290	44,38%
India	29.996	32.435	36.697	42.361	46.265	187.754	54,24%
Corea del Sur	25.339	30.684	34.942	39.654	43.372	173.991	71,17%
Federación Rusa	32.583	33.551	35.515	31.432	31.654	164.735	-2,85%
Países Bajos	26.377	28.777	31.906	33.291	34.024	154.375	28,99%
Brasil	18.644	21.185	23.694	30.012	32.767	126.302	75,75%
Taiwán	16.593	20.646	23.755	26.552	29.720	117.266	79,11%
Suiza	19.407	21.228	22.896	24.599	25.202	113.332	29,86%
Suecia	19.666	20.845	22.253	22.586	23.295	108.645	18,45%
Polonia	17.670	19.167	20.959	22.421	20.596	100.813	16,56%
Turquía	14.590	17.504	19.392	21.467	22.994	95.947	57,60%
Bélgica	14.973	16.041	17.840	18.400	19.287	86.541	28,81%
Israel	12.625	13.213	13.439	14.115	14.167	67.559	12,21%
Austria	10.651	11.412	12.305	12.595	13.481	60.444	26,57%
Dinamarca	10.713	11.404	12.315	12.637	13.210	60.279	23,31%
Finlandia	9.702	10.637	11.152	11.846	12.308	55.645	26,86%

Fuente: Scopus, datos 2003-2007.

Si bien es cierto que España es el último país de entre los 25 mayores productores que supera la media de impacto mundial -1-, no lo es menos que su crecimiento en impacto en los últimos años está por encima del de los países que le superan en este indicador. Esto puede ser valorado positivamente en términos de evolución futura si se mantiene esta tendencia.

> **Tabla II.2.** Evolución del impacto normalizado de la producción científica de los 25 mayores productores

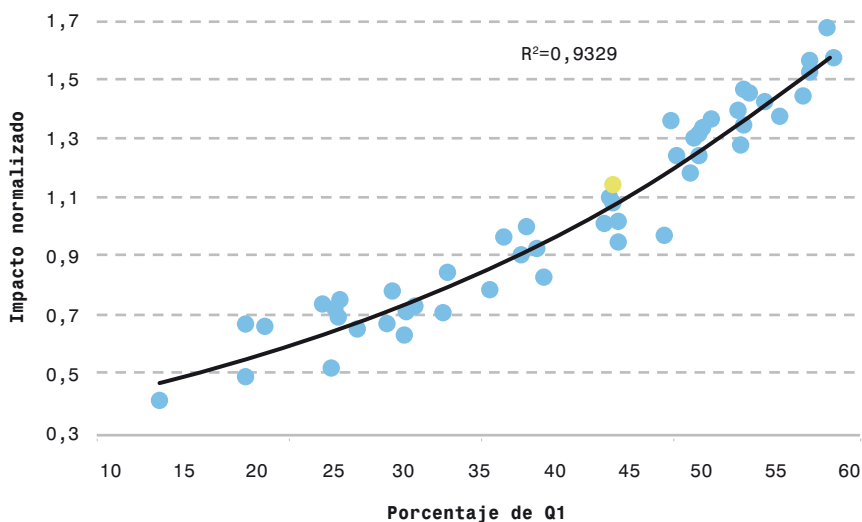
País	2003	2004	2005	2006	2007	Periodo ↓	% Crecimiento
Suiza	1,62	1,66	1,72	1,75	1,78	1,68	9,88%
Países Bajos	1,56	1,54	1,58	1,66	1,69	1,58	8,33%
Dinamarca	1,53	1,53	1,60	1,59	1,69	1,56	10,46%
Estados Unidos	1,52	1,53	1,53	1,53	1,54	1,53	1,32%
Bélgica	1,44	1,39	1,54	1,54	1,62	1,47	12,5%
Reino Unido	1,42	1,45	1,49	1,5	1,54	1,46	8,45%
Suecia	1,45	1,43	1,46	1,48	1,54	1,45	6,21%
Canadá	1,36	1,41	1,40	1,42	1,45	1,40	6,62%
Austria	1,30	1,35	1,42	1,45	1,54	1,37	18,46%
Finlandia	1,32	1,32	1,37	1,38	1,48	1,35	12,12%
Alemania	1,28	1,30	1,36	1,4	1,51	1,33	17,97%
Australia	1,27	1,31	1,32	1,36	1,43	1,31	12,60%
Israel	1,26	1,30	1,32	1,31	1,31	1,29	3,97%
Francia	1,2	1,23	1,28	1,32	1,38	1,25	15,00%
Italia	1,13	1,17	1,24	1,25	1,31	1,19	15,93%
<b>España</b>	<b>1,08</b>	<b>1,12</b>	<b>1,17</b>	<b>1,18</b>	<b>1,24</b>	<b>1,14</b>	<b>14,81%</b>
Taiwán	0,96	0,98	1,00	1,00	0,98	0,98	2,08%
Japón	0,94	0,95	0,96	0,99	1,02	0,96	8,51%
Corea del Sur	0,91	0,94	0,96	0,94	0,90	0,93	-1,10%
Brasil	0,76	0,79	0,81	0,75	0,75	0,78	-1,32%
China	0,76	0,76	0,72	0,72	0,73	0,74	-3,95%
Turquía	0,71	0,73	0,72	0,73	0,78	0,73	9,86%
Polonia	0,69	0,71	0,72	0,77	0,88	0,72	27,54%
India	0,68	0,71	0,71	0,75	0,75	0,71	10,29%
Federación Rusa	0,50	0,51	0,48	0,53	0,52	0,50	4,00%

Fuente: Scopus, datos 2003-2007.

Dos de los aspectos que, en términos de comunicación científica, más afectan al impacto de los resultados de la investigación española, son las tasas de colaboración y el nivel medio de los canales de comunicación (publicaciones) utilizados por los investigadores españoles. Ambos aspectos, aún no siendo los únicos, juegan un papel importante en la consecución de los niveles de visibilidad científica alcanzados

en cualquier país. Tanto la tasa de colaboración internacional como el porcentaje de trabajos publicados en revistas de primer nivel, tienen un alto grado de correlación con los valores de impacto normalizado que representan, como queda dicho, la calidad promedio de los resultados de investigación de cualquier dominio científico nacional, medida esta desde el punto de vista de su visibilidad en el contexto global.

> **Gráfico II.1.** Ajuste para los primeros 50 países del mundo entre impacto normalizado y porcentaje de presencia de trabajos de sus investigadores en las revistas de primer nivel (Q1 en las distribuciones de impacto por campos)



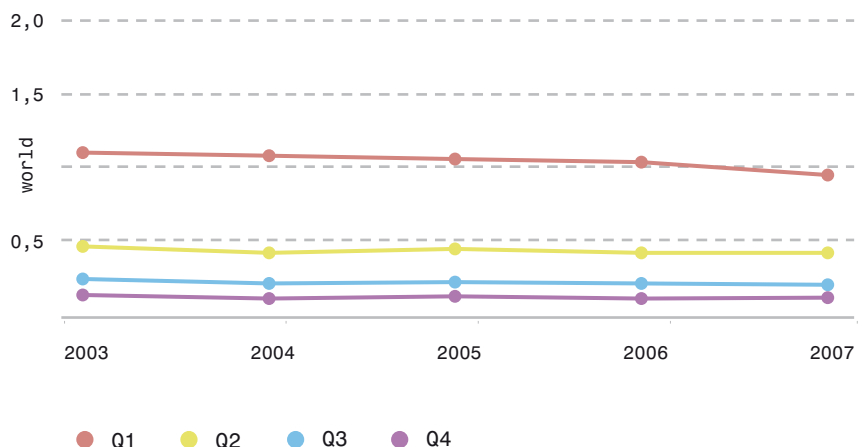
Fuente: elaboración propia sobre datos Scopus.

Como puede apreciarse en el gráfico II.1, en el caso de España (marcada en verde) la situación no es muy diferente a lo que sucede en otros países en relación con estos dos aspectos del problema de la comunicación científica. En cuanto al nivel de las revistas usadas por los investigadores españoles, está en torno al 44% de la producción total lo publicado en revistas de mayor nivel (primer cuartil) en los últimos años, lo que nos sitúa en una posición no muy alejada de los países cuyos niveles de visibilidad internacional son más altos en el mundo (entre los veinte primeros en impacto). Este fenómeno del nivel de las revistas ha evolucionado en los últimos años, como puede apreciarse en el gráfico II.2, incrementando los porcentajes

de producción en revistas Q4 y Q3, mientras que disminuyó el de producción en revistas Q1 y Q2. Aunque esta variación de porcentajes en lo que afecta al nivel de las revistas usadas por los investigadores españoles ha sido menor, de mantenerse la tendencia tendría un efecto negativo sobre el impacto global de la producción científica española. Como muestra, baste ver en la parte inferior del gráfico II.2 los niveles promedio de citación respecto al mundo que alcanza la producción española según el nivel (cuartil) de las revistas en las que publican los investigadores españoles. La notable distancia del nivel promedio de la citación relativa al mundo entre lo publicado en revistas del primer cuartil y el resto, pone de manifiesto el efecto negativo que sobre este indicador podría tener que se mantuviera la tendencia actual de crecimiento del Q4 y reducción del Q1.

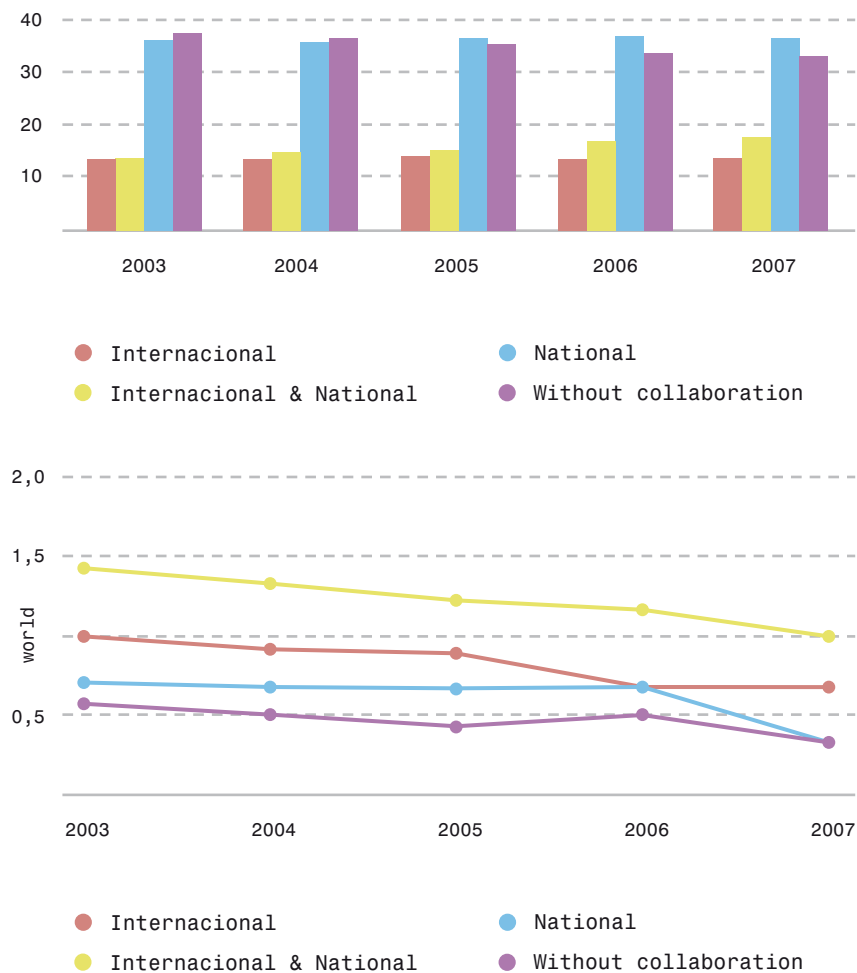
> **Gráfico II.2.** Niveles de las revistas en las que publican los investigadores españoles e impacto alcanzado en cada uno de esos niveles

	ASSJR	Q4	Q3	Q2	Q1
2003	1,02	3.622	8.021	17.325	27.482
2004	1,02	2.571	10.394	19.497	29.629
2005	0,99	3.691	10.415	20.678	32.423
2006	0,99	6.102	14.438	20.772	34.990
2007	0,98	8.474	15.317	22.021	36.063



**Fuente:** elaboración propia sobre datos Scopus en SCImago Institutions Ranking (SIR).

> **Gráfico II.3.** Patrones de colaboración científica e impacto alcanzado por la ciencia española por cada uno de esos patrones



**Fuente:** elaboración propia sobre datos Scopus en SCImago *Institutions Ranking* (SIR).

Por otro lado, por lo que afecta a los indicadores de colaboración científica, como se puede apreciar en el gráfico II.3, la tendencia observada es la de crecimiento sostenido de la colaboración internacional al tiempo que decrece a lo largo del periodo la producción sin colaboración y se mantiene la proporción de producción realizada mediante colaboraciones nacionales. Habida cuenta de que los impactos conseguidos por los trabajos realizados como consecuencia de cola-

boraciones internacionales son considerablemente más altos que los realizados mediante colaboraciones nacionales o sin colaboración, parece lógico pensar que, frente a lo que ocurre en el caso del nivel de las revistas, las tendencias en colaboración son en la actualidad favorables al crecimiento de las tasas de impacto de la producción científica española.

Del balance entre las tendencias desfavorables en lo que afecta al nivel de los canales de comunicación científica y las tendencias favorables en la evolución de los patrones de comunicación científica, España alcanza una tasa de impacto medio normalizado una décima por encima de la media mundial, lo que significa que los trabajos publicados con participación de investigadores españoles tienden a recibir un promedio del 10% de citas más que la media mundial en los diferentes campos. Esto es lo que nos sitúa entre los veinte primeros países del mundo en cuanto a visibilidad internacional de nuestra producción, aunque seamos el noveno productor de conocimiento científico.

Finalmente, aunque se mantenga la tendencia actual, el dominio científico español perderá la novena posición mundial, a pesar de su acelerado crecimiento, como consecuencia de la pujanza de la producción científica de la India. Pero, al mismo tiempo, España seguirá mejorando en los próximos años su tasa de impacto normalizado uniéndose a los países que generan conocimiento científico de más calidad en el mundo. Estas tendencias sólo se podrán mantener si los efectos de la crisis económica no alteran la evolución positiva de los indicadores bibliométricos los últimos años.

## ***El contenido de los capítulos***

En los capítulos que siguen se abordan distintos aspectos relativos a la producción científica española de los últimos años desde enfoques cuantitativos diferentes. Aunque la visión que se obtiene del dominio científico español pueda no ser completa, pretende ser un repertorio de ejemplos de análisis, desde diferentes perspectivas, de algunos de los ámbitos científicos más destacados en España.

El objeto del **capítulo 8**, de **Herrero Solana y Vargas Quesada**, es caracterizar el perfil temático español por áreas de conocimiento en el periodo comprendido entre los años 2003 a 2007, ambos inclusive.

Para ello, en una primera parte del capítulo se revisa la situación en cada una de las áreas temáticas por separado, mientras que en la segunda se hace un análisis multivariante de todas ellas, con el fin de situar a España en el contexto mundial. La fuente de información utilizada ha sido el portal SCImago *Journal & Country Rank*, desarrollado por el grupo SCImago a partir de la base de datos Scopus, la mayor base de datos de literatura científica mundial, que recoge cerca de 18.000 de las principales revistas del mundo y alrededor de 38 millones de documentos. Su cobertura es mejor que la de otras bases de datos utilizadas con los mismos fines. Dada la naturaleza y alcance de este trabajo, el énfasis se pone en dos indicadores bibliométricos básicos: producción y citación. Asimismo, se ha reducido al mínimo toda mención metodológica, por lo que para un tratamiento metodológico detallado y que considere un abanico más amplio de indicadores, recomendamos los informes sobre la ciencia española realizados por el grupo SCImago para la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

Los objetivos perseguidos por **Aguillo** en el **capítulo 9** son de dos tipos: uno de carácter metodológico, que comprueba la viabilidad de los indicadores web propuestos para describir un sistema amplio y complejo, y otro de carácter empírico, que proporciona resultados inéditos sobre el sistema español que serán sometidos a discusión e interpretación según su relación con los obtenidos por otros métodos. Las preguntas que se plantean son: ¿Puede un indicador compuesto basado en datos de la web reflejar de forma reconocible el sistema público español de I+D?; de acuerdo con los resultados empíricos obtenidos, ¿cuáles son las fortalezas y debilidades metodológicas de dichos indicadores?; al analizar los resultados, ¿cuál es el comportamiento diferencial de los diferentes tipos institucionales respecto a los indicadores web?, ¿se trata solo de artefactos metodológicos o pueden identificarse diferentes patrones relacionados con sus distintas actividades o diferentes medios de comunicación de los resultados de dichas actividades?; según los resultados cibernéticos, ¿qué recomendaciones de política científica cabría proponer, tanto para mejorar las prestaciones de las instituciones como el reflejo en la web de dichas prestaciones?

**López Illescas y Perianes Rodríguez**, en el **capítulo 10**, abordan el análisis institucional de la investigación sobre el cáncer mediante



técnicas bibliométricas. El trabajo responde, en primer lugar, diversas cuestiones relacionadas con el uso y aplicación de los estudios bibliométricos como herramientas esenciales para la evaluación del rendimiento de la investigación oncológica. Para empezar, determinan la estabilidad, robustez y aplicabilidad de este tipo de análisis, así como la validez de sus indicadores para el propósito descrito. En segundo lugar, y debido a la aparición de nuevas herramientas bibliométricas, bases de datos y nuevos indicadores bibliométricos, los autores sostienen que es necesario determinar la idoneidad de las herramientas tradicionalmente empleadas en los estudios científicos, con el fin de establecer sus limitaciones y oportunidades. Asimismo, el trabajo muestra la necesidad de evaluar en qué medida los resultados podrán verse afectados por la base de datos, los indicadores y las metodologías empleadas. Por lo tanto, las cuestiones planteadas han sido: ¿En qué medida son comparables los resultados obtenidos a partir de análisis bibliométricos llevados a cabo en el campo de la oncología con los datos extraídos de la *Web of Science* (WoS), por un lado, y de Scopus, por otro, en los niveles de revistas y países?. ¿Cuál es la solidez de los rankings de las instituciones de investigación basados en indicadores bibliométricos en el campo de la oncología y hasta qué punto son útiles los actuales constructos bibliométricos más populares, los clásicos indicadores de visibilidad (factor de impacto) y los nuevos indicadores basados en el peso de las citas, según el estatus de la revista citante (SJR)?. Así pues, se trata de obtener una descripción fidedigna del rendimiento actual de la investigación oncológica a nivel nacional e internacional, basada en las publicaciones científicas con visibilidad internacional. Por consiguiente, las preguntas de investigación a las que responde el capítulo son: ¿Cuáles son los países e instituciones de investigación con los mejores resultados en oncología durante los últimos diez años, conforme a los datos arrojados por los indicadores bibliométricos?, ¿Cuáles son los resultados de investigación oncológica obtenidos por las principales instituciones españolas de la especialidad en el último lustro, y su comparación con distintos países europeos y las principales instituciones mundiales?

El objetivo general del **capítulo 11**, la contribución de **Espinosa Calvo y Guerrero Bote**, es analizar la producción científica de la Ciencia de los Materiales en España respecto al mundo y a los países

científicamente más desarrollados, todo ello mediante la aplicación de indicadores bibliométricos tanto cuantitativos como cualitativos, con el fin de realizar un estudio descriptivo, facilitando así el entendimiento de la evolución de esta ciencia en nuestro país, y observar cómo se encuentra en el área con respecto a los países más desarrollados. Este tipo de estudios nos revela el volumen, impacto, visibilidad, esfuerzo, colaboración, etc., de un área concreta o del conjunto en general. Sobre este campo científico en concreto existen muy pocos trabajos bibliométricos que nos aporten información sobre la evolución de la disciplina en el país y ninguno realizado con datos extraídos de la base de datos Scopus, cuya importancia viene determinada por dos factores fundamentales: su validez como herramienta para los análisis métricos y su mejor cobertura (por mayor cantidad de documentos y citas recogidas). En la primera sección de este trabajo, se explican los antecedentes y relevancia que tiene la disciplina estudiada y se presenta un avance del objetivo general del mismo. La segunda presenta las preguntas de investigación que se abordan en el estudio. En la tercera sección, se realiza una descripción del material y de la fuente utilizada en la obtención y recogida de datos para llevar a cabo el análisis. En la cuarta sección, se presentan los resultados obtenidos. Estos han sido analizados desde dos dimensiones: primero, se ha evaluado el área en cuestión desde una perspectiva global, y en segundo lugar, se ha realizado un análisis de cada una de las categorías que conforman el área de la Ciencia de los Materiales. En la última sección los autores tratan de responder a cada una de las preguntas de investigación planteadas.

Por último, el **capítulo 12**, que incluye la contribución de **Chinchilla Rodríguez y Olmeda Gómez**, presenta un análisis multinivel que pretende caracterizar la generación de conocimiento visible internacionalmente en el campo de la agroalimentación en España durante los últimos quince años. A partir de representaciones visuales de la información científica recogida en bases de datos internacionales, se analizan los patrones de publicación y colaboración. Los datos aportan información de interés para la toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología. Entre las razones por las que este campo temático resulta interesante, se encuentran las cuatro grandes líneas de trabajo del actual VI Plan Nacional de I+D+i; en la tercera se especifica que se «fomentará la innovación tecnológica en los sectores

de Alimentación, Agricultura, Pesca, Medio Ambiente, Energía, Seguridad, Defensa, Transporte, Infraestructuras y Salud, consideradas clave para el desarrollo socioeconómico del país». Además, entre los programas que se van a poner en marcha como parte del Plan, destaca el de refuerzo de institutos, departamentos universitarios y centros de excelencia, el de apoyo a la solicitud de patentes y el programa de valorización del conocimiento y transferencia de tecnología.

En suma, los cinco capítulos de esta sección proporcionan al lector una perspectiva nueva de la dinámica de la ciencia en España, medida a través de sus publicaciones científicas.



# *Especialización temática de la producción científica*

> **Víctor Herrero Solana y Benjamín Vargas Quesada**

Universidad de Granada

Grupo SCImago, Unidad Asociada al CSIC-IPP

## ***1. Introducción***

La evaluación de la investigación científica de países y regiones del mundo por medio de indicadores bibliométricos es una actividad con una larga tradición [10]. Price [15], Braun, Glanzel y Schubert [3], entre muchos otros, han realizado aportaciones de gran relevancia a esta materia. Mediante el uso de indicadores es posible detectar, observar y analizar aspectos tales como los grandes cambios en las regiones productoras de conocimiento, así como en los países que las integran [9, 5].

Se ha detectado, por ejemplo, un ritmo de producción exponencial en algunos países asiáticos [1, 6, 16], la emergencia de países latinoamericanos como Brasil, la expansión del bloque de la Europa Occidental, así como el estancamiento relativo de la producción norteamericana, que parece estar llegando a su límite de saturación. Estos indicadores nos permiten saber que son tres las regiones que acumulan más del 80% de la producción: Norteamérica, Europa Occidental y Asia, y que en 2007, Europa Occidental supera a Norteamérica

en producción bruta, mientras que la región asiática prácticamente la iguala.

El objeto de este capítulo es caracterizar el perfil temático español por áreas de conocimiento. Para ello, en una primera parte del capítulo se revisa la situación en cada una de las áreas temáticas por separado, mientras que en la segunda se hace a partir de un análisis multivariante de todas ellas con el fin de situar a España en el contexto mundial. La fuente de información utilizada ha sido el portal SCImago *Journal & Country Rank*, desarrollado por el grupo SCImago [7, 8] a partir de la base de datos Scopus<sup>1</sup>, la mayor base de datos de literatura científica mundial [4], que recoge cerca de 18.000 de las principales revistas del mundo y alrededor de 38 millones de documentos. Su cobertura es mejor que la de otras bases de datos utilizadas con los mismos fines. Finalmente, el periodo de tiempo de análisis comprende los años 2003 a 2007, ambos inclusive.

Dada la naturaleza y alcance de este capítulo, se pondrá el énfasis en dos indicadores bibliométricos básicos: producción y citación. Asimismo, se ha reducido al mínimo toda mención metodológica. Para un tratamiento metodológico detallado y que considere un abanico más amplio de indicadores, recomendamos los informes sobre la ciencia española realizados por el grupo SCImago para la FECYT [11, 13].

## ***2. La producción científica española y el contexto mundial***

En el contexto de la producción científica recogida en la base de datos Scopus, la distribución mundial de la producción científica por regiones en el año 2003 era la siguiente: Europa del Oeste producía un 30,22%, Norteamérica un 27,01%, Asia un 18,15%, Europa del Este un 5,88% y Latinoamérica aportaba el 2,82%. Para el año 2007, Europa occidental producía un 28,01%, Asia un 24,09%, Norteamérica un 23,11%, Europa del Este un 5,17% y Latinoamérica un 3,21% del total mundial. De acuerdo con estos datos, Asia, junto con Oriente Medio y Latinoamérica, son las regiones que más han crecido durante estos años.

Ahora bien, si se combinan los datos de producción con los de visibilidad internacional, entendida esta como el número de citas reci-

**Nota 1.** Para un estudio detallado de Scopus, recomendamos Moya Anegón et al. [12].

bidat, el panorama cambia. De hecho, respecto al promedio de citación mundial, la segunda región que supera los valores mundiales, después de Norteamérica, es la del Pacífico, seguida de la Europa Occidental. No obstante, hay otros indicadores que entran en juego, aunque comúnmente suelen ser desestimados en análisis a nivel mundial. Nos referimos al porcentaje de documentos que nunca llegan a ser citados y al porcentaje de autocitación. En este sentido, las regiones que acumulan los mayores porcentajes de documentos sin citar son Europa del Este (49,71%), seguida de África del Norte (49,36%) y la Asia (46,91%), y los que tienen menores porcentajes de documentos sin citar, como era de esperar, son Norteamérica con un 27,79% y Europa Occidental con un 32,46%. Por su parte, las regiones con mayor índice de autocitación son Europa del Oeste, Norteamérica y la región asiática, y las que menos, Europa del Este y África del Norte.

En términos de países y para el año 2007, Estados Unidos es el primer país productor, con un 20,22% de la producción científica mundial y, por tanto, responsable de la posición de la región de Norteamérica (primera con un 23,11%) en cualquier indicador a nivel mundial. Entre los diez primeros puestos del *ranking* mundial por países de ese año, luego de Estados Unidos, hay cinco países de Europa Occidental: Reino Unido, con un 6,41%, en la tercera posición; Alemania en quinta con un 5,51%; Francia en sexto lugar con un 4,08%; Italia en el octavo puesto con un 3,36% y España en el noveno con un 2,65%. En cuanto a la representación de la región asiática, China ocupa la segunda posición del *ranking* con un 10,91%, Japón se sitúa en cuarta posición con un 5,54% e India en la décima, con un 2,47%.

Desde el comienzo del periodo, España ocupa la novena posición en el *ranking* de producción mundial y la décima posición en cuanto a número de citas recibidas. Su crecimiento medio anual en el periodo de estudio es del 8,63%, superior al registrado por la producción mundial (7,25%). Aproximadamente el 95% de la producción española se corresponde con documentos citables (artículos, revisiones y actas de congresos).

En relación con la producción, la aportación relativa de España al total mundial pasa del 2,51% en 2003 al 2,65% en 2007. Cabe destacar que los datos demuestran que esta producción es cada vez más citada y que su aportación en términos de citación crece muy rápido: de un 2,96% de la citación mundial en 2003, a un 3,81% en 2007. En el marco de la Europa Occidental, su aportación relativa en cantidad de docu-

mentos es del 8,32% en el año 2003 y del 9,45% en 2007, y en citación, del 7,41% y del 9,29% respectivamente.

Durante todo el periodo, la citación bruta española se encuentra por encima de la media mundial. Lo mismo ocurre con los principales productores, a excepción de China e India. Estos dos países son además los que presentan las mayores tasas de documentos sin citar. Por su parte, España se acerca más al patrón de los países de Europa occidental, situándose también ligeramente por encima de los estadounidenses. Sus hábitos de autocitación no distan mucho de los que se observan en el Reino Unido, y sus tasas de colaboración internacional se van acercando cada vez más a las observadas en los países que la preceden en el *ranking*, excepto en el caso de Estados Unidos, China y Japón.

### ***3. Distribución temática española***

Todo análisis por temas necesita de algún sistema de clasificación temática. Por suerte, las propias bases de datos suelen aportar este marco clasificatorio. En el caso de Scopus, contamos con un sistema de clasificación con al menos dos niveles de detalle: una primera clasificación en 27 grandes áreas temáticas, y luego una segunda con al menos 280 categorías temáticas más específicas. Existe además, una relación 1-n entre áreas y categorías.

En este capítulo, sólo hablaremos de las 27 grandes áreas, que son más que suficientes para trazar el perfil temático de un país. Para evitar la multiplicación de una gran cantidad de números descontextualizados, hemos optado por indicar estos en función de la posición de España en el *ranking* mundial de los quince países principales, todo esto tanto para el primero como para el último año del periodo, como vemos en la tabla 8.1.



> **Tabla 8.1.** *Ranking de países por cantidad de documentos y citas. 2003 y 2007*

	Documentos		Citas	
	2003	2007	2003	2007
1	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos
2	Japón	China	Reino Unido	Reino Unido
3	Reino Unido	Reino Unido	Alemania	Alemania
4	Alemania	Japón	Japón	Francia
5	China	Alemania	Francia	Japón
6	Francia	Francia	Canadá	China
7	Canadá	Canadá	Italia	Canadá
8	Italia	Italia	Holanda	Italia
9	<i>España</i>	<i>España</i>	China	Holanda
10	Rusia	India	Australia	<i>España</i>
11	Australia	Australia	<i>España</i>	Australia
12	India	Corea	Suiza	Suiza
13	Holanda	Holanda	Suecia	Suecia
14	Corea	Rusia	Bélgica	Corea
15	Suecia	Brasil	Corea	Bélgica

**Fuente:** elaboración propia con datos de SCImago *Journal & Country Rank*.

España parece no tener problemas para mantener su posición en el *ranking* de documentos publicados. Pese a los cambios que se dan por arriba (subida de China y caída de Japón) y por abajo (subidas de India y Corea, caída de Rusia), la parte media del *ranking* no se mueve. En cambio, España no tiene la misma capacidad para estar en el mismo lugar en el *ranking* de citas. Si bien mejora una posición al final del periodo, a expensas de Australia, debería aún alcanzar a Holanda para igualar el desempeño en producción.

Estos datos recogen el rendimiento en la totalidad de la áreas temáticas. Cuando entremos en cada una de ellas, la posición de España puede mejorar o empeorar con relación a la general. Para seguir este comportamiento, iremos haciendo referencia a las posiciones globales, de tal forma que cuando un área mejore la posición aparecerá una flecha hacia arriba, una hacia abajo en caso contrario y un signo igual en el caso de no haber variación.

> **Tabla 8.2.** Producción científica española por áreas temáticas. 2003-2007

	Documentos	Documentos Citables	Citas	Autocitas	Citas por Documento	Autocitas por Documento
Agricultura y Biología	22.492	22.203	124.451	46.926	5,92	2,09
Arte y Humanidades	711	679	1.546	529	2,44	0,74
Bioquímica, Genética y Biología Molecular	26.327	24.440	237.533	56.072	9,41	2,13
Ciencias de la Tierra y del Espacio	9.588	9.408	73.998	22.392	8,2	2,34
Ciencias de los Materiales	11.144	11.069	53.894	18.473	5,05	1,66
Ciencias Medioambientales	9.176	9.041	61.038	21.833	7,35	2,38
Ciencias Multidisciplinares	914	883	28.268	3.405	34,01	3,73
Ciencias Sociales	3.452	3.377	6.988	2.180	2,32	0,63
Economía, Econometría y Finanzas	2.213	2.172	5.962	1.512	3,05	0,68
Energía	1.570	1.553	6.396	1.891	4,53	1,20
Enfermería	1.050	811	4.045	770	5,58	0,73
Farmacología, Toxicología y Farmacia	4.443	4.219	30.263	8.155	6,99	1,84
Física y Astronomía	18.531	18.359	97.802	29.709	5,85	1,60
Informática	13.353	13.133	34.094	12.319	2,83	0,92
Ingeniería	16.426	16.210	52.633	18.606	3,39	1,13
Ingeniería Química	7.074	7.016	41.366	14.089	6,23	1,99
Inmunología y Microbiología	9.002	8.433	84.277	21.762	9,74	2,42
Matemáticas	15.641	15.521	36.213	14.862	2,51	0,95
Medicina	56.965	47.922	308.166	68.665	5,64	1,21
Negocios, Gestión y Contabilidad	1.721	1.687	4.788	1.127	3,26	0,65
Neurociencias	4.075	3.953	42.596	9.268	10,96	2,27
Odontología	698	684	2.830	411	4,5	0,59
Profesión Sanitaria	652	613	4.055	742	7,6	1,14
Psicología	2.369	2.313	8.817	3.514	4,05	1,48
Química	22.290	22.093	176.785	60.281	8,31	2,70
Toma de Decisiones	1.468	1.440	4.390	1.572	3,51	1,07
Veterinaria	1.926	1.895	8.831	3.504	5,07	1,82

Fuente: elaboración propia con datos de SCImago Journal &amp; Country Rank.

Aunque este tipo de indicador no es tan preciso y exhaustivo como el dato concreto, es más esquemático, por lo que nos permitirá avanzar una caracterización del comportamiento español en cada área temática. Dentro de los comentarios haremos mención de manera genérica a otros indicadores de los cuales no consignaremos datos, pero que pueden encontrarse sin problemas en el portal SCImago *Journal & Country Rank*. Entre ellos tenemos: citas por documento, porcentaje de autocitación, índice de actividad, índice de atracción, h-index, entre otros. En la tabla 8.2 encontramos un resumen de los distintos indicadores correspondientes a la producción científica española en las 27 áreas temáticas principales durante el periodo 2003-2007.

#### ***4. Una aproximación multivariante mediante análisis de componentes principales (ACP)***

En la primera parte del texto hemos caracterizado la producción científica española en cada una de las áreas temáticas. En esta segunda parte, intentaremos darle un significado en el contexto mundial. Si bien la ciencia es una actividad que se maneja con pautas y patrones a nivel internacional, muchas veces tenemos la percepción de que se manifiesta de forma diferente en cada uno de los distintos países. No cabe duda de que en un determinado país, ya sea por acción política directa, por tradición o incluso de manera más o menos azarosa, se termina privilegiando la producción en unos campos temáticos por encima de otros. En oposición a esto, las disciplinas científicas tienen unas características que las hacen internacionales y cuyo comportamiento se ve poco afectado por las realidades y características de una determinada región. Tenemos de esta forma dos fuerzas de carácter contrario: por un lado, una fuerza homogeneizadora y, por el otro, una disgregadora.

Podríamos decir que si la primera fuerza prevaleciera sobre la segunda, la distribución por temas sería muy similar en la gran mayoría de los países: habría una matriz mundial de distribución temática. En cambio, si prevaleciera la segunda fuerza, la distribución temática cambiaría indefectiblemente de un país a otro. Estaríamos entonces ante un patrón de distribución donde la explicación de cada caso debería hacerse mediante un acercamiento fuertemente local o regional. Existiría también una tercera posibilidad: un escenario en el cual

los países se agrupasen en perfiles claramente identificables. Estaríamos en este caso ante diferentes modelos de ciencia que estarían caracterizando fuertemente a los países.

Para dilucidar estos escenarios es necesario un acercamiento inductivo que permita, mediante técnicas de clasificación auto-organizativas, comparar los datos de un buen número de países. Esta aproximación original puede encontrarse en Moya y Herrero [14]. Los autores trabajaron con un conjunto de datos compuesto por los 80 países más productivos del mundo en cada una de las 27 áreas temáticas que vimos anteriormente. Para procesar esta masa de datos multivariante, utilizaron el análisis de componentes principales (ACP). Como veremos en el próximo apartado, la ventaja del ACP es que permite crear agrupaciones a las que los elementos se adscriben de forma ponderada, de manera tal que un mismo elemento (un país) puede pertenecer a uno o varios de los grupos creados por el método.

La premisa básica del ACP es que la mejor forma de representar la relación lineal entre dos variables es a través de la recta de regresión. En otras palabras, la variable que representa la recta de regresión como una nube de puntos contiene información esencial sobre las dos variables anteriores. De esta forma, las dos variables se combinan en una tercera llamada factor. El mecanismo puede utilizarse para reducir pares de variables a menos dimensiones con el fin de simplificar la representación gráfica de los elementos incluidos en la matriz.

Cada una de estas dimensiones se denomina «factor», y van desde el más importante (primer factor) al menos importante (último factor). De esta manera, el primer factor o «primer componente principal» es aquel que acumula la mayor cantidad de varianza, el segundo componente acumula un poco menos y así sucesivamente con cada uno de ellos.

Este tipo de análisis, a diferencia del *clustering*, permite que un determinado atributo (país) caracterice a más de un factor. Esto permite ver la «amplitud» de cada autor, o lo que es lo mismo, su capacidad para estar presente en más de un factor o frente de investigación. El número total de factores extraídos puede ser como máximo igual al número de variables, y se determina mediante una regla de corte que varía según el paquete estadístico utilizado. Generalmente, la regla de corte tiene en cuenta un valor asociado a cada factor, denominado *eigenvalue*, que representa el tamaño o peso de cada factor con respecto al resto. Esta medida también se expresa mediante el porcentaje de varianza que acumula cada factor. Generalmente, los primeros factores

(los que tienen mayor *eigenvalue*), suelen acumular un porcentaje muy alto de la varianza, lo que en la práctica significa que por sí mismos pueden caracterizar el comportamiento del espacio n-dimensional. El resto de los factores suelen acumular muy poca varianza, por lo que pueden desecharse automáticamente sin correr el riesgo de eliminar información importante.

#### 4.1. El triángulo de la ciencia

El capítulo, por tanto, parece haber encontrado tres patrones de distribución temática claramente diferentes. El primero, el de mayor tamaño en términos estadísticos, está dominado por las ciencias biomédicas, tanto las propias de la medicina clínica como aquellas más dirigidas a la investigación básica, tales como la bioquímica, la genética y la biología molecular. En el segundo bloque temático hay un predominio de las ciencias básicas (físico-químicas) y las ingenierías. Por último, hay un grupo más pequeño y homogéneo compuesto casi exclusivamente por la agricultura.

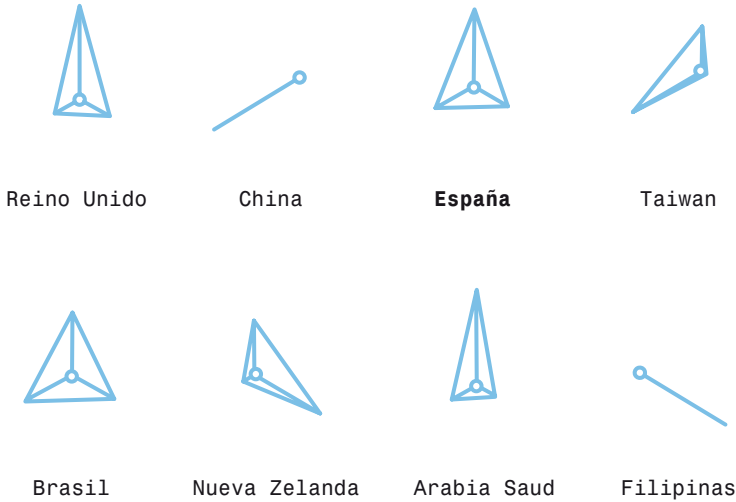
Como habíamos señalado, cada país tiene una cierta vinculación con cada uno de estos bloques temáticos. En el caso de España, predomina la vinculación con el bloque de la biomedicina. Este mismo comportamiento presentan la mayor parte de los países de la Europa occidental junto a Canadá y Estados Unidos. A este grupo se asocia también otro formado por los emiratos árabes petroleros, que, si bien no tienen una fortaleza en las áreas de investigación biomédica más básica, parecen dedicar gran cantidad de recursos a la medicina clínica.

Por otra parte, en el segundo bloque dominan los países del antiguo bloque comunista. Rusia, las antiguas repúblicas soviéticas y los países de la Europa del Este tienen un fuerte predominio de la física y la matemática, mientras que China y los «tigres del sudeste asiático» presentan un fuerte sesgo hacia las ingenierías. Finalmente, los países afines al tercer grupo son mayoritariamente países del tercer mundo en los que la agricultura constituye el campo temático al que se destinan los recursos casi en exclusiva.

La reducción multivariante en tres grandes perfiles no sólo permite una caracterización esquemática de cada país, sino que también nos brinda la posibilidad de representarlos de manera visual e icónica. En este caso, podemos inscribir cada una de estas tres dimensiones dentro de un triángulo, de forma que el perfil temático del país puede ser captado rápidamente de forma visual.

El análisis de cada uno de los perfiles de los países excedería el alcance de este breve capítulo. No obstante, podemos tomar unos pocos países «paradigmáticos» para apreciar los extremos de esta representación, tal como se puede apreciar en el gráfico 8.1. En cada caso, la distancia del vértice superior del triángulo al centro es directamente proporcional a la carga de ese país en el frente de la biomedicina, mientras que el izquierdo y el derecho lo son de la físico-química y la agricultura, respectivamente.

> **Gráfico 8.1.** *El triángulo de la ciencia*



**Fuente:** elaboración propia con datos de SCImago *Journal & Country Rank*.

En el caso de Reino Unido, apreciamos un predominio de la primera dimensión sobre las otras dos, que, aunque presentes, son menores, de forma que el perfil es el de un triángulo aproximadamente isósceles. Este perfil es similar al de España, aunque en este caso la primera dimensión no está tan marcada como en el caso anterior. Parece haber, por tanto, una distribución más equitativa entre los frentes (recordemos el buen rendimiento en matemáticas, física y agricultura), pero sin perder la clara adscripción al modelo de predominio biomédico.

Donde encontramos un perfil marcadamente distinto es en China. Aquí, la única dimensión que parece estar presente es la segunda, que en el

caso particular chino está ligada al desarrollo de las ingenierías, especialmente la ingeniería química y, más concretamente, la ciencia de los materiales. Esto podría parecer extraño *a priori*, teniendo en cuenta que, a pesar del espectacular avance económico de los últimos años, China sigue siendo un país eminentemente agrícola. Sin embargo, el país parece poco preocupado en destinar recursos para innovar en ese ámbito.

Un perfil algo similar al de China encontramos en Taiwán, con una fuerte carga en el segundo frente, aunque en este caso parece haber más preocupación por el primer frente, el tercero es igualmente inexistente. A pesar de la afinidad geográfica y cultural de ambos países, probablemente la diferencia sea de índole política, ya que parece haber una alta correlación entre los países con sistemas democráticos consolidados y aquellos que se decantan por una ciencia afín con el primer frente. No cabe duda de que todo avance en el ámbito de la salud tiene un fuerte impacto en el grado de satisfacción de la población, uno de los activos más valorados por todo gobierno en un sistema democrático.

De todas formas, hay un grupo de países que no cabrían en este modelo: los emiratos petroleros del Golfo. El caso más destacado es el de Arabia Saudí, cuyo triángulo es aún más sesgado hacia arriba que el de Reino Unido. Aquí habría que introducir un matiz que ya hemos mencionado antes, que no se aprecia en la representación esquemática pero que hemos encontrado al analizar la producción completa en cada clase temática. Se trata de que estos países han centrado sus recursos en la medicina clínica, mientras que sus números en investigación bioquímica y biología molecular son más bien exiguos. Lo que parece estar ocurriendo con estos países es una especie de «modernización por similitud» con el mundo desarrollado, adquiriendo directamente los bienes y servicios propios de estas sociedades, pero sin intención de hacer su «propio camino científico».

El caso completamente contrario quizá sea el de Brasil, un país que parece apostar por igual en todos los frentes y todavía con un largo camino de crecimiento por delante, en virtud de su considerable dimensión económica. Brasil parece aunar el interés por el frente biomédico, propio de toda democracia, con el desarrollo en los ámbitos de las ciencias duras y la agricultura, un ámbito muy importante en este extenso país. El futuro dirá hasta qué punto puede ser exitosa una estrategia de esfuerzo múltiple como ésta.

Los países que más claramente parecen renunciar a los múltiples frentes para centrarse en un solo ámbito estratégico son aquellos cuyo sesgo se encuentra en el tercer frente. En primer lugar tenemos a Nueva Zelanda, que tiene un perfil simétrico al de Taiwán. En este caso, la apuesta decidida hacia la agricultura se combina con el interés en el primer frente, típico de un país avanzado. No obstante, Nueva Zelanda es, junto con Australia, uno de los pocos países «ricos» con un perfil de este tipo: la gran mayoría de los que destacan en este frente son lo que podríamos llamar eufemísticamente «países en desarrollo», o países pobres. Hemos puesto como ejemplo a Filipinas, sin embargo, este perfil de triángulo aparece repetido en gran cantidad de países de África y Asia. Cuando analizamos en detalle los números área por área, encontramos que el volumen de la agricultura supera varias veces la media mundial. Lo que tenemos en estos casos son países que parecen haber tomado conciencia de sus limitaciones para desarrollar un sistema de ciencia y tecnología integral y, en consecuencia, apuestan fuertemente por el ámbito que pueden explotar con mayor éxito. Es una especie de «opción de atajo» en el largo camino de construir ciencia.

#### **4.2. La visión global del fenómeno**

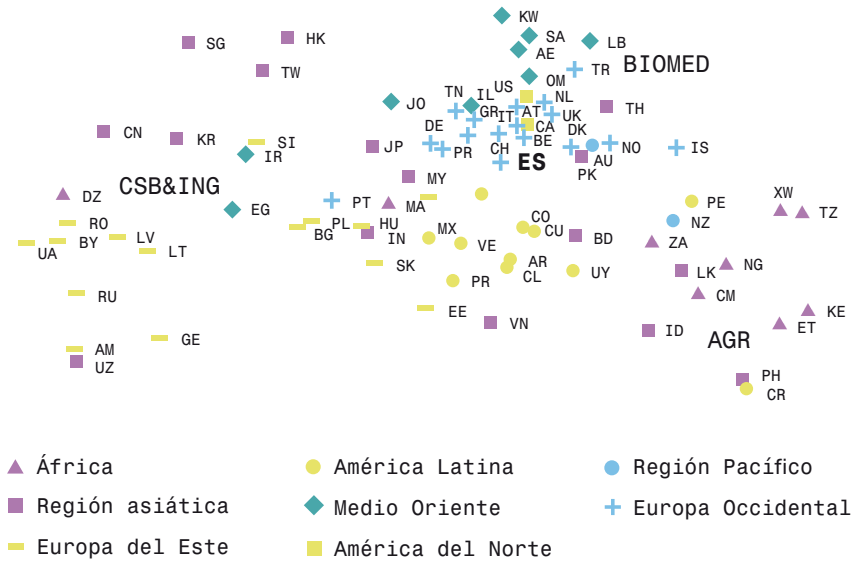
Si bien el análisis caso por caso de cada uno de los países puede darnos muchas pistas para comprender el funcionamiento de sus sistemas científicos, lo interesante sería poder combinarlos todos en una representación que permita obtener una visión global de todo el dominio. Esto lo encontramos en el gráfico 8.2. Se trata de un mapa creado mediante la técnica de escalamiento multidimensional (conocido por MDS, sus siglas en inglés), aplicada a las tres dimensiones existentes de cada país (los frentes temáticos). El resultado es un mapa donde se ubican los tres frentes formando un triángulo, al mismo tiempo que los países según su afinidad temática. Para facilitar la visualización, se han coloreado los puntos de los países según su región geográfica.

En primer lugar, destacamos con caracteres mayores la posición de España. Se encuentra en la zona dominada por los «verdes» (Europa Occidental), Estados Unidos, Canadá y algunos países que *a priori* no esperaríamos encontrar ahí, tales como Tailandia y Pakistán. El comportamiento europeo occidental es bastante homogéneo, con la única salvedad de Portugal, bastante sesgado hacia el segundo frente. Por



encima de este grupo aparecen cinco países de Oriente Medio, que ocupan esta posición porque, como ya mostramos en el caso de Arabia Saudí, son los que presentan mayor grado de adscripción al frente biomédico.

> **Gráfico 8.2.** Posicionamiento de los países en los campos científicos



**Fuente:** elaboración propia con datos de SCImago *Journal & Country Rank*.

Sobre el lado izquierdo del mapa, tenemos la zona correspondiente a las ciencias básicas y la ingeniería (CSB&ING). En esta área predominan los triángulos correspondientes a las antiguas repúblicas soviéticas y demás países de Europa del Este. Cabe destacar que los países de Europa central se hallan más cerca de los de Europa occidental (Chequia el que más), mientras que las antiguas repúblicas soviéticas forman el grupo más sesgado a la izquierda. Además de los países ex comunistas encontramos la notable presencia de Egipto, Irán y especialmente Argelia. Por encima de ellos, tenemos el grupo de los «tigres asiáticos», con un perfil más ingeniero: China, Corea, Singapur, Taiwán y Hong Kong.

Sobre el lado opuesto, tenemos el tercer frente. Aquí predominan los países africanos, aunque encontramos varios asiáticos (Filipinas, Indonesia y Sri Lanka), mientras que de América Latina sólo está Costa Rica. En su gran mayoría, los países latinoamericanos parecen

seguir el modelo que habíamos avanzado para Brasil, ya que ocupan el centro mismo del mapa. No obstante, ninguno alcanza la posición de Brasil, levemente sesgado hacia el primer frente.

Este punto se encuentra bastante cerca de España, que, como habíamos dicho, a pesar de adscribirse al primer frente, presenta una buena producción en los otros. Cabe preguntarse cómo evolucionará la situación en los próximos años. Es muy probable que el frente biomédico se consolide aún más y que se sumen a él nuevos países en pos de una cierta «modernización científica». Esto podría menoscabar el segundo de los frentes, que responde al modelo soviético y se basa principalmente en un sistema clásico de academias científicas. Es probable que este modelo se vaya debilitando, aunque a veinte años de la caída del bloque comunista aún da muestras de vigor. Quizá los cambios se vayan viendo con la renovación generacional de los propios científicos. Lo que sí parece evidente es que irá en crecimiento el modelo chino, basado en la ingeniería y menos preocupado por las ciencias básicas. Si el crecimiento de este país continúa con el ritmo y características actuales, en algún momento podría diferenciarse del segundo frente y constituir uno con peso y características propias.

El frente agrícola también parece contar con cierto margen para la evolución, ya que, si bien los países que lo componen no son muy poderosos en términos científicos, tienen un potencial de crecimiento razonable. Al mismo tiempo, la temática tiene una vigencia que no parece decaer con el paso de los años, sino más bien todo lo contrario.

Por último, será interesante ver qué ocurre con los países latinoamericanos, especialmente Brasil. Su ubicación como países «del centro» podría verse desplazada hacia el primer frente, o por el contrario (aunque más improbable), podrían constituir una alternativa al modelo de los países «avanzados».

## **5. Conclusiones**

En este capítulo hemos intentado caracterizar el complejo perfil temático español. En el periodo 2003-2007, España experimentó un crecimiento medio anual superior al mundial, con una producción cada vez más visible y una aportación en términos de citación en rápido aumento, por encima de la media mundial durante todo el periodo.

La medicina acumula prácticamente un tercio de la producción en todos los ámbitos de referencia. En este campo, España presenta una aportación cercana a la mundial y ligeramente inferior a la de Europa Occidental. Bioquímica, Genética y Biología Molecular es la segunda área con mayor producción, seguida de Agricultura y Biología, Química y Física y Astronomía. Las áreas científicas en las que se registran los mayores incrementos son Enfermería, Profesión Sanitaria, Negocios, Gestión y Contabilidad, Ciencias Sociales y Toma de Decisiones.

La producción española se asemeja a los patrones de publicación mundial y de Europa Occidental: coinciden en las áreas de mayor producción, aunque varían ligeramente las proporciones. Las principales diferencias las encontramos en el terreno de las citas y en el área de Agricultura y Biología, que durante todo el periodo supera las aportaciones europea y mundial. Así, se puede decir que esta área se constituye como una fortaleza, en términos de especialización temática. Lo mismo ocurre con Matemáticas y Química. Pero éstas no son las únicas fortalezas de España, con respecto al ámbito europeo cabe resaltar también la emergencia de campos como Informática, Toma de Decisiones y Psicología, y con respecto a la producción mundial, España destaca en Inmunología y Microbiología, Física y Astronomía, Neurociencias, y en los últimos años, en Ciencias de la Tierra y del Espacio. Por el contrario, es claramente deficitaria tanto a nivel europeo como mundial en Energía, Ingeniería y Ciencia de Materiales, entre otras.

Por otra parte, el análisis multivariante nos ha permitido ubicar a España en el contexto mundial de los perfiles temáticos científicos. Estos perfiles constituyen indicios de verdaderos modelos de sistemas nacionales de ciencia y tecnología. En este sentido, la posición de España parece estar en el lugar que podría esperarse, junto a los países de su región, con un perfil de país científico moderno donde destacan los centros de investigación en biomedicina. Sin embargo, junto con este perfil conviven elementos propios de los otros dos modelos: por un lado, una producción en agricultura comparativamente grande para su región y, por otro, algunos campos de las ciencias duras. Sería interesante realizar un análisis más detallado a este respecto y ver cuáles son las diferentes instituciones españolas que están trabajando en cada uno de los tres frentes para determinar el nivel de excelencia que presenta España en cada campo. Se trata de

una línea de investigación futura sobre la que estamos trabajando y que permitirá brindar una visión aún más detallada del perfil temático de la ciencia española.

## Referencias

- [1] Arunachalam, S. (2008): «The science race continues in Asia», *Current Science*, 94 (7), pp. 848-849.
- [2] Bosman, J.; Mourik, I. V.; Rasch, M.; Sieverts, E.; Verhoeff, H. (2007): «Scopus reviewed and compared : The coverage and functionality of the citation database Scopus, including comparisons with Web of Science and Google Scholar. Utrech University Library», en <http://igitur-archive.library.uu.nl/DARLIN/2006-1220-200432/Scopus%20doorgelicht%20%20vergeleken%20-%20translated.pdf> [última consulta: 05/01/2010].
- [3] Braun, T.; Glanzel, W.; Schubert, A. (1988): «World flash on basic research - The newest version of the facts and figures on publication output and relative citation impact of 100 countries 1981-1985», *Scientometrics*, 13, pp. 181-188.
- [4] Elsevier, B. V. (2004): *Scopus*, en <http://www.scopus.com> [última consulta: 28/09/2009].
- [5] Grupo SCImago (2007): «Análisis de la producción científica mundial por regiones», *El Profesional de la Información*, 16 (2), pp. 158-159.
- [6] Grupo SCImago (2008): «Asia vista con el SCImago Journal &Country Rank», *El profesional de la Información*, 17 (6), pp. 677-678.
- [7] Grupo SCImago (2002): *SCImago Research Group*, en <http://www.scimago.es>, [última consulta: 28/09/2009].
- [8] Grupo SCImago (2007): *SCImago Journal & Country Rank*, en: <http://www.scimagojr.com> [última consulta: 28/09/2009].
- [9] Leydesdorff, L.; Wagner, C. (2009): «Is the United States losing ground in science? A global perspective on the world science system», *Scientometrics*, 78 (1), pp. 23-36.
- [10] Moed, H. F. (2005): *Citation analysis in research evaluation*, Springer, Dordrecht.
- [11] Moya Anegón, F.; Chinchilla Rodríguez, Z.; Vargas Quesada, B.; Corera Álvarez, E.; Muñoz Fernández, F.; González Molina, A.; Herrero Solana, V. (2007): «Coverage analysis of Scopus: A journal metric approach», *Scientometrics*, 73 (1), pp. 53-78.
- [12] Moya Anegón, F. (dir.) (2007): *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española 1990-2004*, FECYT, Madrid.
- [13] Moya Anegón, F. (dir.) (2008): *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española 2002-2006*, FECYT, Madrid.
- [14] Moya Anegón, F.; Herrero Solana, V. (2009): «Worldwide topology of the scientific subject profile: a macro approach on the country level», manus-

crito sometido a *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, sep. 2009.

- [15] Price, D. J. D. (1980): «Towards a comprehensive system of science indicators», en *Conference on evaluation in science and technology - Theory and practice*, Dubrovnik.
- [16] Zhou, P.; Leydesdorff, L. (2008): «China ranks second in scientific publications since 2006» *ISSI Newsletter*, 13, pp. 7-9.



# *Indicadores web de las instituciones públicas de I+D*

> **Isidro F. Aguillo**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Laboratorio de Cibermetría (IPP-CCHS)

## ***1. Introducción***

La descripción de un sistema nacional de I+D no se puede basar únicamente en estadísticas diversas que reflejen aspectos inconexos de la actividad investigadora [15]. Es necesario desarrollar indicadores que permitan definir procesos, estructuras y resultados desde una perspectiva unitaria, garantizando tanto la fiabilidad de los datos como su representatividad. En el mejor escenario dichos indicadores deben ser viables y replicables, es decir fáciles de obtener e interpretar para su uso en distintas situaciones [11].

Los indicadores cuantitativos ofrecen muchas de esas características, una ventaja que ha sido ampliamente utilizada en los estudios descriptivos y evaluativos de la actividad científica [4, 6, 20]. A pesar de los indudables sesgos de las fuentes utilizadas, los indicadores bibliométricos han demostrado ampliamente su valía y si cabe alguna crítica, esta derivaría de un uso no bien informado o descuidado de los mismos [5].

Una de las limitaciones de la bibliometría es que sólo considera los resultados que terminan publicándose a través de canales formales, fundamentalmente revistas científicas con sistema de evaluación por pares [8]. Aunque la calidad queda garantizada, importantes actores del sistema de I+D quedan excluidos, al igual que aquellas actividades que no generan publicaciones en los citados canales formales. La disponibilidad de las bases de datos de patentes vino a solucionar, en parte, estas carencias, pero a menudo los datos son escasos o poco representativos, lo que dificulta estudios a nivel de organizaciones individuales [7]. Por otro lado, hay ciertas misiones, especialmente en la universidad (docencia, «tercera misión»), que tampoco quedan recogidas.

Hasta la fecha la solución adoptada consistía en la utilización de múltiples variables tanto de *inputs* como de *outputs* con el fin de proporcionar una visión global multifacetada. Sin embargo, la elección de variables ha sido siempre difícil tanto por su disponibilidad como por su representatividad. Matemáticamente también ha resultado difícil su combinación, por lo que a menudo se presentan de forma consecutiva los indicadores, sin un intento real de crear un índice compuesto. De hecho, las veces que tales índices compuestos han aparecido, la distribución de pesos de cada variable ha sido objeto de debate y frecuentemente cuestionada [19].

La irrupción de la web y el notable incremento de la publicación electrónica puede ofrecer una posibilidad, si no de superar las limitaciones descritas, al menos de ofrecer un punto de vista complementario con ventajas e inconvenientes [17]. Como canal de comunicación científica, la web ofrece importantes novedades:

- \* La publicación científica es más económica, rica en contenidos y alcanza audiencias mucho más amplias y todo ello sin necesidad de sacrificar el sistema de evaluación por pares.
- \* Las sedes web reflejan otras actividades académicas, no ligadas directamente a la publicación formal, incluyendo detalles de los procesos de investigación y acceso a los datos en bruto obtenidos.
- \* La web es realmente universal, ya que alcanza comunidades científicas mucho más amplias, permitiendo el acceso a investigadores de los países en vías de desarrollo, pero también a sectores productivos (industria, otros sectores económicos), políticos (gobiernos y administración pública, partidos políticos) y socioculturales (ONGs, asociaciones) excluidos en otros canales.



También ofrece una característica muy relevante como herramienta para el análisis cuantitativo: el carácter hipertextual de la web permite utilizar los enlaces entre las páginas para descubrir relaciones entre sus autores o las instituciones que las editan [16, 18]. En este sentido, el análisis de enlaces no sólo puede emular los resultados del análisis de citas, sino incrementarlo, dado que las motivaciones para enlazar son mucho más ricas y variadas y los responsables de dichos enlaces son un grupo más diverso (y numeroso).

La cibermetría (o *webometría*) es una disciplina emergente que, al igual que otras técnicas cuantitativas, permite describir de forma objetiva los procesos y resultados de la actividad científica utilizando como fuente la presencia en la web de las instituciones científicas, las publicaciones electrónicas de los resultados de investigación, las relaciones hipertextuales de los contenidos académicos y el consumo de los mismos por los usuarios de Internet.

## ***2. Objetivos de la investigación***

Los objetivos perseguidos son de dos tipos: uno de carácter metodológico, que comprueba la viabilidad de los indicadores web propuestos para describir un sistema amplio y complejo, y otro de carácter empírico, que proporciona resultados inéditos sobre el sistema español que serán sometidos a discusión e interpretación según su relación con los obtenidos por otros métodos.

Las preguntas que se plantean y pretenden resolver serían:

1. ¿Puede un indicador compuesto basado en datos de la web reflejar de forma reconocible el sistema público español de I+D?
2. De acuerdo con los resultados empíricos obtenidos, ¿cuáles son las fortalezas y debilidades metodológicas de dichos indicadores?
3. Al analizar los resultados, ¿cuál es el comportamiento diferencial de los diferentes tipos institucionales respecto a los indicadores web? ¿Se trata sólo de artefactos metodológicos o pueden identificarse diferentes patrones relacionados con sus distintas actividades o diferentes medios de comunicación de los resultados de dichas actividades?
4. Según los resultados ciber métricos, ¿qué recomendaciones de política científica cabría proponer, tanto para mejorar las

prestaciones de las instituciones como el reflejo en la web de dichas prestaciones?

### 3. Metodología

El capítulo se ha desarrollado en tres fases:

1. Desarrollo de un modelo que permita la construcción de un indicador combinado que refleje las prestaciones de instituciones académicas a partir de su presencia en la web.
2. Identificación de las principales instituciones académicas españolas y sus dominios web principales, clasificación de las mismas según tipología de organización y recopilación de estadísticas web a partir de motores comerciales de búsqueda.
3. Cálculo de indicadores mediante combinación normalizada de datos individuales, construcción de *rankings* de instituciones y análisis de resultados a partir de las mejor posicionadas.

El modelo propuesto se inspira en uno de los indicadores mejor conocidos y más utilizados de la bibliometría: el *Journal Impact Factor* de Garfield. Este factor de impacto es el resultado de dividir el número de citas (C) que recibe una revista en un determinado periodo de tiempo por el número de artículos (A) publicado en dicho periodo. Ingwersen propone una extensión del citado índice al mundo web, equiparando el número de citas bibliográficas al número de enlaces hipertextuales (E) recibidos por una sede web (*inlinks* o *backlinks*) dividido por el número de páginas web (P) de dicha sede:

$$\mathbf{IF=C/P; \text{WebIF}=E/P}$$

Sin embargo, el comportamiento no lineal de las variables web genera resultados aberrantes del WebIF en casos de sedes pequeñas que dificultan el análisis comparativo de varias sedes. Para solventar este problema, se propone un indicador compuesto normalizado para una lista de sedes:

$$\mathbf{WR=1/2 E_{norm}+1/2 P_{norm}}$$

donde

$$E(i)_{norm} = \ln(E(i)+1) / \ln(\max E+1)$$

El valor de cada unidad (i) se calcula normalizado con el logaritmo contra el valor máximo (se añade una unidad para evitar el logaritmo neperiano de cero).

En la tabla 9.1 se ha realizado un pequeño resumen, incompleto, de las tipologías de actividades que tienen reflejo en una sede web y su impacto potencial a través de los enlaces recibidos.

> **Tabla 9.1.** Presencia (páginas) y visibilidad (enlaces) en la web de las actividades de las organizaciones académicas y de investigación

Actividad	Páginas	Enlaces
Presencia institucional	Páginas HTML o asimiladas, tanto estáticas como dinámicas	A página principal, desde otras organizaciones, similares o no, desde directorios
Recursos docentes	Páginas en formatos reutilizables (ppt, pdf), con datos interactivos	Desde páginas de profesores y alumnos
Resultados de investigación	Artículos, informes, capítulos y monografías (pdf, ps, doc). Presentaciones en Congresos (ppt, pdf)	Citas bibliográficas desde trabajos en revistas electrónicas y repositorios. Enlaces en textos académicos y no académicos (medios de masas incluidos)
Soporte académico	Bibliotecas, bases de datos, portales. Museos, emisoras de radio y TV, periódicos y boletines	Otras bibliotecas, páginas de usuarios, departamentos, instituciones públicas y privadas
Tercera misión	Innovaciones tecnológicas, diseños, software, patentes, información socio-cultural, salud, otras	Enlaces desde empresas, organismos gubernamentales y ONGs, blogs de asociaciones y ciudadanos

Fuente: elaboración propia.

En cibermetría se reconocen tres grandes grupos de indicadores web [1], clasificación que, dada la juventud de la disciplina, está todavía en permanente evolución:

- \* **Indicadores de actividad.** La presencia de contenidos en la web es un reflejo de la actividad individual o institucional de sus

autores. Aunque no todas las organizaciones académicas han alcanzado el mismo nivel de utilización de la web como canal de comunicación, las sedes web han dejado de ser meras plataformas institucionales y ofrecen contenidos que pueden superar los varios millones de páginas. El número de páginas es un buen indicador, pero se pueden utilizar complementariamente el número de ficheros ricos (documentos en formato Adobe Acrobat -pdf- o MS Word -doc- o MS Powerpoint -ppt-) o *media* (fotografías, videos, sonidos, música).

- \* **Indicadores de impacto.** Al igual que las citas, los enlaces se pueden utilizar como indicadores de visibilidad. El número de enlaces externos recibidos por una sede web se puede desagregar según su origen atendiendo a su dominio de alto nivel (país) o institucional. Los indicadores más sofisticados, como el PageRank de Google, no sólo tienen en cuenta el número de enlaces, sino la importancia relativa de cada uno de ellos.
- \* **Indicadores de uso.** Al contrario que la circulación de las revistas, un indicador bibliométrico de difícil manejo, los datos de popularidad de una sede web son muy ricos y ofrecen multitud de estadísticas para análisis. El número de visitas, su distribución temporal, el origen de los visitantes o su comportamiento en la sede resultan una importante fuente de información, máxime teniendo en cuenta el gran volumen de datos involucrados.

En nuestro modelo no tienen cabida de momento los datos de uso (que podrían equipararse a los de circulación de una revista o el número estimado de sus lectores, un indicador raramente utilizado en bibliometría).

La riqueza y diversidad de contenidos de la web y la diferente calidad de los mismos en el entorno académico aconsejan algunas modificaciones en el modelo descrito. La actividad, que se mide en número de páginas web o asimiladas, incluye los llamados ficheros ricos, que en el caso de los archivos en formato Adobe Acrobat (pdf) se han convertido en el estándar de facto para publicar informes, memorias, monografías y artículos científicos. Se pueden aquilatar aún más los contenidos específicamente científicos a partir de la base de datos *Google Scholar*. De forma arbitraria se aplica un peso ligeramente mayor al total de páginas de forma que el reparto quedaría:

El indicador compuesto (WR), que es el resultado de combinar en proporciones 1:1 [2] los indicadores de actividad (páginas web, ficheros pdf y *Scholar*) y visibilidad (enlaces), se calcularía de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\mathbf{WR=1/2 E + 1/5 P + 3/20 PDF + 3/20 Scholar}$$

Los indicadores web se pueden obtener bien directamente, mediante la utilización de un robot programable que indice los contenidos de una sede, o a través de los motores de búsqueda comerciales que disponen de sus propios robots generalmente más potentes y probados. En nuestro análisis utilizaremos los buscadores comerciales pues son más cómodos y fáciles de utilizar. Además, no son sólo meros intermediarios para la recuperación de información, sino que puesto que las páginas que no recogen son invisibles en la práctica para los usuarios, podemos considerarlos como instrumentos de generación de impacto para los contenidos que sí indizan.

La información se obtiene mediante el uso de una serie de operadores de recuperación cuya sintaxis es muy similar para los principales motores de búsqueda. Los buscadores que permiten el uso de estos operadores cibernéticos son Google, Yahoo, Bing (MSN Live), Exalead y *Google Scholar*. Por razones técnicas, que incluyen su desigual cobertura y el menor tamaño de sus bases de datos, se han excluido Yandex (ruso), Baidu (chino), Gigablast y Ask (Teoma).

Varios de estos operadores sólo trabajan sobre dominios web institucionales, por lo que es necesario que las organizaciones sujetas a este análisis posean un dominio propio. Si existen dos o más dominios por institución, cada uno de ellos puede ser sujeto a un análisis diferente. La postura adoptada es que si la institución tiene dos o más dominios principales, se elige aquel que presente mejores resultados, independientemente de si ya no es el principal o es el más antiguo en un proceso de cambio de dominio. Si el dominio se refiere a una subunidad, se considera la misma como una entrada independiente (excepto los centros del CSIC, que son incluidos si tienen dominio o subdominio propio).

## 4. Resultados: el espacio web académico español

Aunque el sistema español ha sido analizado frecuentemente desde distintos puntos de vista [3], el análisis del espacio web no había alcanzado una cobertura tan exhaustiva como la propuesta. Se han identificado 759 entradas (dominios y subdominios) correspondientes a organizaciones españolas. Los directorios están parcialmente disponibles en:

[http://www.webometrics.info/university\\_by\\_country\\_es.asp?country=es](http://www.webometrics.info/university_by_country_es.asp?country=es) y

[http://research.webometrics.info/r\\_d\\_by\\_country\\_es.asp?country=es](http://research.webometrics.info/r_d_by_country_es.asp?country=es)

Eliminadas las duplicadas (se contabiliza la entrada mejor posicionada), la distribución queda como sigue:

- \* 220 dominios de instituciones de educación superior (+2 subdominios de la Universitat Ramón Llul),
- \* 381 dominios y subdominios de centros de investigación y
- \* 130 dominios y subdominios del CSIC (tanto centros propios como mixtos).

Estas cifras incluyen instituciones con una limitada actividad investigadora, así como algunas subunidades (departamentos, escuelas, centros asociados), que en la mayoría de los casos figuran bajo el dominio principal de la universidad correspondiente, lo que significa que estos números son mayores que la cifra real de instituciones en el sistema español. No obstante, puesto que el análisis se realiza mediante la elaboración de un *ranking*, las unidades de menor tamaño, actividad o impacto aparecen siempre en posiciones muy relegadas.

Para cada una de las entradas se han calculado los siguientes valores: número de páginas (según Google y Yahoo); número de enlaces externos (total y académicos, según Yahoo), número de ficheros en formato pdf (según Google y Yahoo) y número de ítems en Google Scholar (número total y número de los publicados desde 2005 incluido). Con el fin de evitar errores, los datos se han recogido dos veces en un intervalo máximo de tres días en septiembre de 2009. Esto significa que se han realizado unas 12.000 peticiones individuales a los motores de búsqueda.

A efectos prácticos, aunque todas las instituciones han sido normalizadas conjuntamente y por tanto ha emergido un *ranking* único,

los resultados se presentan en dos grandes grupos: por un lado, las universidades y centros similares de educación superior y por otro, los centros fundamentalmente dedicados a la investigación, incluyendo entre otros los centros del CSIC.

El método elegido es una simplificación del usado en el Ranking Web de Universidades del Mundo [2], cuya última edición de julio de 2009 (<http://www.webometrics.info/>) precede en unos tres meses a la recolección de datos utilizada en el presente análisis. Sin embargo, con el objeto de contextualizar la situación de las universidades españolas en el marco europeo y mundial, se han utilizado los datos de la citada edición del *Ranking Mundial* (tabla 9.2).

> **Tabla 9.2.** Distribución de las universidades mejor clasificadas en el ranking web por países (Europa) y regiones (julio 2009)

Región/Países	100 primeras	200 primeras	500 primeras	1000 primeras
Norte América	71	106	180	334
Europa	21	62	232	417
<i>Reino Unido</i>	5	10	36	70
<i>Alemania</i>	2	14	49	63
<i>Suecia</i>	2	6	10	14
<i>Holanda</i>	2	4	12	13
<i>Suiza</i>	2	3	6	10
<i>Noruega</i>	2	3	4	4
<i>España</i>	1	6	27	43
<i>Italia</i>	1	4	17	38
<i>Rep. Checa</i>	1	2	7	10
<i>Austria</i>	1	2	6	9
<i>Finlandia</i>	1	1	7	11
<i>Bélgica</i>	1	1	6	7
Asia	5	19	50	147
Latino América	2	6	21	58
Oceania	1	6	14	35
Mundo Árabe		1	2	4
África			1	5

Fuente: elaboración propia.

Aparte de la presencia de la Universidad Complutense entre las 100 primeras, que se discutirá más adelante, debemos destacar la ausen-

cia de instituciones francesas en ese mismo grupo, debido quizás a un sistema muy fragmentado y con escuelas de élite muy pequeñas. En el nivel global, destaca el gran número de universidades norteamericanas, incluyendo muchas canadienses, entre las doscientas primeras, que casi duplican el de sus equivalentes europeas. Entre estas, además de las inglesas, aparecen también en puestos avanzados las nórdicas. En el otro extremo, parece escasa la presencia de las universidades italianas, claramente por detrás de España. Un análisis de enlaces específico para Europa ha sido publicado por Ortega y Aguillo [14].

Aunque el tamaño de la institución parece tener relativa importancia en la clasificación, se ha optado por no incluir ningún tipo de corrección que lo tenga en cuenta. Aparte de un problema técnico, pues los datos no siempre están fácilmente disponibles ni son homologables entre diferentes países, un *ranking* único debe tener en cuenta de forma más o menos explícita el tamaño de la institución.

La tabla 9.3 muestra las primeras 25 universidades españolas de acuerdo con los resultados de este capítulo que presenta ciertas importantes novedades sobre la edición mundial del *ranking*. Existen varios motivos para esas desviaciones, que en todo caso están justificadas por el objetivo de reflejar mejor la situación real:

- \* Las universidades catalanas publican bajo varios dominios diferentes (.es, pero también .com, .cat, .org o .net) de forma simultánea. En varios casos el solapamiento no es muy alto, lo que sugiere que hay contenidos no presentes en el dominio principal. De hecho, en algún caso (Universitat de Barcelona) sucede que el dominio con mas contenidos e impacto web (ub.es) es diferente al que ahora es el de uso preferido (ub.edu).
- \* La Universidad Complutense de Madrid y la de La Rioja hospedan en sus sedes web bases de datos especializadas de gran tamaño que distorsionan notablemente su posición en el *ranking*, especialmente alguno de sus componentes (datos de Scholar). La UCM publica *Compludoc* (base de datos de artículos de revistas) y la UR mantiene *Dialnet* (servicio de alertas sobre publicación de contenidos científicos).
- \* Las universidades politécnicas que tradicionalmente han venido publicando sus trabajos en formato PostScript (ps, generalmente a partir de procesadores de texto tipo Latex), ahora también ofrecen (o incluso solo) una versión pdf.



En la elaboración de la tabla 9.3 y como consecuencia de lo expuesto, se ha optado por seleccionar el dominio mejor clasificado y además el valor máximo para cada indicador, se han eliminado las contribuciones de *Compludoc* y *Dialnet* y el único fichero rico considerado ha sido el Adobe Acrobat .pdf.

> **Tabla 9.3.** Las 25 primeras universidades españolas según el indicador web compuesto descrito en el texto (100% indica la institución con máximo valor para cada variable) (septiembre de 2009)

Orden	Universidad	Páginas	Enlaces	Fich. PDF	Scholar
2	Politécnica de Madrid	92,20%	100,00%	88,20%	74,60%
3	Politécnica de Catalunya	91,20%	94,40%	88,90%	92,30%
4	Autónoma de Barcelona	91,90%	96,50%	86,70%	77,80%
5	País Vasco	95,60%	91,20%	89,80%	83,30%
6	Vigo	93,10%	96,20%	86,00%	70,90%
7	Complutense de Madrid	91,00%	87,10%	91,90%	96,60%
8	Granada	87,20%	93,60%	89,80%	79,50%
9	Murcia	86,50%	92,10%	87,30%	87,60%
10	Sevilla	92,30%	92,60%	90,80%	74,50%
11	Barcelona	85,80%	95,10%	84,20%	80,90%
12	Politécnica de Valencia	89,00%	94,90%	86,50%	75,10%
13	Alacant	92,30%	93,70%	89,00%	70,60%
14	Jaume I	89,40%	90,60%	88,40%	75,90%
15	Salamanca	89,20%	92,40%	85,80%	71,50%
16	Santiago de Compostela	96,30%	89,70%	85,10%	69,70%
17	Illes Balears	91,40%	90,10%	93,90%	64,90%
18	Navarra	91,10%	93,00%	77,10%	70,20%
19	Autónoma de Madrid	85,50%	91,30%	88,70%	70,10%
20	Valencia	80,10%	95,20%	73,50%	74,70%
21	Castilla-La Mancha	83,60%	91,10%	89,80%	65,10%
22	Zaragoza	87,80%	88,00%	88,30%	71,50%
23	UNED	87,20%	90,90%	82,10%	67,70%
24	Pompeu Fabra	85,60%	90,90%	81,80%	66,10%
25	Valladolid	92,60%	89,90%	82,10%	58,50%
27	Carlos III de Madrid	85,90%	87,70%	83,40%	71,30%

Fuente: elaboración propia.

> **Tabla 9.4.** Los 25 primeros centros de investigación españoles (100% indica la institución española con máximo valor para cada variable) (septiembre de 2009)

Orden	Centro	Páginas	Enlaces	Fich. PDF	Scholar
1	CSIC	100,00%	97,40%	100,00%	96,00%
26	Inst. Salud Carlos III	82,40%	82,70%	76,10%	100,00%
28	Rediris	85,60%	89,70%	76,80%	69,20%
43	Inst. Astrofísico de Canarias	82,80%	85,20%	70,70%	49,70%
44	CICA Andalucía	85,10%	84,80%	78,60%	39,20%
51	Cent. Supercomp. Catalunya	68,30%	78,30%	68,10%	78,70%
56	Cent. Supercomp. Galicia	79,10%	86,10%	62,80%	30,30%
57	Real Inst. Elcano	73,30%	79,20%	68,40%	51,80%
58	Inst. Científico Tecnológico Navarra	65,50%	92,40%	39,50%	44,60%
62	Fundación Cidob	73,20%	73,30%	73,10%	54,50%
64	CEDEX	78,60%	72,50%	72,20%	39,80%
66	CNIO	74,50%	83,00%	59,00%	22,50%
67	IGME	67,50%	71,90%	73,40%	53,80%
69	CIEMAT	72,10%	71,20%	69,80%	51,70%
71	Cent. Investigaciones Sociológicas	72,50%	75,60%	62,90%	41,80%
72	INIA	71,00%	65,60%	65,20%	66,20%
77	CE Políticos y Constitucionales	68,30%	65,80%	73,60%	47,00%
78	Inst. Estudios Fiscales	62,60%	63,90%	71,50%	62,00%
79	Inst. Nac. Tecnologías Comunicación	76,50%	83,50%	46,50%	3,30%
87	Inst. Valenciano Invest. Agrarias	60,50%	71,70%	61,00%	38,00%
90	INTA	64,50%	77,20%	53,50%	20,90%
91	Cent. Investigación Príncipe Felipe	61,40%	76,20%	55,30%	25,20%
93	Sociedad de Estudios Vascos	77,80%	74,30%	51,30%	10,60%
97	Inst. Municipal Invest. Médica	72,70%	69,70%	55,50%	24,00%
98	Inst. Español de Oceanografía	60,00%	66,30%	64,40%	42,00%

Fuente: elaboración propia.

Los resultados admiten una doble lectura, una primera en cuanto provienen de indicadores web y por tanto las buenas prácticas y políticas adecuadas en esos aspectos quedan reflejadas:

- \* Universidades pequeñas (Alicante, Castellón), pero con agresivas políticas de publicación electrónica aparecen entre las primeras clasificadas.
- \* Universidades muy productivas y prestigiosas, pero con repositorios inexistentes o muy mejorables están en posiciones por debajo de lo esperado (Autónoma de Madrid, Carlos III, Pompeu Fabra).
- \* Barcelona podría liderar la tabla si cambiara su política de dominios web múltiples.

Pero los indicadores web son también holísticos y permiten una segunda lectura en cuanto a prestaciones globales y visibilidad internacional [13]:

- \* Reducidos los sesgos temáticos de ciertas bases de datos bibliométricas que favorecen la investigación biomédica, las universidades politécnicas ocupan posiciones más acordes con su importancia para el sistema, especialmente en lo que se refiere a tecnología e innovación.
- \* Las grandes universidades dejan hueco a instituciones más pequeñas, modernas y flexibles, sin perder del todo sus posiciones de privilegio (especialmente en los indicadores de visibilidad).
- \* Las principales universidades siguen siendo madrileñas y catalanas, aunque la distribución geográfica global es bastante representativa.
- \* La primera universidad privada es la de Navarra.
- \* La UNED está próxima a entrar entre las 20 primeras.

Los principales centros de investigación se presentan en la tabla 9.4, excepto los del CSIC (tabla 9.5). Es esta institución la que lidera no solamente este *ranking*, sino también el global español y ello teniendo en cuenta que varios de sus centros mixtos no tienen sus páginas web bajo el dominio csic.es.

El *ranking* de centros de investigación es bastante diferente del realizado con otras fuentes [12]. Llama la atención la ausencia de los grandes hospitales españoles, lo cual puede ser explicado al menos en parte por la política web de los servicios autonómicos de salud. Los hospitales han perdido su autonomía web y sus páginas aparecen ahora

no con dominio propio, sino formando parte de sistemas más amplios. En general, los contenidos son más institucionales y menos científicos, lo que se da incluso en aquellos hospitales con dominio propio que no difunden el texto de sus publicaciones en abierto. Hospitales como el Clínico de Barcelona describen su importante actividad investigadora en otras sedes web distintas (Universitat de Barcelona).

Como cabría esperar, además de los OPI, aparecen en puestos destacados centros tecnológicos e informáticos, en algunos casos más centrados en los servicios a la investigación que en ésta propiamente dicha. Sin embargo, la novedad principal es la presencia de centros relacionados con la investigación en ciencias sociales, prácticamente inéditos en otras clasificaciones. Hay *think-tanks*, pero también alguna sociedad científica.

Hay por supuesto centros de investigación de excelencia, como el IAC, CNIO o CIPF, pero faltan otros cuya producción científica es elevada, aunque al parecer descuidan su presencia web (CNIC, IFAE, ICREA, IEEC).

El CSIC ha sido objeto de un tratamiento especial. Excluyendo el Instituto Astrofísico de Canarias, los 20 primeros centros aparecen en la tabla 9.5.

El CSIC coloca 8 centros o unidades entre los 100 primeros españoles, una cifra superior a la reflejada en otras fuentes [10, 9]. Aunque la posición retrasada de muchos hospitales explica este hecho, también hay que señalar la tipología de las instituciones recogidas en la tabla 9.5. Además de prestigiosos centros de investigación biomédica, aparecen instituciones con importantes colecciones abiertas al público (Museo de Ciencias Naturales, Jardín Botánico) y los servicios documentales (IEDCYT, Bibliotecas) que aprovechan en gran medida la web como escaparate de sus actividades. Más sorprendente es la presencia del Centro de Ciencias Sociales y Humanas y cuatro de sus institutos, algo no habitual en los listados basados en actividad científica medida a través de publicaciones en revistas de prestigio.

Algunas de las posiciones de privilegio pueden explicarse por la adopción de políticas agresivas de publicación electrónica, en especial el desarrollo de repositorios institucionales. España tiene 16 entradas en el *ranking* web de repositorios institucionales del mundo, que recoge los 400 mejor clasificados. Aunque hay que tener en cuenta que algunas universidades pertenecen a consorcios (RecerCat, CBUC) y no tienen repositorio propio o que, en varios casos, éste no tiene dominio o subdominio independiente. La tabla 9.6 refleja la

posible relación entre políticas *open access* y *ranking* para el caso de nuestro país.

> **Tabla 9.5.** Los 20 primeros centros del CSIC (septiembre de 2009)

Orden	Universidad	Páginas	Enlaces	Fich. PDF	Scholar
47	Real Jardín Botánico de Madrid	92,30%	71,80%	95,60%	51,40%
53	Inst. Estud. Docum. Ciencia Tecnología	76,50%	80,40%	65,00%	59,90%
76	Inst. Astrofísica de Andalucía	60,60%	82,20%	53,70%	22,90%
82	Museo Nac. Ciencias Naturales	57,90%	79,10%	58,50%	24,70%
85	Cent. Nac. Biotecnología	73,60%	70,40%	54,20%	32,40%
89	Inst. Invest. Inteligencia Artificial	74,70%	64,50%	57,40%	46,20%
92	Red de Bibliotecas	53,20%	87,60%	47,50%	3,30%
101	Cent. Mediterr. Invest. Mar. Medioamb.	68,90%	68,00%	46,40%	39,20%
102	Inst. Economía y Geografía	56,20%	64,00%	59,00%	56,80%
109	Inst. Ciencias del Mar	63,40%	63,30%	50,20%	54,40%
121	Inst. Mediterr. Estudios Avanzados	65,30%	61,20%	61,50%	42,20%
124	Estación Biológica de Doñana	61,00%	60,20%	59,90%	50,00%
127	Cent. Ciencias Humanas y Sociales	55,30%	73,10%	55,90%	15,20%
128	Inst. Ciencia de Materiales Madrid	62,50%	66,90%	53,10%	29,20%
131	Inst. Ciencia de Materiales Barcelona	71,40%	64,20%	49,90%	24,80%
136	Inst. Historia	69,40%	65,10%	44,30%	26,40%
146	Cent. Biología Molecular Severo Ochoa	60,00%	59,80%	58,70%	37,30%
147	Inst. Investigaciones Marinas	64,50%	57,70%	56,50%	39,70%
148	Inst. Pirenaico de Ecología	68,10%	66,00%	41,60%	21,50%
151	Inst. Filosofía	54,40%	63,30%	49,70%	39,60%

Fuente: elaboración propia.

> **Tabla 9.6.** Posición (España) en el ranking web de las principales universidades y centros de investigación y de su repositorio institucional (ranking mundial)

Centro	Web Esp.	Repos. mund.
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	1	54
Universidad Politécnica de Madrid	2	290
Universitat Politècnica de Catalunya	3	4
Universitat Autònoma de Barcelona	4	17
Universidad Complutense de Madrid	7	147
Universidad de Murcia	9	372
Universitat de Barcelona	11	370
Universitat d'Alacant	13	135
Universidad de Navarra	18	327
Universidad Nacional de Educación a Distancia	23	316
Universidad Carlos III de Madrid	27	236
Universidade da Coruña	35	383
Universidad de Alcalá	37	221
Universidad Politécnica de Cartagena	59	282

Fuente: elaboración propia.

La presencia de los repositorios institucionales de las universidades politécnicas entre los primeros del mundo ayuda a justificar su excelente desempeño en el *ranking* global. Para otras instituciones como el CSIC, la Autónoma de Barcelona o las universidades Complutense y de Murcia, resulta también muy importante su compromiso con la publicación electrónica en abierto. La posición retrasada de los repositorios de las Universidades de Barcelona y Carlos III (y Pompeu Fabra y Autónoma de Madrid, que ni siquiera aparecen entre los 400 primeros repositorios) explica, al menos en parte, su posición supuestamente infravalorada.

La revisión institucional puede ser utilizada para un análisis macro, agrupando los datos por países. Se pretende elaborar un nuevo índice combinado que tenga en cuenta tanto la presencia institucional en la web, como los indicadores socioeconómicos de los principales países.

La clasificación por países (tabla 9.7) ha sido diseñada siguiendo el modelo del QS SAFE National System (<http://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/methodology/safe>) para evaluar los sistemas de educación superior de los diferentes

países de acuerdo a la presencia de sus universidades entre las 500 primeras del *ranking* web. Aunque se han utilizado datos de julio de 2009, se ha corregido la posición de la Universidad Complutense.

> **Tabla 9.7.** Clasificación por países según un índice compuesto que pondera las posiciones de sus universidades en el Top 500 del *ranking* web y datos económicos y de población

Orden	País	Sistema	Acceso	Liderazgo	Economía	Total
1	EEUU	100	100	100	100	<b>100</b>
2	Reino Unido	74	91	96	98	<b>90</b>
3	Alemania	83	95	84	96	<b>89</b>
4	Canadá	71	95	96	62	<b>81</b>
5	Taiwán	52	74	96	90	<b>78</b>
6	Suecia	49	84	88	74	<b>74</b>
7	Japón	52	42	96	70	<b>65</b>
8	Brasil	51	35	96	79	<b>65</b>
9	<i>España</i>	<i>60</i>	<i>78</i>	<i>68</i>	<i>54</i>	<b>65</b>
10	Holanda	50	76	88	39	<b>63</b>
11	Suiza	44	66	92	50	<b>63</b>
12	Australia	50	70	88	43	<b>63</b>
13	Noruega	43	67	92	44	<b>61</b>
14	Italia	51	50	88	51	<b>60</b>
15	Finlandia	42	64	92	38	<b>59</b>
16	Austria	42	52	88	36	<b>54</b>
17	Chequia	42	53	84	36	<b>54</b>
18	Hong Kong	41	53	84	35	<b>53</b>
19	Bélgica	42	50	84	36	<b>53</b>
20	Dinamarca	41	58	76	36	<b>53</b>
21	Portugal	42	46	72	38	<b>49</b>
22	China	42	22	80	51	<b>49</b>
23	México	40	25	92	35	<b>48</b>
24	Israel	41	47	68	35	<b>48</b>
25	Francia	43	31	76	35	<b>46</b>

Fuente: elaboración propia.

Para ello se utilizan, con el mismo peso, los siguientes indicadores normalizados:

- \* Sistema: número de universidades entre las primeras 500 para un país dado, dividido por la posición media de esas instituciones.
- \* Acceso: este indicador se construye según las posiciones, adjudicando 5 puntos por una universidad entre las 100 primeras, 4 puntos por las posiciones entre la 101 y la 200, 3 puntos por posiciones en el rango 201-300, 2 por 301-400 y 1 por 401-500, y dividiéndolo por el tamaño de la población (raíz cuadrada del número de habitantes en miles del país, (World Bank, datos de 2007, <http://go.worldbank.org/1SF48T40L0>)).
- \* Liderazgo: valor normalizado basado en la posición de la universidad líder de aquellos países que se encuentran entre las 500 primeras (100 puntos por las posiciones 1 a 20, 96 por las posiciones en el abanico 21-40 y así sucesivamente).
- \* Económico: el mismo indicador de acceso definido más arriba, pero dividido por el PIB (PPA) per cápita para el país en cuestión (World Bank, datos del 2007, op. cit.).

Los datos de la tabla 9.7 muestran el creciente peso de Asia en el sistema mundial de educación superior, destacando las posiciones de Taiwán, Japón y China-Hong-Kong. Norteamérica, con una importante contribución de Canadá, cuyo espacio web académico está fuertemente conectado con el estadounidense, sigue estando por encima de Europa, donde destacan Reino Unido y Alemania. España compite con Brasil por el liderazgo de la comunidad iberoamericana. Destacar las posiciones retrasadas de Francia, con un sistema muy fragmentado; Corea del Sur, cuyo sistema es comparativamente muy cerrado, y la República Sudafricana, dentro de un continente sin apenas peso, o Rusia e India, los socios más débiles del BRIC.

## **5. *Discusión y propuestas: relevancia para las políticas de I+D***

Respondiendo a las preguntas de investigación que se habían planteado, podemos adelantar, a la vista de los resultados, que respecto a:

1. El indicador combinado WR proporciona una clasificación reconocible del sistema, que es distinta a la presentada por otros indicadores, pero cuyas discrepancias se explican teniendo en cuenta el mayor reconocimiento de las actividades de las uni-



- versidades tecnológicas por parte de los indicadores web y las malas prácticas respecto a los nombres de dominio por las universidades catalanas y a los diferentes ritmos de desarrollo de los repositorios institucionales en diferentes universidades.
2. Los indicadores web resuelven en parte los sesgos de las bases de datos bibliográficas respecto a las contribuciones de las tecnologías, ciencias sociales y humanidades que aparecen infravaloradas en los conteos de publicaciones científicas. Por el contrario, la actividad investigadora en biomedicina, especialmente por parte de los hospitales, no se refleja adecuadamente en sus sedes web.
  3. Exceptuando el CSIC, que por su tamaño y por la presencia de centros con un fuerte componente de divulgación ocupa una posición prominente, las universidades monopolizan las primeras posiciones del *ranking*. Esto puede deberse al mayor número y diversidad de sus misiones, su compromiso social con la comunidad y la mayor interconexión entre ellas.
  4. Los indicadores web se pueden utilizar en dos niveles diferentes, que aunque complementarios, requieren tratamientos distintos y proporcionan evidencias diferentes y por tanto su impacto en las políticas de I+D es también distinto:
    - a) Los indicadores cibernéticos como herramientas para la evaluación de la actividad en I+D y de las instituciones que la ejecutan.
    - b) Los indicadores cibernéticos como herramienta para el diseño de políticas de publicación electrónica, participación en iniciativas *open access* y evaluación de la presencia web de las instituciones.

En el primer caso hay que tener en cuenta que las malas prácticas y las políticas web pueden afectar a la evaluación mediante este tipo de indicadores. Si descartamos estos casos, por otro lado fáciles de identificar, aún quedan sesgos que hay que considerar:

- \* Los indicadores web miden no sólo la actividad que resulta en publicaciones formales, sino también cualquier actividad informal que eventualmente genera contenidos web. Más raramente podemos encontrar información no académica que incrementa el volumen de contenido, pero no tanto la visibilidad medida por enlaces recibidos.

- \* Hay una relación obvia entre el tamaño de la institución y su actividad web, puesto que cuantos más autores potenciales existan mayor es su capacidad de publicación electrónica. Sin embargo, el número de editores web puede ser muy inferior al de potenciales autores, pues depende de múltiples factores: disciplina (los informáticos y tecnólogos parecen candidatos más plausibles), estatus académico (sesgo por extremos, con investigadores junior y senior más dispuestos que los que están en mitad de su carrera), edad (jóvenes postgraduados, doctorandos y profesores al inicio de sus carreras), dominio de idiomas (lenguas maternas) y otros.
- \* En la universidad, las diferentes misiones (docencia, investigación, transferencia) tienen presencia web propia, aunque con pesos muy diferentes y con perfiles difíciles de delimitar. Las universidades con algún tipo de enseñanza virtual o a distancia parecen favorecidas, aunque muchos de sus contenidos no son ofertados en la web pública. Asimismo, la investigación cooperativa genera problemas, pues no sólo la actividad queda reflejada en una sede web concreta de uno de los participantes, sino que a menudo su dominio no es siquiera el institucional de la universidad que lo hospeda. Las relaciones con entidades asociadas es compleja y, en muchos casos, el hospital universitario tiene dominio propio distinto del de su universidad.

Aunque todavía no existe una gran similitud entre las clasificaciones basadas en la web y las que utilizan fundamentalmente datos bibliométricos, ello puede tener un carácter coyuntural, ya que aún son frecuentes las malas prácticas respecto al uso de múltiples nombres de dominio o los repositorios académicos. Desde un punto de vista práctico, los indicadores web son más fáciles y económicos de producir, miden más aspectos de las instituciones y sus actividades, y la medida de impacto que ofrecen a partir de la visibilidad hipertextual se basa en audiencias mucho más amplias, diversas geográficamente y representativas de sectores no académicos (políticos, empresarios, ONG, ciudadanos) que la proporcionada por el análisis de citas.

Los indicadores web informan de varios hechos de relevancia para la elaboración de políticas de I+D:

- \* Las universidades politécnicas realizan una contribución relevante a la producción y vertebración del sistema, un hecho difuminado en el actual sistema de evaluación por publicaciones

- \* Los centros de investigación en ciencias sociales y humanas también desempeñan un papel importante, oscurecido por la excesiva representación de hospitales y centros de investigación biomédicos favorecidos por el ya citado sistema de evaluación sesgado.
- \* Las universidades específicamente dedicadas a la enseñanza a distancia aparecen todavía en posiciones retrasadas, posiblemente por ser consideradas instituciones de segunda opción. Ante tal situación, parece aconsejable incrementar la oferta de enseñanza no presencial en las universidades tradicionales siguiendo el modelo de la UNAM.
- \* La mayoría de las universidades españolas ocupan posiciones intermedias en el *ranking* europeo. Si excluimos proyectos de alta penetración en la web, ninguna de ellas aparece entre las líderes, aunque el número total entre las primeras 500 supera al de países como Francia e Italia. La excelente posición del CSIC sugiere que un posible camino para que alguna universidad española alcance puestos de privilegio pasa por una colaboración más intensa con el CSIC.
- \* Complementariamente las universidades podrían ofrecer hospedaje web a los departamentos de investigación y publicaciones de los hospitales asociados, integrando actividades diferentes a las de la atención hospitalaria con las propias de la universidad, de docencia e investigación. La innovación, a través de parques científicos o tecnológicos, también debe quedar reflejada en dominios web compartidos con la universidad. En todos estos casos la presencia web conjunta no debe ser sino reflejo de una realidad de acuerdos y compromisos más profundos y duraderos entre Universidad, CSIC, hospitales, empresas *spin off* y entidades privadas sin ánimo de lucro.
- \* Sólo aquellas universidades privadas con un fuerte compromiso investigador aparecen en posiciones altas, lo que sugiere que su marco regulatorio recoja de forma más precisa su compromiso y dedicación la actividad investigadora o innovadora.

En lo que respecta a la utilidad de estos indicadores para el diseño de la presencia web, hay que señalar en primer lugar que dicha presencia es deficiente. Aunque el número de páginas publicadas es ya muy importante, sus contenidos son todavía insuficientes o de baja calidad. Faltan versiones en inglés u otros idiomas, el número y

calidad de los enlaces es muy baja y los estándares de usabilidad y accesibilidad no se cumplen en su mayor parte.

Específicamente habría que considerar los siguientes aspectos:

- \* Medidas de apoyo a la creación de repositorios, tanto en el marco normativo (obligación de depositar los trabajos financiados con fondos públicos, uso de las estadísticas de los repositorios en la evaluación de personas e instituciones) como en el técnico (convocatorias de personal técnico o informático de apoyo) o el científico: financiación de proyectos para el desarrollo de mejores sistemas de depósito y para el análisis de los datos relevantes de crecimiento, uso e impacto en la comunidad académica.
- \* Potenciación de la autonomía de las instituciones a la hora de desarrollar sus propias sedes web, liberando a hospitales y centros de investigación de ataduras burocráticas. La publicación de información de calidad en áreas sensibles como salud, medio ambiente o calidad de vida debe ser asumida por el sector público a través de instituciones ligadas a la actividad académica e investigadora. La actual retirada del sector sanitario español de la web debe ser revertida promoviendo la publicación en abierto de sus líneas de investigación, sus actividades clínicas y sus resultados científicos.
- \* Mas atención al control institucional de los nombres de dominio, evitando que haya universidades con dos o más dominios web principales (casi todas las catalanas), muchos subdominios sin jerarquizar adecuadamente o unidades con dominios externos.
- \* Internacionalización de los contenidos, haciéndolos especialmente atractivos e informativos a estudiantes o profesorado foráneos, pero también ofreciendo versiones en inglés de la información científica o de mayor valor añadido.
- \* Mejora de la interconexión del sistema, creando enlaces institucionales con sectores no académicos e incrementando los de carácter académico a nivel individual (páginas personales, *blogs* y video *blogs*), de grupos de investigación (directorios de recursos, bibliotecas digitales, *wikis*) y otras unidades (portales bibliotecarios).
- \* Las unidades de cultura científica deben potenciarse no sólo en las grandes instituciones abiertas al público (museos, jardines botánicos, estaciones biológicas), sino también en todas las organizaciones académicas, prestando especial atención al

desarrollo de sedes web para el gran público, interactivas, multimedia, con recursos didácticos al estilo de lo que ofrece, por ejemplo, la NASA.

- \* Diseño y puesta en marcha de un observatorio de la ciencia y la tecnología en Internet, encargado tanto del desarrollo de buenas prácticas en la publicación electrónica, como de su promoción y del mantenimiento de un sistema de evaluación basado en indicadores cuantitativos y cualitativos.

En resumen, se puede recomendar que se tome en serio la web en el sistema español de I+D, que se adopten medidas encaminadas a mejorar la presencia en ella y que los indicadores web pasen a formar parte de la batería de herramientas utilizadas en la evaluación de la actividad de investigación y desarrollo y, por tanto, en el diseño de las futuras políticas de I+D.

## Referencias

- [1] Aguillo, I. F. (2009): *Measuring the Institution's Footprint in the Web*, 27(4), pp. 540-556, Library Hi Tech.
- [2] Aguillo, I. F.; Ortega, J. L.; Fernández, M. (2008): «Webometric Ranking of World Universities: Introduction, Methodology, and Future Developments», *Higher Education in Europe*, 33(2/3), pp. 234-244.
- [3] Azagra-Caro, J. M. (2009): *ERAWATCH Country Report 2008. An assessment of research system and policies. Spain*, en <ftp://ftp.jrc.es/pub/EURdoc/JRC49546.pdf>, Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla.
- [4] Bar-Ilan, J. (2008): «Informetrics at the beginning of the 21st century – A review», *Journal of Informetrics*, 2 (1), pp. 1-52.
- [5] Bordons, M.; Fernández, M. T.; Gómez, I. (2002): «Advantages and limitations in the use of impact factor measures for the assessment of research performance», *Scientometrics*, 53(2), pp.195-206.
- [6] Borgman, C. L.; Furner, J. (2005): «Scholarly communication and bibliometrics», *Annual Review of Information Science and Technology*, 36, pp. 2-72
- [7] Czarnitzkia, D.; Glänzel, W.; Hussinger, K. (2009): «Heterogeneity of patenting activity and its implications for scientific research», *Research Policy*, 38(1), pp. 26-34.
- [8] Glänzel, W.; Moed, H. F. (2002): «Journal impact measures in bibliometric research», *Scientometrics*, 53 (2), pp. 171-193.
- [9] Grupo ACUTE (2009): *La actividad científica del CSIC a través del Web of Science. Estudio bibliométrico del período 2000-2007*, en <http://>

[www.cindoc.csic.es/investigacion/informe\\_CSIC\\_2009.pdf](http://www.cindoc.csic.es/investigacion/informe_CSIC_2009.pdf), Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología (IEDCYT), Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

- [10] Gómez, I.; Sancho, R.; Bordons, M.; Fernández, M. T. (2006): «La I+D en España a través de publicaciones y patentes», en Sebastián, J.; Muñoz, E. (eds.), *Radiografía de la investigación pública en España*, pp. 275-302, Biblioteca Nueva, Madrid.
- [11] Moed, H. F. (2005): *Citation Analysis in Research Evaluation*, Springer, Nueva York.
- [12] Moya-Anegón, F.; Vargas-Quesada, B; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Corera-Álvarez, E.; González-Molina, A.; Fernández Muñoz, F. J.; Herrero-Solana, V. (2006): «Visualización y análisis de la estructura científica española: ISI Web of Science 1990-2005», *El Profesional de la Información*, 15 (4), pp. 258-26.
- [13] Ortega, J. L.; Aguillo, I. F. (2007): «La web académica española en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior: Estudio exploratorio», *El Profesional de la Información*, 16(5), pp. 417-425.
- [14] Ortega J. L.; Aguillo I. F. (2008): «Linking patterns in European Union countries: Geographical maps of the European academic web space», *Journal of Information Science*, 34(5), pp. 705-714.
- [15] Sebastián, J.; Muñoz, E. (eds.) (2006): *Radiografía de la Investigación Pública en España*, Biblioteca Nueva, Madrid.
- [16] Thelwall, M. (2004): *Link analysis: An information science approach* Academic Press, San Diego.
- [17] Thelwall, M.; Vaughan, L.; Björneborn, L. (2005): «Webometrics» *Annual Review of Information Science and Technology* , 39, pp. 81-135.
- [18] Thelwall, M. (2009): *Introduction to Webometrics: Quantitative Web Research for the Social Sciences*, Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services, 1 (1), Morgan & Claypool, San Rafael, CA.
- [19] Van Raan, A. F. J. (2005): «Fatal attraction: Conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods», *Scientometrics*, 62 (1), pp. 133-143.
- [20] Wilson, C. S. (1999): «Informetrics», *Annual Review of Information Science and Technology*, 34, pp. 107-247.







# *Análisis institucional de la investigación sobre el cáncer*

> **Carmen López Illescas**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Grupo SCImago, Unidad Asociada de la Universidad de Granada en  
CSIC-IPP

> **Antonio Perianes Rodríguez**

Universidad Carlos III de Madrid  
Departamento de Biblioteconomía y Documentación

## *1. Introducción*

Diez millones de personas morirán de cáncer cada año en el mundo hacia el año 2020, según la Sociedad Americana de Cáncer. Una de cada tres personas padecerá la enfermedad a lo largo de su vida, una de cada cuatro morirá a causa de la misma y se teme que esta proporción aumentará con el envejecimiento de la población [8]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha anunciado que en los próximos veinte años el número de afectados por la enfermedad se incrementará en un 50%. En nuestro país es la segunda causa de muerte, la primera en algunas comunidades autónomas, según el Tercer Libro Blanco de la Oncología en España [11], editado por la FESEO<sup>1</sup>. Cordón afirma que, si bien la mala noticia es que uno de cada dos hombres y una de cada tres mujeres en España padecerá un cáncer a lo largo de su vida, el 50% de estos casos se están curando y en algunos tumores se llega al 80 o 90% de

**Nota 1.** FESEO: La Federación de Sociedades Españolas de Oncología (FESEO) está constituida por las cinco sociedades españolas especializadas en oncología (ASEICA, SEOM, SEOP, SEQO y SEOR). [<http://www.feseo.com>].

curación «gracias a la utilización de nuevas tecnologías, que han permitido consolidar los estudios de laboratorio para poder llevarlos a la práctica médica» [6]. La OMS<sup>2</sup> estima que el 40% de los cánceres se puede prevenir, para lo cual en 2007 puso en marcha su Plan de Acción contra el Cáncer en toda la Organización, cuyos objetivos son: prevenir lo prevenible, curar lo curable, dispensar cuidados paliativos a todos los pacientes de cáncer, gestionar y vigilar los resultados.

La carga de esta enfermedad amenaza las vidas humanas, pero su impacto traspasa los límites de lo personal y familiar y alcanza a los sistemas nacionales de salud y a las economías de los países. En los países desarrollados, el costo de la atención sanitaria está aumentando a tal velocidad que toda estrategia de contención se está viendo condenada al fracaso final. Paradójicamente, y según algunas críticas, es la investigación científica la responsable de establecer las bases para las nuevas y caras intervenciones, disparando de esta manera el gasto sanitario [14]. Pero no cabe duda de que es la investigación la que proporciona la manera más realista de enfrentar el reto que supone combatir esta terrible enfermedad. «La investigación es el elemento esencial que alimenta y mejora la asistencia, ya que se ocupa del estudio de todos los elementos que intervienen en el desarrollo de las enfermedades malignas y sus tratamientos» [7]. Sin embargo, sí es posible y necesario desincentivar tanto los tratamientos como la investigación de baja eficacia y potenciar la investigación de excelencia.

Consecuentemente, ante el reciente incremento de la preocupación por la administración de los recursos financieros, los países que lideran los *rankings* de excelencia científica y progreso han decidido primar la inversión en sectores emergentes e innovadores. Este hecho, sumado a la también creciente demanda de responsabilidad respecto a la distribución de los recursos, ha convertido la gestión de la investigación en una prioridad política. Para gestionar sus políticas de ciencia y tecnología y abordar una política basada en la evidencia científica, los gobiernos y las instituciones científicas necesitan evaluar el rendimiento de su investigación, para lo cual los análisis cuantitativos sobre ciencia y tecnología están resultando de gran utilidad.

«La oncología, como disciplina universal, es una de las especialidades médicas en las que concurren con más frecuencia todas las

ramas de la medicina, ya que el cáncer afecta a todos los órganos y sistemas del cuerpo humano» [7]. El cáncer es una enfermedad extremadamente compleja que requiere de un esfuerzo colectivo, cooperativo y global. Sin embargo, a pesar de la necesidad de un marco común, la globalización de la investigación del cáncer está multiplicando los paradigmas políticos tanto en los sectores públicos como en los privados. La promoción de un oligopolio (competición y cooperación) en la investigación del cáncer requiere de políticas basadas en la evidencia que muestren, en primer lugar, una visión holística de la investigación oncológica [8].

En 2001, partiendo del axioma de que sin financiación no hay investigación, y alerta de la crucial importancia de su buena gestión, la Unión Europea crea, dentro de su sexto programa marco, el *European Cancer Research Managers Forum (ECRM)*<sup>3</sup> como parte de la *European Research Area*, con el objetivo principal de organizar y coordinar los esfuerzos relacionados con la investigación del cáncer. El ECRM se constituye como la plataforma de diálogo para las políticas de investigación, reuniendo a los responsables europeos de las políticas de investigación con el propósito de mejorar la transparencia de la financiación para la investigación del cáncer. Sus aspiraciones inmediatas fueron la promoción de la cooperación y el funcionamiento en red entre los distintos organismos nacionales de financiación, así como la comunicación de los datos relativos a la calidad de la investigación oncológica a los responsables políticos. De ahí que una de las principales actividades del ECRM sea la elaboración de informes y estudios bibliométricos [8, 14, 9] sobre los resultados de la investigación sobre el cáncer para garantizar una política europea de financiación basada en la evidencia científica.

Sin embargo, compartir, conocer e implantar los modelos y experiencias de dentro y fuera de nuestro país no debe limitarse únicamente a los ejemplos científicos u organizativos. En investigación es importante, además, contrastar las distintas formas de gestionar, promocionar la financiación y la evaluación, así como aprender de las distintas iniciativas, enfoques y filosofías existentes.

Recientemente, el anuncio realizado por el presidente de EEUU Barack Obama durante su discurso en el NIH (*National Institutes of Health*) de la expansión del proyecto del Atlas del Genoma del Cáncer,

**Nota 3.** ECRM: [<http://www.ecrmforum.org>].

que caracterizará el ADN de 20.000 muestras de cáncer, pertenecientes a 20 tipos de cáncer, ha despertado la polémica entre *stimulus funding* (financiación de estímulos) y *sustained funding* (financiación sostenida). La AACR (*American Association for Cancer Research*)<sup>4</sup> ha insistido en que sólo la financiación sostenida puede garantizar los resultados finales, por lo que la financiación de la expansión del Atlas del Genoma del Cáncer sólo tendrá sentido si puede financiarse además la investigación destinada a explicar las alteraciones de los genomas del cáncer que nos permitan tratar o prevenir el cáncer con mayor eficacia.

Por su parte, la AACR ha puesto en marcha una iniciativa de colaboración para la financiación denominada *Stand Up to Cancer* (SU2C)<sup>5</sup>. SU2C ha sido concebida y organizada por la *Entertainment Industry Foundation*, y ha reunido a las cadenas de televisión más importantes, a la industria del entretenimiento, a estrellas y celebridades, así como a los líderes en investigación oncológica y asociaciones de pacientes en una importante iniciativa de apoyo a la investigación traslacional, *moving science from bench to bedside* (trasladar la ciencia del banco de pruebas a la cama). Entre los proyectos llevados a cabo por SU2C se encuentran programas televisados internacionalmente a más de 75 países, con el objeto de promocionar la investigación y conseguir fondos a través de campañas de acercamiento al público con estrellas y celebridades capaces de movilizar el apoyo. Se trata, en definitiva, de promocionar la «tercera cultura»: el compromiso entre la comunidad científica y el público, la ciudadanía.

En la actualidad existe una voluntad y un convencimiento generalizados de que es necesario trasladar el conocimiento generado a través de los avances en investigación básica y la tecnología disponible a la investigación clínica. Esta iniciativa es reflejo de la nueva tendencia global que ha sustituido la bipolarización clínica-laboratorio de los ochenta por una orientación hacia la investigación oncológica traslacional [4]. SU2C no sólo es un programa innovador en la manera de recabar financiación, sino también en su gestión, que se resume básicamente en: colaboración al máximo, burocracia al mínimo, financiación basada en la transparencia y la fe en las ideas. La selección de los mejores proyectos está garantizada por la elaboración de in-

**Nota 4.** AACR: [<http://www.aacr.org/>].

**Nota 5.** SU2C: [<http://www.standup2cancer.org/>].

formas de la actividad investigadora que evalúan el rendimiento a lo largo de todo el proceso.

Este programa es una buena muestra de las iniciativas innovadoras que se están llevando a cabo en otros países, al margen de los recursos clásicos de financiación, con el fin de impulsar la investigación y que pueden servir como ejemplos si no como modelo, dadas las diferencias existentes entre los distintos países. La financiación de la investigación biomédica en EEUU recibe cada día un mayor apoyo de los denominados *philanthropic dollars*, donaciones filantrópicas que en EEUU ascienden a un 2% del PIB, en comparación con el 0,8 % de Reino Unido o el 0,5% de Holanda y Suecia. En Europa, el rol de las donaciones filantrópicas se ha reconocido tardíamente como una fuente de financiación de la investigación por explotar, pero la caridad es un fenómeno complejo, posiblemente con patrones diferentes en cada país [8]. Existen diferencias significativas en cuanto a la gestión de la investigación del cáncer entre EEUU y Europa, principalmente debidas a la fragmentación y la mala coordinación del esfuerzo europeo con respecto a las redes de excelencia en los distintos estados miembros. Como ya se ha mencionado, para paliar esta falta de coordinación se creó el *European Cancer Research Managers Forum*, con la intención de evaluar tanto los recursos de financiación como los resultados de la investigación.

El primer informe del ECRM muestra cómo la brecha entre EEUU y Europa en investigación oncológica empieza a cerrarse [9]; en el último informe se afirma que Europa, al contrario de lo que se suele pensar, contribuye significativamente a la investigación del cáncer en términos de inversión, resultados y actividades farmacéuticas [8]. Tradicionalmente se ha considerado a Europa relativamente débil en términos de atracción de la financiación de I+D, sin embargo, si observamos el origen geográfico de las publicaciones de la industria, comprobamos que Europa prácticamente iguala a EEUU; Europa atrae el 45,9% del gasto en I+D de la industria. Por otra parte, en 2004 los organismos europeos de financiación pública invirtieron 1.971 millones de euros en financiación directa de la investigación del cáncer, mientras EEUU invirtió 5.158 millones. Sin embargo, la inversión en Europa supuso un incremento del 38%, mientras que la financiación americana había permanecido estática. Además, en Europa se han invertido otros 1.364 millones a través de los sistemas nacionales de salud mientras que en EEUU esta cantidad ha sido de 109 millones. La inversión directa de los organismos de financiación con respecto al

PIB y per cápita sigue siendo más elevada en EEUU que en Europa, tres y cinco veces respectivamente. En España, la inversión per cápita sigue siendo tres veces menor que la media europea, con un gasto de menos de un euro por ciudadano, mientras que en el Reino Unido es de 13,18 euros por habitante, lo que sitúa a dicho país en el primer puesto del *ranking* europeo.

En España existen actualmente excelentes iniciativas para fomentar los resultados de la investigación oncológica, de las cuales conocemos los fondos destinados a los distintos proyectos y programas, pero de cuyos resultados no se publican informes completos que reflejen el rendimiento de dicha investigación e inversión. «Un elemento esencial para fortalecer nuestro sistema consiste en introducir una mayor exigencia y progresión en la denominada cultura de la evaluación» [5]. En nuestro país no existe todavía una cultura asentada de la evaluación. Iniciativas de evaluación a nivel nacional, similares a las de otros países, como los informes del NCCN (*National Comprehensive Cancer Network*)<sup>6</sup> o, a nivel europeo, los informes y proyectos del ECRM<sup>7</sup>, son cada día más obligadas, por la necesidad tanto de los responsables políticos como del público en general de conocer el rendimiento de la investigación en sus instituciones. El principal objetivo de los informes sobre los resultados de la investigación sobre el cáncer, elaborados tanto por el NCCN como por el ECRM, es la evaluación de la excelencia de los resultados de la investigación, para lo cual ambos integran tanto la opinión de expertos como la evidencia aportada por la literatura científica. La función principal de dichos análisis es proporcionar información para la toma de decisiones de los responsables financieros, ante la inminente necesidad de una administración estratégica de los fondos. Se estima que en 2009 el costo económico global de los nuevos casos de cáncer alcanzará, como mínimo, los 286.000 millones de dólares, de acuerdo con el informe de *The Economist* de 2009 [10].

Algunos países creen que la inversión en innovación es un gasto, no obstante, hay numerosos estudios que demuestran lo contrario. Es cierto que la innovación es uno de los factores que más influyen en el

**Nota 6.** Informes NCCN: [<http://www.nccn.org/>].

**Nota 7.** Informes ECRM: *Impact of cancer research: a study of cancer research reported by the UK's British Broadcasting Corporation (BBC), Impact of Cancer Research: References on UK Cancer Clinical Guidelines, The output of cancer research in the UK and devolved administrations (1995-2004), Cancer Research Centres in Europe and the USA: a comparative study using bibliometrics.*

crecimiento del gasto, sin embargo, también sabemos que la innovación es un agente dinamizador y los países que invierten en I+D+i obtienen mejores resultados. La pregunta que habría que hacerse sobre la investigación no es cuánto cuesta sino cuánto vale. Lo importante son los resultados, por lo tanto, son los resultados de la investigación los que deben ser evaluados para que la inversión de proyectos endebles no frustre la financiación de una investigación más productiva, eficiente y eficaz. Es necesario evaluar la contribución y el impacto de la investigación porque la evaluación constituye un aporte fundamental a los procedimientos de toma de decisiones estratégicas.

## 2. Objetivos

El objetivo principal de este capítulo es el análisis institucional de la investigación sobre el cáncer mediante técnicas bibliométricas. Por tanto, este trabajo responderá, en primer lugar, diversas cuestiones relacionadas con el uso y aplicación de los estudios bibliométricos como herramientas esenciales para la evaluación del rendimiento de la investigación oncológica.

En primer lugar, es preciso establecer la estabilidad, robustez y aplicabilidad de este tipo de análisis, así como la validez de sus indicadores para el propósito descrito. En segundo lugar, y debido a la aparición de nuevas herramientas bibliométricas, bases de datos y nuevos indicadores bibliométricos, es necesario determinar la idoneidad de las herramientas tradicionalmente empleadas en los estudios cuantitativos, con el fin de establecer sus limitaciones y oportunidades. Asimismo, es necesario evaluar en qué medida los resultados podrán verse afectados por la base de datos, los indicadores y las metodologías empleadas. Por lo tanto, las preguntas de investigación que nos planteamos inicialmente para nuestro análisis son dos:

- a) ¿En qué medida son comparables los resultados obtenidos a partir de análisis bibliométricos llevados a cabo en el campo de la oncología con los datos extraídos de la *Web of Science* (WoS)<sup>8</sup>, por un lado, y de Scopus<sup>9</sup>, por otro, en los niveles de revistas y países [15, 16]?

**Nota 8.** WoS: [<http://scientific.thomson.com/products/wos/>].

**Nota 9.** Scopus: [<http://www.scopus.com/scopus/home.url>].

- b) ¿Cuál es la solidez de los *rankings* de las instituciones de investigación basados en indicadores bibliométricos en el campo de la oncología y hasta qué punto son útiles los actuales constructos bibliométricos más populares [17], los clásicos indicadores de visibilidad (factor de impacto) y los nuevos indicadores basados en el peso de las citas, según el estatus de la revista citante (SJR) (15, 16)?

Por último, el propósito final es obtener una descripción fidedigna del rendimiento actual de la investigación oncológica a nivel nacional e internacional basada en las publicaciones científicas con visibilidad internacional. Por consiguiente, las preguntas de investigación planteadas son:

- a) ¿Cuáles son los países e instituciones de investigación con los mejores resultados en oncología durante los últimos diez años, conforme a los datos arrojados por los indicadores bibliométricos [16, 18]?
- b) ¿Cuáles son los resultados de investigación oncológica obtenidos por las principales instituciones españolas de la especialidad en el último lustro, y su comparación con distintos países europeos y las principales instituciones mundiales [18, 3)?

### **3. Material y métodos**

Como ya se ha enunciado, el objetivo principal de este capítulo es el análisis institucional de la investigación oncológica mediante el uso de técnicas y metodologías bibliométricas. Dentro de los análisis cuantitativos sobre ciencia y tecnología, las metodologías bibliométricas se están utilizando cada vez más, tanto por parte de los gobiernos como por sus instituciones.

#### **3.1. Estudios cuantitativos de la ciencia: la bibliometría evaluativa en la oncología**

La bibliometría evaluativa, basada en las publicaciones y su impacto, es un subcampo de los estudios cuantitativos sobre ciencia y tecnología dirigido a la construcción de indicadores para evaluar el rendimiento de la investigación [19]. El impacto de la producción científica se calcula mediante el análisis de citas, que consiste



principalmente en la generación y aplicación de indicadores que miden la calidad de la investigación que se deriva de las citas (véase la tabla 10.1). Cada día son más numerosos y relevantes los ejemplos que confirman el importante papel de las metodologías bibliométricas como herramientas para evaluar el rendimiento de la investigación. Un claro ejemplo lo tenemos en el encargo del *Higher Education Funding Council for England* (HEFCE)<sup>10</sup> al CWTS (*Centre for Science and Technology Studies*) de un proyecto para definir el potencial de las técnicas bibliométricas en el desarrollo de un nuevo marco para la evaluación y la financiación de la investigación: *The Research Excellence Framework* (REF). Está previsto que el REF esté finalizado y pueda ofrecer la información necesaria para asesorar la financiación en investigación, en todos los campos, en 2014. Otro ejemplo son los informes bibliométricos sobre oncología encargados por el ECRM, anteriormente mencionados, o los informes periódicos del *Karolinska Institutet Bibliometrics*. En 2005, la dirección del *Karolinska Institutet*, centro de vanguardia y referencia mundial en la investigación del cáncer, decidió utilizar los estudios bibliométricos como herramienta para convertir la institución en el centro líder de investigación médica en 2010<sup>11</sup>.

A pesar de la reconocida utilidad de las metodologías bibliométricas, éstas no están exentas de debilidades y limitaciones. Sin embargo, si bien los estudios bibliométricos pueden complementarse y sus indicadores pueden combinarse con otro tipo de indicadores, como ocurre con el resto de las disciplinas, la pobreza que algunas críticas atribuyen a la bibliometría es sólo aparente. A primera vista, puede parecer sencillo contar las publicaciones y las citas de un país, y calcular los indicadores del impacto de su producción científica, pero cada ejercicio práctico ha de hacer frente a un número de aspectos cruciales: qué es exactamente lo que ha de contarse, cómo debe contarse, dentro de qué universo se está contando, qué tipo de indicadores deben calcularse y qué aspectos del rendimiento de la investigación reflejan.

**Nota 10.** *The Higher Education Funding Council for England* (HEFCE) se fundó en junio de 1992, en el marco de la Ley de Educación Superior de 1992 (*Further and Higher Education Act 1992*). El Council asumió la responsabilidad en temas de financiar la educación superior en el Reino Unido en 1993. Su función principal es administrar los fondos asignados por el secretario de Estado para la educación. El Council es el encargado de financiar la educación, la investigación y las actividades relacionadas con las universidades y otras instituciones de educación superior.

**Nota 11.** *Karolinska Institutet*: [<http://ki.se/ki/jsp/>].

Además, en el caso que nos ocupa, a la compleja tarea del mapeo de los resultados de la investigación hay que sumarle una dificultad inherente al campo de la oncología, relacionada con la dispersión de sus resultados. Nos encontramos ante una disciplina relativamente nueva, de rápido desarrollo, en el que han sido decisivos, durante la última década, los grandes avances en genética y biología molecular. «Por su propia condición de especialidad polifacética, la oncología médica está muy relacionada con todas las otras especialidades médicas, por un lado, y con otras disciplinas no clínicas por otro, de las cuales dependen cada vez más» [7]. Es una especialidad, por tanto, que se encuentra fuertemente relacionada con otras especialidades tales como la radioterapia, la hematología, la pediatría o la cirugía general, así como con la farmacología, la patología, la biología o la inmunología. «La oncología médica es una de las especialidades clínicas de mayor actualidad por su gran desarrollo y constante evolución en conocimientos y aplicación casi inmediata de los resultados de la investigación. La mayoría de las revistas científicas de cualquier disciplina, tanto clínicas como básicas, incluye siempre en sus números trabajos relacionados directa o indirectamente con la oncología. Asimismo, las revistas de divulgación, periódicos médicos y no médicos aportan diariamente noticias relacionadas con el mundo de la oncología» [7].

La evaluación del rendimiento de la investigación en disciplinas con fronteras difusas, como la oncología, requiere afrontar en primer lugar el tema de la dispersión de los resultados, ya que de la cobertura de los mismos depende la fiabilidad del análisis. La cobertura de los resultados depende, principalmente, de dos aspectos: por un lado, de la cobertura de la disciplina en la base de datos utilizada y, por otro, de la metodología de delimitación de los campos científicos.

Así pues, la elección de la base de datos y de la metodología de delimitación de campos científicos son los primeros aspectos que hay que plantear antes del análisis de los resultados de la investigación en oncología. Durante más de 50 años, el único índice de citas multidisciplinar disponible en el mercado ha sido el *Thomson Reuters*<sup>12</sup> (antes Thomson/ISI). Desde 2004, con la aparición de la nueva base de datos Scopus de Elsevier, ISI ha perdido su monopolio sobre el análisis de citas y se ha hecho necesaria la comparación de las coberturas en

**Nota 12.** *Thomson Scientific:* [<http://scientific.thomson.com/isi/>].

ambas alternativas para determinar qué índice de citas responde mejor como herramienta para la evaluación de la investigación [20, 15, 16].

Por otra parte, las debilidades del también monopolista factor de impacto (FI) de *Thomson Reuters* han llevado a numerosos investigadores a estudiar nuevas posibilidades. En este sentido, el grupo SCImago (SRG)<sup>13</sup> ha desarrollado un nuevo indicador basado en Scopus, el SCImago *Journal Rank* (SJR)<sup>14</sup>, que se fundamenta en la transferencia de prestigio de una revista a otra. Este nuevo indicador, a diferencia del factor de impacto, considera las citas de acuerdo con su peso, haciéndolo depender a su vez del SJR de la revista citante. Este nuevo y potente indicador de impacto de nueva generación ha supuesto una gran aportación con respecto a los indicadores en los últimos años y está siendo utilizado para medir la visibilidad y el impacto de la producción científica en numerosos estudios e informes y originando numerosa bibliografía en todo el mundo<sup>15</sup>. El SJR se ha desarrollado a partir del ampliamente conocido algoritmo PageRank de Google.

### 3.2. Datos, fuentes de información e indicadores calculados

Las principales fuentes de datos y herramientas bibliométricas seleccionadas para nuestro análisis han sido las bases de datos Scopus, la WoS, el portal SCImago *Journal & Country Rank*-(SJR)<sup>16</sup> y el portal SCImago *Institutions Rankings* (SIR)<sup>17</sup>.

Tanto el SJR como el SIR han sido desarrollados por el grupo SCImago con datos de la base de datos Scopus, cuya cobertura actual incluye más de 17.000 publicaciones de investigación, principalmente revistas y actas de congresos, abarcando el rango completo de la investigación académica.

El SCImago *Journal & Country Rank-SJR* es un sistema de información científica de acceso libre que toma su nombre del indicador SJR anteriormente presentado, desarrollado por el SRG a partir de datos Scopus, como ya se ha indicado anteriormente. Esta herramienta es, en

**Nota 13.** El grupo SCImago, [<http://www.scimago.es/>] es un grupo de investigación cuyos miembros trabajan en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y las universidades de Granada, Extremadura, Carlos III de Madrid y Alcalá de Henares, dedicado al análisis, representación y recuperación de la información, utilizando técnicas de visualización. Sus proyectos principales son: el SCImago *Institutions Rankings*-SIR, el SCImago *Journal & Country Rank*-SJR, el *Atlas of Science*, el Ranking Iberoamericano de Instituciones de Investigación-R13, y Mi perfil investigador-MPI.

**Nota 14.** SJR: [<http://www.scimagojr.com/SCImagoJournalRank.pdf>].

**Nota 15.** Información disponible en la sección 'news' en: [<http://www.scimagojr.com/>].

**Nota 16.** SCImago *Journal & Country Rank*-SJR: [<http://www.scimagojr.com/>].

**Nota 17.** SCImago *Institutions Rankings* (SIR): [<http://www.scimagojr.com/>].

parte, análoga al *Journal Citation Report* (JCR) de *Thomson Reuters*. Sin embargo, el SJR, además de incluir indicadores científicos de producción e impacto de las revistas clasificadas por disciplinas, es capaz de generar estadísticas de 233 países de todo el mundo.

El SCImago *Institutions Rankings* (SIR) ha sido la herramienta bibliométrica utilizada para nuestro análisis del desarrollo investigador de los centros nacionales. El SIR es una nueva plataforma presentada recientemente por el SRG que permite generar listados ordenados de las mejores instituciones y organizaciones de investigación de todo el mundo. El *SIR World Report 2009* muestra un *ranking* con más de 2.000 instituciones, entre las que se encuentran organizaciones de más de 80 países de los cinco continentes. El SIR incluye además 27 grandes áreas de conocimiento y 295 categorías. Para el análisis de la producción española sobre el cáncer, se han seleccionado de entre estas últimas las dos que recogen la producción de la especialidad: *Cancer Research* (Investigación oncológica) y *Oncology* (Oncología).

Con la aparición en el mercado de nuevas y más potentes herramientas tales como Scopus, en 2004, el portal SJR en 2007 y el SIR en 2009, en la actualidad es posible complementar los análisis de ámbitos científicos hasta ahora existentes. Este complemento no sólo supone una mayor cobertura de los datos y de los tipos documentales, sino una mejor representación de la actividad científica, ya que no es importante únicamente conseguir una mayor cobertura de las fuentes, sino lograr además una mayor homogeneidad, evitando, en la medida de lo posible, sesgos en términos de disciplinaridad y nacionalidad.

Una vez analizadas las potencialidades, limitaciones y diferencias fundamentales entre los dos índices de citas multidisciplinarios actualmente accesibles, *Web of Science* y Scopus, y decidida la metodología de análisis, el siguiente paso ha sido evaluar qué tipo de indicadores son los más apropiados, y cuáles son sus ventajas y desventajas. La información completa de los indicadores finalmente calculados para la descripción de la investigación de las distintas instituciones españolas con producción en oncología se presenta en la tabla 10.1.

> **Tabla 10.1.** Indicadores bibliométricos calculados en el análisis de las instituciones españolas de investigación del cáncer

Indicador	Qué mide	Descripción técnica
Producción	El número de publicaciones de una institución revela sus resultados científicos y su evolución o tendencia en términos de documentos publicados en revistas científicas. El número de publicaciones de una institución puede verse afectado por factores como su tamaño o su perfil de investigación. Este indicador es la base para el cálculo de otros indicadores más complejos	$Producción = doc_1 + doc_2 + K + doc_n$
Citas	El número de citas recibidas por un agregado es una buena muestra del proceso de uso y consumo de la información. Su evolución dependerá en gran medida de los hábitos de publicación del área analizada. Su utilidad informativa aumenta si se relaciona y/o compara con otros indicadores y dominios	$Citas = n_{cit_1} + n_{cit_2} + \dots + n_{cit_n}$
Citas por doc.	Este indicador muestra la media del impacto científico del output de publicaciones de una institución en términos de citas por documento. Los valores mostrados expresan la media de las citas recibidas por los documentos publicados por la institución en un periodo de tiempo. Los valores dependen de los perfiles investigadores de las instituciones	$Citas\ por\ doc = \frac{Citas}{Producción}$
% Doc. citados	Presenta el porcentaje de documentos citados sobre el total de los producidos. Estima el grado de visibilidad alcanzado por la institución analizada	$\% Doc\ citados = \frac{Doc\ citados}{Producción} \times 100$
SJR normalizado (ASSJR)	Este indicador muestra la media de la importancia de las revistas donde los resultados de la investigación de una institución son publicados. El indicador utilizado para calcular esta media es el SJR ( <a href="http://www.scimagojr.com">www.scimagojr.com</a> ). Un valor mayor a 1 significa que, por término medio, los trabajos de una institución han sido publicados en revistas cuya visibilidad está por encima de la media de su campo científico. Un valor inferior a 1, en cambio, significa que, por término medio, los trabajos de una institución han sido publicados en revistas cuya visibilidad está por debajo de la media de su campo científico	Disponible en: [ <a href="http://www.scimagoir.com/">http://www.scimagoir.com/</a> ]
Citación normalizada (FNC)	Conocido también como crown indicator, este indicador compara el número medio de citas de las publicaciones de un agregado con el número medio de citas de la producción mundial en un mismo periodo y área temática. Se calcula a partir del item oriented field normalized citation score average del <i>Karolinska Institutet</i> sueco, fórmula que permite la normalización de los valores de cita para artículos individuales	$[\bar{c}]_r = \frac{\sum_{i=1}^r c_i}{\sum_{i=1}^r c_i [\mu_r]_i}$
Índice de especialización temática (IET)	Refleja la actividad relativa en un área temática determinada a través del nivel de especialización, entendida como el esfuerzo relativo que la institución desarrolla en una disciplina concreta.	$IET = \frac{Producción_{disciplina}}{Producción_{total}}$

## 4. Resultados

### 4.1. Validez y estabilidad de metodologías, bases de datos, indicadores y rankings

Metodologías. La metodología empleada para la delimitación del campo de la oncología ha superado en gran medida la dificultad de la dispersión de los resultados, debida a su intensa relación con los distintos subcampos médicos, expuesta anteriormente. Nuestro trabajo ha aportado evidencia de que la metodología que proponemos, combinando el uso de las categorías de las revistas especializadas con el análisis de referencias, basándonos en los trabajos de Lewison [13] y Glänzel [12], es de una alta precisión y exhaustividad no sólo en cuanto al número de artículos recuperados, sino también en cuanto al número de temas de investigación recogidos [17]. La alta precisión de la metodología aplicada fue validada mediante el análisis de los descriptores MESH de MEDLINE, y confirmada por expertos en oncología<sup>18</sup>, quienes subrayaron que con la inclusión de los artículos de las revistas adicionales se están recogiendo importantes y actuales temas de investigación oncológica, subrepresentados en las revistas de la especialidad, y que omitir estos artículos en el análisis daría una visión incompleta de la actividad investigadora en la disciplina.

Los resultados obtenidos en el análisis a nivel de países y universidades confirman que los investigadores del sistema oncológico publican en ambos tipos de revistas: al menos un 10% de sus trabajos se publica en revistas generales y entre un 40 y un 50% se publica en revistas de otras especialidades médicas. Otro hallazgo significativo con respecto a la producción en oncología es que el impacto de la cita de los artículos oncológicos publicados en las revistas generales es un 60% más alto que el impacto alcanzado por los artículos publicados en las revistas de la especialidad [18].

Bases de datos. Con respecto al análisis comparativo de las dos bases de datos multidisciplinares existentes en el mercado, la *Web of Science* (WoS) de *Thomson Reuters* y Scopus, los resultados muestran que todas las revistas sobre cáncer recogidas en la WoS (126) están indexadas también en Scopus, y que Scopus recoge además un importante número de revistas adicionales no incluidas en la WoS (106), con lo cual Scopus prácticamente duplica la cobertura de la WoS en el campo

de la oncología [15]. Es importante además subrayar el hecho de que la WoS no incluye ninguna revista española en oncología mientras que Scopus recoge tres, lo cual hace prever que a largo plazo aumentarán las citas, incrementando la visibilidad de España en el campo de la oncología [16].

Indicadores. En lo relativo a la correlación entre el clásico indicador FI y el SJR, en oncología los resultados han mostrado una alta correlación ( $R_s$  Spearman = 0,93), mucho más elevada que la correlación resultante de comparar todos los campos ( $R_s$  = 0,69). A pesar de la alta correlación en oncología, los efectos de la ponderación de las citas con este nuevo indicador son claramente visibles y evidenciados por las diferencias de ordenación encontradas en los *rankings* de las revistas oncológicas con cada uno de los indicadores de impacto.

Rankings. Los resultados derivados de nuestro análisis de *rankings* revelan que en el *ranking* de universidades europeas destacan los países en los que la mayor parte de la investigación en oncología se lleva a cabo en las universidades, y que países como Francia o España, con importantes centros de investigación oncológica fuera del sistema universitario, han visto afectadas sus posiciones en los *rankings* por este hecho. Consecuentemente, los resultados sólo pueden ser interpretados correctamente cuando se tienen en consideración aspectos relativos tanto a la organización de la investigación como a la estructura del sistema académico nacional en el que se integran [3, 25].

Con respecto al *ranking* de universidades basado en las puntuaciones bibliométricas obtenidas en oncología, se ha demostrado que los *rankings* de universidades en un campo de investigación concreto difieren de los obtenidos por esas mismas instituciones teniendo en cuenta el conjunto de su producción. Pero esta variabilidad no es evidente si se emplean exclusivamente indicadores que miden el número total de artículos publicados o el impacto normalizado de la producción total de la institución. Asimismo, se ha comparado el grado de concentración entre las instituciones especializadas en oncología (calculando el índice de concentración de Pratt) con el rendimiento global de su investigación. El índice de correlación obtenido en esta materia es muy bajo, a diferencia de los resultados obtenidos en análisis similares en otros campos, lo que indica que no existe una relación clara entre estas dos variables y que la relación entre el grado de concentración de los sistemas académicos de investigación y su rendimiento es compleja.

#### 4.2 Producción científica de los países y de las instituciones

La comparación de los resultados de la investigación oncológica en España con la llevada a cabo en los países europeos y no europeos más representativos, ha sido realizada teniendo en cuenta los aspectos anteriormente expuestos, la variabilidad y la dependencia de los resultados con respecto a las herramientas bibliométricas utilizadas.

Hemos observado que la emergencia de los países asiáticos en el campo de la oncología, en relación con las revistas incluidas en la WoS, ha desplazado a las publicaciones de Europa con mayor intensidad que a las publicaciones de EEUU. Nuestro estudio basado en la WoS ha revelado que Alemania es la principal productora de artículos en 2006, seguida del Reino Unido, Italia, Francia, Holanda y España. Durante el periodo 2000-2006 España muestra un aumento anual de la media de artículos publicados del 8% (mundo 5%), y un aumento del impacto de cita relativo del 2,9%. Su factor de impacto relativo de cita real de los artículos publicados en 2004 y citados durante 2004-2006 es de 1,0 (tabla 10.2).

> **Tabla 10.2.** Indicadores bibliométricos básicos por países [12]

C. ISO	País	Artículos publicados			Impacto relativo cita real (RACI)			Factor de impacto relativo revista (RJIF)		
		Nº artículos en 2006	Ranking 2006	TMCA* 2000-2006	RACI 2004/6	Ranking 2004/6	TMCA 2000/2 - 2004/6	RJIF 2006	Ranking 2006	TMCA 2000-2006
AT	Austria	719	10	4,8	1,0	10	1,5	1,1	5	1,7
BE	Bélgica	889	8	5,2	1,3	3	1,8	1,2	1	2,4
DK	Dinamarca	599	11	6,8	1,4	1	0,2	1,1	3	0,1
FI	Finlandia	572	12	2,0	1,0	11	-8,5	1,1	9	-2,5
FR	Francia	3.044	4	3,4	1,1	8	1,4	1,1	10	0,2
DE	Alemania	4.818	1	4,6	1,1	9	2,2	1,0	13	1,6
EL	Grecia	776	9	11,9	0,7	16	4,1	0,7	16	1,1
IE	Irlanda	246	14	12,7	0,8	15	-4,4	1,0	14	0,4
IT	Italia	3.869	3	5,5	1,0	12	2,6	1,1	8	1,1
LU	Luxemburgo	13	16	9,4	0,9	13	11,2	1,1	4	7,6



Tabla 10.2. (Continuación)

C. ISO	País	Artículos publicados			Impacto relativo cita real (RACI)			Factor de impacto relativo revista (RJIF)		
		Nº artículos en 2006	Ranking 2006	TMCA* 2000-2006	RACI 2004/6	Ranking 2004/6	TMCA 2000/2 - 2004/6	RJIF 2006	Ranking 2006	TMCA 2000 - 2006
NL	Holanda	1.904	5	4,3	1,4	2	2,8	1,2	2	0,3
NO	Noruega	534	13	8,2	1,2	5	0,9	1,0	12	1,2
PT	Portugal	187	15	13,9	0,9	14	7,6	0,9	15	-0,1
ES	España	1.545	6	8,2	1,1	6	6,2	1,0	11	2,9
SE	Suecia	1.291	7	4,4	1,1	7	2,2	1,1	7	0,1
UK	Reino Unido	4.349	2	3,1	1,3	4	2,5	1,1	6	0,4
	UE15+	21.317		3,9	1,0		0,7	1,0		0,6
CN	China	2.608		22,6	0,7		4,8	0,8		3,7
IN	India	842		14,3	0,5		10,7	0,6		4,8
JP	Japón	5.637		0,2	0,7		0,3	0,8		0,0
KR	Corea del Sur	1.596		17,5	0,8		1,5	0,8		0,1
US	EEUU	22.351		5,2	1,4		-0,5	1,2		-0,5
	Total mundo	57.242		4,9	1,0		0,0	1,0		0,0

\*TMCA: tasa media de crecimiento anual. Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

Por otra parte, ha resultado que los países científicamente más desarrollados, que publican principalmente en revistas internacionales en lengua inglesa, apenas han visto afectadas sus posiciones en los *rankings* de citas por la inclusión de las revistas adicionales de Scopus con pocas citas. No es así en el caso de España, donde su participación en Scopus es un 10% mayor que en la WoS en cuanto al número de documentos publicados; sin embargo, su impacto se ha visto sustancialmente reducido en el *ranking* de Scopus.

Nuestros análisis han demostrado que los resultados de los análisis bibliométricos dependen de las metodologías aplicadas y que los indicadores bibliométricos, si se diseñan y calculan correctamente, pueden llegar a ser de gran utilidad, aunque su aplicación e interpretación debe ser cuidadosamente abordada [23].

### 4.3 Principales instituciones españolas en investigación oncológica

Este apartado mostrará los resultados de investigación de las instituciones españolas más activas en el ámbito oncológico, poniendo especial atención en los datos relativos tanto a producción como a visibilidad esperada y observada alcanzada por dicha producción durante el periodo 2003-2007.

> **Tabla 10.3.** *Indicadores básicos de producción y visibilidad de instituciones españolas en investigación del cáncer (>100 documentos). 2003-2007*

Posición	Institución	Prod.	Ci-tas	Citas por doc.	% Doc. cit.	NC	IET
1	Institut Català d'Oncologia	288	12.606	43,77	88,54	1,86	69,06
2	Instituto de Salud Carlos III	268	11.445	42,71	93,28	1,81	30,32
3	Consejo Superior de Invest. Cient.	263	9.648	36,68	93,16	1,38	4,58
4	Centro Nacional de Invest Oncológicas	253	10.877	42,99	93,28	1,97	45,34
5	Hospital Clinic Barcelona	209	7.923	37,91	91,39	1,42	32,35
6	Univ Autónoma Madrid	199	7.276	36,56	88,44	1,28	11,04
7	Hospital Vall d'Hebrón	165	8.434	51,12	88,48	2,11	35,03
8	Universidad de Barcelona	165	5.810	35,21	92,12	1,25	7,94
9	Universidad de Navarra	139	4.377	31,49	92,09	1,24	27,47
10	Hospital La Paz	124	4.257	34,33	84,68	1,31	34,44
11	Hospital Sta. Creu i Sant Pau	114	4.027	38,04	87,72	1,34	31,40
12	Universidad de Salamanca	113	3.460	30,62	96,46	1,37	17,30
13	Institut d'Investigació Biomèdica Bellvitge	111	2.996	26,99	60,29	1,31	25,52
14	Universidad Autónoma de Barcelona	111	3.293	29,67	86,49	1,15	8,34
15	Complejo Hospitalario de Salamanca	107	3.795	35,47	91,59	1,65	58,47
16	Hospital Universitario Germans Trias i Pujol	107	4.336	40,52	85,98	1,58	54,87

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

> **Tabla 10.4.** Indicadores básicos de producción y visibilidad de instituciones españolas en oncología (>100 documentos). 2003-2007

Posición	Institución	Prod.	Ci-tas	Citas por doc.	% Doc. cit.	NC	IET
1	Institut Català d'Oncologia	302	11.898	39,40	85,76	1,91	72,42
2	Instituto de Salud Carlos III	192	6.451	33,60	85,94	1,52	29,72
3	Consejo Superior de Invest. Cient.	177	7.637	43,15	90,4	2,13	20,02
4	Centro Nacional de Invest Oncológicas	170	7.979	46,94	85,29	2,2	36,09
5	Hospital Clinic Barcelona	167	5.449	32,63	89,22	1,53	2,91
6	Univ Autónoma Madrid	158	7.278	46,06	92,41	2,37	28,32
7	Hospital Vall d'Hebrón	152	2.526	16,62	48,68	0,95	64,96
8	Universidad de Barcelona	147	4.223	28,73	85,71	1,31	7,07
9	Universidad de Navarra	135	3.969	29,40	84,44	1,34	7,49
10	Hospital La Paz	123	3.434	27,92	78,86	1,34	34,17
11	Hospital Sta. Creu i Sant Pau	121	3.839	31,73	81,82	1,61	62,05
12	Universidad de Salamanca	112	1.814	16,20	69,64	0,79	60,54
13	Institut d'Investigació Biomèdica Bellvitge	111	1.260	11,35	48,65	0,62	32,74
14	Universidad Autónoma de Barcelona	108	3.220	29,81	87,04	1,27	29,75
15	Complejo Hospitalario de Salamanca	108	3.180	29,44	75,93	1,26	41,06
16	Hospital Universitario Germans Trias i Pujol	107	1.666	15,57	57,94	1,33	24,60

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

Las tablas 10.3 y 10.4 recogen los indicadores básicos de las instituciones españolas con al menos 100 documentos en cada una de las dos categorías analizadas: *Cancer Research* (investigación del cáncer) y *Oncology* (oncología).

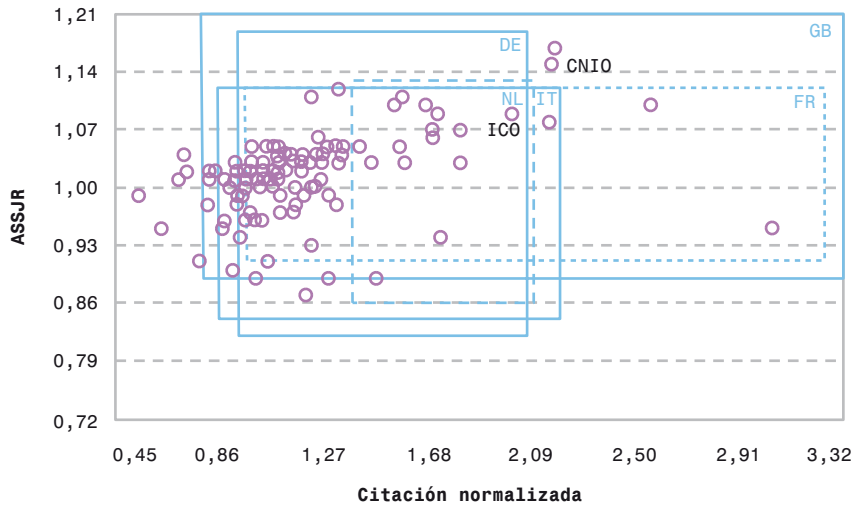
Los centros de investigación en oncología y los institutos multidisciplinarios presentan aportaciones similares, con independencia de la categoría. Es precisamente uno de los centros especializados, el Institut Català d'Oncologia (ICO) el que ocupa el primer puesto en ambas especialidades si atendemos a la producción absoluta. Se

trata de un centro de atención oncológica integral, que asume todos los elementos y esfuerzos para la lucha efectiva y eficiente contra el cáncer en una misma organización. Es una empresa pública sin ánimo de lucro, adscrita al Servei Català de la Salut. Ofrece servicios coordinados de diagnóstico, tratamiento, prevención, investigación y formación [<http://www.iconcologia.net/>]. Le siguen el Instituto de Salud Carlos III, organismo público de investigación y apoyo científico nacional adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación, que tiene la responsabilidad de fomentar la investigación en biomedicina y ciencias de la salud [<http://www.isciii.es/>]; el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), agencia estatal y organismo público de investigación de carácter multidisciplinar más importante de España, con implantación en todas las comunidades autónomas gracias a su red de centros (126) y unidades asociadas (145) [<http://www.csic.es/>]; el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO), integrado desde 2008 en el Ministerio de Ciencia e Innovación, centro integral de investigación del cáncer. Su misión esencial es desarrollar investigación de excelencia y ofrecer tecnología innovadora en el ámbito del cáncer al Sistema Nacional de Salud y al sistema nacional de ciencia e innovación. Sus principales líneas de investigación se enmarcan dentro del análisis estructural de moléculas, los cultivos celulares, la microscopía, las últimas tecnologías disponibles en el campo de la citogenética, la genómica funcional o la generación de ratones transgénicos [<http://www.cnio.es/>]; y el Institut d'Investigació Biomèdica Bellvitge, fundación de investigación con entidad jurídica propia resultante del cambio de denominación de la antigua Fundació August Pi i Sunyer. Entre los proyectos de investigación en curso se encuentran el estudio de la epigenética del cáncer, la biología de células madre y la identificación de los genes responsables del cáncer [<http://www.idibell.cat/>].

La distribución de los institutos de investigación nacionales según su visibilidad esperada (ASSJR) y observada (citación normalizada) permite dar un paso más en la comparación nacional, e incluso trasladarla al ámbito europeo. Los rectángulos del gráfico 10.1 muestran los rangos en los que se distribuyen las instituciones equivalentes en los cinco países que superan a España en producción oncológica, identificados con las iniciales del país en la esquina superior derecha: Reino Unido (GB), Francia (FR), Alemania (DE), Italia (IT) y Holanda (NL). De esta manera, resulta sencillo y rápido comprobar las

posiciones destacadas del CNIO y del ICO, no sólo en el nivel nacional, sino en el contexto europeo, evidenciando su potencial competitivo internacional. El CNIO es el centro con el mayor impacto esperado de su sector en España, y quinto de Europa, superado por tres centros británicos y uno alemán. Ocupa el cuarto puesto nacional en visibilidad observada y el décimo en Europa, por detrás de cuatro centros británicos y dos franceses.

> **Gráfico 10.1.** Instituciones españolas de investigación según ASSJR y citación normalizada. 2003-2007



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

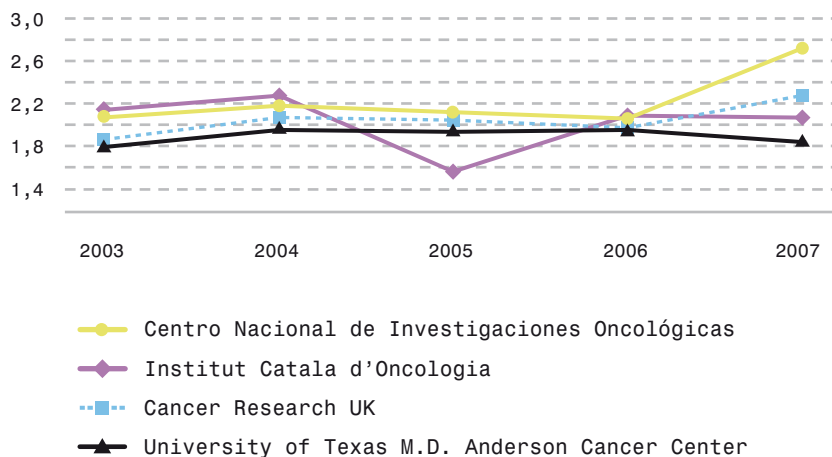
Extendiendo la comparación del impacto observado al ámbito internacional, y referido a centros especializados en oncología, los resultados siguen poniendo de relieve la importante visibilidad de los trabajos de investigación desarrollados en el CNIO y el ICO en la escena internacional. En el gráfico 10.2 el CNIO obtiene el mejor valor de citación normalizada en 2007. Le siguen el Cancer Research del Reino Unido, el ICO y el centro MD Anderson de la Universidad de Texas, en Houston.

En España existen además otros centros<sup>19</sup> dedicados a la investigación oncológica de alta calidad, independientemente de la posición

**Nota 19.** El Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CBMSO) [<http://www2.cbm.uam.es/>], el Centro de Regulación Genómica (CRG)-Fundació Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona (PRBB) [<http://www.prbb.org/>], el Institut de Recerca Oncològica [<http://www.iro.es/>], el Instituto Canario de Investigación del Cáncer [<http://www.icic.es/>], el Instituto

que ocupen en el *ranking* de los más productivos, dado que, como ya se ha indicado, el tamaño de la institución influye en el volumen de publicaciones. Con ese mismo objetivo trabajan también diversas fundaciones y asociaciones<sup>20</sup>, así como organismos públicos de gestión<sup>21</sup> y distintas redes de investigación<sup>22</sup>.

> **Gráfico 10.2.** *Citación normalizada comparada de instituciones internacionales. 2003-2007*



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

de Investigaciones Biomédicas de Barcelona [<http://www.iibb.csic.es/>] y el Instituto Universitario de Oncología del Principado de Asturias [<http://www.uniovi.es/Oncologia/>].

**Nota 20.** Asociación Española de Investigación sobre el Cáncer [<http://www.onco.net/aseica/>], Asociación Española de Radioterapia y Oncología [<http://www.aero.es/>], Fundación Española para Investigación y Formación en Oncología [<http://www.fundacion-fifo.org/>], Grupo Español de Cáncer de Pulmón [<http://www.gecp.org/>], Grupo Español de Investigación de Sarcomas [<http://www.grupogeis.org/>], Sociedad Española de Anatomía Patológica [<http://www.seap.es/>], Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM) [<http://www.seom.org/>], Unión Internacional contra el Cáncer [<http://www.uicc.org/>], European Association of Cancer Research [<http://www.eacr.org/>], European Society for Medical Oncology [<http://www.esmo.org/>], Federation of European Cancer Societies [<http://www.fecs.be/emc.asp>], American Association for Cancer Research [<http://www.aacr.org/>], American Society of Clinical Oncology [<http://www.asco.org/>].

**Nota 21.** Estudio de mortalidad en España [<http://cne.isciii.es/ariadna.php>], European Union Programmes [<http://cordis.europa.eu/es/home.html>], Madri+d: sistema regional de innovación y promoción tecnológica [<http://www.madrimasd.org/>], ONCOLINK [<http://www.oncolink.upenn.edu/>].

**Nota 22.** Red Temática de Investigación Cooperativa de Centros de Cáncer (RTICCC) [<http://www.rticcc.org/>], Catalogue Of Somatic Mutations In Cancer [<http://www.sanger.ac.uk/genetics/CGP/cosmic/>], EUMORPHIA [<http://www.eumorphia.org/>].

## 5. Discusión y conclusiones

### 5.1. Situación de la investigación oncológica en España

Durante los últimos años, la investigación oncológica en nuestro país se ha situado entre las mejores de Europa. Nuestros resultados sobre el análisis de la investigación oncológica en Europa, publicados en el *European Journal of Cancer*, sitúan a España en la sexta posición en cuanto a producción científica, por detrás de Alemania, Italia, Reino Unido, Francia y Holanda. España presentó un aumento anual de la media de artículos publicados del 8%, muy por encima de la media mundial (5%), y con un impacto de cita relativo del 2,9 % (tabla 10.2).

Estos resultados son aún más alentadores si tenemos en cuenta la situación de partida de la investigación en España pocos años atrás. En la I Jornada Técnica de la Estrategia sobre Cáncer del Sistema Nacional de Salud (SNS) [24] se presentaba la situación de partida de la investigación sobre el cáncer en España: bajo nivel de financiación, escasa masa crítica investigadora, atomización de los grupos de trabajo, falta de personal técnico, ausencia de carrera investigadora profesional, carencias en la transferencia tecnológica, falta de conexión entre la investigación básica, la clínica, la epidemiológica y la traslacional del cáncer, y desconexión entre la ciencia y la sociedad, que no percibe la necesidad de la investigación.

Se plantean como soluciones consensuadas, tanto por la comunidad científica biomédica del SNS como por la Administración, la investigación cooperativa, multidisciplinar y multicéntrica, con criterios de excelencia. Para ello, se establecen una serie de requisitos: máxima productividad científica, medida por criterios objetivos, máxima competitividad entre grupos investigadores, en igualdad de condiciones, aportación económica significativa, realista y acorde con los objetivos planteados, sistema de evaluación por pares para determinar el grado de cumplimiento de los objetivos. Los modelos de referencia fueron los centros europeos tanto públicos como privados, y el *Comprehensive Cancer Center* norteamericano (*Cancer Centers Network del National Cancer Institute*). Los objetivos priorizados fueron dos: la potenciación de redes de centros y/o grupos de excelencia en investigación oncológica interconectados de manera coordinada y cooperativa, y la creación y consolidación de grupos de investigación estables, sólidos y con suficiente masa crítica.

El Instituto de Salud Carlos III puso en marcha varias redes temáticas de investigación cooperativa en el periodo 2003-2006: una Red Temática de Investigación de Centros de Cáncer, RTICCC y trece Redes de Grupos en temas relacionados con la oncología. En el periodo 2007-2011 están previstas RETICS (Redes temáticas de Grupos) y CIBER (Centros de Investigación Biomédica en red). Además, se pretende fomentar la asociación entre los hospitales universitarios del SNS y universidades, OPI y otros organismos públicos y privados de investigación mediante los programas de los institutos de investigación sanitaria (IIS), y de esta manera contribuir a dotar de fundamento científico las distintas políticas del SNS, potenciando preferentemente la investigación traslacional. Los hospitales universitarios serán los encargados de constituir el núcleo básico de los institutos de investigación resultantes de dicha asociación.

Por su parte, las estrategias propuestas para la futura investigación oncológica cooperativa son dos: la evaluación científica continuada y la estabilización de una estructura de investigación en red a largo plazo, capaz de aprovechar los modelos y experiencias válidas. Entre los ejemplos de buenas prácticas, se encuentran los distintos grupos cooperativos en oncología y los programas del NCI estadounidense [24].

Por lo que respecta al análisis institucional de las principales organizaciones nacionales con elevada producción, lo primero que llama la atención es la mayor representatividad del sector hospitalario en trabajos publicados en revistas encuadradas en la especialidad de oncología, con más del 56%, frente al 37,5% en investigación sobre el cáncer. En sentido inverso, las universidades representan más del 31% en investigación sobre el cáncer, mientras que reducen su participación al 12,5% en la especialidad oncológica. Aunque las conclusiones basadas exclusivamente en valores bibliométricos son siempre aventuradas, se aprecia una predilección de la academia por revistas incluidas en la especialidad de cáncer, mientras que la clínica se inclina en su mayoría por las incluidas en oncología.

En este mismo sentido, y aunque su representatividad permanece invariable en ambas especialidades, tanto los centros de investigación especializados como los generalistas se ven afectados por la publicación en una u otra especialidad. Sus posiciones por producción en el listado de investigación oncológica son mejores que las obtenidas en oncología.



Por otro lado, en investigación oncológica, el ICO presenta una incuestionable hegemonía en el conjunto de indicadores. Ocupa la primera posición en producción absoluta, citas y especialización, el segundo lugar en citas por documento y el tercero en citación normalizada. En oncología, sin embargo, mantiene el primer puesto en producción, citas y especialización, pero no aparece entre los tres primeros en el resto de los indicadores. Por su parte, el CNIO muestra un patrón más estable, independientemente de la especialidad y de la producción absoluta. Aunque es la cuarta institución en cáncer y la sexta en oncología según este último indicador, es la segunda en citación normalizada y en porcentaje de documentos citados, y la tercera en citas y citas por documento en cáncer. En oncología ocupa la primera posición en producción citada y citación normalizada, y la segunda en citas por documento.

Del resto de las instituciones, sólo el Hospital Vall d'Hebrón obtiene valores homogéneos en ambas especialidades, más marcados en oncología, tal y como se ha señalado anteriormente. Es el primero en citación normalizada y citas por documento en cáncer; el primero en citas por documento y el segundo en citas y citación normalizada en oncología.

En definitiva, y a pesar de la elevada especialización del ICO y de diversos hospitales (Salamanca y Trias i Pujol en cáncer, y San Carlos y, de nuevo, Trias i Pujol en oncología), son CNIO y Vall d'Hebrón las instituciones que destacan en cuanto a la visibilidad observada de sus trabajos con independencia de la especialidad. Y ese impacto es aún más marcado y meritorio si se tiene en cuenta la reducida especialización de ambos centros en las dos especialidades analizadas, o lo que es lo mismo, que el foco de sus investigaciones no se centra con la misma exclusividad que otras instituciones en la publicación en revistas del ámbito oncológico.

Asimismo, el papel de los centros españoles de investigación oncológica es muy destacado en comparación con algunos de los más prestigiosos del panorama internacional, especialmente en citación normalizada. También en este aspecto el CNIO presenta una evolución más homogénea y positiva que el ICO en el lustro analizado.

Los análisis llevados a cabo ponen de manifiesto que, a pesar de que la necesidad de los responsables políticos y el público en general de obtener información sobre la calidad de la investigación científica de sus instituciones sea legítima, la calidad de la investigación

científica no es algo que pueda ser medido con la misma facilidad que otros aspectos sociales. Los *rankings* son, en cierto sentido, unidimensionales: las entidades se ordenan de forma descendente conforme a sus puntuaciones en una estadística concreta, aunque dicha estadística sea el resultado de la ponderación de una serie de parámetros. Los *rankings* ignoran las relaciones entre entidades, en concreto cómo dependen los resultados de una entidad de los resultados de las otras. De ahí que la selección de las metodologías, fuentes de datos, indicadores e interpretación de los resultados sea crucial.

### **5.2. El futuro de la investigación oncológica**

Para EEUU, el cáncer en otros países es un reto, no sólo humanitario sino también diplomático, y una magnífica oportunidad para aprender sobre la interacción entre genes y entornos. El director del NIH, el Dr. Francis Collins, ha declarado recientemente que su país está siendo últimamente identificado como «a soldier to the world» («un soldado para el mundo»), y que utilizar el conocimiento científico para mejorar la salud global será una muestra de *soft power* y demostrará que los Estados Unidos pueden ser también «a doctor to the world» («un médico para el mundo») [21].

Casi dos generaciones han pasado desde que el gobierno de los EEUU proclamara la guerra contra el cáncer (*War on Cancer*) en su ley nacional del cáncer. Desde entonces, han sido muchos los logros conseguidos, sobre todo a partir de la alianza internacional para unir fuerzas desde los diferentes países [10]. Sin embargo, es mucho lo que todavía queda por conseguir y aunque EEUU puede llegar a constituir casi un tercio de la financiación global y algunos representantes políticos asuman que la financiación para la investigación del cáncer está concentrada en EEUU, los datos indican que esto no es así, que el esfuerzo ha de ser un esfuerzo global. Ningún país o financiador tiene el monopolio en la misión de combatir el cáncer [8].

En la actualidad, el Instituto Nacional del Cáncer (NCI) ha reconocido esta enfermedad como una crisis global, cuyo impacto personal y económico se está expandiendo rápidamente en todo el mundo. No obstante, la distribución de su impacto no es homogénea: el 63% de los casos de cáncer se dan en los países menos desarrollados. Según el NCI, el número de cánceres nuevos diagnosticados en el mundo este año será de 13 millones, en el año 2030 será de 27 [22] y para 2050 se esperan más de 16 millones de muertes al año [1], a pesar de que hasta

un 80% de estas muertes podrían evitarse [2]. Pero toda predicción es un intento de adivinar el futuro basándose en hechos pasados y, por lo tanto, siempre es vulnerable al nuevo conocimiento. Sabemos que «la investigación de hoy es la medicina de mañana», debemos exigirnos un mayor esfuerzo y compromiso en investigación, es aquí donde el final del cáncer comienza.

«We are continually faced with great opportunities which are brilliantly disguised as unsolvable problems.»

Margaret Mead.

## Referencias

- [1] Ahmedin, M. *et al.* (2008): «Global Cancer Incidence (surveillance, epidemiology, and end results database)», en DeVita; Hellman; Rosenberg (eds.), *Cancer Principles & Practice of Oncology* (8ª ed.), Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- [2] Doll, R.; Peto. R. (1981): «The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today», *Journal of the National Cancer Institute*, 66, p. 1191.
- [3] Calero-Medina, C.; López-Illescas, C.; Visser, M. S.; Moed, H. F. (2008): «Important factors to be considered in the interpretation of bibliometric rankings of world universities: an example in the field of oncology», *Research Evaluation*, 17 (1), pp. 71-81.
- [4] Cambrosio, A. *et al.* (2006): «Mapping the emergence and development of translational cancer research», *European Journal of Cancer*, 42, pp. 3.140-3.148.
- [5] Cami, J. (2002): «En el país de las políticas públicas a destiempo», *Qark*, 22-23, pp. 2-10.
- [6] Cordón-Cardó, C.; Salas, M.; López-Otín, C. (2007): «Hay que trasladar a la cama del enfermo los resultados de laboratorio», en [http://www.eldiariomontanes.es/prensa/20070724/cantabria/trasladar-cama-enfermo-resultados\\_20070724.html](http://www.eldiariomontanes.es/prensa/20070724/cantabria/trasladar-cama-enfermo-resultados_20070724.html), *El Diario Montañés*, 24 julio 2007.
- [7] Cortés-Funes, H. (2009): «La oncología médica: objetivos, logros y futuro», en Cortés-Funes, H., Colomer-Bosch, R. (eds.), Alba-Conejo, E.; Díaz-Rubio, E.; González-Barón, M.; Guillén-Porta, V.; Taberner-Caturra, J. (coeds.); Trigo-Pérez, J. M. (coord.), *Tratado de Oncología*, Publicaciones Permanye, Barcelona.
- [8] Eckhouse, S.; Lewison, G.; Sullivan, R. (2007): «Investment and Outputs of Cancer Research: from the Public Sector to Industry», *The Second Cancer Research Funding Survey*, ECRM.
- [9] Eckhouse S.; Sullivan, R. (2006): «A Survey of Public Funding of Cancer»,

*First European Cancer Research Funding Survey*, ECRM.

- [10] Economist Intelligent Unit (2009): «Breakaway: The Global Burden of Cancer—Challenges and Opportunities: A report from the Economist Intelligence Unit », en <http://livestrongblog.org/GlobalEconomicImpact.pdf>.
- [11] FESEO, Comisión Nacional de la Federación de Sociedades Españolas de Oncología (2002): *Tercer libro blanco de la oncología en España*, Ergón S.A., Madrid-Majadahonda.
- [12] Glänzel, W.; Schubert, A.; Schoepflin, U.; Czerwon, H. J. (1999): «An item-by-item subject classification of papers published in multidisciplinary and general journals using reference analysis», *Scientometrics*, 44, pp. 427-439.
- [13] Lewison, G. (1996): «The definition of biomedical research subfields with title keywords and application to the analysis of research outputs», *Research Evaluation*, 6, pp. 25-36.
- [14] Lewison, G. (2008): «A Bibliometric Approach to the Outputs and Funding of Cancer Research», ECRM Secretariat.
- [15] López-Illescas, C.; Moya-Anegón, F.; Moed, H. F. (2008a): «Coverage and citation impact of oncological journals in the Web of Science and Scopus», *Journal of Informetrics*, 2 (4), pp. 304-316.
- [16] López-Illescas, C.; Moya-Anegón, F.; Moed, H. F. (2009): «Comparing bibliometric rankings derived from the Web of Science and Scopus: The effect of poorly cited journals in oncology», *Journal of Information Science*, 35 (2), pp. 244-256.
- [17] López-Illescas, C.; Noyons, E. C. M.; Visser, M. S.; Moya-Anegón, F.; Moed, H. F. (2009): «Expansion of scientific journal categories using reference analysis: How can it be done and does it make a difference?», *Scientometrics*, 79 (3), pp. 473-490.
- [18] López-Illescas, C.; Moya-Anegón, F.; Moed, H. F. (2008b): «The actual citation impact of European oncological research», *European Journal of Cancer*, 44, pp. 228-236.
- [19] Moed, H. F. (2005): *Citation Analysis in Research Evaluation*, Springer, Dordrecht.
- [20] Moya-Anegón, F.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Vargas-Quesada, B.; Corera-Álvarez, E.; Muñoz-Fernández, F. J.; González-Molina, A.; Herrero-Solana, V. (2007): «Coverage analysis of Scopus: a journal metric approach», *Scientometrics*, 73 (1), pp. 53-78.
- [21] National Cancer Institute (2009<sup>a</sup>): <http://www.cancer.gov>.
- [22] National Cancer Institute (2009<sup>b</sup>): NCI. Cancer Bulletin, 6 (19).
- [23] Perianes-Rodríguez, A.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Vargas-Quesada, B.; Olmeda-Gómez, C.; Moya-Anegón, F. de (2009): «Synthetic hybrid indicators based on scientific collaboration to quantify and evaluate individual research results», *Journal of Informetrics*, 3 (2), pp. 91-101.
- [24] Santos, E. (2007): «Situación de la investigación del cáncer en España. I Jornada Técnica de la “Estrategia en cáncer del SNS”, Red Temática de Investigación Cooperativa en Cáncer (RTICC).

- [25] Sanz-Menéndez, L.; Cruz-Castro, L. (2007): «New Legitimation Models and the Transformation of the Public Research Organizational Field», *International Studies of Management and Organization*, 37 (1), pp. 27-52.



# *Producción científica en Ciencia de los Materiales*

> **M.<sup>a</sup> Eugenia Espinosa Calvo**

Grupo Scimago

> **Vicente P. Guerrero Bote**

Universidad de Extremadura

Departamento de Información y Comunicación y Grupo Scimago

## ***1. Introducción***

Aunque quizás no reciban la importancia que verdaderamente tienen, los materiales siempre han resultado centrales para el crecimiento, la prosperidad, la seguridad y la calidad de vida de los humanos [19]. Decimos que siempre han sido centrales porque la evolución de las sociedades siempre ha estado íntimamente vinculada a la capacidad que han tenido sus miembros para producir y conformar los materiales necesarios para satisfacer sus necesidades. De hecho, si hacemos memoria, las primeras civilizaciones son conocidas por el material que usaban (por ejemplo, Edad de Piedra, Edad de Bronce, etc.), aunque éstas sólo tuvieron acceso a los materiales presentes en la naturaleza: piedra, madera, arcilla, cuero, etc. Pero, gracias a la investigación, se han descubierto nuevas técnicas para producir materiales con nuevas propiedades superiores a las de los naturales.

Basta comparar cómo eran muchos de los utensilios del día a día hace menos de veinte años y cómo son ahora para darse cuenta de que nuestras vidas han cambiado al compás marcado por la aparición de

muchos de estos nuevos materiales. Algunos ejemplos los encontramos en las prestaciones de muchos de los dispositivos que hacen más fácil y satisfactoria nuestra vida diaria, en nuestras cocinas, salones, dormitorios, etc., con propiedades y comportamientos hasta hace unos años insospechados. Incluso aceptamos en nuestro propio cuerpo, en unas ocasiones con resignación y en otras por estética, la presencia de materiales fabricados por el hombre (biomateriales), que nos permiten seguir disfrutando de una buena calidad de vida o de un aspecto más saludable [22].

Por ello, la Ciencia de los Materiales es una de las ramas que más influye en la prosperidad de las naciones más desarrolladas junto con la Tecnología de la Información y la Biotecnología. Las tres inciden claramente en el crecimiento económico de las sociedades más avanzadas [6]. Incluso, con el desarrollo de los nuevos sistemas económicos, el mundo seguirá dependiendo de una serie de servicios que requieran de productos físicos, por lo que siempre se necesitarán los materiales. Además, la Ciencia de los Materiales posibilita a las otras dos tecnologías nombradas ser un factor clave para crear salud, bienestar y empleo. Comprender los materiales, los convierte en medios indispensables para nuestro desarrollo y bienestar.

No cabe duda de que la Ciencia de los Materiales está en pleno auge y prueba de ello es el premio Príncipe de Asturias 2008 a la Ciencia, que fue otorgado a cinco investigadores en nanotecnología. El campo de las nanotecnologías en el que trabajan estos científicos supone una «revolución sin precedentes... de trascendental importancia para el futuro de la Humanidad», según resaltaba el documento elaborado por la Fundación Príncipe de Asturias.

Por todo ello, el objetivo general de nuestro estudio es analizar la producción científica de la Ciencia de los Materiales en España respecto al mundo y a los países más desarrollados a nivel mundial. Todo ello, mediante la aplicación de indicadores bibliométricos tanto cuantitativos como cualitativos, con el fin de obtener un estudio descriptivo, facilitando así el entendimiento de la evolución de esta ciencia en nuestro país, y observar de este modo cómo se encuentra en el área con respecto a los países más desarrollados.

Además, este tipo de estudios destaca en importancia porque nos revela el volumen, impacto, visibilidad, esfuerzo, colaboración, etc., de un área concreta o del conjunto en general. Sobre nuestro campo científico en concreto existen muy pocos trabajos bibliométricos



que nos aporten información sobre la evolución de la disciplina en el país y ninguno realizado con datos extraídos de la base de datos *Scopus*, cuya importancia viene determinada por dos factores fundamentales: su validez como herramienta para los análisis métricos y su mejor cobertura (por mayor cantidad de documentos y citas recogidas).

En la primera sección de este capítulo, «Introducción», se han explicado los antecedentes y relevancia que tiene la disciplina estudiada. También se ha presentado un avance del objetivo general perseguido en el trabajo. La segunda presenta las preguntas de investigación que nos hemos propuesto contestar en el estudio. En la tercera sección, se realiza una descripción del material y de la fuente utilizada en la obtención y recogida de datos para llevar a cabo este análisis. También se presenta una tabla con los indicadores bibliométricos utilizados para realizar el capítulo. En la cuarta sección, se han plasmado los resultados obtenidos. Éstos han sido analizados desde dos dimensiones: primero, se ha evaluado el área en cuestión desde una perspectiva global, y en segundo lugar, se ha realizado un análisis de cada una de las categorías que conforman el área de la Ciencia de los Materiales. En la sección 5, hemos tratado de responder a cada una de las preguntas de investigación planteadas.

## ***2. Preguntas de Investigación y revisión de la literatura***

En el presente capítulo nos hemos propuesto dar respuesta a la pregunta general: ¿cómo es la producción científica en ciencias de los materiales en España en el contexto mundial?, que a su vez puede descomponerse en otras preguntas más específicas:

1. ¿Cuál es la posición de España en Ciencia de los Materiales en términos de esfuerzo e impacto observado respecto al mundo?
2. ¿Qué impacto, tanto observado como esperado, presentará España para la Ciencia de los Materiales?
3. ¿Qué patrones de colaboración presentará el área en el país?  
¿Influirá la colaboración en el impacto de la Ciencia de los Materiales en España?
4. ¿Qué instituciones se presentarán como las más productivas para el área en el país?
5. ¿Cuáles son las categorías del área que más producción presentan en España?

6. ¿Qué posición asumirá también cada una de las categorías en España en términos de esfuerzo e impacto observado respecto al mundo?
7. ¿Cuáles serán las categorías que obtienen un mayor impacto?
8. ¿Qué patrones de colaboración presentará cada una de las categorías? ¿Mostrarán todas el mismo patrón?
9. Y, ¿cuáles serán las instituciones más productivas para cada una de las categorías?

Al hacer una revisión bibliográfica sobre trabajos bibliométricos relacionados con este campo científico y que, por tanto, nos ayuden a responder mejor a las preguntas de investigación, hemos observado que apenas existen documentos que hablen sobre el tema, sólo algún capítulo de los informes de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) publicados en los últimos años hacen alusión al área; pero en estos informes los datos han sido extraídos exclusivamente de la WOS (*Web of Science*) [16, 17], y sólo en el último informe se han utilizado datos de la base de datos *Scopus* [18] y una tesis leída recientemente [7]. Todos ellos vienen a coincidir en la buena situación ocupada por España en estas disciplinas, aunque ninguno de ellos analiza la citación normalizada y todos vienen a tener distintos rangos temporales.

### **3. Material y Datos**

Hasta hace relativamente poco tiempo se han considerado las bases de datos *Citation Index* del Institute for Scientific Information (ISI) como las que recogían todas las publicaciones más importantes en cada área temática. Pero en noviembre de 2004 [9, 21], la editorial Elsevier lanzó al mercado un nuevo producto: *Scopus*, una nueva base de datos bibliográfica y multidisciplinar. La idea de crear esta base de datos nació en 2002 con el objetivo de satisfacer algunas necesidades que en aquel momento exponían bibliotecarios e investigadores de distintas áreas científicas. *Scopus* nació como el resultado de un compromiso con los principios del Diseño Centrado en el Usuario, que se basa en las necesidades, limitaciones y preferencias de estos, en lugar de las capacidades del sistema [23]. Pese al poco tiempo que lleva este producto en el mercado, ya existen varios trabajos que intentan caracterizar y analizar dicha base de datos [9, 21, 10, 12, 3].

A partir del nacimiento de *Scopus*, a ISI le surgió una competidora en la realización de este tipo de trabajos, puesto que cada vez son más los que se inclinan por realizar estudios basados en los contenidos de *Scopus*, ya que desde que apareció esta base de datos se ha introducido recientemente una nueva oleada de revistas, unas 600 más, lo que hace un total de 16.374 revistas activas frente a la 8.700 del ISI.

> **Tabla 11.1.** *Indicadores científicos utilizados*

Indicador	Definición
Ndocc	Número de artículos científicos, resúmenes y ponencias recogidos en la base de datos Scopus
Esfuerzo	Indicador que compara el porcentaje de producción científica llevado a cabo en una determinada área en un país, con el mismo porcentaje a nivel mundial. El intervalo de valores es de -1 a 1. El valor 0 indica que dicho porcentaje es igual al mundial [16]
Impacto observado o citación normalizada	Item Oriented Field Normalized Citation Score, tal y como define el Instituto Karolinska [14]. Relaciona la citación de cada trabajo con el promedio obtenido por los trabajos de la misma categoría científica, el mismo año de publicación y el mismo tipo documental. El valor 1 indica que se obtiene una citación similar al promedio mundial, el valor 1,2 que se obtiene una citación un 20% superior a la mundial y 0,9 que se obtiene una citación un 10% inferior a la mundial
Impacto esperado	SJR normalizado por áreas [8]. El SJR es un indicador de las revistas, independiente de su tamaño, y lo que hace es ponderar las citas recibidas por las revistas en una ventana de tres años con el prestigio de la revista que cita. Al normalizarlo por áreas, el valor 1 supone que está en la media del mundo en esa categoría científica
Tasa de colaboración	Porcentaje de documentos firmados en colaboración con autores de otros países u otras regiones respecto al total de documentos del dominio o agregado
Top 5	Es el porcentaje de trabajos que se encuentran entre el 5% más citado de su categoría, año de publicación y tipo documental. También se ha utilizado en algunas tablas el número de trabajos incluidos dentro del 5% de citación superior. Estos son indicadores de excelencia

Fuente: elaboración propia.

Para la realización de este trabajo, sólo se ha tenido en cuenta la producción primaria (artículos, resúmenes y ponencias) correspondientes a la actividad científica de Ciencia de los Materiales, producidas en revistas que han sido seleccionadas por la base de datos *Scopus* durante el periodo 1999-2007. Tenemos que matizar que *Scopus* tiene una clasificación jerarquizada de 27 áreas que se descomponen

en 295 áreas específicas o categorías, y para este estudio sólo se han seleccionado los trabajos publicados en el área de Ciencias de los Materiales, así como la subdivisión de ésta en categorías.

No obstante, una de las limitaciones que hemos encontrado para la realización del trabajo es que los indicadores calculados para las instituciones han tenido que ser restringidos al periodo 2003-2007, debido a la carencia de datos normalizados para su obtención.

## **4. Resultados**

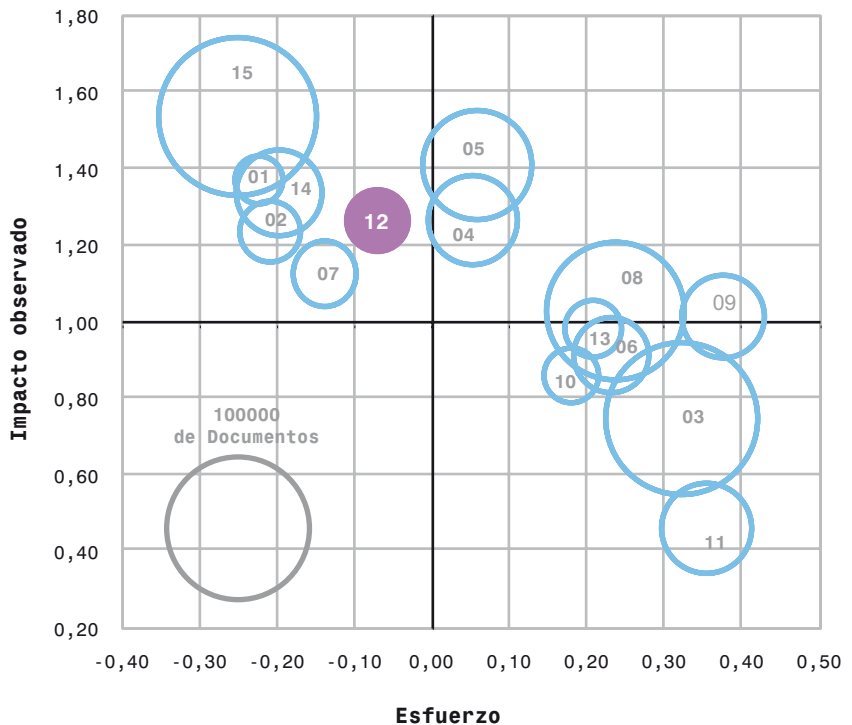
A modo de introducción, en el gráfico 11.1 se muestra el esfuerzo y el impacto observado. Hemos combinado ambos indicadores y los hemos representado en un mapa de dos dimensiones. Sobre el eje x hemos representado el indicador de esfuerzo, y sobre el eje y el indicador de impacto observado. Los ejes de referencia en las dos variables hacen referencia a la media del mundo. De esta manera, un país cuyo valor de esfuerzo esté por encima de la media tendrá una posición en el eje x por encima del eje de referencia, al igual que con el impacto. Los tamaños de las burbujas representan el volumen de producción de cada país para el periodo estudiado.

El gráfico 11.1 muestra la posición de los quince países más productivos a nivel mundial en el área de Ciencia de los Materiales, según el esfuerzo y el impacto respecto al mundo. En ella observamos que España supera a la media en impacto, pero no en esfuerzo, por lo que se sitúa junto a Estados Unidos (el país con el mayor impacto respecto al mundo), Australia, Reino Unido, Canadá e Italia en el cuadrante superior izquierdo del gráfico. El mayor esfuerzo lo realiza la República de Corea, que además también consigue obtener un impacto por encima de la media mundial; junto a él y con ambas variables superiores a las mundiales se encuentra Alemania, Francia y Japón.

En China, según Delgado-Ramos [5], el 80% de las exportaciones de alta tecnología son llevadas a cabo por firmas controladas por capital extranjero en alrededor de unos 700 centros multinacionales de investigación en aplicaciones de la información, electrónica, biotecnología y nanotecnología, lo que influye en que la producción en Ciencia de los Materiales sea muy alta, ya que ésta lidera la primera posición en el *ranking* de los países más productivos. China es uno de los lugares del mundo que en la última década ha sido testigo de los cambios tan

significativos que ha realizado la ciencia [11, 13], desbancando este país incluso a la nación más fuerte en términos de publicaciones científicas (EEUU) [13]. Estos datos también aparecen reflejados en nuestra herramienta de trabajo, pues en ella China se presenta con el 17% de los documentos publicados en el área a nivel mundial. Sin embargo, el impacto es inferior al mundial, por lo que se sitúa, junto con Rusia, Polonia, India y Taiwán, en el cuadrante inferior derecho (gráfico 11.1).

> **Gráfico 11.1.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- |                |                         |                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|
| [01] Australia | [06] India              | [11] Rusia          |
| [02] Canadá    | [07] Italia             | [12] España         |
| [03] China     | [08] Japón              | [13] Taiwán         |
| [04] Francia   | [09] República de Corea | [14] Reino Unido    |
| [05] Alemania  | [10] Polonia            | [15] Estados Unidos |

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

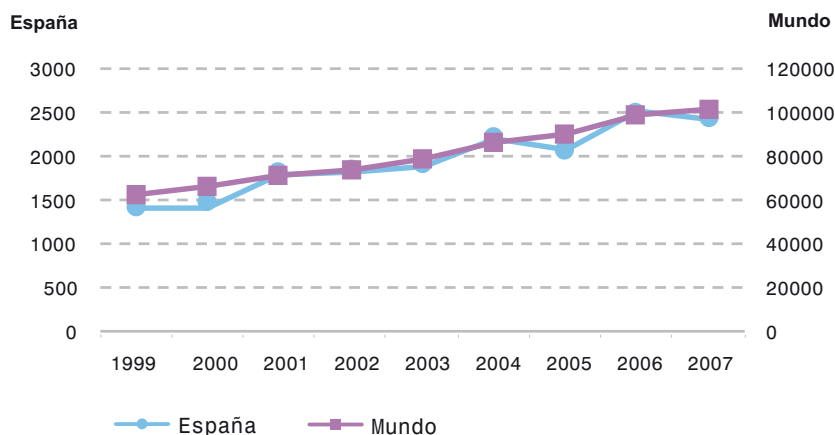
La evolución de la producción científica para el área de Ciencia de los Materiales en datos absolutos obtenida en Scopus aparece reco-

gida en el gráfico 11.2 para el periodo 1999-2007. En ella se observa la producción primaria referida a España y el mundo, expresada en número de documentos (artículos científicos, resúmenes y ponencias).

La producción española pasa de 1.407 documentos en 1999 a 2.429 en el año 2007, aunque sufre un pequeño descenso en el año 2005, sin que este sea muy significativo; a pesar de ello, la producción se duplica a lo largo del periodo y presenta un incremento interanual para el año 2007 del 172,63% (base 1999).

Además, España ha aumentado en este periodo un 15% más que el resto del mundo (gráfico 11.3) y un 49% con respecto a la región en la que se encuentra ubicada (gráfico 11.2). Quizá esté relacionado con que, mientras que la Unión Europea se ha estancado manteniendo su gasto medio en I+D en el 1,9% del PIB, España ha pasado de gastar el 0,91% en el año 2000 al 1,35 en el año 2008 [4].

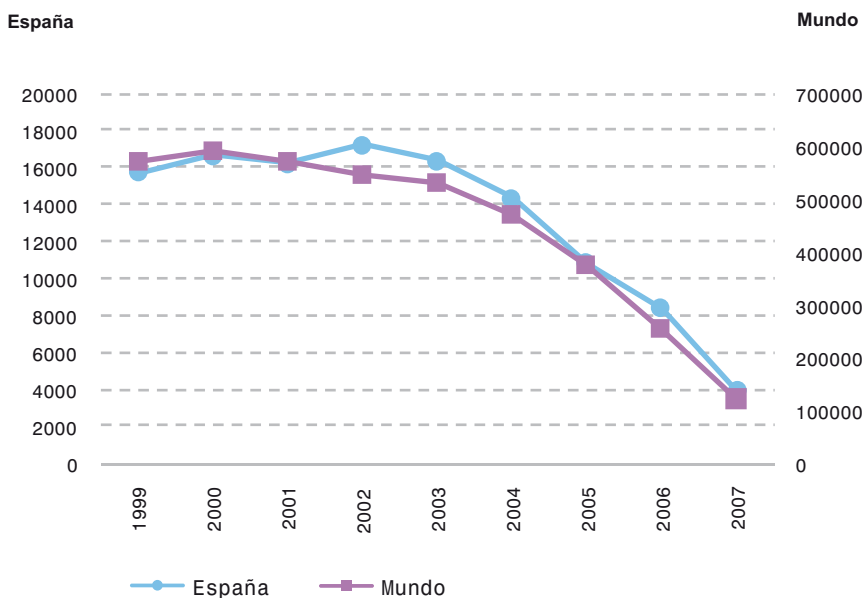
> **Gráfico 11.2.** Comparación de la evolución entre la producción primaria en España y la producción primaria en el mundo en el área de Ciencia de los Materiales. 1999-2007



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

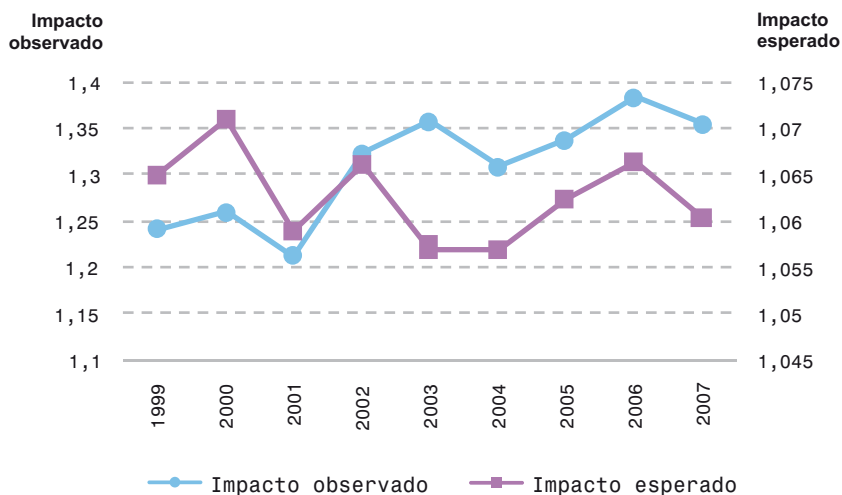
En el gráfico 11.3 se observa la evolución de la citación en España y en el mundo. Se observa un aumento de la citación relativa a partir del año 2002. España ha llegado a obtener un 10% más de citas por documento que Europa Occidental en los años 2006 y 2007, y más del 3% para todo el periodo con respecto al mundo. Quizás sea debido a que, como refleja Espinosa-Calvo [7], más del 80% de los documentos publicados en España sobre esta materia han sido citados en alguna ocasión.

> **Gráfico 11.3.** Comparación de la evolución entre la citación en España y la citación en el mundo en el área de Ciencia de los Materiales. 1999-2007



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

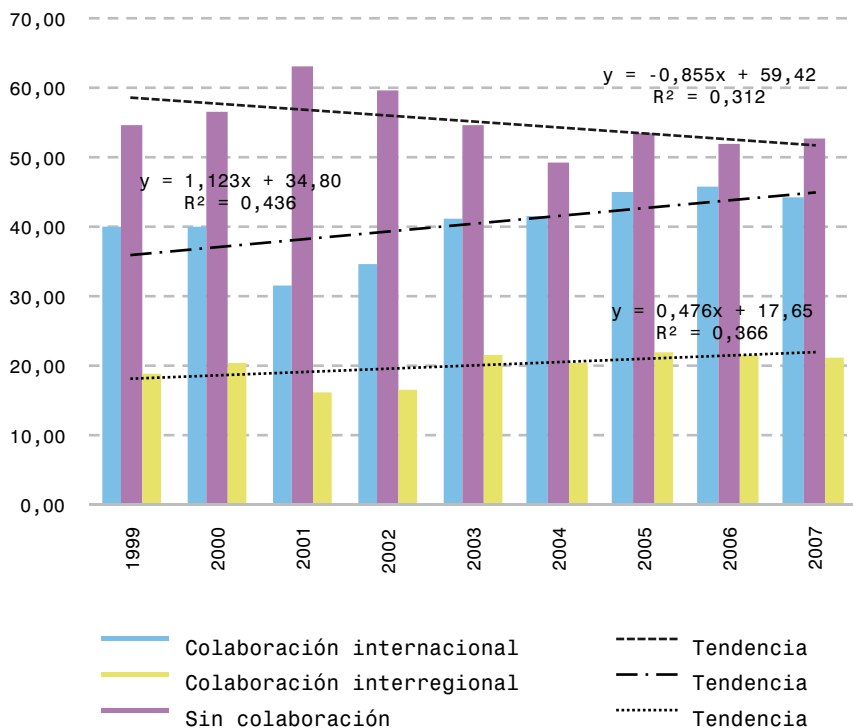
> **Gráfico 11.4.** Evolución del impacto observado y el impacto esperado para el área de Ciencia de los Materiales en España. 1999-2007



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

En el gráfico 11.4 se muestra la evolución del impacto observado y del impacto esperado en España en Ciencia de los Materiales. En ella se observa que el impacto esperado para todo el periodo es similar (1,07). Sin embargo, con respecto al impacto observado, se aprecia que a partir del 2002 se produce una subida bastante alta, pasando de un promedio de 1,21 en el 2001 a 1,32 para el año 2002. Esto puede ser debido a que ese mismo año España aglutina el mayor número de citas (gráficos 11.5 y 11.6), al contrario que Europa Occidental y el mundo, que en 2002 sufren un pequeño descenso en cuanto a la citación.

> **Gráfico 11.5.** Evolución de la tasa de colaboración internacional, sin colaboración e interregional para el área de Ciencia de los Materiales en España. 1999-2007



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

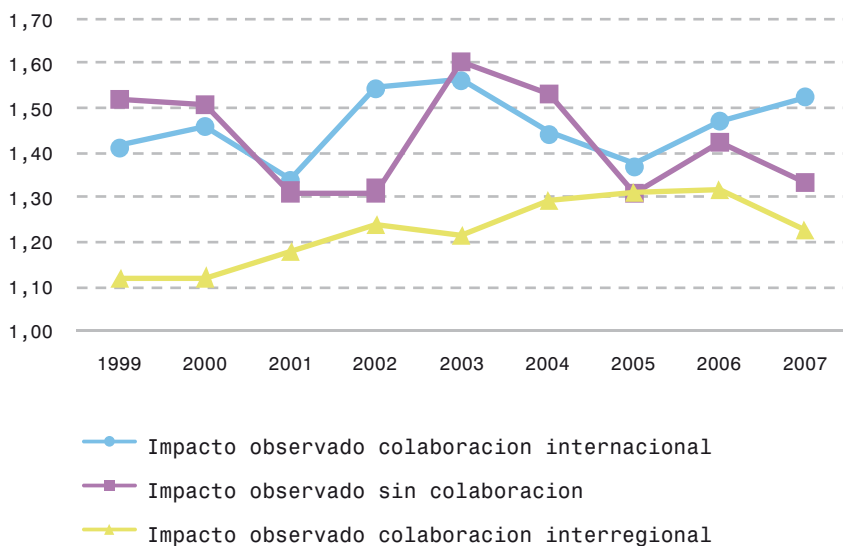
La tasa de colaboración nos muestra que el mayor porcentaje de documentos publicados en España para todo el periodo estudiado son trabajos realizados por autores del propio país, llegando en el 2001 a una tasa sin colaboración del 64%. Sin embargo, ese mismo año se



corresponde con uno de los impactos observados más bajos en los trabajos sin colaboración, si bien pese a ello obtiene una citación un 30% superior a la mundial (gráfico 11.6). El año en que los trabajos firmados sólo por autores españoles consigue la citación normalizada más alta es el 2003 (1,60).

No obstante, en los últimos años la tendencia a que publiquen sólo autores españoles es menor y ganan en porcentaje los documentos en colaboración internacional. La tasa de colaboración interregional es la que más baja se presenta, al contar con alrededor del 20% de los documentos para todo el periodo estudiado, y por tanto la que muestra el impacto observado más bajo (gráfico 11.6). Con la tasa de colaboración interregional nos referimos a la tasa porcentual de documentos en que colaboran autores de varias regiones o continentes mundiales.

> **Gráfico 11.6.** Impacto observado en la colaboración internacional, sin colaboración e interregional para el área de Ciencia de los Materiales en España. 1996-2007



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

La tabla 11.2 nos muestra el *ranking* a nivel mundial de las instituciones españolas en Ciencia de los Materiales. En ella observamos que la institución que más documentos produce en el área es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, situándose en el *ranking* mundial en la octava posición con 3.716 documentos.

> **Tabla 11.2.** *Ranking mundial de las instituciones españolas en el área de Ciencia de los Materiales. 2003-2007*

Ran-king	Instituciones	Ndocc	Imp. Obs.	Top5
8	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	3.716	1,46	6,30
146	Universitat Politècnica de Catalunya	740	1,23	5,81
166	Universitat de Barcelona	678	1,40	6,19
167	Universidad del País Vasco	677	1,35	5,91
179	Universidad Autónoma de Madrid	656	1,39	5,34
220	Universidad Complutense de Madrid	568	1,38	5,99
223	Universidad de Sevilla	559	1,21	4,29
225	Universitat Autònoma de Barcelona	551	1,82	6,35
320	Universidad Politècnica de Valencia	410	1,24	5,61
358	Universidad de Zaragoza	373	1,34	5,36
368	Universidad Politècnica de Madrid	364	1,17	5,49
426	Universitat de València	303	1,57	7,59
430	Universidade de Santiago de Compostela	302	1,65	9,27
468	Universidad de Valladolid	278	1,05	3,60
555	Universidad Carlos III de Madrid	231	0,98	3,03
570	Universidad de Oviedo	223	0,90	2,24
590	Universitat d'Alacant	213	1,19	6,10
601	Universitat Rovira i Virgili	208	1,40	7,21
626	Universidad de Vigo	198	1,85	12,12
668	Universidad de Extremadura	178	1,41	6,18
688	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas	170	1,16	2,94
710	Universitat Jaume I	160	1,26	2,50
716	Donostia International Physics Center	157	1,67	8,92
746	Universidad de Cádiz	146	1,05	2,74
755	Universidad de Navarra	142	1,20	4,23
759	Universidad de Granada	141	1,18	5,67
770	Universidad de La Laguna	137	1,83	10,95
792	Universidad Rey Juan Carlos	131	1,44	6,11
802	Universidad de Castilla-La Mancha	128	1,44	6,25
867	Universidad de Salamanca	110	0,85	0,91
888	Universidad de Málaga	104	1,48	5,77
890	Universidad Pública de Navarra	104	1,08	4,81

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

Sin embargo y pese a ocupar el puesto 626 del *ranking* y tener solo 198 trabajos publicados en el periodo 2003-2007, la Universidad de Vigo es la institución con mayor porcentaje de trabajos incluidos dentro del 5% con más citación normalizada, es decir, el 12,12% de su producción (24 documentos), alcanzando de esta manera un impacto observado del 1,85. Le sigue la Universidad de la Laguna, que con el 10,95% de su producción (15 documentos) ocupa el puesto 770 en el *ranking* a nivel mundial.

> **Tabla 11.3.** Posición que ocupa España en el ranking mundial en cuanto a producción primaria, impacto observado y número de documentos dentro del 5% con mayor citación

Orden	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Global
Ranking Ndocc	12	12	11	11	12	12	12	13	12	12
Ranking Impacto Observado	16	14	21	17	14	14	17	14	16	14
Ranking Documentos en Top 5	10	11	11	9	10	10	11	9	10	10

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

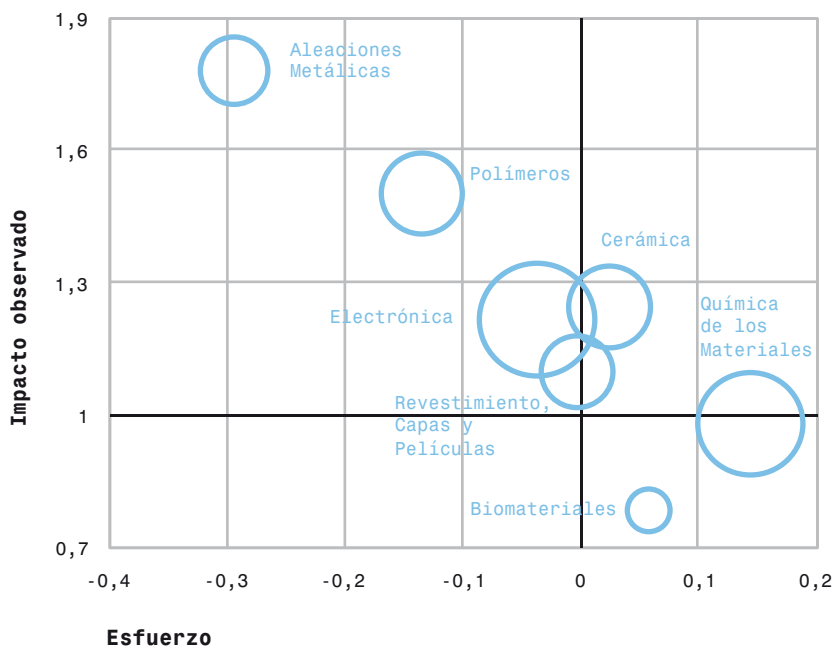
La tabla 11.3 nos muestra la posición de España a nivel mundial en algunos de los indicadores estudiados. En ella se observa que, en cuanto a producción primaria, nuestro país ocupa el puesto número doce para la mayor parte de los años estudiados, aunque en el 2001 y 2002 asciende una posición.

Ahora bien, en el *ranking* del Top 5 vemos que España se posiciona dos puestos por encima respecto al de producción primaria, es decir, se sitúa entre los 10 primeros países con un mayor porcentaje de trabajos dentro del 5% con más citación normalizada. Sin embargo, el impacto observado nos manifiesta que estamos dos puestos por debajo del *ranking* de producción primaria y cuatro con respecto al Top 5. Esto puede indicar la existencia de una serie de trabajos que podemos catalogar como de excelencia, porque se sitúan entre el 5% con mayor citación, y una gran cola de trabajos que reciben poca citación, lo que hace retroceder puestos en cuanto a la citación normalizada.

#### 4.1. Categorías

En el gráfico 11.7 se presenta la posición de las categorías que conforman el área de Ciencia de los Materiales según el esfuerzo e impacto observado respecto al mundo. En ella se observa que la categoría de Metales obtiene el impacto más alto; sin embargo, no realiza un esfuerzo superior al mundial, por lo que se sitúa junto a Polímeros, Revestimientos, Capas y Películas y Electrónica (la categoría con mayor producción del área en España) en el cuadrante superior izquierdo. Cerámica y Química de los Materiales son en España las dos categorías que superan tanto en impacto como en esfuerzo al mundo. Biomateriales, pese a superar el esfuerzo mundial, obtiene un impacto inferior a éste.

> **Gráfico 11.7.** Posición de las categorías del área de Ciencia de los Materiales según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

Además, la categoría de Metales es la que consigue obtener el mayor porcentaje de documentos incluidos dentro del 5% con mayor citación normalizada (9,21), siendo asimismo ésta la que obtiene el impacto

observado más alto con respecto al mundo (gráfico 11.7). Polímeros se posiciona en segundo lugar con el 7,03%. No obstante, Electrónica, pese a ser la categoría con mayor producción en el país, se sitúa en tercer lugar con un 5,71%.

Con respecto a la posición que ocupa España en producción primaria para cada una de las categorías que conforman el área de Ciencia de los Materiales, se pone de manifiesto que nuestro país ocupa la décima posición en el *ranking* a nivel mundial en Biomateriales y Cerámica; sin embargo, desciende tres puesto en Metales y Polímeros. Para el resto de categorías ocupa la posición undécima.

Hemos comentado que es en Biomateriales y Cerámica donde mejor se sitúa España en el *ranking* a nivel mundial en cuanto a producción primaria; sin embargo, con respecto al impacto observado es donde peor queda posicionada, ya que en Biomateriales ocupa la posición veintitrés y en Cerámica aún peor, puesto que se ubica en el puesto número treinta. Ahora bien, en Electrónica (la categoría con mayor producción en España) se coloca en la décima posición y un puesto por debajo se coloca Revestimientos, Capas y Películas.

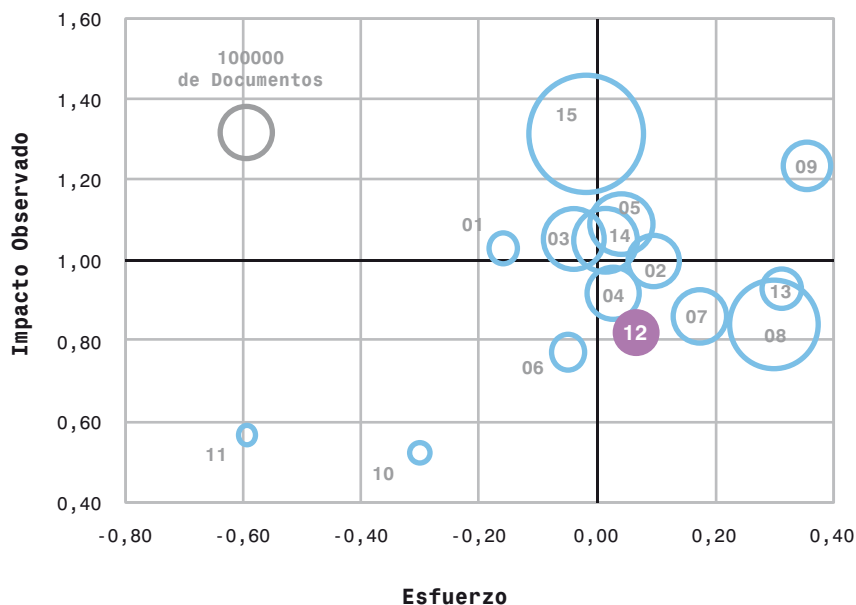
No obstante, con respecto al Top 5, Cerámica vuelve a ocupar las primeras posiciones del *ranking*, ya que se sitúa en la novena posición, al igual que en Revestimientos, Capas y Películas. Sin embargo, en Biomateriales es donde peor está situada con respecto a las demás categorías, ya que se coloca en la décimo novena posición.

La divergencia entre estos datos pone de manifiesto la gran diferencia entre los trabajos de excelencia, un número que no queda muy bien situado a nivel mundial, frente a la cola de trabajos de baja citación que hacen bajar mucho la posición en citación normalizada.

**4.2.1. Biomateriales.** En la categoría de Biomateriales (gráfico 11.8), vemos que Estados Unidos es el país con mayor producción en esta categoría, lo que puede deberse a que es primera potencia mundial en este sector. Un dato importante es que en este país, por ejemplo, se implantan anualmente 3 millones de prótesis que generan un mercado de más de 100 millones de dólares (Fundación OPTI). Además, es el país que obtiene el impacto más alto por encima del mundial, si bien no consigue realizar un esfuerzo por encima de éste, por lo que se sitúa junto con China y Australia en el cuadrante superior izquierdo. El país que realiza el mayor esfuerzo con respecto al mundo y que además obtiene uno de los impactos más altos es la República de Corea, que se

sitúa en el cuadrante superior derecho del gráfico 11.8 con Alemania, Reino Unido y Canadá. En el peor cuadrante se hallan Polonia, India y Rusia, con ambas variables por debajo del mundo.

> **Gráfico 11.8.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales en la categoría Biomateriales según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- |                |                         |                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|
| [01] Australia | [06] India              | [11] Rusia          |
| [02] Canadá    | [07] Italia             | [12] España         |
| [03] China     | [08] Japón              | [13] Taiwán         |
| [04] Francia   | [09] República de Corea | [14] Reino Unido    |
| [05] Alemania  | [10] Polonia            | [15] Estados Unidos |

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

España, a pesar de ser un importante receptor de biomateriales, no los fabrica, sino que los importa de Estados Unidos, Alemania y Suiza, siendo además éste último uno de los países líderes en la producción de químicos y farmacéuticos, ya que el 85% de sus productos son exportados. Esto no significa que en nuestro país no existan desarrollos interesantes por parte de los centros de investigación y tecnológicos, pero no hay empresas capacitadas para convertir dichas investigaciones en productos, debido a que para poner en el mercado un

desarrollo biomédico, la normativa española exige ensayos clínicos más complejos y, por tanto, más lentos y caros que en otros países europeos, como Suecia o el Reino Unido [15]. Pese a ello, España consigue superar el esfuerzo mundial aunque no el impacto, por lo que se sitúa junto con Francia, Italia, Taiwán y Japón en el cuadrante inferior derecho (gráfico 11.8).

Además, la evolución de la producción primaria para Biomateriales en nuestro país pone de manifiesto que, pese a que no hay una tendencia general de crecimiento para todos los años del periodo estudiado, España se presenta como uno de los países que más ha crecido en términos porcentuales para el periodo 1999-2007, alcanzando una tasa de variación para el 2007 con respecto a 1999 del 79%. Ahora bien, la evolución del impacto esperado muestra que en los años que menos documentos se han publicado sobre esta categoría es cuando se alcanza un impacto más alto. Ocurre al contrario con el impacto observado, ya que es en estos años cuando se alcanza un impacto más bajo. Además, en el impacto observado hay un estancamiento en el 2007 con respecto a 1999.

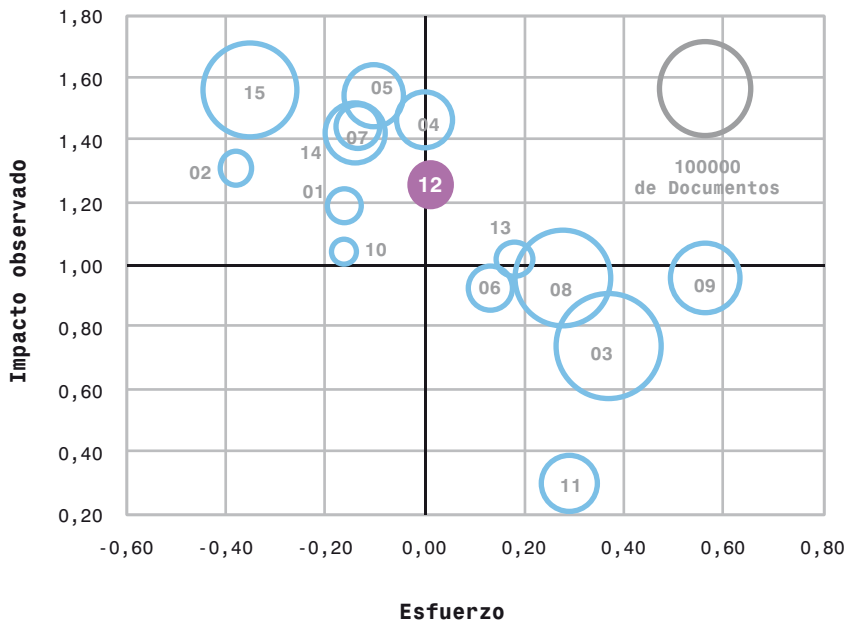
Por su lado, en la tasa de colaboración se manifiesta que para el área hay mayor tendencia a publicar trabajos escritos por autores del país, llegando en el año 2000 a un porcentaje del 80%. Sin embargo, la tendencia muestra que a lo largo de los años hay mayor inclinación a colaborar con autores de otros países, alcanzando en el 2003 la colaboración internacional un porcentaje similar al de los documentos sin colaboración.

El *ranking* de las instituciones a nivel mundial indica que la Universitat de Barcelona, que ocupa el puesto 317, es la institución que obtiene un porcentaje más elevado de documentos dentro del 5% con más citación normalizada, ya que el 12,50% de sus trabajos se encuentran dentro de ese porcentaje, consiguiendo un impacto observado del 1,46. Sin embargo, en cuanto al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con 122 trabajos para el periodo 2003-2007, sólo el 0,82% de sus trabajos se encuentran dentro del Top 5. La Universidad de Vigo también destaca en esta categoría, puesto que con sólo 11 documentos tiene un porcentaje del 9,09% de trabajos incluidos dentro del 5% con más citación normalizada.

**4.2.2. Cerámica.** Estados Unidos vuelve a situarse como el país que obtiene un mayor impacto, pero no consigue realizar un esfuerzo su-

perior al mundo (gráfico 11.9), por lo que se halla en el cuadrante superior izquierdo del gráfico junto a Alemania, Italia, Reino Unido, Canadá, Australia, Polonia y Francia. No obstante, y pese a no llegar al 3% de la producción a nivel mundial en Cerámica, España se sitúa como uno de los países con mayor impacto en esta categoría, además de realizar un esfuerzo superior al mundial, y es que desde el año 1982 el sector de la cerámica en España ha ido creciendo paulatinamente, alcanzando su máxima progresión en la década de los noventa. La alta concentración de empresas del sector se encuentra en la Comunidad Valenciana y en particular en la provincia de Castellón. En la actualidad, España es el segundo productor mundial de cerámica, por detrás de China, y en la UE es el primero junto a Italia [1]. Junto a él y con ambas variables superiores a las mundiales se halla Taiwán.

> **Gráfico 11.9.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales en la categoría Cerámica según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- [01] Australia
- [02] Canadá
- [03] China
- [04] Francia
- [05] Alemania

- [06] India
- [07] Italia
- [08] Japón
- [09] República de Corea
- [10] Polonia

- [11] Rusia
- [12] España
- [13] Taiwán
- [14] Reino Unido
- [15] Estados Unidos

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.



China es el país que obtiene la mayor parte de la producción de Cerámica, ya que cuenta con el 18,20% del total de la categoría en el mundo. Estos datos no son nada extraños, puesto que los chinos son líderes en cerámica. Hoy en día, China es el mayor productor de baldosas de cerámica, con un 35% de *output* sobre el volumen total, convirtiéndose así en el principal mercado mundial (Cámara de Comercio e Industria Italiana para España, 2008). Además, en el año 2003 este país ya ostentaba el 33% de la producción de la cerámica en el mundo [1]. Sin embargo, no supera el impacto mundial, por lo que se sitúa en el cuadrante inferior derecho junto a India, Japón, la República de Corea y Rusia (gráfico 11.9).

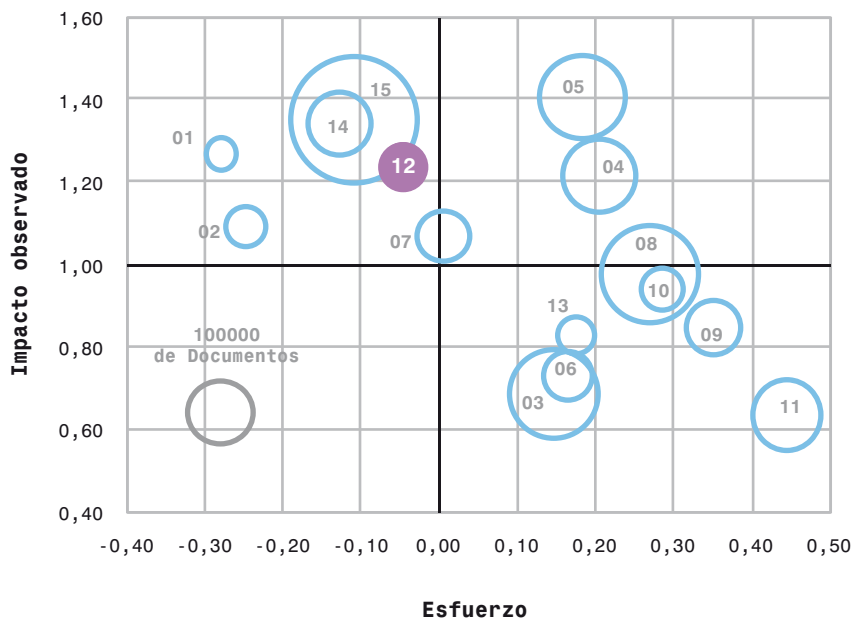
Ya hemos comentado que España no llega al 3% de la producción a nivel mundial en esta categoría y es que, al igual que en Biomateriales, no hay una tendencia general de crecimiento para todos los años del periodo estudiado; sin embargo, los datos en términos porcentuales ponen de manifiesto que hay un incremento en 2007 con respecto a 1999 del 147%, siendo uno de los países donde se ha experimentado una mayor evolución. En el impacto observado, también se producen bastantes fluctuaciones para todos los años, siendo en 2001 donde se obtiene un menor impacto y en 2000 donde éste es el más alto. Sin embargo, es en ese año (2000) cuando menos documentos se han publicado en España sobre esta categoría. El impacto esperado, por el contrario, es muy similar para el periodo 1999-2007, aunque sufre un pequeño descenso en 2004 que también sufre el impacto observado. No obstante, coincide con el año que más documentos se han publicado sobre cerámica.

La tasa de colaboración nos indica, que en Cerámica al contrario al área se tiende más a publicar sin colaborar con otros países, y la tendencia pone de manifiesto que a lo largo de los años este porcentaje es mayor. Sin embargo, en los trabajos a nivel internacional se tiende a descender a medida que pasan los años. La colaboración interregional es bastante similar para todo el periodo, con unos porcentajes de entre el 10 y el 20%.

Por su lado, el *ranking* de instituciones muestra que la Universidad de Girona, que ocupa el puesto 461 a nivel mundial en Cerámica y que cuenta con solamente 25 documentos en el periodo 2003-2007, es la institución que alcanza un mayor porcentaje de trabajos dentro del 5% con más citación normalizada (16%). Le sigue la Universidad Rey Juan Carlos, con el 12,50% de su producción dentro del Top 5.

**4.2.3. Electrónica.** En la categoría de Electrónica (gráfico 11.10), Alemania se sitúa como el país que obtiene un mayor impacto a nivel mundial; además, también realiza un esfuerzo superior a éste, por lo que se sitúa en el cuadrante superior derecho del gráfico junto a Francia e Italia. Japón, pese a conceder gran importancia a la investigación y la producción de nuevas tecnologías, sobre todo en campos como microelectrónica, informática, óptica, tecnología aeroespacial y robótica, entre otros, además de exportar estas innovaciones técnicas y estar a la vanguardia de su aplicación industrial, no consigue superar el impacto observado por encima del mundo, por lo que se sitúa en el cuadrante inferior derecho del gráfico 11.10 junto a Polonia, Taiwán, India, China, la República de Corea y Rusia.

> **Gráfico 11.10.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales en la categoría Electrónica según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- |                |                         |                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|
| [01] Australia | [06] India              | [11] Rusia          |
| [02] Canadá    | [07] Italia             | [12] España         |
| [03] China     | [08] Japón              | [13] Taiwán         |
| [04] Francia   | [09] República de Corea | [14] Reino Unido    |
| [05] Alemania  | [10] Polonia            | [15] Estados Unidos |

España se sitúa, con Estados Unidos (el país con mayor producción de esta categoría a nivel mundial), Reino Unido, Australia y Canadá en el cuadrante superior izquierdo del gráfico, con un impacto superior al mundial, pero un esfuerzo inferior a éste.

Por su lado, la producción primaria en la categoría de Electrónica para España indica que, aunque sufre algunas fluctuaciones a lo largo de los años, la tasa de crecimiento en el 2007 con respecto a 1999 es del 73,47%, siendo uno de los países del *ranking* donde este incremento ha sido mayor.

Ahora bien, el impacto esperado se mantiene igual para todo el periodo, con un promedio del 1,01. No obstante, en el impacto observado se producen bastantes oscilaciones entre 1999 y 2007, siendo en 2002 cuando se alcanza la citación normalizada más alta (1,56), y además coincide con el año en el que más citas ha recibido el área.

En la evolución de la tasa de colaboración se manifiesta que en esta categoría predominan los trabajos en colaboración internacional y la tendencia muestra que van en aumento. Además, es en la única categoría de Ciencia de los Materiales donde el porcentaje de los documentos firmado por autores de varios países para todo el periodo es mayor que los trabajos sin colaboración. Un dato significativo es que en el año en que se produce el impacto observado más alto, es cuando el porcentaje de documentos sin colaboración y en colaboración internacional es bastante similar, pese a que la tendencia en los trabajos firmados sólo por autores del propio país es a la baja.

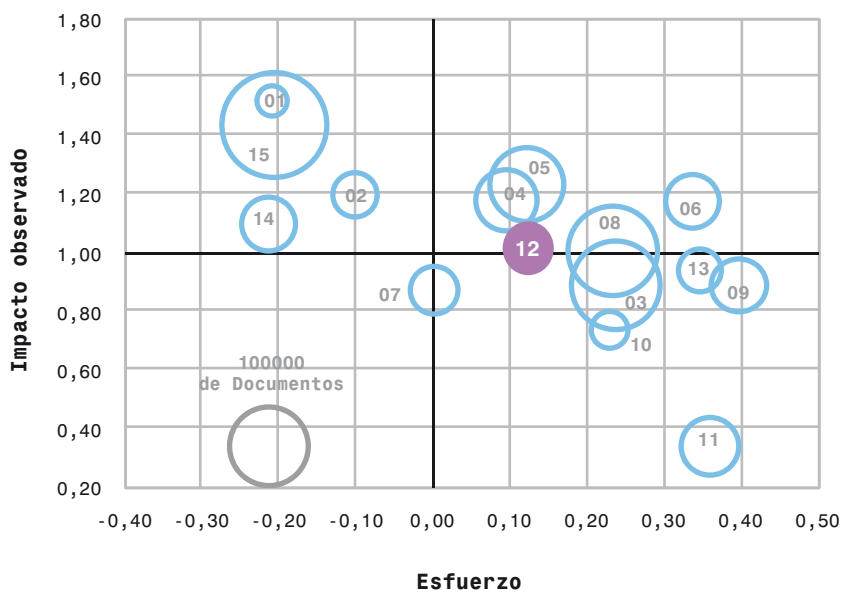
Por su lado, la colaboración interregional, al igual que la colaboración internacional, va en aumento a lo largo de los años, llegando incluso a superar en algunos momentos el 30%.

Dentro del *ranking* de instituciones, tenemos que destacar la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats y la Universitat Rovira i Virgili, puesto que con sólo 48 documentos cada una de ellas, tienen el 12,50% de trabajos dentro del 5% de citación normalizada. No obstante, la citación normalizada por la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats es muy superior a la del la Universitat Rovira i Virgili, ya que llega a obtener un impacto del 3,13 para el periodo 2003-2007.

**4.2.4. Química de Materiales.** En Química de Materiales (gráfico 11.11), España se sitúa con ambas variables por encima del mundo, y junto a ella se hallan en el mismo cuadrante del gráfico Japón, India,

Alemania, Francia y Alemania. En el cuadrante superior izquierdo se sitúan Reino Unido, Canadá, Estados Unidos (el país con mayor producción de esta categoría) y Australia, que además es el país que consigue obtener el impacto más alto por encima del mundial. La República de Corea es el país que consigue realizar un mayor esfuerzo; sin embargo, no supera la citación normalizada en el mundo, por lo que se halla en el cuadrante inferior derecho (gráfico 11.1) con China, Polonia, Taiwán y Rusia.

> **Gráfico 11.11.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales en la categoría Química de Materiales según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- |                |                         |                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|
| [01] Australia | [06] India              | [11] Rusia          |
| [02] Canadá    | [07] Italia             | [12] España         |
| [03] China     | [08] Japón              | [13] Taiwán         |
| [04] Francia   | [09] República de Corea | [14] Reino Unido    |
| [05] Alemania  | [10] Polonia            | [15] Estados Unidos |

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

Respecto a la producción primaria que presenta España en Química de Materiales, se posiciona como la segunda categoría que más producción aglutina para todo el periodo estudiado, por detrás de Electrónica. No obstante, y pese a que la tasa de variación nos muestra un creci-

miento al final del periodo del 26% en 2007 con respecto a 1999, es la categoría del área que experimenta un incremento menor.

Por su lado, el impacto esperado se presenta sin variaciones a lo largo del periodo, con un promedio para todos los años del 1,08, aunque en 2006 experimenta un leve crecimiento (1,11).

Por el contrario, la citación normalizada sí muestra bastantes fluctuaciones entre 1999 y 2007, experimentando un crecimiento en 2006 al igual que el impacto esperado. Además, en ese año es cuando más trabajos se han publicado sobre Química de Materiales en España.

La tasa de colaboración manifiesta el mismo patrón que para el resto de categorías, es decir, que el mayor porcentaje de documentos están firmados sólo por autores españoles, aunque la tendencia indica que cada vez se publica menos sin colaboración y empiezan a predominar los documentos firmados en colaboración internacional; de hecho, en los últimos años del periodo el porcentaje de trabajos en colaboración internacional es similar a los trabajos sin colaboración.

La colaboración interregional es la que menos destaca, aunque la línea de tendencia muestra que cada vez se empieza a publicar más con este tipo de colaboración.

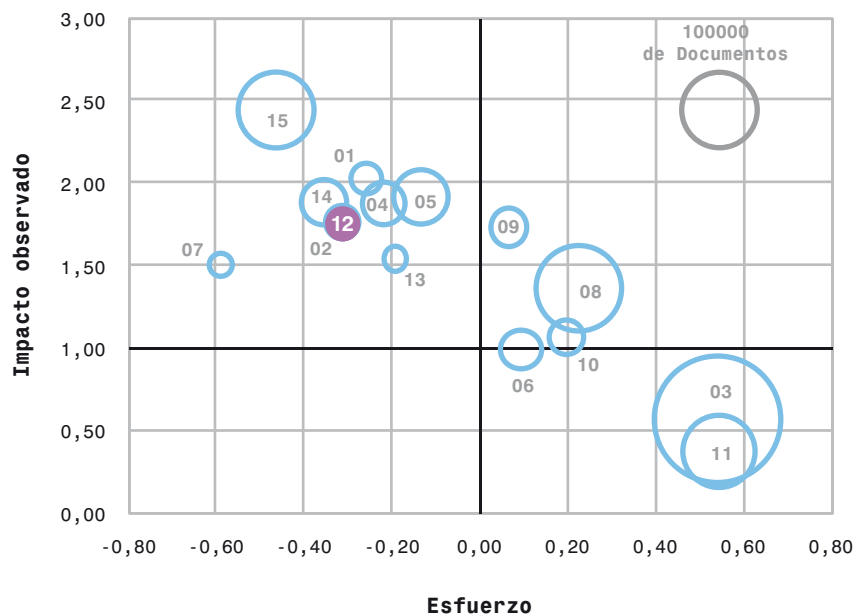
Ahora bien, el *ranking* de instituciones muestra que la Universitat d'Alacant sobresale por encima del resto de instituciones españolas en el Top 5, ya que con 51 documentos y ocupando el puesto 374 en el *ranking* internacional, tiene el 13,73% de sus trabajos dentro del 5% de citación normalizada, alcanzando un impacto observado para el periodo 2003-2007 del 1,43. En esta categoría también debemos destacar la Universidad de la Laguna, puesto que con sólo 24 trabajos, el 8,33% está dentro del Top 5 y presenta un impacto observado del 1,32.

Por su lado, en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con 657 documentos para todo el periodo estudiado, sólo el 3,35 de sus trabajos se encuentra dentro del 5% de citación normalizada, aunque alcanza un impacto superior a 1.

**4.2.5. Metales.** En la Categoría de Metales (gráfico 11.12), Japón, además de ser el segundo país más productivo de esta materia a nivel mundial, obtiene ambas variables por encima del mundo. En el mismo cuadrante del gráfico se sitúan la República de Corea y Polonia. A pesar de ser el país más productivo de esta categoría a nivel mundial, ya que, según declararon fuentes de la Asociación Industrial de Metales no Ferrosos de China, su país ha liderado el mercado mundial de

metales no ferrosos, en términos de producción, durante cinco años seguidos [20], China no consigue superar el impacto del mundo; junto a ella, en el mismo cuadrante, se hallan Rusia e India.

> **Gráfico 11.12.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales en la categoría Metales según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- |                |                         |                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|
| [01] Australia | [06] India              | [11] Rusia          |
| [02] Canadá    | [07] Italia             | [12] España         |
| [03] China     | [08] Japón              | [13] Taiwán         |
| [04] Francia   | [09] República de Corea | [14] Reino Unido    |
| [05] Alemania  | [10] Polonia            | [15] Estados Unidos |

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

España vuelve a encontrarse en el cuadrante superior izquierdo (gráfico 11.12), con un impacto superior al mundial, pero un esfuerzo inferior a éste. En el mismo cuadrante se encuentra Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Francia, Alemania, Taiwán, Italia y Canadá (que llega a obtener un impacto y un esfuerzo similares a los de España).

Respecto a la producción primaria de Metales en el país, es bastante similar para todo el periodo estudiado, aunque en 2001 y 2005 se produce un incremento bastante llamativo sobre el resto de años; pese a

ello, la tasa de variación para 2007 nos presenta un crecimiento del 76% con respecto a 1999.

Hemos comentado que en los años 2001 y 2005 es cuando más trabajos se han publicado sobre esta materia en España; sin embargo, es en esos años cuando el impacto, tanto observado como esperado, presenta una mayor bajada.

La citación normalizada pasa del 1,53 en 2001 a un 2,66 en 2002, siendo en este último año cuando alcanza el impacto observado más alto y, como comentamos anteriormente, corresponde al año en que el área recibe más citas.

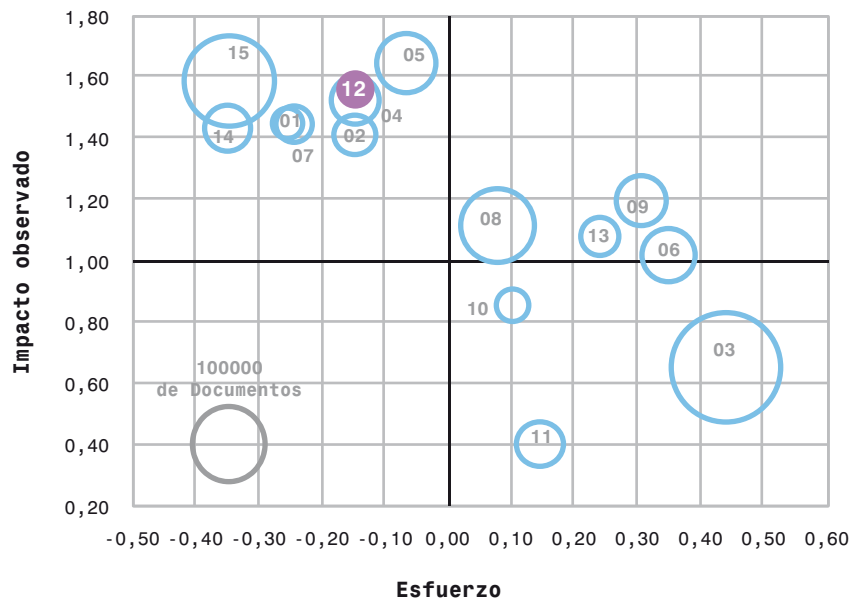
La tasa de colaboración muestra el mismo patrón que para las demás categorías, es decir, predominan los trabajos sin colaboración, aunque la tendencia se dirige hacia los trabajos en colaboración internacional. No obstante, tenemos que destacar los trabajos sin colaboración de 2002, ya que ese año se alcanza un porcentaje de alrededor del 80% y además corresponde con la citación normalizada más alta. En contraposición a lo comentado, en 2001 también se sitúa en torno al 80% de los documentos firmados por autores del propio país, y, sin embargo, en este año se alcanza uno de los impactos observados más bajo para Metales en España. Los trabajos en colaboración interregional también muestran una tendencia al alza, llegando en 2003 a obtener aproximadamente el 30% de documentos con ese tipo de colaboración.

La institución que más destaca en España sobre las demás es la Universidad de Extremadura, que con solamente 8 trabajos publicados en el periodo 2003-2007 y ocupando el puesto 716 dentro del *ranking* mundial, tiene el 75% de los documentos dentro del 5% con más citación normalizada. Además, alcanza un impacto observado en estos años del 5,30.

Decimos que es muy destacable porque, si la comparamos con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, observamos que, pese a posicionarse 696 puestos por delante de la universidad y casi cuadruplicar su producción, sin embargo, sólo el 11% de sus trabajos están dentro del Top 5.

**4.2.6. Polímeros.** En la categoría de Polímeros (gráfico 11.13), China además de ser el país más productivo de esta categoría, también es el que realiza un mayor esfuerzo, pero no consigue superar el impacto. Junto a ella se encuentran, en el mismo cuadrante, Polonia y Rusia. Japón, Taiwán, India y la República de Corea obtienen ambas variables por encima del mundo.

> **Gráfico 11.13.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales en la categoría Polímeros según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- |                |                         |                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|
| [01] Australia | [06] India              | [11] Rusia          |
| [02] Canadá    | [07] Italia             | [12] España         |
| [03] China     | [08] Japón              | [13] Taiwán         |
| [04] Francia   | [09] República de Corea | [14] Reino Unido    |
| [05] Alemania  | [10] Polonia            | [15] Estados Unidos |

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

España es, junto a Alemania (el país con el impacto más alto) y Estados Unidos, el país con un mayor impacto en esta categoría. En este mismo cuadrante también se encuentran Reino Unido, Australia, Italia, Canadá y Francia.

Por su parte, la producción primaria de Polímeros en España a lo largo de los años indica una inclinación al alza, alcanzando una tasa de variación del 96% en 2007 con respecto a 1999, y siendo España uno de los países donde se muestra una de las tasas de crecimiento más alta dentro del *ranking* de los quince países más productivos del área de Ciencia de los Materiales.

La evolución del impacto esperado se presenta sin fluctuaciones, como en la mayoría de las categorías, con un promedio de 1,04 para todo el periodo estudiado.



Por el contrario, el impacto observado presenta un crecimiento a lo largo del periodo, siendo en 2005 y 2006 cuando alcanza una mayor citación normalizada (1,85).

La tasa de colaboración en la categoría de Polímeros manifiesta unos porcentajes superiores al 60% de los trabajos publicados sólo por autores españoles para todos los años del periodo estudiado, frente al 30% de los trabajos en colaboración a nivel internacional, aunque, como en todos los casos anteriores, la tendencia marca una inclinación hacia los trabajos entre autores de varios países.

En los trabajos con colaboración a nivel interregional se observa que se mantienen igual para todos los años del periodo, es decir, la tendencia nos marca una línea recta, sin oscilaciones.

La institución con más trabajos sobre Polímeros dentro del Top 5 es la Universidad de Santiago de Compostela, puesto que de 61 trabajos que ha publicado sobre esta categoría, el 22,95% están dentro del 5% con más citación normalizada. Sin embargo, no es la que alcanza un impacto observado más alto para el periodo 2003-2007, ya que en este caso se ve desbancada por la Universidad de Extremadura, que obtiene un impacto del 2,87 y solamente tiene 21 documentos divulgados en estos años, por lo que ocupa el puesto 618 dentro del *ranking* mundial.

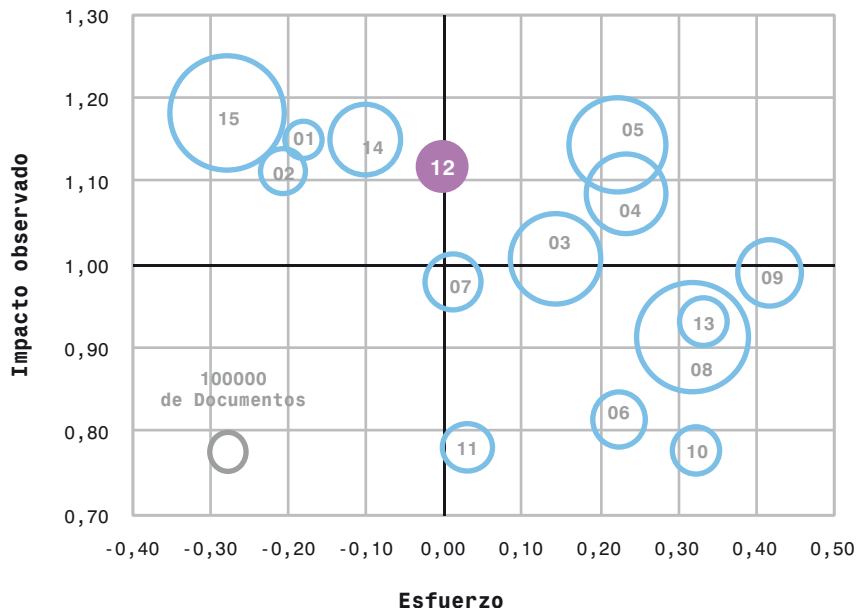
**4.2.7. Revestimiento, Capas y Películas.** En la categoría de Revestimiento, Capas y Película (gráfico 11.14), Alemania se sitúa como uno de los países con un mayor impacto y realiza además un esfuerzo superior al mundial. En el mismo cuadrante se hallan China, Francia y la República de Corea.

Junto con Estados Unidos, Reino Unido, Australia y Canadá, España se encuentra en el cuadrante superior izquierdo con uno de los impactos más altos a nivel mundial. Japón, Taiwán, Italia, Rusia, India y Polonia superan el esfuerzo mundial, pero no el impacto observado.

La producción primaria en España tiende a ir creciendo a lo largo de los años, al igual que la de Polímeros, alcanzando un tasa de variación en 2007 con respecto a 1999 del 181%, siendo el crecimiento más elevado presentado por una de las categorías del área de Ciencia de los Materiales en el país y, por tanto, de los más altos entre los quince países más productivos. No obstante, el impacto observado indica que no sigue un incremento a lo largo de los años, ya que la citación normalizada más alta la obtiene en el año 2004 (1,35), des-

cendiendo hasta el 1,06 en 2005 y presentando para este año un impacto observado más bajo que el esperado.

> **Gráfico 11.14.** Posición de los quince países más productivos del mundo en el área de Ciencia de los Materiales en la categoría Revestimiento, Capas y Películas según el esfuerzo y el impacto observado respecto al mundo. 1999-2007



- |                |                         |                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|
| [01] Australia | [06] India              | [11] Rusia          |
| [02] Canadá    | [07] Italia             | [12] España         |
| [03] China     | [08] Japón              | [13] Taiwán         |
| [04] Francia   | [09] República de Corea | [14] Reino Unido    |
| [05] Alemania  | [10] Polonia            | [15] Estados Unidos |

Fuente: elaboración propia con datos Scopus.

Por su lado, la tasa de colaboración pone de manifiesto que en esta categoría, desde 1999, en España se tiende a publicar más con autores de otros países, puesto que en 2003, 2004 y 2005 los porcentajes de trabajos escritos en colaboración a nivel internacional son más elevados que los documentos publicados sin colaboración, aunque en el año 2004 el índice de trabajos divulgados por autores españoles es un 40% más alto que los publicados en colaboración a nivel internacional.

Ahora bien, la publicación con autores de otras regiones, aunque leve, muestra un incremento a lo largo del periodo.

La Universidad de Málaga es la institución que más documentos sobre Revestimientos, Capas y Películas tiene dentro del Top 5 (16,67%), y además es también la que consigue obtener el impacto observado más alto para todo el periodo estudiado (1,93). Le sigue la Universidad Politécnica de Valencia, con el 12,12% de sus trabajos dentro del 5% con más citación normalizada, aunque no consigue obtener el segundo mejor impacto observado, ya que es la Universidad Rovira i Virgili la institución que consigue un segundo mejor impacto para el periodo 2003-2007.

Por el contrario, la Universitat d'Alacant y la Universidad Carlos III de Madrid no consiguen que ninguno de sus trabajos dentro del Top 5.

## 5. Conclusiones

Los datos obtenidos revelan que, pese a ser uno de los países que menor número de trabajos aporta entre los quince más productivos (17.637) a nivel mundial en Ciencia de los Materiales, España es uno de los países que más ha crecido en términos de producción con respecto al resto, ya que sólo es alcanzada por países que se encuentran en expansión (China, India, República de Corea y Taiwán). Además, España también ha aumentado en este periodo un 15% más que el mundo y un 49% con respecto a la región en la que se encuentra ubicada.

Nuestro país no consigue colocarse ninguno de los años del periodo estudiado en las diez primeras posiciones del *ranking* a nivel mundial de producción primaria. Sin embargo, aunque se coloca la décima en cuanto a producción de documentos de excelencia, existe una cola de trabajos que obtiene muy poca citación que nos hace retroceder en impacto observado hasta la posición décimo cuarta (con una citación normalizada un 30% superior a la mundial).

Por su parte, la tasa de colaboración nos indica que el mayor porcentaje de documentos publicados en este periodo son trabajos realizados por autores españoles, es decir, sin colaboración, aunque en los últimos años la tendencia pone de manifiesto que van en aumento los trabajos en colaboración internacional. Esta tendencia también se manifiesta en la citación normalizada en la colaboración, ya que entre 2005 y 2007 son los trabajos realizados entre autores de varios países los que más impacto observado alcanzan. Por tanto, se pone de

manifiesto que los trabajos con colaboración internacional tienden a tener mayor impacto que aquellos realizados sin colaboración.

La institución que más documentos produce en el área de Ciencia de los Materiales en España es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, situado en el *ranking* mundial en la octava posición. No obstante, y pese a ocupar el puesto 626 del *ranking* y tener sólo 198 trabajos publicados en el periodo 2003-2007, la Universidad de Vigo es la institución con mayor porcentaje de trabajos incluidos dentro del 5% con más citación normalizada, es decir, el 12,12% de su producción, alcanzando de esta manera un impacto observado del 1,85 (el *ranking* de las instituciones españolas con mayor producción puede verse en la tabla 11.1).

Ahora bien, en un estudio más pormenorizado del área de Ciencia de los Materiales, tenemos que destacar que la categoría con mayor número de documentos publicados para todo el periodo estudiado es Electrónica, que sin embargo, no es la categoría en la que mejor situada se encuentra España dentro del *ranking* a nivel mundial de producción primaria, puesto que corresponde a Biomateriales y Cerámica, donde alcanza los diez mejores países. No obstante, tenemos que destacar que los datos en términos porcentuales manifiestan que, en Electrónica, nuestro país es de los que más ha crecido con respecto a los quince países más productivos.

El impacto observado más alto con respecto al mundo lo obtiene en Metales, ya que llega a conseguir una citación un 80% superior a la mundial. Sin embargo, dentro del *ranking* mundial, es en la categoría de Electrónica donde España logra posicionarse como uno de los diez países con un mejor impacto observado.

Pese a que, en el *ranking* de impacto observado, España desciende en Metales, se trata de la categoría en que incluye mayor porcentaje de trabajos dentro del 5% con más citación normalizada (9,21). Además, ocupa la décima posición dentro del *ranking* a nivel mundial del Top 5.

Tanto en producción primaria como en el Top 5 y para todas las categorías, España se posiciona dentro de las primeras veinte posiciones del *ranking* a nivel mundial, además también ocupa estos puestos para el impacto observado, excepto en Cerámica, donde desciende hasta la posición número treinta.

Asimismo, la tasa de colaboración pone de manifiesto que, para todas las categorías, en España la mayor parte de los trabajos han sido firmados por autores del propio país. Sin embargo, la tendencia mues-

tra que, a medida que han ido pasando los años, se han ido publicando más en colaboración con autores de otros países, siendo Electrónica y Química de Materiales las categorías donde mejor se refleja esta tendencia, puesto que en Electrónica casi el 60% de los documentos divulgados en los años 2005 y 2006 eran fruto de la colaboración a nivel internacional. Aunque debemos destacar que en la categoría de Metales no necesitamos colaborar internacionalmente para conseguir un mayor número de trabajos incluidos dentro del Top 5.

La institución que más documentos publica para todas las categorías en el país es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que ocupa siempre las primeras posiciones en el *ranking* mundial. Sin embargo, no es la institución que mayor porcentaje de trabajos tiene incluidos dentro del 5% con más citación normalizada, ya que en Biomateriales es la Universitat de Barcelona, con el 12,50% de sus trabajos incluido, la institución con mayor número de documentos dentro del Top 5. En Cerámica es la Universidad de Girona. En Electrónica, son la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats y la Universitat Rovira i Virgili las que tienen el mayor porcentaje de documentos dentro del 5% con más citación normalizada, pese a haber publicado sólo 48 documentos en el periodo 2003-2007, llegando a alcanzar un impacto observado del 3,13 la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats. En Química de Materiales es la Universitat d'Alacant, con sólo 51 documentos, la que obtiene el porcentaje más alto de trabajos publicados dentro del 5% de citación normalizada (13,73). La Universidad de Santiago es, en Polímeros, la institución que más destaca y en Revestimientos, Capas y Películas es la Universidad de Málaga, con el 16,67% de sus trabajos dentro del Top 5.

## Referencias

- [1] Albors, J.; Hervás, J. L. (2006): «La industria cerámica europea en el siglo XXI. Retos tecnológicos y desafíos de la próxima década», *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 45(1), pp. 13-21.
- [2] Cámara de Comercio e Industria Italiana para España (2008): «La industria cerámica italiana y el mercado chino: oportunidades y riesgos», en [http://www.italcamara-es.com/es\\_site/info/notizie\\_51.html](http://www.italcamara-es.com/es_site/info/notizie_51.html) [última consulta: 2 de septiembre de 2009].
- [3] Codina, L. (2005): «Scopus: el mayor navegador científico de la web», *El Profesional de la Información*, 4, pp.44-49.

- [4] Coelco (2008): «España recorta la brecha en I+D+i con Europa», en <http://www.coelco.net/content/view/433/113/> [última consulta: 11 de septiembre de 2009].
- [5] Delgado Ramos, G. C. (2006): «Alcances y límites del sistema científico tecnológico chino», en <http://confines.mty.itesm.mx/articulos5/DelgadoG.pdf> [última consulta: 15 de septiembre de 2009].
- [6] Élices-Calafat, M. (2000): «De las cuerdas de cáñamo a los hilos de araña», disponible en: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00339.pdf>. [última consulta: 9 de septiembre de 2009].
- [7] Espinosa Calvo, M. E. (2009): *Análisis de dominio científico de Ciencia de los Materiales (Scopus, 1996-2007)*, memoria presentada para optar al grado de doctor en documentación, tesis doctoral, Universidad de Extremadura, Badajoz.
- [8] Grupo SCImago (2007): «SCImago journal & country rank: un nuevo portal, dos nuevos rankings», *El Profesional de la Información*, 16 (6), pp.645-646.
- [9] Hane, P. (2004): «Elsevier announces Scopus service», *Information today*, en <http://www.infotoday.com/newsbreaks/nb040315-1.shtml> [última consulta: 9 de octubre 2009].
- [10] Jacso, P. (2004): «Scopus», *Péter's Digital Reference Shelf*, en <http://www.galegroup.com/servlet/HTMLFileServlet?imprint=9999&region=7&fileName=reference/archive/200409/scopus.html> [última consulta: 1 de octubre 2009].
- [11] Jin, B.; Rousseau, R. (2004): Evaluation of research performance and scientometric indicators in China. «Evaluación de rendimiento de la investigación y los indicadores cuantitativos en China», In *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, eds.en Moed, H. F.; Glänzel, W.; Schmoch, U. (eds.), *Manual de Ciencia y Tecnología cuantitativos de investigación*, Moed, HF, Glänzel, W., Schmoch, U., pp. pp. 497-514. Dordrecht, etc.: Kluwer Academic Publishers.Dordrecht, etc.: Kluwer Academic Publishers.
- [12] Laguardia, C. (2005): «E-views and reviews: Scopus vs. Web of Science», *Library Journal*, 15, en <http://www.libraryjournal.com/index.asp?layout=articlePrint&articleID=CA49114> [última consulta: 1 de octubre 2009].
- [13] Leydesdorff, L.; Zhou, P. (2006): «The Emergence of China as a Leading Nation in Science» disponible en: <http://users.fmg.uva.nl/lleydesdorff/ChinaScience/ChinaScience.pdf> [última consulta: 4 de septiembre de 2009].
- [14] Lundberg, J. (2007): «Lifting the crown-citation z-score», *Journal of Informetrics*, 1, pp. 145-154.
- [15] Moratos, A.; Narváez, I.; Toribio, C. (2004): «Ciencias de la Salud, el Futuro de los Biomateriales: Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo», en <http://www.opti.org/pdfs/sectoriales/Biomaterialescompleto.pdf> [última consulta: 2 de septiembre de 2009], Fundación OPTI.
- [16] Moya-Anegón, F.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Corera-Álvarez, E.; Muñoz-Fernández, F.; Vargas-Quesada, B.; Herrero-Solana, V. (2004): *Indicadores Bibliométricos de la Actividad Científica Española: ISI, Web of Science, 1998-2002*, FECYT, Madrid.

- [17] Moya-Anegón, F.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Corera-Álvarez, E.; Gómez-Crisóstomo, R.; González-Molina, A.; Muñoz-Fernández, F.; Vargas-Quesada, B. (2007): *Indicadores Bibliométricos de la Actividad Científica Española: 1990-2004*, FECYT, Madrid.
- [18] Moya-Anegón, F.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Corera-Álvarez, E.; González-Molina, A.; Hassan-Montero, Y.; Vargas-Quesada, B. (2008): *Indicadores Bibliométricos de la Actividad Científica Española: 2002-2006*, FECYT, Madrid.
- [19] Muñoz-Portero, M. J. (2004): «Los estudios de ingeniería de Materiales en España», *Ingeniería Química*, 409, pp. 233-242.
- [20] People's Daily Online (Xinhua) (2007): «China es líder en producción mundial de metales no ferrosos durante 5 años consecutivos», en [http://www.casaasia.es/documentos/xina2007\\_05\\_07.pdf](http://www.casaasia.es/documentos/xina2007_05_07.pdf) [última consulta: 2 de septiembre de 2009].
- [21] Pickering, B. (2004): «Elsevier prepares Scopus to rival ISI Web of science», *Information world review*, 8 de marzo de 2004.
- [22] Regí-Leido, M. V. (2004): «Biomateriales: Repuestos para el cuerpo humano», en [http://www.real-academia-de-ingenieria.org/docs/2007/11/20/22440001\\_4\\_8\\_0.pdf](http://www.real-academia-de-ingenieria.org/docs/2007/11/20/22440001_4_8_0.pdf). [última consulta: 10 de septiembre de 2009].
- [23] Scopus Info (2009): en <http://info.scopus.com/> [última consulta: 2 de septiembre de 2009].





# *Producción y colaboración científica en agroalimentación*

> **Zaida Chinchilla Rodríguez**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP-CCHS)

y Grupo Scimago

> **Carlos Olmeda Gómez**

Universidad Carlos III de Madrid

Departamento de Biblioteconomía y Documentación y Grupo Scimago

## ***1. Introducción***

La evaluación de la actividad científica y la innovación tecnológica se ha convertido en práctica habitual de los países industrializados. Buena prueba de ello es la publicación regular de informes técnicos sobre esta materia desde la década de 1970<sup>1</sup>. A las funciones tradicionales de evaluación (la certificación y detección de la excelencia científica) se ha unido su importancia como valor añadido en la toma de decisiones en ciencia y tecnología, y como herramienta dirigida al cambio estratégico de los sistemas de I+D e innovación. Estas evaluaciones desempeñan un papel significativo en la construcción del potencial científico y tecnológico que se precisa para contribuir a un mayor bienestar social y ser una economía competitiva. Política científica y cienciometría están estrechamente vinculadas, y el seguimiento y evaluación de los sistemas de ciencia, tecnología e in-

**Nota 1.** Véanse los *Science and Engineering Indicators* de la *National Foundation Science* de Estados Unidos desde 1972, los del Observatorio de la Ciencia y Tecnología de Francia y los *World Science Report* de la UNESCO, entre otros.

novación, en todos sus niveles, exigen herramientas que posibiliten su medición en todas sus dimensiones [34].

Actualmente, las políticas ponen su énfasis en la innovación como proceso colectivo, de interacción y aprendizaje mutuo entre el conjunto de actores que integran el sistema. Desde los enfoques sistémicos de la innovación, la intervención política se justifica para superar las inercias institucionales y promover estrategias e incentivos que estimulen la cooperación, el aprendizaje y la conducta adaptativa entre los agentes del sistema. Estas acciones van dirigidas a dos objetivos: por un lado, solucionar los «fracasos sistémicos» que reflejan las deficiencias de las interacciones para crear trayectorias de desarrollo tecnológico y, por otro, aumentar la eficiencia del sistema, dotándolo de una «arquitectura con poder de distribución de información y conocimiento tecnológico» [7].

Los gobiernos han hecho explícita la necesidad de fomentar la evaluación de las actividades científicas, desde la ciencia básica, aplicada y las contribuciones tecnológicas hasta la colaboración en todos los niveles y sectores productivos. En esta línea, junto a los instrumentos tradicionales de apoyo a la investigación (básicamente la financiación competitiva de proyectos de I+D), se han desarrollado políticas y programas que promueven la movilidad y las asociaciones duraderas entre los actores como medio para incrementar la excelencia científica, la visibilidad y reputación internacional de los países y la difusión e intercambio de conocimiento e innovación.

En el caso español, desde el IV Plan Nacional se insiste en la coordinación de todos los agentes del sistema español de ciencia y tecnología (SECYT), especialmente entre programas públicos e iniciativas empresariales. Entre los grandes objetivos estaba favorecer la internacionalización de la ciencia española, dando prioridad a los proyectos encuadrados en el Espacio Europeo de Investigación. En el VI Plan Nacional de I+D+i (PNID)<sup>2</sup> se propone situar a España en la vanguardia de la investigación científica incrementando los niveles de generación de conocimiento, avanzar en la dimensión internacional como base para el salto cualitativo del sistema y la imbricación de los ámbitos regionales en el sistema de ciencia y tecnología, entre otros objetivos.

**Nota 2.** Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica [33], aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del 14 de septiembre de 2007. Disponible en: <http://www.icono.fecyt.es>. en publicaciones FECYT.

Sin embargo, no es hasta la iniciativa Ingenio 2010<sup>3</sup> que la colaboración científica se convierte en una cuestión de estado para alcanzar los objetivos de la estrategia de Lisboa<sup>4</sup>. A nivel europeo, el refuerzo de las relaciones de colaboración es uno de los principales instrumentos de cohesión y de convergencia hacia la constitución de un sistema transnacional [26]. Los programas Marco exigen la colaboración de equipos plurinacionales para optar a la financiación de proyectos. Ambos casos responden a estrategias a nivel macro de las agencias de financiación para alcanzar objetivos como la integración en la vanguardia de investigadores, la formación de grupos de investigación, la reducción de la duplicación de esfuerzos en investigación y el aprovechamiento de infraestructuras, entre otros aspectos.

Hasta ahora, los indicadores tradicionales se han centrado en estudiar los efectos distributivos de las políticas, aquellos que afectan a los actores de forma individual [36]. Pero el análisis de los sistemas de ciencia va más allá de la suma de resultados individuales y fragmentados, y su caracterización debe reflejar el comportamiento de los agregados (instituciones, sectores, comunidades autónomas, países) como producto de su participación en relaciones sociales estructuradas. Por tanto, sería conveniente y deseable un análisis multinivel [25] que permitiera estudiar la generación de conocimiento e innovación en escenarios múltiples y en ocasiones superpuestas. Los gestores requieren una metodología capaz de captar la heterogeneidad y el carácter multidimensional de las actividades de generación de conocimiento e innovación.

En este contexto, la monitorización de las actividades científicas y tecnológicas constituye una de las herramientas para el seguimiento de los anteriores objetivos con sus respectivas limitaciones, así como para otros instrumentos más específicos destinados a la estructuración y planificación de la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología<sup>5</sup>. Además, puede ser útil también para los gestores de

**Nota 3.** La iniciativa CONSOLIDER-Ingenio 2010 trata de impulsar la creación/renovación de centros de excelencia y la configuración de grandes equipos de investigación. Esta acción, orientada a equipos de investigación de muy alto nivel, exige concentración de esfuerzos, colaboración entre grupos y consorcios con comunidades autónomas, empresas privadas y organismos internacionales. La mayoría de los instrumentos en los que se basa (CENIT y CONSOLIDER) hacen un especial énfasis en la colaboración.

**Nota 4.** Durante el Consejo Europeo de Lisboa (marzo de 2000), los jefes de Estado y de gobierno proponen como objetivos convertir a la Unión Europea en la economía más competitiva del mundo y alcanzar el pleno empleo antes de 2010.

**Nota 5.** «I+D e Innovación en España: mejorando los instrumentos», OCDE, FECYT, 2007. Disponible en: <http://icono.fecyt.es> en publicaciones FECYT (Plan Nacional de I+D+i).

unidades de educación e investigación y de información, así como para los propios investigadores.

Con este marco general, este capítulo presenta un análisis multinivel que pretende caracterizar la generación de conocimiento visible internacionalmente en el campo de la agroalimentación en España durante los últimos quince años a partir del análisis de los resultados de investigación en forma de publicaciones científicas. A partir de representaciones visuales de la información científica recogida en bases de datos internacionales, se analizan los patrones de publicación y colaboración. Se espera aportar información de interés para la toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología.

## ***2. La agricultura***

Entre las razones por las que este campo temático resulta interesante, se encuentran las cuatro grandes líneas de trabajo del actual VI Plan Nacional de I+D+i. En la tercera se especifica que se «fomentará la innovación tecnológica en los sectores de Alimentación, Agricultura, Pesca, Medio Ambiente, Energía, Seguridad, Defensa, Transporte, Infraestructuras y Salud, consideradas clave para el desarrollo socioeconómico del país». Además, entre los programas que se van a poner en marcha como parte del plan, destaca el de refuerzo de institutos, departamentos universitarios y centros de excelencia, el de apoyo a la solicitud de patentes y el programa de valorización del conocimiento y transferencia de tecnología<sup>6</sup>.

El pasado 18 de octubre de 2009, uno de los principales periódicos de tirada nacional se hacía eco de la situación del sector, que no parecía nada halagüeña [27]:

«Fuertes recortes de producciones; precios a la baja; ventas a resultas (sin precio pactado y sin garantía de cobro) si se trata de cooperativas; incremento de los precios de los medios de producción del 34,3% desde 2003; resultados negativos de explotación con caída de rentas del 26% en el mismo período, que sólo se compensan parcialmente tirando de las ayudas directas de la Política Agrícola Común (PAC) allí donde existen; caída de los precios de la tierra

**Nota 6.** Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011. Disponible en: <http://www.icono.fecyt.es> en publicaciones FECYT.

por primera vez en quince años; pérdida de 124.000 empleos desde 2005; abandono de explotaciones agrarias y cierres de las ganaderas extensivas; desmantelamiento del sector, y sobre todo, del medio rural con nula incorporación de jóvenes; reformas de la PAC que no aseguran el futuro de la actividad agraria en los países miembros, y falta de una política agraria definida desde la Administración española.

Desde la Administración, el ministerio destacaba recientemente en el Congreso de los Diputados la eficacia de las medias estructurales aplicadas por el Gobierno para apoyar al sector y destacaba la fortaleza, competitividad y vocación de futuro de agricultores y ganaderos.»

Desde el punto de vista de la generación de conocimiento con visibilidad internacional, la agricultura en España no es precisamente un área de gran tamaño científico, pero en este caso, el tamaño no importa tanto como la gran proyección internacional que presenta en términos de especialización y visibilidad.

Desde este contexto social, político y académico, nuestra aportación está relacionada con la caracterización cuantitativa del ámbito agroalimentario. Este enfoque puede ayudar en la detección de las fortalezas y debilidades del sistema de generación de conocimiento y arrojar información sobre aspectos de interés tanto en la transferencia de conocimiento al sector productivo como al sector social, al menos dando cuenta de los resultados de la investigación.

Para ello, este capítulo presenta la definición de los objetivos perseguidos, el material y métodos utilizados, en el que se hace referencia a la fuente de datos y los aspectos metodológicos más relevantes para que el lector ubique los indicadores utilizados. El apartado de resultados presenta tres partes claramente diferenciadas: la primera ofrece una breve descripción sobre el contexto internacional y se adentra en el análisis de la especialización temática y la visibilidad como descriptores clave; la segunda parte presenta la distribución regional y temática a nivel nacional, haciendo énfasis en las pautas de comunicación, y finalmente, la tercera parte caracteriza los patrones de colaboración tanto a nivel general como interinstitucional e internacional. El capítulo termina con un apartado de conclusiones que recoge los aspectos más destacables.

### 3. *Objetivos*

El objetivo de este estudio es la descripción del campo temático de la agroalimentación a partir de las publicaciones con visibilidad internacional utilizando la combinación de un conjunto de indicadores bibliométricos y relacionales y la visualización de la información. En concreto, trata de: a) conocer la evolución de la producción científica visible internacionalmente; b) comparar dicha evolución en los niveles nacional, regional e internacional; c) definir los patrones de comunicación científica y su distribución temática; d) situar el campo en términos de excelencia, teniendo en cuenta su visibilidad, especialización y volumen y e) identificar los patrones de colaboración en distintos niveles de agregación.

### 4. *Material y métodos*

La fuente original para extraer los datos es *Web of Science* de Thomson *Scientific*. Su uso y explotación es posible gracias al acceso gratuito dispuesto por el Ministerio de Educación y Ciencia a través de la Fundación Española de Ciencia y Tecnología [13]<sup>7</sup>, como servicio público para las instituciones académicas y de investigación. Para el caso concreto de la ciencia española, la selección de la fuente coincide con la normativa vigente<sup>8</sup>, que establece los criterios del sistema de incentivos.

Dentro del proyecto *Atlas of Science* [<http://www.atlasofscience.net>] y con fines estrictamente académicos, se recogen datos sobre la producción española en *Science Citation Index Expanded* (SCI-Expanded), *Social Science Citation Index* y *Arts and Humanities Citation Index*. Para el periodo 1990-2005, hemos recuperado 375.256 registros en los que aparece *Spain* en el campo *Address*. Tras la captura se construye un sistema de bases de datos con la información integrada de forma relacionada, que permite operar con los distintos análisis. A esta base de datos se añadió toda la información bibliométrica del *Journal Citation Report* del periodo 1995-2005. Así se configura el

**Nota 7.** Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT). Portal de acceso a la *Web of Knowledge*. Disponible en: <http://www.accesowok.fecyt.es/>.

**Nota 8.** Resolución de 28 de agosto de 1989, modificada y completada por el Real Decreto 1325/2002.

referente comparativo internacional, obteniendo los indicadores de las publicaciones a nivel mundial.

Una conocida limitación de la fuente de datos es la falta de normalización del campo institucional (entre otros), que se agudiza en el caso de los países donde el inglés no es la lengua franca [35]. Desde la década de los noventa vienen apareciendo proyectos o sistemas pilotos que intentan estandarizar las directrices para hacer posible análisis cuantitativos a gran escala [8-10, 14-15, 21].

En este estudio se realiza una normalización de instituciones haciéndolas corresponder con la ciudad y la comunidad autónoma en la que se ubican. Las tablas resultantes se añaden a la estructura relacional descrita anteriormente [19].

La distribución temporal abarca desde 1990 a 2005. Se toma como referencia el año de publicación del número de la revista y no el año de entrada en la base de datos para evitar retrasos en su inclusión [29]. La distribución geográfica se corresponde con las 17 comunidades autónomas y 7 grandes regiones geográficas. La distribución temática responde a la categorización del *Journal Citation Report* que a su vez, se hace corresponder con la elaborada por la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) centrándonos en Agricultura (AGR), Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ALI) y Ganadería y Pesca (GAN). La distribución por sectores institucionales se basa en el Manual de Frascati y en las definiciones del Ministerio de Educación y Ciencia. En la normalización de las instituciones, al igual que con las comunidades autónomas, cada institución sólo pertenece a un sector: Administración (ADMON), centros mixtos (CM), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), empresas, entidades públicas de investigación (EPI); sistema sanitario (SS), sistema universitario (Univ) y Otros.

Para la adscripción de los documentos se utiliza el sistema de cuenta completa, que asigna cada documento a todas las instituciones, comunidades autónomas y países firmantes del mismo. Una vez normalizados los datos, se extraen indicadores bibliométricos convencionales que se combinan con otros de redes sociales. La batería de indicadores con la que se trabaja (tabla 12.1) está suficientemente documentada en trabajos anteriores [31].

Para analizar la colaboración institucional definimos documentos sin colaboración en los que sólo aparece una dirección institucional, independientemente de que sean firmados por uno o más autores de la

misma institución y uno o más departamentos distintos. En colaboración nacional, se consideran los documentos producidos dentro del mismo país entre autores que trabajan en distintas instituciones. En colaboración internacional se consideran los documentos en los que participa al menos otro país además de España.

> **Tabla 12.1.** *Listado de indicadores*

<b>&gt; Indicadores para la dimensión cuantitativa de la producción investigadora</b>	
Ndoc	Número de documentos de cualquier tipo
% Ndoc	Porcentaje de documentos de cualquier tipo
TC	Tasa de crecimiento
IActividad	Índice de especialización temática, índice de actividad o esfuerzo temático
<b>&gt; Indicadores para la dimensión cualitativa de la producción investigadora *</b>	
FIN	Factor de impacto normalizado de las revistas
FIR	Factor de impacto normalizado de las revistas relativo al mundo
<b>&gt; Indicadores de colaboración científica. Análisis relacional</b>	
Ncol	Número de documentos en colaboración
% Ncol	Porcentaje de documentos en colaboración respecto al total
Ncol internacional	Número de documentos en colaboración internacional
% Ncol internacional	Porcentaje de documentos en colaboración internacional respecto al total
<b>&gt; Indicadores de red</b>	
Grado	Número de actores a los que un actor está directamente unido
Intermediación	Frecuencia con la que un nodo aparece en el camino más corto que conecta otros dos nodos
Cercanía	Suma de las distancias de un nodo con respecto a sus vecinos

\* Este apartado hace referencia a los indicadores empleados para hablar de visibilidad e impacto de la investigación. Estos dos términos se usan indistintamente para hacer referencia a la situación de la investigación a partir de la información suministrada por los factores de impacto de las revistas en las que se publica con respecto a lo que se hace a nivel mundial.

**Fuente:** elaboración propia.

El último apunte metodológico tiene que ver con la incorporación del análisis de estructuras y redes sociales (ARS) para el análisis de la



colaboración científica. Es un complemento de los análisis convencionales porque ayuda a identificar el comportamiento de los agregados como producto de su participación en relaciones sociales estructuradas. A diferencia del enfoque de análisis atributivo propio de los indicadores tradicionales, el ARS centra su atención en el estudio de las relaciones [45]. Las redes son formas de interacción social, un sistema abierto y en construcción permanente que implica a conjuntos que se identifican en cuanto a sus necesidades y problemáticas y que se organizan para potenciar sus recursos. La participación de un actor en una red es un acto que influye en la organización de esas interacciones e intercambios. Así, las redes sociales son un intento de articular a la sociedad en su diversidad, mediante la noción de «vínculo» entre los grupos y sujetos definidos por sus múltiples adscripciones. Son un reconocimiento en la interacción y un proceso colectivo [45]. A partir de la información relacional sobre copublicaciones, se crea una matriz de doble entrada de colaboración interinstitucional y también una red heliocéntrica con los países colaboradores.

## 5. Resultados

### 5.1. España en el contexto internacional

En el contexto internacional<sup>9</sup>, España es el cuarto país con más producción y citas en agroalimentación y ocupa el puesto catorce de los 20 países más citados del mundo en citas por documento. Estados Unidos, Inglaterra y Francia encabezan el *ranking*. Las distancias entre el primero y los demás son más que considerables. Estados Unidos triplica el tamaño de los países europeos y, entre ellos, España presenta cifras similares a las francesas. En cuanto a citas, España es superada por Estados Unidos, seguida de Japón y Alemania. El hecho de ocupar el puesto catorce en citas por documento nos sitúa en una posición intermedia entre Australia y Nueva Zelanda, cuyas producciones son sensiblemente menores a las españolas, sobre todo en este último país.

En el contexto nacional, la aportación media a la producción total del país es del 14%. Desde la década de los noventa, con una representatividad cercana al 10%, viene creciendo de manera sostenida,

**Nota 9.** Sci-Bites (2007): *The 20 Most Cited Countries in Agricultural Science*, enero 1996-diciembre 31, 2006. Disponible en: <http://www.in-cites.com/countries/top20agr.html>.

llegando a suponer un 15,2% en 2005, con un incremento del 55% con respecto a 1990. En producción bruta quintuplica su volumen en el periodo de estudio, duplicando los incrementos registrados a nivel global. De unos 1.100 documentos publicados en el año 1990, se pasa a más de 5.000 trabajos en el año 2005.

Estas cifras y el ritmo de crecimiento también son superiores a los que se registran a nivel mundial [30]. España presenta una tasa media anual de crecimiento cercana al 12%, frente al 4% del mundo.

¿Qué factores intervienen en este crecimiento? A nivel nacional, ha existido una decidida apuesta por el incremento en la inversión en I+D. Aunque ha sido desigual dependiendo del color político del gobierno, éste no es el único ni el más determinante de los factores responsables del lugar que ocupa la ciencia en España. También intervienen factores estructurales e individuales. Desde los años ochenta hasta la fecha, existen una serie de medidas políticas que llevan a la consecución de un plan nacional de I+D que vertebra la política científica del país. Este hecho redundo en la conformación de una masa crítica de recursos humanos que participan en programas internacionales, publican en revistas internacionales para internacionalizar los resultados de su investigación y ser más competentes y competitivos, colaboran con otras instituciones y países, pasan voluntaria y periódicamente evaluaciones más orientadas al reconocimiento y prestigio que al asunto económico, etc. [18] En definitiva, un cambio en los hábitos de publicación que hace que la ciencia española se vaya homologando a nivel internacional.

En lo referente a algunos de los indicadores socioeconómicos, en ciencias agrarias, la inversión bruta en I+D es la que registra los mayores incrementos (84,26%) desde 1995 por delante de las ciencias médicas y las ingenierías y tecnologías. Sin embargo, en términos porcentuales, es el área que recibe la menor parte de los fondos, con una inversión media del 7% del total, frente el 8% de las ciencias sociales, el 13% de las médicas, el 19% de las exactas y naturales y el 51% de las ingenierías y tecnologías.

Por otra parte, la distribución de los recursos humanos (investigadores a tiempo completo) es bastante desigual dependiendo del sector en el que se ubiquen. En enseñanza superior hay un promedio del 5% de todos los investigadores del sector universitario. Este dato está muy lejos de los registrados en ciencias médicas, con un 14%; ingeniería y tecnología, con un 18%; ciencias sociales, que ronda el

22% y finalmente, exactas y naturales, con un 40%. En términos brutos, el incremento en el número de recursos humanos es similar al de ingeniería y tecnología.

En el sector de la Administración Pública, el panorama es bien distinto. En términos relativos, los investigadores en ciencias agrarias son muy superiores a los de sociales e ingeniería y se acercan a los de las ciencias médicas. Por último, el hecho de que el sector agroalimentario tenga cierto carácter aplicado no queda reflejado en su participación en la investigación privada. El sector privado está claramente polarizado hacia la contratación de ingenieros y tecnólogos, acumulando más del 80% del personal en este sector. Estos datos no hacen sino constatar que los recursos humanos que se dedican a la investigación con visibilidad internacional están concentrados en el sector público y que hay un vacío evidente en la inserción y participación del sector privado.

## 5.2. Especialización

El volumen de producción no sólo refleja la actividad del campo y su capacidad para generar conocimiento a nivel internacional, sino también su especialización temática. Si bien es verdad que a nivel general existe una creciente internacionalización de los resultados científicos, existen áreas con más actividad que otras.

En el caso de la agroalimentación, España está claramente especializada. En términos relativos, el porcentaje de producción científica es mayor que el mundial. Si se compara con la investigación que realizan los países que anteceden a España en el *ranking*, como Japón<sup>10</sup>, Alemania<sup>11</sup> o cualquier país de tamaño medio, como Suecia<sup>12</sup>, Holanda<sup>13</sup>, Suiza<sup>14</sup>, su perfil temático está más especializado en el área biomédica y en física que en agroalimentación. Desde el punto de vista de los resultados puramente bibliométricos, esta intensa actividad constituye una fortaleza. Sin embargo, el hecho de que la investigación esté más volcada en áreas del sector primario dista del comportamiento de otros países consolidados económicamente y es más similar al perfil de países en desarrollo.

**Nota 10.** Sci-Bytes (2009): *Science in Japan, 2004-08*. Disponible en: [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/jul12-09\\_1/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/jul12-09_1/).

**Nota 11.** Sci-Bytes (2009): *Science in Germany, 2004-08*. Disponible en: [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/jul26-09\\_2/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/jul26-09_2/).

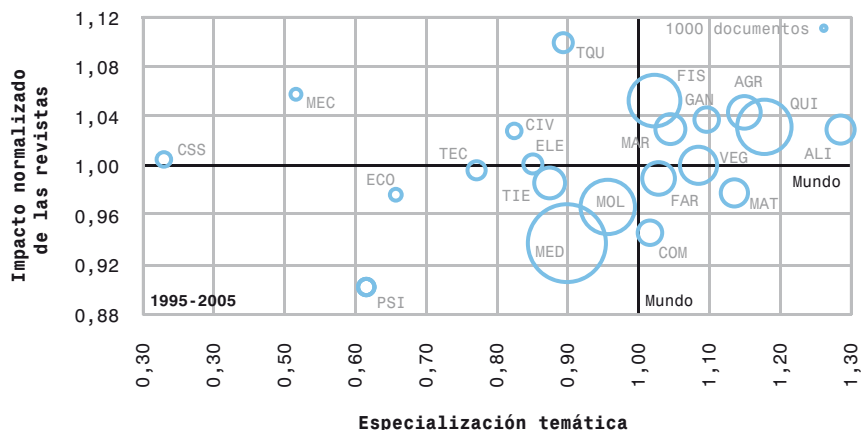
**Nota 12.** Sci-Bytes (2009): *Science in Sweden, 2004-08*. Disponible en: [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/oct4-09\\_1/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/oct4-09_1/).

**Nota 13.** Sci-Bytes (2009): *Science in the Netherlands, 2004-08*. Disponible en:

[http://sciencewatch.com/dr/sci/09/sep20-09\\_2/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/sep20-09_2/).

**Nota 14.** Sci-Bytes (2009): *Science in Switzerland, 2004-08*. Disponible en: [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/aug23-09\\_2/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/aug23-09_2/).

> **Gráfico 12.1.** Especialización temática, visibilidad relativa al mundo y volumen de producción. 1995-2005



**Nota:** áreas Temáticas. AGR: Agricultura, ALI: Ciencia y Tecnología de los Alimentos, CIV: Ingeniería Civil y Arquitectura, COM: Ciencias de la Computación y Tecnología Informática, CSS: Ciencias Sociales, DER: Derecho, ECO: Economía, ELE: Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática, FAR: Fisiología y Farmacología, FIS: Física y Ciencias del Espacio, GAN: Ganadería y Pesca, HIS: Historia y Arte, MAR: Ciencia y Tecnología de los Materiales, MAT: Matemáticas, MEC: Ingeniería Mecánica, Naval y Aeronáutica, MED: Medicina, PSI: Psicología y Ciencias de la Educación, QUI: Química, TEC: Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones, TIE: Ciencias de la Tierra, TQU: Tecnología Química, VEG: Biología Vegetal y Animal, Ecología.

**Fuente:** elaboración propia a partir de datos *Web of Science*.

A nivel nacional se repite este patrón. En los informes editados periódicamente por la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT) sobre los indicadores bibliométricos de la actividad científica española, se puede apreciar cómo a lo largo de los años las áreas agroalimentarias superan las medias mundiales. El gráfico 12.1 es una foto fija del periodo en la que se puede ver cómo todas las áreas –Agricultura (AGR), Ganadería y Pesca (GAN), Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ALI) e incluso la Biología Vegetal (VEG)– que componen el campo están por encima de la media mundial (ejes en negrita), situándose en el cuadrante superior derecho. Esto indica no sólo una especialización temática superior a la mundial, sino también un mayor impacto esperado.

### 5.3. Visibilidad

La especialización no es la única fortaleza. Siguiendo con el referente mundial como ámbito de comparación, los datos sobre visibilidad internacional también hacen de este campo un ejemplo de fortaleza

nacional. Se publica en revistas cuyo factor de impacto es mayor que la media mundial (gráfico 12.1) y para el impacto observado (citas reales recibidas), los informes periódicos *National Science Indicators* confirman esta característica. Para el periodo 2002-2006<sup>15</sup>, la citación recibida estaba un 10% por encima de la mundial y continúa ganando puestos. En el quinquenio 2004-2008, encabeza el *ranking* de producción, superando a la física, y el impacto relativo está un 19% por encima del mundial (3,39 citas por documento en España, frente a las 2,86 de la media mundial).

#### 5.4. Distribución regional

El estudio de las CCAA está sobradamente justificado<sup>16</sup>, ya que las políticas científicas generan un conjunto de condiciones comunes para las instituciones dependientes de una misma Administración. Siguiendo las recomendaciones de otros expertos [37], si se trata de evaluar comparativamente los efectos de esas políticas, resulta obvia la necesidad de separar lo relativo a cada una de ellas y caracterizar, en la medida de lo posible, su aportación al conjunto nacional.

Desde hace décadas, una característica reconocida del sistema español es la gran concentración geográfica que presenta, debido fundamentalmente a cuestiones de infraestructura. Madrid y Cataluña acumulan prácticamente la mitad de la producción nacional por la fuerte concentración de centros y empresas, de ahí su peso histórico como capitales generadoras de conocimiento.

En el área agroalimentaria, se repite este patrón, aunque se va atenuando a lo largo del periodo. La comunidad con el mayor número de documentos es Madrid, seguida muy de cerca por Andalucía y Cataluña y, a cierta distancia, Valencia. El peso relativo de Madrid en el conjunto nacional, sin perder la cabecera de la producción, va descendiendo, dejando espacio para el aumento de otras comunidades. Así, de producir más del 26% a comienzos de los noventa, ha pasado al 22%, frente al aumento de comunidades pequeñas que prácticamente duplican su producción.

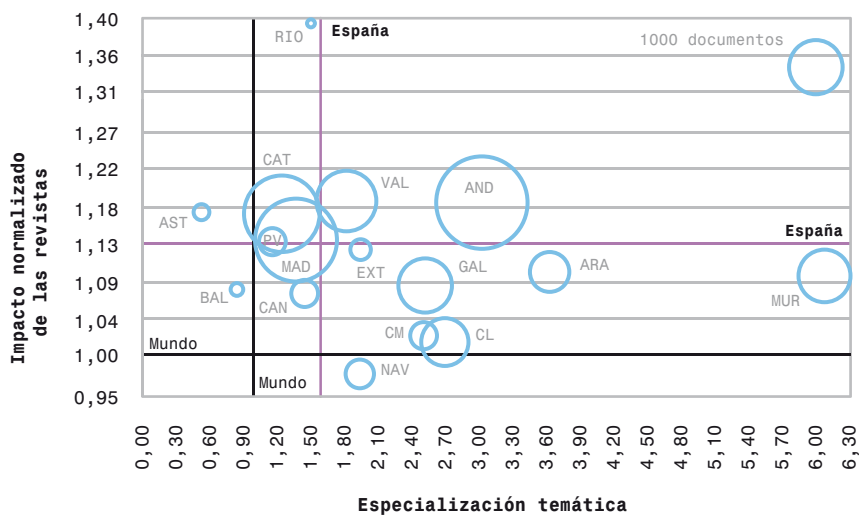
Andalucía mantiene la segunda posición pero pierde un 5% de la representatividad inicial. Con altibajos especialmente acusados desde

**Nota 15.** Sci-Bites (2007) *Science in Spain 1981-2006*. Disponible en: [http://www.in-cites.com/research/2007/september\\_3\\_2007-2.html](http://www.in-cites.com/research/2007/september_3_2007-2.html).

**Nota 16.** Las actividades de I+D+i, así como las políticas de ciencia y tecnología, son una competencia compartida entre el Estado (función de coordinación) y las CCAA (promoción de la I+D en sus territorios).

1997 hasta 2000, comienza con un aporte superior al 22% y termina con el 20,83%. En el caso catalán ocurre lo contrario: del 16% pasa a más del 20%, creciendo cerca del 24% con respecto a 1990. En el cuarto puesto se encuentra Valencia, que pasa del 8,66 al 10,47% (un incremento superior al 20%). Del resto cabe destacar una subida superior al 24% en Galicia, que la sitúa en quinto lugar, con el 9,24%, y en sexto lugar, Murcia, con un 6,47%.

> **Gráfico 12.2.** Especialización temática, visibilidad relativa al mundo y volumen de producción por comunidades autónomas



**Nota:** comunidades autónomas. AND: Andalucía, ARA: Aragón, AST: Asturias, BAL: Baleares, CAB: Cantabria, CAN: Canarias, CAT: Cataluña, CL: Castilla y León, CM: Castilla-La Mancha, EXT: Extremadura, GAL: Galicia, MAD: Madrid, MUR: Murcia, NAV: Navarra, PV: País Vasco, RIO: La Rioja, VAL: Valencia.

**Fuente:** elaboración propia a partir de datos *Web of Science*.

El gráfico 12.2 muestra una imagen fija para el periodo analizado, en la que se pueden apreciar las tres variables: especialización (eje x), visibilidad (eje y) y número de documentos (volumen). El área de la burbuja determina el tamaño. En términos de especialización y visibilidad, no siempre coinciden las más grandes ni las que más crecen con las más destacadas. Tomando como referente el mundo (ejes en negrita), excepto Navarra, Asturias y Baleares, todas las comunidades autónomas superan las medias en especialización y visibilidad.

Cuando el referente es España (ejes en violeta) la situación cambia. Sólo unas cuantas regiones producen investigación de «ex-

celencia». En este caso, el término excelente se refiere a las regiones cuya investigación es sobresaliente, siendo el impacto de su producción y su visibilidad superior a la media nacional y mundial. Estas regiones son las que se posicionan en el cuadrante superior derecho. Así, Andalucía y Valencia son regiones excelentes. El hecho de acumular una gran cantidad de documentos es otro valor añadido, ya que tienen más mérito que regiones más pequeñas en la misma situación.

Si analizamos las variables individualmente, Murcia tiene el máximo de esfuerzo y Navarra el mayor impacto. Las comunidades que, sin alcanzar una buena visibilidad, están especializadas son, además de las excelentes, Castilla y León, Galicia y Extremadura.

En términos cuantitativos, ¿qué hace que estas comunidades se posicionen de esta manera? ¿Qué producen y cómo?

### 5.5. Categorías temáticas

La tabla 12.2 muestra la distribución temática por comunidades autónomas en columnas y las categorías por filas. Para cada fila existen dos entradas: E para España y M para el mundo. Los colores sitúan las regiones en los dos ámbitos de referencia. Las celdas en blanco representan las categorías con especialización y visibilidad por encima de las medias nacionales (E) o mundiales (M) –las de «excelencia»–. Las celdas en azul superan la visibilidad pero no la especialización, las que están en verde superan la especialización pero no la visibilidad y finalmente, las celdas violetas están por debajo de los valores medios en especialización y visibilidad. Cada celda va acompañada de un número que representa el porcentaje de producción con respecto al total de la categoría.

A nivel nacional, las categorías con más producción son Ciencia y Tecnología de los Alimentos (21%), Biotecnología y Microbiología Aplicadas (17%), Ciencias Ambientales (16%) y Agricultura (10%). El resto no alcanzan el 10%, pero cabe destacar Veterinaria (9%) y Nutrición y Dietética, con un 6,5%. En la distribución mundial el orden cambia. Encabeza el *ranking* Ciencias Ambientales (18%), seguida de Biotecnología y Microbiología Aplicadas (16%), Veterinaria (15%) y Ciencia y Tecnología de los Alimentos (12%).

Evolutivamente las áreas más emergentes son Piscicultura, Silvicultura y Horticultura, Zoología e Investigación Láctea, aunque cabe destacar los crecimientos de las más productivas.

> **Tabla 12.2.** Posición de las categorías por comunidad autónoma con respecto a España y al mundo

		AND	ARA	AST	BAL	CAN	CAB	CM	CL	CAT	EXT	GAL	RIO	MAD	MUR	NAV	PV	VAL
Política y economía agrícolas	E	14,85	7,27	3,94	4,85	3,33	1,82	1,82	6,36	12,42	0,91	2,73		25,76	1,82	3,33	5,45	3,33
	M																	
Ingeniería agrícola	E	21,45	2,94			0,35		2,08	5,88	11,94	1,04	18,69		13,84	9,52	1,38	2,60	8,30
	M																	
Agricultura	E	22,92	3,89	1,29	0,85	1,19	0,20	1,49	3,68	11,58	1,17	8,11	0,57	20,52	8,38	2,07	1,76	10,33
	M																	
Zoología e investigación láctea	E	9,86	8,89	3,01	0,36	2,73	0,07	1,54	7,94	17,80	1,66	2,77	0,09	28,40	4,22	1,52	2,54	6,61
	M																	
Agricultura, multidisciplinar	E	22,82	2,81	1,29	0,55	1,45	0,04	2,34	3,87	11,72	2,42	6,64	0,23	18,72	10,55	2,38	1,72	10,43
	M																	
Agricultura, Ciencias del suelo	E	26,61	3,99	0,22	0,16	2,68	0,05	0,82	5,57	7,43	0,71	12,62	0,16	17,65	10,00	1,42	1,42	8,47
	M																	
Biotecnología y microbiotecnología aplicadas	E	15,59	1,76	3,34	0,40	1,48	0,59	0,72	5,61	17,87	1,48	9,03	0,39	24,77	3,55	1,97	2,26	9,18
	M																	
Ciencias ambientales	E	20,51	2,96	1,68	1,22	2,20	1,30	1,66	4,03	21,91	2,50	6,90	0,14	17,65	2,52	0,61	3,83	8,37
	M																	
Piscicultura	E	14,68	0,52	3,48	3,89	7,66	2,20	0,17	2,49	16,13	0,35	24,54		6,09	6,03	0,06	2,09	9,63
	M																	
Ciencia y tecnología de los alimentos	E	16,52	3,44	2,03	0,80	1,43	0,11	1,98	5,08	12,53	1,98	7,04	0,64	23,14	7,16	2,69	2,25	11,18
	M																	
Ciencias forestales	E	12,64	4,05	2,86	0,40	2,07		2,54	8,74	14,94	1,59	9,78	0,08	26,63	2,46	0,64	4,29	6,28
	M																	
Horticultura	E	18,35	5,71	1,36	0,20	1,36	0,20	0,88	1,77	15,77	0,54	5,64	0,48	13,87	13,26	2,24	0,54	17,81
	M																	
Nutrición y dietética	E	16,65	3,09	1,56	2,44	3,50	0,53	1,44	4,34	18,58	1,28	3,69	0,06	22,61	4,25	5,15	4,84	6,00
	M																	
Veterinaria	E	13,70	8,90	0,94	0,16	4,90	0,22	1,06	6,61	18,13	3,98	6,49	0,18	20,83	6,83	1,24	2,07	3,77
	M																	

Fuente: elaboración propia a partir de datos Web of Science.



Son pocas las categorías que no superan las medias de especialización y visibilidad, sin embargo, algunas de las debilidades son, por ejemplo: Cataluña en Agricultura, con más del 10% de la producción, frente a los buenos resultados de todas las demás regiones; Madrid en Agricultura y Ciencias del Suelo, con el 17,65% y la misma proporción en Ciencias Ambientales. En el primer caso, Andalucía, Galicia y Murcia parecieran ser buenos socios potenciales tanto para Madrid como para Galicia, con más del 8%. En Ciencias Ambientales, Cataluña.

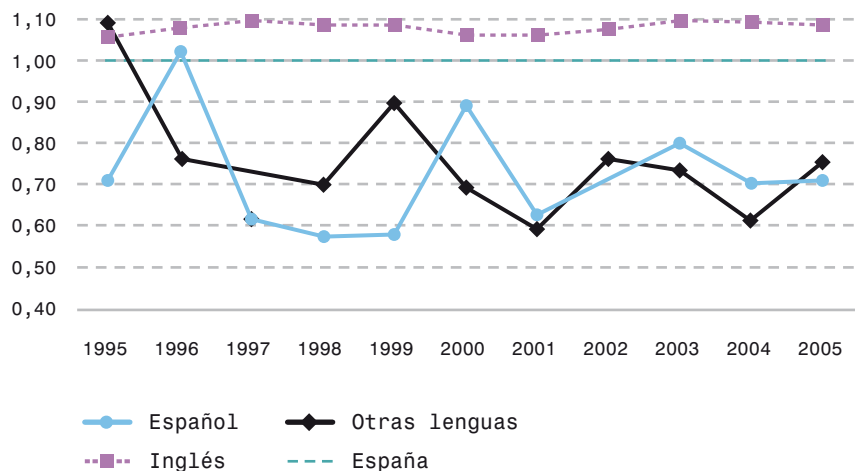
Por otra parte, sin desmerecer la medalla de la especialización, quizá haya comunidades que puedan dar un salto cualitativo y mejorar sus resultados en visibilidad, ya que su producción viene siendo constante. También sería deseable alguna mejora en otras que tienen otros frentes débiles. ¿Cómo? No tenemos una respuesta. Sin embargo, ante la pregunta de ¿qué afecta a la investigación agroalimentaria para que sea posible esta fotografía tan favorable respecto a la situación de otras áreas científicas?, buena parte de la respuesta la encontramos en las pautas de publicación.

### **5.6. Lengua de publicación y tipo de documento**

La lengua de publicación tiene un papel importante en la difusión de los resultados, sobre todo en el caso de países de habla no inglesa. Los efectos –a la hora de evaluar y comparar– de utilizar la lengua nacional o la inglesa son visibles en términos de uso y consumo de la información. Así, los documentos publicados en inglés tienen mayor visibilidad que los escritos en otras lenguas. En el caso español, desde la década de los noventa el uso del inglés va en aumento, hasta alcanzar prácticamente el 93% de la producción global en el año 2005 [4].

En agricultura estos porcentajes son mayores, superando el 99% desde el año 1997. Esto se traduce en un impacto superior (relativo al factor de impacto de las revistas en las que se publica) al que obtiene la producción española en su conjunto y en general, sobre el de cualquier lengua distinta del inglés (gráfico 12.3). Por tanto, a mayor producción en lengua inglesa, mayor probabilidad (que no garantía) de ser más visible, más utilizada, más citada. De las catorce categorías estudiadas, las siete que publican más del 99% en inglés son: Biotecnología y Microbiología Aplicadas, Ciencias Forestales, Ciencias Ambientales, Agricultura, Multidisciplinar, Piscicultura, Ingeniería Agrícola y Zoología e Investigación Láctea.

> **Gráfico 12.3.** *Visibilidad relativa a la producción nacional según lengua de publicación*



Fuente: elaboración propia a partir de datos *Web of Science*.

Otro aspecto significativo de los patrones de publicación es la tipología documental. En el cálculo del tamaño de cualquier campo computan todos los tipos documentales, pero no todos se tienen en cuenta para el cómputo del impacto. El primer conjunto es la producción total, el segundo, la producción primaria o citable. La agroalimentación supera el 96% de producción primaria, frente al 84% del nacional. En el año 1990, casi el 90% de su producción tiene forma de artículo científico, frente a un 93% en 2005. Entre los años 1996 y 1999, estas tasas superan el 96%. También es destacable el protagonismo de las revisiones, que suponen casi un 4% del total y duplican con creces su presencia, con un incremento medio anual del 24%, frente al 16% nacional. Por categorías, Agricultura, Multidisciplinar supera el 99% en artículos, seguida de Agricultura y Ciencias del Suelo y Ciencias Forestales, con más del 97%. En el caso contrario, Nutrición y Dietética es la que presenta las menores tasas (85,4%) y las mayores en forma de actas de congresos (6,23%).

Parece que la hegemonía de estos dos tipos documentales podría estar influyendo en su alta visibilidad. Aunque hay que aclarar que una gran proporción de documentos nunca son citados, conviene no olvidar que, a mayor volumen de producción, mayor probabilidad de citación.

### 5.7. Patrones de colaboración

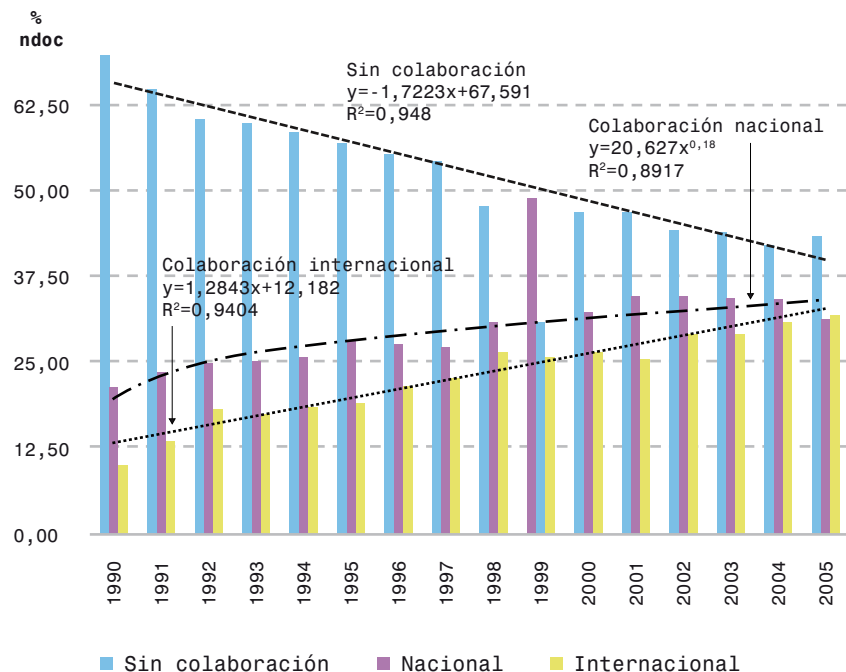
Maximizar los recursos disponibles, establecer redes, incrementar la visibilidad y productividad son, entre otros muchos aspectos, razones por las que se da tanta importancia a la colaboración científica. No sólo a nivel académico, sino también político, económico y social, la colaboración es un indicador de la madurez y eficiencia de las áreas, del adecuado nivel de las infraestructuras y de la coordinación de múltiples actores. Por tanto, el análisis de los patrones de colaboración ayudará a entender mejor la generación y transferencia de conocimiento.

No todas las actividades terminan apareciendo publicadas conjuntamente entre las partes colaboradoras [22]. Su cuantificación se puede hacer a través de los proyectos, contactos informales, intercambio de investigadores o becarios, asistencia a congresos, copublicaciones, etc. [11]. Aunque los estudios cuantitativos por sí solos no pueden hacer justicia a la dinámica del proceso de colaboración científica [44], los análisis basados en la coautoría de las publicaciones proporcionan una información aproximada [2, 32].

Utilizando esta medida como unidad de análisis (gráfico 12.4), los documentos firmados por una única institución (sin colaboración) presentan una tendencia descendente, pasando de un 70% de la producción al 43%. Esta situación difiere de la colaboración nacional, que llega a suponer más del 30%, y la colaboración internacional, que casi alcanza el 32%. Este comportamiento es acorde con las dinámicas de generación de conocimiento, en las que la colaboración se convierte en una norma, pero ¿es su ritmo de descenso/ascenso mayor o menor que el que se observa en otros campos?

Tomando la producción española como referente, las variaciones en los dos primeros tipos son ligeramente superiores en el ámbito agroalimentario. La principal diferencia es el aumento de la colaboración internacional. Mientras que la agroalimentación registra incrementos superiores al 200%, en el ámbito nacional este incremento es del 90%. También las posiciones de partida son distintas. En el año 1990, la agroalimentación coautoraba el 10% de su producción con otros países, frente al 19% nacional, y llega a alcanzar tasas similares en 2005 (32% frente al 35% del conjunto nacional). Por tanto, parece haberse dado un fenómeno de internacionalización que está por encima del que se puede registrar en otras áreas.

> **Gráfico 12.4.** *Patrones de colaboración en las ciencias agroalimentarias*

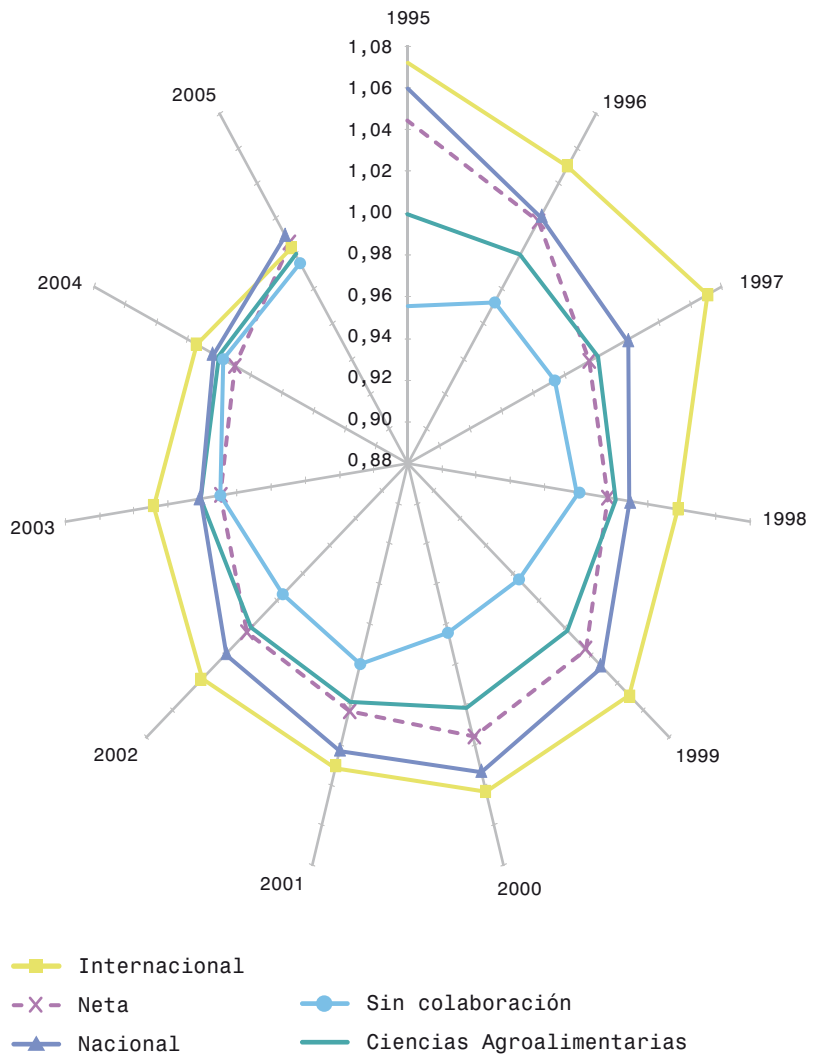


Fuente: elaboración propia a partir de datos *Web of Science*.

Esta distribución suele tener correspondencia con la evolución de los indicadores de visibilidad. Generalmente, existe una correlación positiva entre el factor de impacto de la revista en la que se publica –y por extensión, del número de citas recibidas– y la participación de más de un autor (individual o institucional) [20, 17], especialmente en el caso de los socios extranjeros. En este caso, se constata la hipótesis de mayor visibilidad con socios que en solitario, pero no de cualquier socio. En el gráfico 12.5 se puede ver cómo la línea de la colaboración internacional es la que une los valores más altos. Estos valores son el factor de impacto relativo a los documentos producidos según los tipos de colaboración. Si aislamos cada subconjunto y lo comparamos con el factor de impacto medio del área, se puede establecer la distancia que hay entre ellos. Así, mientras que la producción sin colaboración apenas alcanza los valores medios hasta los últimos años, la colaboración nacional y la internacional la superan todos los años. Además, se ha incluido un nuevo tipo con los documentos producidos exclusivamente entre instituciones nacionales

y en el que se evita el solapamiento entre colaboración nacional e internacional. Se trata de la colaboración neta, cuyos resultados son evidentes: los mejores valores de visibilidad se dan con socios extranjeros. Por tanto, parece ser otro factor que favorece la mayor visibilidad del área.

> **Gráfico 12.5.** Visibilidad relativa a las Ciencias Agroalimentarias según el tipo de colaboración



Fuente: elaboración propia a partir de datos Web of Science.

### **5.8. Redes de colaboración**

El estudio analítico de cualquier sistema de ciencia y tecnología a partir del análisis estructural y de redes tiene un papel importante como complemento de los análisis convencionales. Esto es así porque el proceso de generación de conocimiento es de naturaleza reticular y dinámica. Se desarrolla dentro de redes multidimensionales complejas que ponen de manifiesto la interacción entre el sistema y su entorno [12]. Así, la colaboración es un reflejo de la interacción entre redes de individuos [23, 24] que, a su vez, conforman las redes de instituciones y, a su vez, las nacionales y así sucesivamente.

La multidimensionalidad se refiere a que las interacciones y la conformación de redes están condicionadas por factores científicos, sociales, culturales, políticos, etc. Este escenario nos presenta un abanico enorme de posibles preguntas de investigación que pueden ser abordadas por muchas posibles técnicas de análisis. Así, se podría plantear la elaboración de indicadores que muestren la organización de los patrones de comunicación; los efectos estructurales de las políticas y su relación con la capacidad de los actores para producir nuevos conocimientos; la relación entre capital social y generación de conocimiento e innovación; el efecto de los tipos de colaboración en el prestigio científico de la institución; la relación entre la posición de la institución en la red con su relevancia científica, etc.

Dada la limitación de espacio y la extensión del capítulo, a continuación se presenta un análisis multinivel que, lejos de ser exhaustivo, sólo pretende llamar la atención sobre algunos aspectos interesantes desde el punto de vista regional, sectorial e internacional.

El gráfico 12.6 muestra la red de colaboración interinstitucional española en agricultura para los años 1995 y 1996. El tamaño del nodo es proporcional al volumen de producción, y el círculo concéntrico muestra el porcentaje de colaboración. En este caso, el color hace referencia a la pertenencia a una comunidad autónoma (marco superior izquierdo).

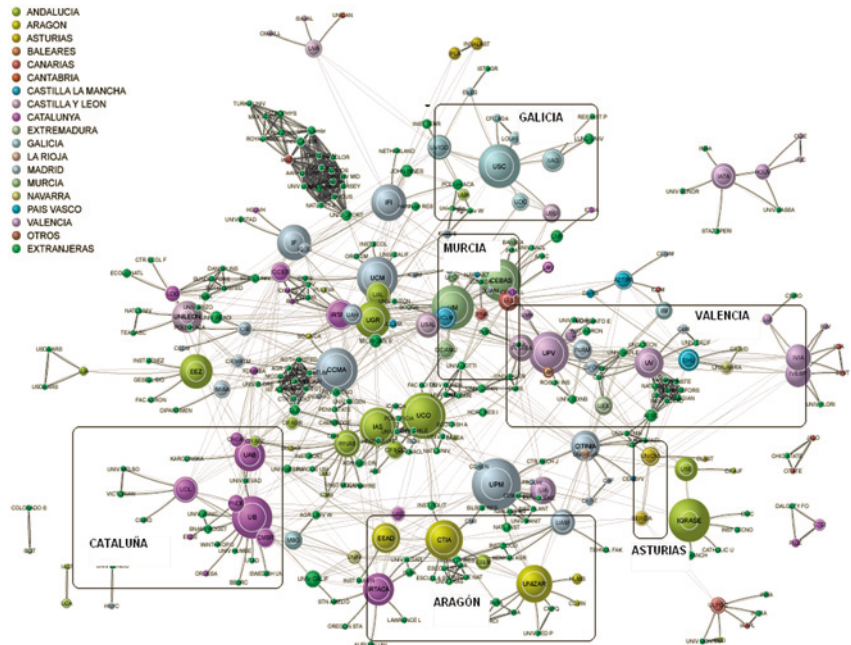
### **5.9. Análisis de la red por comunidades autónomas**

Parece haber una correlación negativa entre el tamaño de cualquier ámbito geográfico y el porcentaje de publicaciones en colaboración [28]. Esta afirmación sugiere que los pequeños productores de conocimiento tienen un gran incentivo para la colaboración, ya que, si quieren entrar en las dinámicas de las redes de investigación de una

determinada comunidad científica, se ven forzados a hacerlo con socios nacionales o extranjeros. En el gráfico se puede apreciar este fenómeno a partir del volumen de la esfera y de los círculos concéntricos.

Las comunidades más pequeñas, La Rioja, Castilla la Mancha, Canarias, colaboran más que las grandes, en las que existe un gran potencial de recursos humanos e infraestructuras. Extremadura apenas tiene centros con producción en el área, sin embargo, sus relaciones se producen con regiones estratégicas (Valencia, Andalucía, Madrid) y presenta una elevada internacionalización (tres de las ocho instituciones colaboradoras son extranjeras). Se podría pensar incluso que son las alianzas nacionales las que le brindan su grado de internacionalización. En el caso de Cataluña, por el contrario, se observan relaciones endogámicas intrarregionales entre las instituciones.

> **Gráfico 12.6.** Red de colaboración interinstitucional de la agricultura en España. 1995-1996



Fuente: elaboración propia a partir de datos Web of Science.

El efecto de la proximidad geográfica entre las autonomías podría parecer un factor importante en el establecimiento de redes. Actual-

mente, las tecnologías rompen esas barreras geográficas y la proximidad geográfica *per se* no es una condición necesaria ni suficiente para que la innovación tenga lugar, y sus efectos positivos o negativos están mediados por las dinámicas de las relaciones sociales dentro del sistema [3]. A pesar de esto, en la red se pueden identificar *clusters* de instituciones en las que se percibe una relativa concentración y cercanía, como en el caso de las instituciones gallegas, aragonesas, catalanas, valencianas y murcianas. Sin embargo, Andalucía o Madrid presentan instituciones muy dispersas en el gráfico 12.6, que dan cuenta de su heterogeneidad en las relaciones y su capacidad para establecer vínculos interregionales.

La posición en la red también puede estar relacionada con los distintos frentes de investigación. Por ejemplo, las instituciones de la Comunidad Valenciana hacen pensar que existen tres posibles áreas temáticas. Esto también podría explicar la distribución en el gráfico de instituciones de un mismo sector o comunidad autónoma, como las instituciones andaluzas y madrileñas. Estos temas se abordarán en futuros trabajos.

Siguiendo con la posición, las instituciones más centrales suelen coincidir con las que mayor grado (*degree*) de relaciones tienen (Universidad de Córdoba, Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC en Madrid, Universidad Politécnica de Valencia y Universidad Politécnica de Madrid). Conviene aclarar que el número de relaciones es para el periodo analizado. Por tanto, es posible que un único trabajo pueda ser realizado por un elevado número de instituciones y no implica que las relaciones sean permanentes. Además, no siempre coinciden las que obtienen los mayores valores de visibilidad con las que mayor grado presentan.

Sin embargo, el análisis combinado entre cercanía y visibilidad revela que, de las instituciones con un mayor grado y mayores valores de cercanía (*closeness*), una gran parte de ellas superan la media de impacto mundial, como la Universidad de Córdoba, la de Murcia, el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), la Complutense, la Politécnica de Madrid, el Centro de Ciencias Medioambientales (con la visibilidad más baja), la Universidad de Almería, la Politécnica de Valencia, la de Castilla la Mancha, el Cebas del CSIC, la Autónoma de Barcelona, el Centro de Tecnología en Investigación Agroalimentaria y el CITINIA (Centro de Investigación y Tecnología del INIA).



Por otra parte, no aparece una estructura centro-periferia. No hay un solo núcleo, sino varios cuyos actores están estrechamente relacionados y ocupando posiciones estratégicas (Universidad de Córdoba y Universidad Politécnica de Madrid).

#### **5.10. Análisis de la red por sectores institucionales**

La transferencia de conocimiento es cada vez más importante en todos los sectores productivos, tanto a nivel intraorganizativo como interorganizativo. El carácter más o menos heterogéneo de las relaciones entre instituciones de distintos sectores parece estar relacionado con la mayor capacidad de transferencia de conocimiento y de generación de capital social de la institución. Esto es así porque los flujos de conocimiento intersectorial tienen más probabilidad de terminar en procesos de innovación que la intrasectorial.

A partir de esta idea, definimos el grado sectorial de una institución como el indicador de su carácter endogámico o de su capacidad para exportar conocimiento. En este caso, parece que la Administración es el sector con la colaboración más heterogénea, con el mayor grado sectorial. Además, han conseguido una posición estratégica en la red a través de sus relaciones con los actores más productivos<sup>17</sup>, y son algunas de las instituciones que mayores valores de impacto consiguen. En esta situación destacan los CIFA (Centros de Investigación y Formación Agraria) y el IRTA, que se relacionan con los grandes productores, como la Universidad de Córdoba o la Universidad Politécnica de Madrid.

En el caso de las universidades, se observa que es el sector dominante en cuanto al número de instituciones y de documentos. Las más voluminosas, la Universidad de Córdoba y la Politécnica de Madrid, destacan por tener el mayor grado sectorial con instituciones extranjeras (cuyas aportaciones oscilan entre el 15 y el 20%, respectivamente). En el caso de la Universidad de Murcia, este indicador alcanza las mayores tasas con el sector empresas, lo que hace pensar que está produciendo un tipo de investigación más aplicada. Además, en términos de visibilidad, alcanza mejores resultados<sup>17</sup> que las anteriores, siendo su colaboración internacional mucho menor, aunque su colaboración interregional (enlaces con comunidades autónomas distintas) es mucho más heterogénea que las anteriores.

**Nota 17.** Este indicador no considera el número de documentos que se producen en los distintos sectores con los que se colabora, excepto para el sector EXTRANJERAS, en el que se conoce el porcentaje de publicación.

La presencia del sector empresa es muy escasa, apenas representa el 4% del total de las instituciones. En principio, podríamos esperar que los centros de investigación públicos, como es el caso del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) o los centros del CSIC, colaboren en mayor medida con la empresa debido a su carácter más especializado. Sin embargo, únicamente el CEBAS y el IRTA se relacionan con una empresa. Esto demuestra la escasa transferencia de conocimiento de las instituciones de investigación a la empresa. ¿Podemos esperar una evolución hacia una mayor colaboración universidad-empresa? En trabajos futuros se analizarán los efectos de ésta a lo largo del tiempo.

#### **5.11. Análisis de la red por división continental**

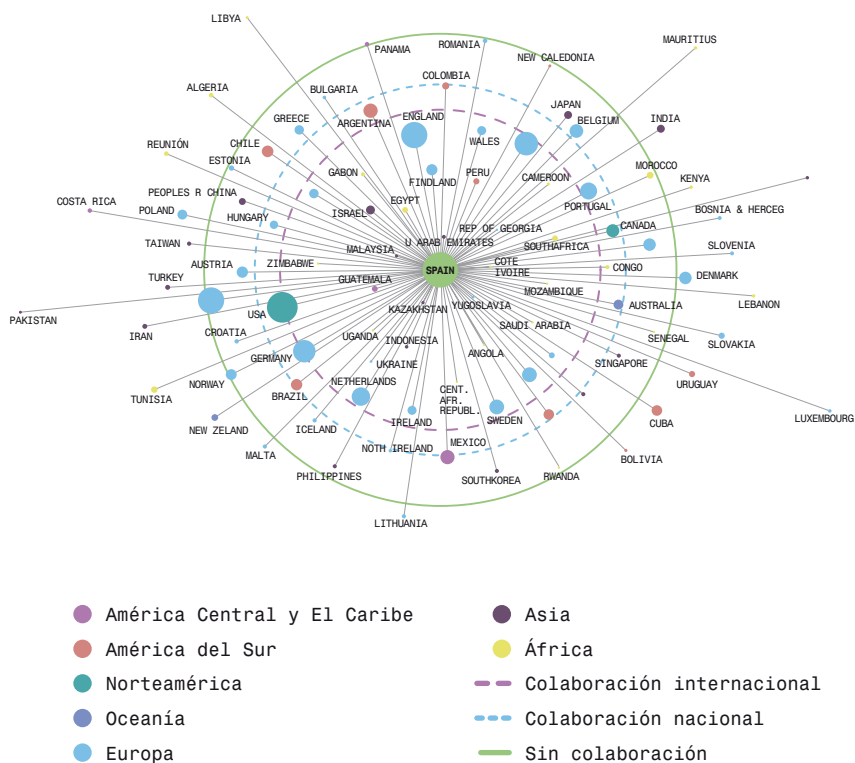
El incremento de la colaboración internacional se explica por los beneficios directos, relacionados con el incremento de la excelencia, y los indirectos, asociados a los beneficios políticos, sociales y económicos de los países colaboradores [16]. Siguiendo los flujos de conocimiento, podemos identificar que las regiones con las que más se colabora son, por orden descendente: Europa, Norteamérica y América del Sur, tanto por el número de instituciones como por el volumen de producción. África es el socio menos frecuente, junto a América Central y Oceanía.

En el caso concreto de Europa, parece que su colaboración está relacionada con el gran esfuerzo de la Comisión a través de los programas Marco, que pretenden integrar a un número cada vez mayor de países. Si se dispusiera de información evolutiva, podríamos monitorizar los esfuerzos de las políticas científicas por integrar a más países de distintas regiones geográficas en la red. En trabajos futuros intentaremos profundizar en el tema.

El hecho de que determinadas regiones queden fuera del círculo de relaciones podría tener que ver con la especialización temática de cada país o, con «desequilibrios institucionales», en su mayoría debidos a las distintas agendas de prioridades investigadoras que establecen los gobiernos.

Por otra parte, el origen de las 150 instituciones extranjeras colaboradoras es de tipo académico o vinculado a la Administración, perteneciente a algún ministerio u organismo público de investigación. La relación con el sector empresarial es prácticamente nula, tanto a nivel nacional como internacional, y podría deberse a la escasa competitividad económica del área.

> **Gráfico 12.7.** Red heliocéntrica de colaboración internacional en ciencias agroalimentarias. 2005



**Fuente:** elaboración propia a partir de datos *Web of Science*.

No obstante, estas relaciones internacionales son un valor añadido que juega a favor de la visibilidad y repercusión en la comunidad científica internacional. El gráfico 12.7 muestra una red heliocéntrica con la colaboración internacional del área en el año 2005. Alrededor del nodo orbitan a mayor o menor distancia los países socios y su relación se representa con una línea cuya distancia es inversamente proporcional a la visibilidad. Se puede detectar rápidamente con qué países se publica más (mayor volumen) y con cuáles se consigue ser más visible (más cercanos al centro). Este análisis permite identificar los principales ejes geográficos, mostrando en qué medida y cómo repercuten esas relaciones en términos de visibilidad según los distintos tipos de colaboración [4, 5].

El gráfico 12.7 muestra un dato interesante y es que, a pesar de que la colaboración internacional aumenta el impacto, no todos los

países son igual de rentables. En la producción de 2005, Mauritania, Argelia, Túnez, Nueva Zelanda, Polonia, etc., son menos «rentables» puesto que los documentos realizados en colaboración con los mismos obtienen una visibilidad menor que los documentos realizados sin colaboración. Por eso se sitúan fuera de la órbita sin colaboración. Los países que se sitúan dentro de la órbita central (impacto medio de la colaboración internacional) son los más rentables, con los que se consigue mayor visibilidad. Son en su mayoría europeos y con una producción relativamente importante: Inglaterra, Alemania, Italia, Holanda, Escocia y Suecia, aunque cabe destacar la aparición de países de procedencia heterogénea, muy cercanos al nodo (Emiratos Árabes, República de Georgia, Yugoslavia, Malasia, Guatemala, etc.), con los que, a pesar de tener una producción tangencial, se obtienen los mejores resultados.

El hecho de poder posicionar cada país en términos de producción y rentabilidad en el impacto convierte a las redes heliocéntricas de colaboración internacional en una herramienta útil para la toma de decisiones. Esta representación puede ser usada para la descripción tanto estática como dinámica del dominio. El análisis evolutivo de estas relaciones dará información sobre su estabilidad y su capacidad de expansión y visibilidad. Así, se puede hacer un seguimiento de los resultados de proyectos conjuntos, alianzas estratégicas, etc.

## **6. Conclusiones**

Uno de los aspectos fundamentales en el proceso de generación de conocimiento son los hábitos de comunicación de la comunidad científica. Las pautas de publicación son importantes en la medida en que internacionalizan los resultados de la investigación, ayudan a obtener una mayor difusión y visibilidad, que se traducen en credibilidad, reconocimiento científico e impacto académico. Esta simple asunción influye en el comportamiento de los investigadores, determinado en gran parte por las políticas de evaluación y reparto de fondos.

Así, el incremento de trabajos en revistas internacionales durante los últimos quince años sitúa a la agroalimentación española en el cuarto puesto mundial en cuanto a producción y citación. A nivel nacional, se consolida como área emergente por razones que van desde la inversión en I+D, el reconocimiento político como área prioritaria y

la propia dinámica de la generación de conocimiento, que la convierten en una fortaleza desde el punto de vista de la especialización y la visibilidad, tanto a nivel internacional como nacional.

Entre las pautas de publicación, cabe destacar la lengua de publicación y los tipos documentales, que claramente apuntan a una visibilidad internacional con la creciente importancia del inglés y del artículo científico y las revisiones. Por otra parte, la visibilidad deja claro que la política de publicación de este campo está dirigida hacia las mejores revistas del área.

Otro factor decisivo tiene que ver con la colaboración científica, en la que se detecta una homologación con el sistema universal de generación de conocimiento, con un descenso del número de documentos sin colaboración frente a una tendencia ascendente en la colaboración nacional e internacional. Este análisis aporta información relacional que permite combinar la información atributiva a partir de representaciones esquemáticas del campo. Así, mientras que el análisis inicial sitúa a Madrid, Andalucía y Cataluña como las comunidades más productivas, el análisis relacional nos dice además que las dos primeras tienen una función vertebradora en la generación de conocimiento, ya que se relacionan con muchas otras comunidades. Y en el caso de que desaparecieran, la red institucional quedaría desestructurada.

Por otra parte, el uso de las instituciones como unidades de medida queda suficientemente justificado porque, si bien la investigación la hacen los científicos, en última instancia están adscritos a estructuras administrativas denominadas instituciones. Éstas juegan un papel determinante en la emergencia, consolidación, especialización, visibilidad y expansión de los resultados de producción científica, de manera que la identificación de la estructura topológica institucional y la posición que ocupan en dicha estructura es un elemento clave e innovador para tener en cuenta las oportunidades que tienen de recibir o transmitir flujos de conocimiento al resto de las instituciones. Esta perspectiva es trascendental para los responsables de la políticas científicas porque les proporciona la oportunidad de explotar el potencial que supone la capacidad de distribución y absorción del conocimiento, no sólo a nivel individual sino institucional y así paliar la limitación de recursos de los que dispone el SECYT<sup>18</sup>.

**Nota 18.** Desde el IV Plan Nacional de Investigación y Desarrollo (2000-2003) se incide en la promoción de la coordinación entre los programas públicos y las iniciativas empresariales.

Este tipo de análisis institucional hace posible concluir que la naturaleza (pública, privada), la diversidad (sectores productivos) y el tipo de redes que se crean (densidad y fragmentación) producen especificidades locales en las pautas normativas que rigen la generación de conocimiento y su gestión a nivel político. En este sentido, cabe destacar el papel de la universidad y el sector administrativo como los sectores con más relaciones, con mayor capacidad de crear sinergias, frente a una escasísima participación empresarial. El sector privado sólo aparece ligado a Cataluña y Extremadura, con un carácter más empresarial que otras comunidades. Estos datos hacen pensar en un conveniente cambio de rumbo en la investigación agroalimentaria, ya que, siendo en estos momentos una potencia a nivel internacional, sería deseable que se vinculara esta fortaleza a las empresas como imagen de España en el mundo. Quizá sería un buen punto de partida para la dinamización de los resultados científicos en mejoras tanto laborales como sociales.

Este análisis debe complementarse con otras informaciones que contribuyan a la contextualización y a la solidez de la información. Aun así, consideramos que los resultados presentados, si bien no son completos y necesitan otras dimensiones y perspectivas de análisis, son útiles para investigadores y gestores. En especial, este análisis puede utilizarse en la toma de decisiones sobre alianzas estratégicas, ya que permite describir aspectos sobre la apertura de un determinado campo, el efecto de la proximidad geográfica y su repercusión en producción y visibilidad. Además, su potencial es tanto social como científico: social porque ayuda a los gestores en la evaluación de los efectos de las políticas destinadas a mejorarlos y a la posterior toma de decisiones, y, por supuesto, científico porque permite realizar estudios comparativos tan necesarios en las ciencias sociales para la emulación de las buenas prácticas.

Como líneas de investigación futuras nos planteamos profundizar en el carácter dinámico de estas redes para observar si existe una transformación de la estructura centro-periferia o, por el contrario, hay una tendencia a la creación de múltiples centros y una distribución menos jerárquica de los flujos de comunicación; analizar cuáles son las políticas de fomento de la colaboración que generan procesos de innovación (capital social) [6] y hacer un seguimiento de las relaciones con instituciones extranjeras para contribuir al establecimiento de alianzas que creen un mercado suficientemente

rentable. Éstas y otras muchas preguntas deberán ser analizadas con la debida cautela para poder identificar y rentabilizar la posición de España en este campo.

## Referencias

- [1] Boletín Oficial del Estado (2002): BOE, 305, 21 de diciembre 2002, 24909, Resolución de 28 de agosto de 1989 modificada y completada por el Real Decreto 1325/2002, en <http://www.boe.es/boe/dias/2002/12/21/pdfs/A45002-45003.pdf> [última consulta: 20/12/2009].
- [2] Bordons, M.; Gómez, I. (2000): «Collaboration Networks in Science», en Cronin, B.; Atkins, H. B. (eds.), *The Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield*, pp. 197-213, Information Today, Medford.
- [3] Boschma, R. A. (2005): «Proximity and Innovation: A Critical Assessment», *Regional Studies*, 39 (1), pp. 61-74.
- [4] Chinchilla-Rodríguez, Z.; Moya-Anegón, F. (2007): *La Investigación Científica Española (1995-2002): Una Aproximación Métrica*, Universidad de Granada, Granada.
- [5] Chinchilla-Rodríguez, Z.; Vargas-Quesada, B.; Hassan-Montero, Y.; González-Molina, A.; Moya-Anegón, F. (2010): «New Approach to the Visualization of International Scientific Collaboration», *Information Visualization*, (en imprenta), en <http://www.palgrave-journals.com/ivs/journal/vaop/ncurrent/abs/ivs200931a.html> [última consulta: 07/12/2009].
- [6] Cooke, P.; Gómez-Uranga, M.; Etzebarria, G. (1997): «Regional Innovation Systems: Institutional and Organisational Dimensions», *Research Policy*, 26 (4-5), pp.475-491.
- [7] David, P.; Foray, D. (1995): «Assessing and Expanding the Science and Technology Knowledge Base», *Science, Technology and Industry*, 16, pp. 13-68.
- [8] De Bruin, R. E.; Moed, H. F. (1990): «The Unification of Addresses in Scientific Publications», en Egghe, L.; Rousseau R. (eds.), *Informetrics 1989/90*, pp. 65-78, Elsevier Science Publishers, Ámsterdam.
- [9] De Bruin, R. E.; Moed, H. F. (1993): «Delimitation Of Scientific Subfields Using Cognitive Words From Corporate Addresses In Scientific Publications», *Scientometrics*, 26 (1), pp. 65-80.
- [10] Fernández, M. T.; Cabrero, A.; Zulueta, M. A.; Gómez, I. (1993): «Constructing a Relational Database for Bibliometric Analysis», *Research Evaluation*, 3 (1), pp. 55-62.
- [11] Fernández, M. T.; Gómez, I.; Sebastián, J. (1998): «Scientific Cooperation of Latin-American Countries Through Bibliometric Indicators», *Interciencia*, 23 (6), pp. 328-337.
- [12] Fry, J. (2006): «Scholarly Research and Information Practices: A Domain Analytic», *Information Processing & Management*, 42 (1), pp. 299-316.

- [13] Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT): Web of Knowledge (WOK), en <http://www.accesowok.fecyt.es/> [última consulta: 07/11/2009].
- [14] Gálvez Martínez, C.; Moya Anegón, F. (2006): «The Unification Of Institutional Addresses Applying Parametrized Finite-State Graphs (P-FSG)», *Scientometrics*, 69 (2), pp. 323-345.
- [15] Gálvez Martínez, C.; Moya Anegón, F. (2007): «Standardizing Formats Of Corporate Source Data», *Scientometrics*, 70 (1), pp. 3-26.
- [16] Georghiou, L. (1998): «Global Cooperation in Research», *Research Policy*, 27, pp. 611-626.
- [17] Glänzel, W. (2001): «National Characteristics in International Scientific Co-Authorship Relations», *Scientometrics*, 51 (1), pp. 69-115.
- [18] Gómez, I.; Sancho, R.; Bordons, M.; Fernández, M. T. (2006): «La I+D en España a través de publicaciones y patentes», *Radiografía de la investigación pública en España*, pp. 275-302.
- [19] Grupo SCImago (2007): *Manual de criterios y procedimiento para la normalización, control de calidad y análisis sectorial de las instituciones españolas incluidas en las bases de datos de Thomson Scientific*, documento de trabajo 2007-01, Grupo SCImago-Universidad de Granada, Granada.
- [20] Katz, J. S.; Hicks, D. (1997): «Desktop Scientometrics», *Scientometrics*, 38 (1), pp. 141-153.
- [21] Katz, J. S.; Hicks, D. (1997): «How Much Is a Collaboration Worth? A Calibrated Bibliometric Model», *Scientometrics*, 40 (3), pp. 541-554.
- [22] Katz, J. S.; Martin, B. R. (1997): «What Is Research Collaboration», *Research Policy*, 26 (1), pp. 1-18.
- [23] Kretschmer, H. (1993): «Measurement of Social-Stratification - A Contribution to the Dispute on the Ortega Hypothesis», *Scientometrics*, 26 (1), pp. 97-113.
- [24] Kyvik, S.; Larsen, I. M. (1994): «International Contact and Research Performance», *Scientometrics*, 29(1), pp. 161-172.
- [25] Laranja, M.; Elvira, U.; Flanagan, K. (2007): *Policies for Science, Technology and Innovation: Traslating Rationales into Regional Policies in a Multi-level Setting*, Manchester Business School Working Paper, 527, en <http://www.mbs.ac.uk/research/workingpapers/image.aspx?a=134> [última consulta: 09/11/2009].
- [26] Maltras, B. (2003): *Los Indicadores Bibliométricos: Fundamentos Y Aplicación Al Análisis De La Ciencia*, Trea.
- [27] Maté, V. (2009): «Suenan Las Alarmas En El Campo Español», *El País, Negocios*, domingo 18 de octubre de 2009, p.15.
- [28] Melin, G.; Persson, O. (1996): «Studying Research Collaboration Using Co-Authorships», *Scientometrics*, 36 (3), pp. 363-377.
- [29] Moed, H. F.; Burger, W. J. M.; Frankfort, J. G.; Van Raan, A. F. J.; Moed, H. F. (1989): *The Use of Bibliometric Indicator for the Assessment of Research Performance in the Natural and Life Sciences*, DSWO Press, Leiden.
- [30] Moya Anegón, F.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Corera-Álvarez, E.; González-Molina, A.; Vargas-Quesada, B. (2008): *Indicadores Bibliométricos de la*



*Actividad Científica Española, 2002-2006*, FECYT, Madrid.

- [31] Moya-Anegón, F.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Corera-Álvarez, E.; González-Molina, A.; Vargas-Quesada, B. (2007): *Galicia: Patrones de Colaboración Científica (ISI-WOS, 2004)*, en [http://www.bugalicia.org/adjuntos/estudios/Borrador\\_PatronesColaboracionCientificaGalicia\\_ISI-WOS\\_2004.pdf](http://www.bugalicia.org/adjuntos/estudios/Borrador_PatronesColaboracionCientificaGalicia_ISI-WOS_2004.pdf) [última consulta: 08/11/2009], Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- [32] Okubo, Y.; Miquel, J. F.; Frigoletto, L.; Dore, J. C. (1992): «Structure of International Collaboration in Science - Typology of Countries Through Multivariate Techniques Using a Link Indicator», *Scientometrics*, 25 (2), pp. 321-351.
- [33] Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011: en <http://www.icono.fecyt.es> en publicaciones FECYT.
- [34] Rinia, E. J. (2000): «Scientometrics Studies and their Role in Research Policy of Two Research Councils in the Netherlands», *Scientometrics*, 47 (2), pp. 363-378.
- [35] Russell, J. (2000): «Publication Indicators in Latin America Revisited», en Cronin, B.; Atkins, H. B. (eds.), *The Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield*, Information Today, Medford.
- [36] Sanz Menéndez, L. (2000): «Indicadores relacionales y redes sociales en el estudio de los efectos de las políticas de ciencia y tecnología», *Cuaderno de Indicios*, 1, pp. 79-95.
- [37] Sanz Menéndez, L.; Castro Cruz, L. (2005): «Explaining the Science and Technologies Policies of Regional Governments», *Regional Studies*, 39 (7), pp. 939-954
- [38] Sci-Bytes (2007): *The 20 Most-Cited Countries in Agricultural Sciences, January 1996-December 31, 2006*, en <http://www.in-cites.com/countries/top20agr.html> [última consulta: 06/10/2009].
- [39] Sci-Bytes (2009): *Science in the Germany, 2004-08*, en [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/jul26-09\\_2/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/jul26-09_2/) [última consulta: 06/10/2009].
- [40] Sci-Bytes (2009): *Science in the Netherlands, 2004-08*, en [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/sep20-09\\_2/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/sep20-09_2/) [última consulta: 06/10/2009].
- [41] Sci-Bytes (2009): *Science in the Switzerland, 2004-08*, en [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/aug23-09\\_2/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/aug23-09_2/) [última consulta: 06/10/2009].
- [42] Sci-Bytes (2009): *Science in: Sweden, 2004-08*, en [http://sciencewatch.com/dr/sci/09/oct4-09\\_1/](http://sciencewatch.com/dr/sci/09/oct4-09_1/) [última consulta: 06/10/2009].
- [43] Sci-Bytes (2007): *Science in the Spain, 1981-2006*, en [http://www.in-cites.com/research/2007/september\\_3\\_2007-2.html](http://www.in-cites.com/research/2007/september_3_2007-2.html) [última consulta: 06/10/2009].
- [44] Wang, Y.; Wu, Y.; Pan, Y.; Ma, Z.; Rousseau, R. (2005): «Scientific Collaboration in China as Reflected in Co-Authorship», *Scientometrics*, 62 (2), pp. 183-198.
- [45] Wasserman, S.; Faust, K. (1998): *Social Network Analysis: Methods And Applications*, Cambridge University Press, Cambridge.



Sección III

# *Empresas e innovación*





Traducir el conocimiento y la capacitación tecnológica de una sociedad en productos y servicios que aumenten su bienestar y seguridad compete a un amplio número de actores, tanto públicos como privados. Es indiscutible que las empresas representan un actor crucial en el desarrollo, aplicación y difusión de innovaciones: los productos y servicios que adquirimos en los mercados son, en gran parte, producidos por empresas. El papel de la empresa en las actividades de I+D e innovación sigue una tendencia creciente en la mayoría de países desarrollados y tiende a ser mayor en los países más ricos. La tabla III.1 muestra el porcentaje total de la I+D financiada por el sector empresarial en los países de la Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Suiza. El papel más activo de la industria tiende a venir asociado con mayores niveles de desarrollo económico y capacidad innovadora. Mientras que en la Unión Europea la empresa financia por término medio más del 50% de la inversión en I+D, este no es el caso en España, donde la empresa financia menos de la mitad de la I+D del país, siendo la inversión total en I+D ya de por sí baja (la Estrategia de Lisboa fija como objetivo que dos tercios de la inversión en I+D sean financiados por la empresa). Se ha argumentado que el limitado esfuerzo empresarial es uno de los factores que explica el bajo esfuerzo global en investigación que España realiza: el sector productivo español no realiza un esfuerzo proporcional a los sectores productivos de otros países.

Si establecemos la comparación con el porcentaje de investigadores empleados por el sector empresarial, observamos algunas discrepancias en la tabla III.1; así, por ejemplo, los países ricos que se encontraban por debajo de la media europea, en términos del porcentaje que la inversión empresarial en I+D supone sobre el total (Reino Unido, Austria, Holanda, Italia, y Francia), se sitúan, con la excepción de Italia, por encima de la media europea en términos del porcentaje de investigadores empleados por empresas. En España la evolución es la contraria: el porcentaje de investigadores en empresas es mucho más bajo que la inversión que estas realizan en I+D. Ello podría reflejar diferencias en los destinos de la inversión y en

la remuneración de los investigadores entre el sector público y el sector privado.

> **Tabla III.1.** *Porcentaje del total de inversión en I+D financiada por empresas y de investigadores trabajando en empresas (países UE, Japón y EEUU). 2006*

<b>País</b>	<b>% del gasto en I+D financiado por empresas</b>	<b>% investigadores realizando su labor en empresas</b>
Luxemburgo	80%	71%
Japón	75%	68%
Alemania	68%	61%
Finlandia	67%	56%
Estados Unidos	65%	
Dinamarca	60%	61%
Suecia	65%	68%
Irlanda	59%	58%
Eslovenia	59%	39%
República Checa	57%	43%
Media Unión Europea 27	55%	50%
Letonia	53%	19%
Francia	52%	54%
Holanda	51%	62%
Malta	48%	49%
Austria	48%	63%
<b>España</b>	<b>47%</b>	<b>34%</b>
Reino Unido	45%	51%
Hungría	43%	36%
Italia	40%	34%
Estonia	38%	25%
Portugal	36%	26%
Eslovaquia	35%	16%
Polonia	33%	16%
Grecia	31%	27%
Rumanía	30%	38%

**Fuente:** EUROSTAT (2009) *Science, technology and Innovation in Europe. 2009 edition.* Eurostat Pocketbooks. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.

Si tomamos como cifra de referencia la I+D ejecutada por las empresas como porcentaje del PIB, las cifras para España son de nuevo bajas

si las comparamos con países del entorno europeo. La comparación con el Producto Interior Bruto genera una imagen que acentúa las diferencias entre países y en la que las cifras españolas se encuentran muy lejos de la media europea. Ambos indicadores sitúan a España por debajo de países que han accedido a la Unión Europea recientemente, como Eslovenia y la República Checa.

> **Tabla III.2.** *I+D ejecutada por empresas como porcentaje del PIB (UE, Japón y EEUU)*

<b>País</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Suecia	2,81	2,79	2,64
Japón	2,54		
Finlandia	2,46	2,46	2,51
Estados Unidos	1,82	1,83	
Alemania	1,72	1,77	1,77
Austria	1,70	1,73	1,81
Dinamarca	1,67	1,67	1,65
Luxemburgo	1,35	1,43	1,36
Francia	1,30	1,32	1,31
Media Unión Europea 27	1,15	1,18	1,17
Reino Unido	1,06	1,08	
Holanda	1,01	1,01	1,03
República Checa	0,91	1,03	0,98
Eslovenia	0,85	0,94	0,94
Irlanda	0,82	0,88	0,88
<b>España</b>	<b>0,60</b>	<b>0,67</b>	<b>0,71</b>
Italia	0,55	0,55	0,56
Estonia	0,42	0,51	0,54
Hungría	0,41	0,48	0,49
Malta	0,41	0,44	0,39
Portugal	0,31	0,47	0,61
Eslovaquia	0,25	0,21	0,18
Letonia	0,23	0,35	0,21
Rumanía	0,20	0,22	0,20
Grecia	0,18	0,17	0,15
Polonia	0,18	0,18	

**Fuente:** EUROSTAT (2009) *Science, technology and Innovation in Europe. 2009 edition. Eurostat Pocketbooks.* Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Durante los tres años que cubre la tabla III.2, observamos que los países en los que más de un 1% de su PIB se destina a I+D ejecutado por las empresas, mantienen cierta estabilidad interanual en este indicador. Los cambios más acusados se presentan en países con cifras más reducidas. En concreto, en España se ha seguido una trayectoria al alza, que es parte de una tendencia al alza durante la primera década del siglo que aproxima el país a la media europea. En euros constantes el gasto en I+D ejecutado por empresas en España creció alrededor de un 75% entre los años 2000 y 2007 (aunque los últimos datos son del 2007 y son anteriores, por tanto, a la crisis económica actual). Sin embargo, esta actividad se concentra básicamente en tres regiones: Madrid, Cataluña y el País Vasco. Estas regiones concentraban en el año 2007 dos terceras partes del total de la I+D ejecutada por empresas en España. Estas disparidades entre las regiones más industrializadas y el resto se refleja también en otros indicadores; así, por ejemplo, el I+D ejecutado por las empresas como porcentaje del PIB regional se encuentra por encima del 0,9% en 4 regiones españolas: Cataluña, Navarra, Madrid y País Vasco; el resto de regiones españolas se encuentra por debajo del 0,75%, la mayoría alrededor del 0,30-0,40%.

Sin embargo, las diferencias regionales y la languidez de la inversión en I+D pueden representar diferencias en la estructura económica del país y sus regiones, más que ser en sí mismas debilidades que haya que atajar. Pueden ser síntomas de otros condicionantes más profundos y no indicar causas de los problemas a los que nos enfrentamos. La importancia de la estructura sectorial del país a la hora de determinar sus inversiones en I+D es clara. En España, por ejemplo, la inversión en I+D se concentra en pocos sectores: los sectores denominados de alta y media tecnología aportan menos del 10% del valor añadido bruto, generan menos del 8% del empleo español, pero concentran el 70% del gasto empresarial en I+D (aunque sólo el 40% de empresas innovadoras). Esta observación tiene dos consecuencias importantes. En primer lugar, sugiere que la diversidad sectorial es un elemento importante en la explicación del esfuerzo innovador y sus características. Como veremos, los trabajos presentados en esta sección inciden sobre este aspecto.

En segundo lugar, no debemos hacer girar nuestra descripción de la innovación en la empresa solamente alrededor de indicadores relacionados con la I+D. La variedad de indicadores actualmente exis-



tente y la calidad de los datos accesibles han permitido análisis cuantitativos del tipo que se presentan en este capítulo. Desde un punto de vista descriptivo varias iniciativas, entre las que destaca el *European Innovation Scoreboard* (EIS), combinan paneles de datos generados por varias organizaciones para suministrar una visión sintética del desarrollo de los sistemas nacionales de innovación. La tabla III.3 presenta la evolución para España de una selección de los indicadores relacionados con el sector empresarial que conforman el EIS. En general, se observa una evolución ascendente en varios de estos indicadores; tanto en *inputs* (en cuatro años las empresas con acceso a banda ancha se incrementaron de aproximadamente la mitad del total a un 90%) como en resultados (las patentes, marcas, diseños e incluso las copublicaciones de artículos científicos entre el sector público y privado se han incrementado sustancialmente); además, en los dos años en los que se dispone de información los gastos empresariales en innovación (excluyendo la I+D) crecieron sustancialmente como porcentaje de la facturación total. Sin embargo, otros indicadores se han mantenido estables o han seguido incluso una tendencia decreciente (los indicadores usados en el *scoreboard* son siempre relativos): la inversión de capital riesgo oscila a un nivel bajo sin tendencia al crecimiento, la baja cifra de colaboración entre PYMEs se mantiene estable, el porcentaje de empleo en la manufactura de tecnología media/alta y alta cae desde un nivel ya muy bajo (el empleo en los servicios de contenido tecnológico muestra una tendencia al alza), y las exportaciones de manufacturas de tecnología media/alta y alta se mantienen también estables en relación con las exportaciones totales. Nos encontramos por tanto ante una situación ambigua: mientras que los indicadores de esfuerzo y de resultados (patentes, marcas,...) evolucionan al alza, algunos indicadores de impacto continúan estancados en niveles muy bajos (empleo, exportaciones de sectores de alta tecnología,...). Esta ambigüedad estimula el análisis y la búsqueda de debilidades en el sistema de innovación.

Si adoptamos una perspectiva comparativa, la situación española aparece como de relativa debilidad. Sólo en uno de los grupos de indicadores (financiación y apoyo) que se establecen en el *scoreboard*, presenta España un índice superior a la media de los 27 países que componen la Unión Europea.

> **Tabla III.3.** *European Innovation Scoreboard. Indicadores seleccionados*

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Incremento
1.2.2 Capital riesgo (media 3 años) (% PIB)	--	--	0,112	0,139	0,121	0,107	0,123	2,4%
1.2.4 % de empresas con acceso a banda ancha	--	--	51,0	72,0	76,0	87,0	90,0	15,3%
2.1.1 Gastos en I+D empresas (% PIB)	--	0,54	0,57	0,58	0,60	0,67	0,66	3,7%
2.1.3 Gastos empresariales en innovación excluyendo I+D (% facturación)	--	--	--	0,29	--	0,49	--	13,4%
2.2.2 PYMEs innovadoras que colaboran con otras (% PYMEs)	--	--	--	5,7	--	5,0	--	-3,0%
2.2.4 Copublicaciones entre el sector privado y público (media bianual) por millón habitantes	--	8,7	8,5	7,9	9,9	10,6	--	2,4%
2.3.1 Patentes europeas por millón habitantes	21,3	22,6	22,2	28,2	29,3	--	--	4,0%
2.3.2 Marcas europeas por millón habitantes	84,1	91,0	135,5	127,3	132,7	142,8	163,8	3,2%
2.3.3 Diseños europeos por millón habitantes	--	--	69,4	76,8	108,5	105,3	104,5	3,9%
2.3.4 Flujos balanza de pagos tecnológica (% PIB)	--	0,32	0,35	0,34	0,28	0,28	--	-3,2%
3.1.1 Empresas innovadoras en producto/proceso	--	--	--	32,1	--	29,5	--	-2,1%
3.2.1 % empleo total en manufactura de nivel tecnológico alto y medio/alto	5,48	5,30	5,06	4,86	4,68	4,48	4,47	-3,1%
3.2.2 % empleo en servicios intensivos en conocimiento	12,13	12,25	12,16	12,78	13,15	13,64	14,22	4,0%
3.2.3 Exportaciones manufacturas de nivel tecn. alto y medio/alto (% exportaciones totales)	--	52,4	53,3	53,3	53,1	52,3	--	-0,1%

**Fuente:** *European Commission, European innovation scoreboard 2008. Comparative analysis of innovative performance. 2009, Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg.*

Particularmente por debajo de la media se encuentran los grupos de indicadores relacionados con las actividades de las empresas y en concreto los referentes a las inversiones en innovación que las mismas

realizan. España, Italia, el Reino Unido y Holanda eran los únicos países de la UE-15 con un porcentaje de empresas innovadoras sobre el total de empresas por debajo de la media de la Unión Europea. Las diferencias son aún mayores en algunos indicadores específicos que no se recogen en el *scoreboard*. Así, por ejemplo, según datos recogidos por Eurostat, España solicitó en el año 2004 (último año para el que se dispone de datos) 6,9 patentes de «alta tecnología» por millón de trabajadores en la Oficina Europea de Patentes; la media europea era de 45,6 solicitudes por millón de trabajadores. Los países de los 15 que acompañaban a España por su bajo porcentaje de «empresas innovadoras» presentaban las siguientes cifras para este indicador: Italia – 20,8; Reino Unido – 44,8; Holanda – 118,4; las diferencias con España son formidables.

Así pues, aunque una revisión rápida de los indicadores existentes puede dar lugar a descripciones muy diferentes de una única realidad, en general los indicadores sugieren una situación de debilidad por lo que se refiere al papel de la empresa española en la innovación, especialmente si se compara la situación con la de los países del entorno europeo. El informe de la Fundación COTEC Tecnología e innovación en España 2009, citaba entre las principales disfunciones del sistema español de innovación la diferencia entre el peso de las empresas en el gasto español en I+D y su peso en el empleo de investigadores (como hemos visto más arriba, el primero es mucho más alto que el segundo), la cooperación entre los agentes del sistema (el indicador compuesto sobre conexiones entre empresas y *emprendedurismo* es el que ha experimentado una caída más fuerte entre los que componen el *scoreboard*) y el comportamiento de los proveedores de recursos financieros.

No es sorprendente que la relación entre innovación y empresa sea uno de los elementos centrales del análisis académico de la innovación. Los patrones de innovación empresarial, la explicación del comportamiento innovador, las relaciones entre productividad e innovación, y la gestión de la investigación y la innovación son sólo algunos de los temas que se han convertido en líneas de investigación consolidadas que generan cientos de publicaciones cada año. España no es una excepción, aunque como reflejan los capítulos incluidos en este libro, la preocupación de los investigadores españoles se ha orientado preferentemente al análisis de aquellos aspectos que se perciben generalmente como debilidades del sistema español de innovación: los factores que explican la (generalmente baja) actividad

innovadora de las empresas, la relación entre innovación y productividad, los diferentes patrones de innovación en diferentes tipos de empresas (diferentes sectores, tamaños, etc.) y la relación de las empresas con su entorno, particularmente el científico, son temas que se tratan en esta publicación y expresan, en la mayoría de los casos, líneas de investigación en las que los autores llevan desarrollando ya una muy larga trayectoria científica.

## *El contenido de los capítulos*

A fuerza de repetir que la investigación y la innovación son cruciales para la competitividad de la empresa y eventualmente para su supervivencia, se puede haber creado la sensación de que esta relación no sólo es incontestable, sino que además es simple. Los capítulos que configuran esta sección ofrecen una visión detallada de los factores que explican la innovación en la empresa española y de las relaciones entre innovación y productividad y competitividad. El lector que intente formarse una idea simple del perfil y características de la innovación en la empresa española a través de una lectura rápida de los capítulos de esta sección va a verse defraudado. Los estudios que aquí se presentan ofrecen una visión compleja derivada del esfuerzo de los autores por tratar metódicamente la abundante evidencia empírica de la que ya disponemos. La imagen que emerge es compleja y diversa.

En primer lugar, el trabajo de **Vega Jurado et al. (capítulo 13)**, sobre la generación y adquisición de conocimiento en las empresas manufactureras españolas, presenta algunas conclusiones de aplicabilidad general, subrayando que la innovación se desarrolla principalmente a partir de las capacidades internas de la empresa y que el valor de las fuentes externas de conocimiento puede haberse sobrestimado; ello sugiere que es necesario puntualizar la interpretación de que la falta de cooperación entre los actores es una disfunción del sistema español de innovación. Sin embargo, el estudio presenta una serie más amplia de conclusiones que no pueden aplicarse de igual forma a todas las empresas. El papel de las actividades innovadoras y la interrelación entre las mismas depende del tipo de innovación y de los sectores industriales considerados. Así, por ejemplo, la I+D interna es altamente significativa para la innovación de producto,

pero no para la innovación de proceso (para la que solamente la compra de maquinaria y equipo ejerce un efecto significativo). La cooperación externa es mayor cuanto mayor es la intensidad tecnológica del sector (depende por tanto del sector) y viene acompañada por el desarrollo de actividades continuas de I+D; ello no implica, sin embargo, que exista sinergia entre el desarrollo interno y la adquisición externa de conocimiento. Los autores argumentan que una cosa es que las actividades de I+D faciliten la identificación y adquisición de conocimiento externo (lo cual viene confirmado por su estudio), y otra que promuevan efectivamente la explotación de este conocimiento en el desarrollo de innovaciones (algo que, en el caso español, no sucede).

En el **capítulo 14, Segarra y Teruel** subrayan, de nuevo, la heterogeneidad a la que nos enfrentamos, esta vez en un estudio sobre las barreras que encuentran las empresas españolas para llevar a cabo sus proyectos de innovación. El análisis distingue entre empresas manufactureras de alta intensidad tecnológica, manufacturas de baja intensidad tecnológica y servicios intensivos en conocimiento, y encuentra que la percepción de obstáculos a la innovación varía entre estos grupos. Por ejemplo, en los servicios intensivos en conocimiento las barreras de coste son muy importantes y el índice global de las barreras (un indicador de la intensidad con la que se perciben las barreras a la innovación) es el más elevado, seguido de las manufacturas intensivas en tecnología (es interesante observar que la percepción de barreras a la innovación es menor en la manufactura de baja intensidad tecnológica). La heterogeneidad en la percepción de las barreras a la innovación no depende sólo del grupo sectorial, sino también de la realización o no de innovaciones: las empresas innovadoras suelen percibir más obstáculos a la innovación y las empresas no innovadoras las aprecian con menor frecuencia pero con mayor intensidad, especialmente los obstáculos relacionados con los factores de mercado (las empresas innovadoras son más sensibles respecto a las barreras relacionadas con los costes y con el acceso al conocimiento). En cuanto al impacto de estas barreras sobre la decisión de innovar, el estudio sugiere que, en general, las empresas españolas son sensibles a los obstáculos a la innovación. Los factores relacionados con el coste de los proyectos de I+D y el acceso a la financiación constituyen las principales barreras para innovar; pero en las manufacturas son los elementos relacionados con

la oferta de personal cualificado, la existencia de colaboradores para realizar proyectos cooperativos y el acceso a la información los que se erigen como principales obstáculos. Además la percepción de barreras evoluciona con la trayectoria innovadora de la empresa: en las primeras fases de su trayectoria innovadora las empresas parecen más sensibles a los costes y a los elementos relacionados con el conocimiento y la información; a medida que la empresa adquiere experiencia innovadora, las barreras relacionadas con la estructura de mercado adquieren más intensidad.

La heterogeneidad vuelve a ser un elemento central del análisis que **García y Molero** presentan en el **capítulo 15** sobre los factores que intervienen en el proceso de innovación de las empresas. Los autores argumentan que las características sectoriales tienen una influencia decisiva en las posibilidades y formas de organizar la innovación. Usando una clasificación sectorial desarrollada mediante la combinación de las ventajas tecnológicas reveladas y el dinamismo de los sectores, y diferenciando entre innovaciones de producto y de proceso, los autores concluyen que existen diferencias importantes entre empresas que operan en distintos tipos de sectores, aunque pueden identificar algunas regularidades. Así, por ejemplo, la innovación organizativa emerge como el factor más importante a la hora de explicar la conducta de las empresas innovadoras, ya que aparece con un signo positivo tanto para la innovación de producto como en la de proceso y en todos los sectores. El efecto de otros factores depende del tipo de innovación y del tipo de sector. Por ejemplo, el efecto del esfuerzo tecnológico medido por el gasto en I+D y las patentes no siempre permite discriminar entre las empresas innovadoras y las no innovadoras. Esta heterogeneidad manifiesta, argumentan los autores, exige de los analistas y responsables de las políticas profundizar en el conocimiento de los distintos patrones de comportamiento de las empresas.

En el **capítulo 16**, **Gutiérrez Gracia et al.** analizan otro de los aspectos que a menudo se asume tiene un efecto claro sobre la innovación: el papel que juega la cooperación entre empresas y agentes científicos (universidades, OPIs) en la innovación industrial. El estudio considera los factores que influyen en la cooperación y en la efectividad de la cooperación como estrategia de innovación empresarial. Los resultados muestran que, en el contexto español, la

cooperación entre empresas y agentes científicos parece estar más motivada por el acceso a recursos financieros, a través de la participación en programas públicos de apoyo a la innovación, que por la búsqueda e integración de conocimiento y habilidades complementarias de los socios. De esta forma, aunque las empresas tienden a cooperar proporcionalmente más con las universidades que con otros agentes, dicha cooperación no parece estar orientada al desarrollo de actividades clave para la introducción de productos nuevos en el mercado. En otras palabras, la articulación entre actores del sistema que sugiere la colaboración entre diferentes tipos de organizaciones no debe asimilarse automáticamente con compartir conocimiento en un sistema abierto de innovación, sino que puede venir, y viene, instigado por otras causas.

En los capítulos 17 y 18, García Vega y Huergo por un lado y Molero y García por otro, analizan un tipo especial de empresas: las filiales españolas de empresas multinacionales extranjeras. **García Vega y Huergo**, en el **capítulo 17**, encuentran de nuevo diferencias entre las empresas analizadas: la transferencia de tecnología de empresas multinacionales extranjeras a sus filiales en España depende de características específicas de la empresa y del país donde se localiza la sede del grupo. Las filiales españolas de multinacionales procedentes de países grandes, más intensivos en tecnología y con un sistema legal parecido al español, tienden a contratar más servicios de I+D en el extranjero con empresas de su grupo. En general, las compras de tecnología que las empresas filiales realizan no sustituyen otros gastos en actividades de I+D interna realizados en España, lo cual sugiere que las empresas intentan combinar las capacidades de conocimiento de su empresa con las del país donde se localizan. Además, los autores muestran que ser una multinacional no influye en promedio sobre la decisión de comprar servicios de I+D dentro del grupo, una vez que se controla por otras características que son especialmente frecuentes entre las empresas de capital extranjero (aunque las multinacionales localizadas en España incorporan en promedio más tecnología proveniente de su grupo que empresas privadas españolas).

En el **capítulo 18**, **Molero y García** analizan en detalle las estrategias de innovación de las empresas multinacionales en España. Usando

el mismo enfoque sectorial utilizado por los autores en el capítulo 16 y una vez controlados los efectos fijos más importantes, los autores encuentran que las filiales de empresas multinacionales muestran coincidencias sensibles en el modo en que organizan sus actividades innovadoras con las empresas nacionales, principalmente aquellas que pertenecen a un grupo. Es la pertenencia a un grupo, independientemente de la nacionalidad extranjera o española de su matriz, la que marca diferencias; sin embargo, estas son mayores en sectores donde las empresas españolas presentan «desventajas tecnológicas reveladas». Además, los autores subrayan el importante papel del tamaño y algunos aspectos relacionados (notablemente, la capacidad de integrar fuentes interiores y externas de conocimiento, y la disponibilidad de fondos).

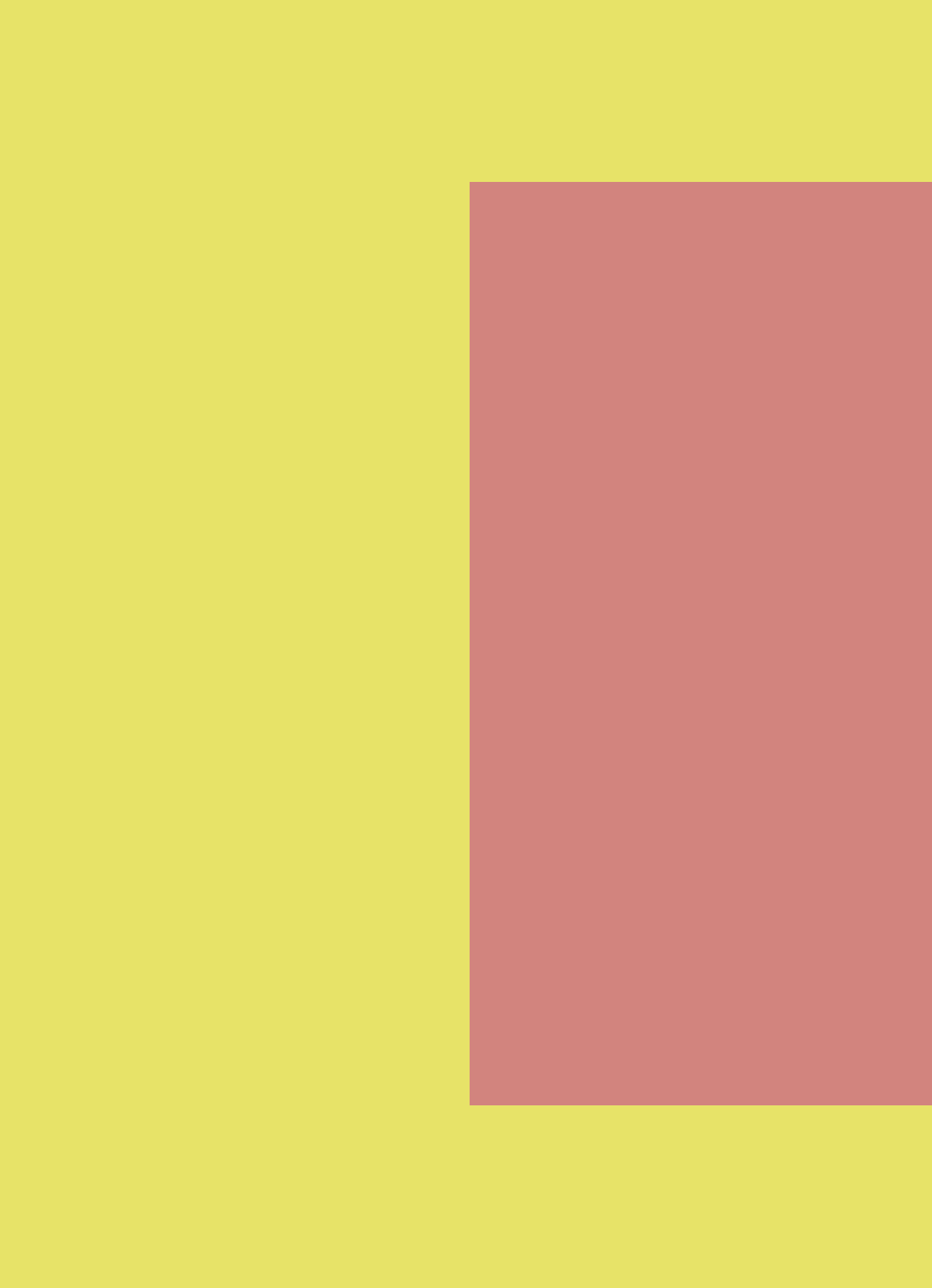
Finalmente, en el **capítulo 19, Cassiman et al.** parten de una preocupación diferente: la efectividad de las políticas cuyo objetivo es el incremento de la productividad. Tradicionalmente se supone que el estímulo a la exportación ocasiona mejoras en la competitividad y, por tanto, en la productividad de las empresas; sin embargo, en el caso español, los incentivos a la exportación no han contribuido a mejorar sustancialmente la productividad. El estudio analiza el papel de la innovación como decisión de inversión en la mejora de la productividad. Los autores concluyen que para conseguir un mayor nivel de productividad es necesario invertir previamente en conocimiento e I+D; seguidamente se dará una correlación positiva entre productividad e internacionalización. De nuevo existen diferencias: la inversión en innovación en producto es más efectiva para la entrada al mercado exterior que la inversión en innovación de proceso. Los autores concluyen que son los cambios en la demanda de productos los que incentivan a las empresas a realizar inversiones en I+D que les permiten ser más productivas y exportar. Los resultados sugieren que las ganancias en productividad de las empresas españolas se deben principalmente al papel de la innovación.

La contribución de Cassiman et al. se diferencia por presentar conclusiones principales aplicables a toda la población analizada: la innovación emerge como un elemento esencial en el incremento de la productividad, aunque existen diferencias entre el papel de la innovación en producto y en proceso. El resto de capítulos subrayan la



importancia de las diferencias entre sectores, tipos de innovación, tamaños de la empresa, etc. Identificar las características de esta complejidad ha sido posible gracias a la utilización de los datos del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC). Es difícil sobrestimar la importancia de esta base de datos. La confluencia de un panel de datos exhaustivo y accesible con la facilidad de tratamiento de datos que ofrecen las nuevas tecnologías de la información hacen posible realizar estudios cuantitativos impensables hace tan sólo una década. La posibilidad de analizar en detalle las relaciones entre innovación y un cúmulo de variables nos permite confirmar, por ejemplo, que la innovación no viene siempre relacionada con la I+D, que la relación entre universidades y empresas no es simplemente un mecanismo de transferencia de conocimiento y que el modelo de innovación empresarial identificado no responde en todos los casos a un modelo de «innovación abierta». Sin embargo, tal y como García y Molero afirman, no existe una teoría completa de los factores que afectan a la innovación y, por tanto, las contribuciones en esta sección no se enmarcan en una estructura única de análisis. Su contenido empírico y, en concreto, la multitud de relaciones identificadas plantean una disyuntiva para el análisis futuro: entender el análisis de la innovación en la empresa como un campo dominado por factores contextuales y seguir por el camino de la descripción detallada, o intentar estructurar las relaciones observadas como paso previo a la formulación de modelos de aplicación general.

Desde el punto de vista de las lecciones para la política tecnológica, los estudios aquí presentados reafirman la importancia de la innovación como factor de productividad y competitividad. Sin embargo, las herramientas para fomentar la innovación en la empresa se enfrentan a la diversidad de los factores que la explican. Conocer las diferencias en la forma de innovar en diferentes sectores y para diferentes tipos de innovación debe, en principio, ayudar a diseñar instrumentos de actuación más ajustados a la realidad.



# *Generación y adquisición de conocimiento como estrategias de innovación*

> Jaider Vega Jurado, Antonio Gutiérrez Gracia  
e Ignacio Fernández De Lucio

Instituto de Gestión de la Innovación  
y del Conocimiento (INGENIO)CSIC-UPV

## *1. Introducción*

Muchas de las teorías y enfoques económicos actuales (teoría evolucionista, teoría de las redes de innovación, *open innovation*) destacan, en mayor o menor grado, la imposibilidad de las empresas para hacer frente a los procesos de innovación por sí solas y la consecuente necesidad de relacionarse con otros actores para llevar a feliz término sus proyectos innovadores. Asimismo, existe también una sólida evidencia empírica que demuestra que la utilización de fuentes externas de conocimiento representa un fenómeno en crecimiento. En la mayor parte de los países de la OCDE, por ejemplo, los gastos empresariales en I+D externa muestran un incremento considerable, incluso superior al exhibido por los gastos totales en I+D o en innovación. En países como el Reino Unido o Alemania este crecimiento ha sido tal que el peso relativo de la I+D externa en la estructura del gasto total en I+D ha llegado casi a duplicarse en un periodo de 10 años [18, 7]. En España, en último año disponible, los gastos en I+D (interna y externa) representaron, en conjunto, el 53,2% del total

del gasto en innovación de las empresas, que en 2008 alcanzó la cifra de 19918 millones de euros. Dentro de los gastos en I+D de las empresas, la I+D interna representó el 74,1% del total y la adquisición externa el 25,9% restante.

No obstante, en contraste con las dinámicas anteriores, algunos investigadores han advertido el riesgo de sobrestimar el papel de las fuentes externas de conocimiento y destacan que en muchos sectores industriales la mayor parte del esfuerzo innovador no sólo es realizado por las propias empresas, sino que además se desarrolla en el interior de las mismas [28]. Los estudios realizados por Oerlemans *et al.* [29] en Holanda y por Freel [16] en el Reino Unido, por ejemplo, muestran que los recursos internos de la empresa constituyen el principal determinante de su desempeño innovador, y que el establecimiento de redes con agentes externos ejerce un efecto limitado.

Como corolario a los planteamientos anteriores, la decisión entre generar y/o adquirir el conocimiento tecnológico necesario para llevar a cabo los procesos de innovación emerge como un aspecto clave y complejo dentro de la estrategia empresarial. Ello ha generado el desarrollo de toda una literatura, teórica y empírica, sobre los determinantes de dicha decisión y la efectividad de las diferentes estrategias derivadas de la misma. Una aproximación tradicional al estudio de esta cuestión ha sido a través del análisis de las denominadas estrategias *hacer* y *comprar* [37, 6], es decir, desarrollar actividades internas de I+D o adquirir el conocimiento de fuentes externas a través de transacciones de mercado (compra de I+D, compra de licencias de patentes, etc.).

En términos generales, los trabajos realizados hasta el momento se han centrado en la identificación de los factores que influyen en la adopción de cada estrategia o en la coexistencia de las mismas dentro de la estrategia global de la empresa. Con relación a este último punto, el objetivo de las investigaciones ha sido el de identificar en qué medida la utilización de una estrategia influye sobre la adopción de la otra. Así, Arora y Gambardella [2] demostraron que el *know-how* interno de la empresa fomenta el uso de fuentes externas de conocimiento, mientras que Veugerlers [36] observó que la adquisición externa de conocimiento estimula, bajo ciertas condiciones, el desarrollo de actividades internas de I+D. Sin embargo, ninguno de estos estudios ha abordado el efecto conjunto de dichas estrategias

sobre el resultado de la innovación y menos aún el análisis de las posibles complementariedades existentes entre las mismas.

En el marco descrito anteriormente, este capítulo examina la efectividad de diversas estrategias asociadas tanto con la generación como con la adquisición externa de conocimiento y evalúa las posibles complementariedades existentes entre ellas para promover el desempeño innovador de la empresa. El estudio se centra en el caso de la industria manufacturera española y contempla además el efecto derivado de dinámicas industriales específicas.

Es necesario aclarar que el concepto de complementariedad empleado en esta investigación está en línea con la definición planteada por Milgrom y Roberts [24], quienes establecen que dos estrategias son complementarias cuando la adopción de una incrementa el retorno marginal de la otra. La complementariedad, así entendida, implica mucho más que la adopción conjunta de dos prácticas: supone la existencia de efecto sinérgico entre ellas, en la medida en que la efectividad de dichas estrategias se incrementa cuando las dos son implementadas.

El resto del capítulo se estructura como sigue: en la sección 2 se presenta una breve revisión de la literatura sobre las relaciones existentes entre las estrategias de innovación analizadas; en la sección 3 se describen los aspectos metodológicos del estudio empírico, exponiendo los datos y variables empleados en el análisis; en la sección 4 se exponen los resultados obtenidos y, por último, en la sección 5, las principales conclusiones.

## ***2. La relación entre la generación y la adquisición de conocimiento***

El estudio de las relaciones existentes entre la generación y la adquisición externa de conocimiento como estrategias de innovación empresarial ha sido un tema que despierta el interés de los investigadores desde hace ya algún tiempo. En un principio, y siguiendo la tradición derivada de la teoría de los costes de transacción – TCT– [39], la adquisición externa de conocimiento era vista como una opción alternativa al desarrollo interno, por lo que, por motivos de costes y riesgos, la empresa debía elegir entre una u otra [15]. De esta forma, se consideraba que lo que afrontaba la empresa era básicamente un problema de selección entre alternativas sustitutivas, es

decir, decidir entre adquirir o generar internamente el conocimiento requerido para sus actividades de innovación.

Mowery [26] fue quizás el primer autor en sugerir la existencia de posibles complementariedades entre la adquisición externa y el desarrollo interno de conocimientos. En su estudio sobre los factores que influyen en la externalización de las actividades de I+D, este autor no sólo señaló elementos consistentes con el enfoque de la TCT, sino que además indicó que cuanto mayor es la capacidad tecnológica de una empresa (derivada del desarrollo interno de actividades de I+D), más probable es que ésta emplee la adquisición externa de tecnología como estrategia de innovación.

El trabajo de Mowery abrió las puertas para que se estudiaran no sólo los beneficios de cada estrategia particular, sino las potencialidades asociadas a su combinación dentro de la estrategia de innovación global de la empresa. Esta corriente tuvo un fuerte impulso gracias a la publicación del trabajo pionero de Cohen y Levinthal [11] sobre la capacidad de absorción. Estos autores señalaron que las actividades internas de I+D cumplen un doble papel: por una parte, constituyen una fuente de conocimiento importante para la producción de ideas innovadoras y, por otra, incrementan la capacidad de la empresa para identificar, asimilar y explotar el conocimiento disponible fuera de sus fronteras, es decir, incrementan su *capacidad de absorción*.

Partiendo del concepto de capacidad de absorción, se han desarrollado diversos estudios empíricos que analizan las relaciones existentes entre la adquisición externa y el desarrollo interno de conocimientos [3, 2, 36, 8, 6]. Estos estudios han ofrecido evidencia empírica a favor del papel que ejerce el conocimiento interno en la identificación y adquisición del conocimiento externo e, inversamente, del estímulo que supone la adquisición externa de tecnología para el desarrollo de actividades internas de I+D. Sin embargo, si consideramos la complementariedad en el sentido definido por Milgrom and Roberts [24], es decir, como la existencia de efectos sinérgicos entre las estrategias, lo cierto es que la literatura no es concluyente. El análisis de la complementariedad así entendida ha sido un aspecto poco abordado empíricamente y los pocos estudios realizados sobre este tema han alcanzado resultados contradictorios. Laursen y Salter [20], por ejemplo, encontraron efectos de sustitución entre la intensidad en I+D y el uso de fuentes externas de conocimiento, mientras que Cassiman y Veugelers [8] hallaron evidencia de una

relación de complementariedad entre las estrategias de hacer y comprar con respecto al desarrollo de nuevos productos. Si bien estos trabajos emplean métodos y variables diferentes, los dos tienen en común el análisis de las relaciones entre la generación y la adquisición externa de conocimiento, teniendo en cuenta sus efectos sobre el desempeño innovador de la empresa. En este sentido, aunque los resultados de estos trabajos no son directamente comparables, ponen de manifiesto que la complementariedad entre las estrategias de innovación no es un aspecto que deba darse por supuesto, y que la misma puede depender de diferentes variables contextuales. Ello hace que el análisis presentado en este capítulo cobre mayor relevancia, dado que constituye el primer estudio que explora la complementariedad entre estrategias de innovación tomando como muestra la industria manufacturera de un país tecnológicamente seguidor.

En este estudio se adopta un enfoque similar al de Cassiman y Veugelers [8], focalizando la atención en las estrategias que emplea la empresa para la adquisición externa de conocimiento. No obstante, con relación al trabajo de estos autores, la presente investigación añade al menos dos elementos adicionales. En primer lugar, no sólo tiene en cuenta las estrategias de hacer y comprar, sino que además incluye en el análisis la estrategia de cooperación, distinguiendo entre la cooperación con agentes industriales y la cooperación con agentes no industriales<sup>1</sup>. Esta distinción es importante, dado que el conocimiento derivado de cada uno de estos tipos de agentes tiende a ser de diferente naturaleza y, por lo tanto, no sólo puede afectar de forma distinta el desempeño innovador de la empresa, sino que también puede tener una relación diferente con las capacidades internas de la empresa.

En segundo lugar, se ha considerado la adquisición de conocimiento incorporado en las maquinarias y equipos como una estrategia de compra adicional. La mayor parte de las investigaciones que han analizado la estrategia de comprar se han concentrado en el análisis de la subcontratación de actividades de I+D y el licenciamiento de tecnología, mecanismos incluidos dentro del grupo de las llamadas estrategias de

**Nota 1.** Aunque desde la TCT la cooperación se considera un híbrido entre la adquisición externa y el desarrollo interno de conocimiento, ésta presenta características propias que la hacen relevante como una estrategia en sí misma. La cooperación, por ejemplo, permite compartir los costes y riesgos de la actividad innovadora, aprovechar las economías de escala y beneficiarse de los recursos complementarios de los socios [13, 5]. Asimismo, esta estrategia puede ser menos vulnerable a los costes de transacción, especialmente cuando la tecnología tiene un alto grado de complejidad [32].

adquisición de conocimiento «desincorporado» o estrategias formales de innovación [6]. El sesgo a favor del análisis de estos mecanismos obedece, entre otras cosas, a que constituyen estrategias estrechamente relacionadas con el desarrollo de actividades de I+D, las cuales han sido consideradas las fuentes por excelencia de la innovación. Sin embargo, cada vez son más los autores que señalan la importancia que tienen otras actividades no relacionadas con la I+D dentro de la estrategia de innovación empresarial [14]. De hecho, si se consideran las estadísticas derivadas de la tercera Encuesta Europea de Innovación (CIS 3), más de la mitad de las empresas innovadoras no realizan actividades de I+D y el mayor porcentaje de los gastos en innovación se dedica a la compra de maquinaria y equipo. Lo anterior pone de manifiesto que la adquisición de conocimiento tecnológico incorporado en bienes o activos constituye una importante estrategia de adquisición de conocimiento externo, que no debe ser despreciada.

### **3. Datos y metodología**

#### **3.1. Datos**

Los datos utilizados para el análisis empírico provienen de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas para el año 2004 (EIT), llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística de España<sup>2</sup>. La muestra original incluye aproximadamente 4.400 empresas manufactureras, distribuidas por todo el territorio español. No obstante, este capítulo se centra en el colectivo de empresas activas en innovación, es decir, aquellas que han introducido productos o procesos nuevos o mejorados, o han intentado hacerlo durante el periodo 2002-2004. Esta decisión se justifica en la medida en que los aspectos analizados en este estudio carecen de sentido para aquellas empresas que no tienen la intención de realizar ninguna actividad de innovación. De hecho, solamente las empresas activas en innovación responden a todas las preguntas del cuestionario, entre las que se encuentran aquellas relacionadas con la cooperación en actividades de innovación.

**Nota 2.** La información se ha extraído de la base de datos correspondiente al Panel de de Innovación Tecnológica (PITEC 2004), desarrollada conjuntamente por el Instituto Nacional de Estadística de España (INE), la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Fundación COTEC. Esta base de datos se encuentra disponible públicamente en el Observatorio Español de la Innovación y del Conocimiento (ICONO) en <http://icono.fecyt.es>.



> **Tabla 13.1.** Distribución de la muestra por actividad económica y clasificación sectorial

Categoría de Pavitt	Actividad económica	Muestra (número de empresas)	Muestra (%)
<i>Empresas dominadas por los proveedores</i>	Caucho y materias plásticas	194	28,74
	Textil	135	20
	Muebles	108	16
	Papel	53	7,85
	Madera y corcho	48	7,11
	Cuero y calzado	42	6,22
	Otras manufacturas	47	6,96
	Confección y peletería	33	4,89
	Reciclaje	15	2,22
	> <b>Total</b>	675	100
<i>Empresas basadas en la ciencia</i>	Química	400	61,16
	Productos farmacéuticos	124	18,96
	Aparatos de radio, TV y comunicación	76	11,62
	Componentes electrónicos	36	5,5
	Construcción aeronáutica y espacial	18	2,75
	> <b>Total</b>	654	100

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

En el campo de la economía industrial, diversos estudios han puesto de manifiesto que el efecto que ejercen las fuentes de conocimiento, tanto internas como externas, sobre la innovación puede estar regulado por dinámicas industriales que no deben ser ignoradas [22]. Para controlar estas posibles variaciones, en este capítulo se adopta la taxonomía de patrones de cambio tecnológico propuesta por Pavitt [30], centrando la atención en dos categorías específicas: a) las empresas dominadas por los proveedores y b) las empresas basadas en la ciencia. Esta selección obedece a diversas razones. En primer lugar, entre estas categorías se distingue con mayor claridad la importancia relativa de los dos tipos de fuentes consideradas en el análisis: las fuentes industriales y las fuentes no industriales. Por ejemplo, Pavitt [30] sugiere que para las empresas dominadas por los provee-

dores el conocimiento tecnológico está incorporado básicamente en máquinas, equipos y bienes de capital producidos por empresas de otros sectores, mientras que para las empresas basadas en la ciencia, las principales fuentes de conocimiento son las actividades internas de I+D y la investigación científica realizada por las universidades y los institutos públicos de investigación. Además, el análisis de estas categorías permitirá examinar si la complementariedad entre las estrategias de innovación es más fuerte en aquellos sectores que tienen una mayor dependencia del «*know-how* básico», tal y como hallaron Cassiman y Veugelers [8]<sup>3</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior, la muestra definitiva, después de eliminar tanto las empresas no activas en innovación, como aquellas observaciones indicadas en los ficheros como incidencias que pueden producir comparaciones anómalas, es de 1.329 empresas: 675 pertenecientes a la categoría sectorial de empresas dominadas por los proveedores y 654 incluidas dentro del grupo de empresas basadas en la ciencia. La tabla 13.1 presenta la distribución de las empresas de la muestra acorde con estas categorías sectoriales.

### 3.2. Variables dependientes

Oerlemans *et al.* [29] indicaron que el efecto que ejercen los recursos internos y externos sobre el resultado innovador de la empresa varía no sólo en función del sector industrial al que pertenece la empresa, sino también según el tipo de innovación desarrollada. No obstante, la literatura relacionada con las fuentes y determinantes del cambio tecnológico se ha centrado tradicionalmente en el estudio de las innovaciones de producto, prestando mucha menos atención a las innovaciones de proceso [31]. En este sentido, se considera pertinente incluir en el análisis dos variables dependientes dicotómicas, una relacionada con la innovación de producto (*innovación producto*) y otra relacionada con la innovación de proceso (*innovación proceso*). Estas variables se derivan directamente de dos preguntas contempladas en la encuesta, en la cuales se indagaba si la empresa había introducido productos o procesos nuevos o significativamente mejorados durante el periodo 2002-2004.

**Nota 3.** Estos autores denominan «*know-how* básico» al conocimiento derivado de agentes científicos como universidades u organismos públicos de investigación.

### 3.3. Variables explicativas

El primer grupo de variables explicativas contempladas en este estudio está relacionado con las estrategias de adquisición de conocimiento externo. Para ello, se distingue básicamente entre la adquisición de conocimiento tecnológico a través de transacciones de mercado (estrategia de comprar) y la adquisición de conocimiento a través de la cooperación (estrategia de cooperar). Con relación a la primera estrategia, se considera tanto la adquisición de conocimiento «desincorporado» como la adquisición de conocimiento «incorporado». Para el primer caso, se incluyen variables relacionadas con la contratación externa de servicios de I+D (*I+D externa*) y la adquisición de tecnología inmaterial bajo la forma de patentes, marcas de fábrica, *software*, etc. (*tecnología*), mientras que para el segundo caso se considera la compra de maquinaria y equipos orientados específicamente al desarrollo de algún tipo de innovación tecnológica (*maquinaria*). Todas estas estrategias han sido operacionalizadas a través de variables dicotómicas que toman el valor 1 si la empresa ha llevado a cabo dicha actividad durante el periodo 2002-2004 y el valor 0 en caso contrario.

En términos generales, la contratación de actividades externas de I+D se ha relacionado ampliamente con la innovación de producto, especialmente en el caso de las empresas basadas en la ciencia, mientras que el conocimiento tecnológico incorporado en los bienes y equipos ha sido tradicionalmente asociado con la innovación de proceso, en particular para las empresas dominadas por los proveedores [38]. El efecto de la adquisición de tecnología inmaterial ha sido relativamente menos explorado en la literatura, aunque en principio es posible esperar una relación positiva entre esta variable y el desempeño innovador de la empresa.

El efecto de la cooperación se analiza teniendo en cuenta el tipo de socio, considerando para ello dos categorías generales: la cooperación con agentes industriales (*cooperación industrial*) y la cooperación con agentes no industriales (*cooperación no industrial*). En la primera categoría se incluyen básicamente los agentes que forman parte de la cadena industrial (otras empresas del mismo grupo, proveedores, clientes y competidores), mientras que en la segunda se tienen en cuenta, aunque no de forma exclusiva, fuentes de carácter institucional (universidades, OPI, centros tecnológicos, consultores y laboratorios de I+D). Esta clasificación se ha empleado en

estudios previos [34] y se encuentra a su vez respaldada por diversos estudios empíricos en los que se ha señalado que las motivaciones asociadas a la cooperación con agentes pertenecientes a estas dos categorías tienden a ser muy diferentes [27, 25]. Las variables *cooperación industrial* y *cooperación no industrial*, son variables dicotómicas que toman el valor 1 si la empresa ha cooperado con al menos uno de los agentes considerados en cada categoría durante el periodo 2002-2004, y el valor 0 en caso contrario.

Además de las variables anteriores, se incluye en el análisis una variable asociada con la estrategia de hacer y otra relacionada con los esfuerzos empresariales en actividades orientadas a la formación del personal. La estrategia de hacer se mide a través de una variable ordinal (*I+D interna*) que puede tomar tres posibles valores: 0, si la empresa no ha realizado actividades de I+D durante el periodo 2002-2004; 1, si ha realizado este tipo de actividades de forma ocasional durante el mismo periodo; 2, si las ha realizado de manera continua. La consideración del carácter ocasional o continuo de las actividades de I+D ofrece una medida aproximada del *stock* de I+D acumulado por la empresa y, por lo tanto, constituye un mejor proxy de sus capacidades tecnológicas [21]. Los esfuerzos en formación, por su parte, se miden a través de la variable *formación*, que toma el valor 1 si la empresa ha llevado a cabo actividades de formación destinada específicamente al desarrollo de algún tipo de innovación tecnológica durante el periodo 2002-2004, y el valor de 0 en caso contrario.

Tanto el desarrollo de actividades internas de I+D como los esfuerzos realizados en la formación del personal constituyen actividades que amplían la base de conocimiento existente en la organización e incrementan las capacidades organizacionales para la explotación económica del mismo [9]. La literatura empírica relacionada con estos temas ha puesto de manifiesto la importancia de la I+D interna como factor determinante de la innovación de producto, mientras que no es del todo concluyente con respecto al efecto que ejerce dicha variable sobre la innovación de proceso. Freel [16], por ejemplo, concluyó que la inversión en actividades internas de I+D no influye sobre la innovación de proceso en las empresas dominadas por los proveedores ni en las empresas basadas en la ciencia, mientras que Reichstein y Salter [31] hallaron evidencias de una relación positiva y significativa entre estas variables para el conjunto de las empresas manufactureras del Reino Unido.

Finalmente, se incluye como variable de control un indicador relacionado con el tamaño de la empresa (*tamaño*), que se mide como el logaritmo natural de la cifra de negocio de la empresa para el año 2004. Aunque el tamaño constituye uno de los factores clásicos analizados como determinante de la innovación, su papel no es fácil de determinar a priori. La hipótesis schumpeteriana apoya la idea de que las grandes empresas poseen los recursos necesarios (infraestructura, recursos financieros, capacidad de producción y mercadeo, investigación y desarrollo) para hacer frente a los riesgos que implican los procesos de innovación y, por lo tanto, son más proclives a emprender actividades innovadoras que las pequeñas empresas. Estudios empíricos recientes han encontrado evidencia a favor de esta hipótesis [16, 31], aunque otros han obtenido resultados contradictorios [1] <sup>4</sup>.

Las tablas 13.2 y 13.3 presentan los estadísticos básicos de las variables descritas anteriormente, así como los coeficientes de correlación entre ellas para cada una de las dos submuestras consideradas en el análisis. Coincidiendo con los patrones señalados por Pavitt [30], las empresas basadas en la ciencia innovan más en producto, mientras que las empresas dominadas por los proveedores innovan más en proceso. Asimismo, se observan algunas diferencias en cuanto al uso de las estrategias de adquisición de conocimiento contempladas en el análisis, especialmente entre las estrategias de cooperación. En términos generales, las empresas basadas en la ciencia cooperan mucho más con agentes externos que las empresas dominadas por los proveedores. Estos resultados muestran, tal como han señalado algunos autores [17, 4], que la cooperación es una estrategia mucho más frecuente en sectores donde la intensidad tecnológica es mayor. En lo referente al socio, se observa que la cooperación más habitual para las empresas basadas en la ciencia es la que se establece con agentes científicos, especialmente con las universidades, mientras que las empresas dominadas por los proveedores tienden a cooperar más, como era de esperar, con los proveedores de maquinaria y equipos.

Las dos categorías sectoriales analizadas también difieren en cuanto al desarrollo de actividades internas de I+D. El 93% de las empresas basadas en la ciencia realizan actividades internas de I+D y un 80% lo

**Nota 4.** El uso de la especificación logarítmica permitirá corroborar la hipótesis schumpeteriana si el coeficiente es mayor que uno (ver [19]).

hacen de forma continua, mientras que en las empresas dominadas por los proveedores estos porcentajes son el 76% y el 58% respectivamente.

> **Tabla 13.2.** Estadísticos descriptivos y coeficientes de correlación de Spearman (empresas dominadas por los proveedores)

	Media	S.D.	Innovación producto	Innovación proceso	Tamaño	I+D externa	Maquinaria	Tecnología	Cooperación industrial	Cooperación no industrial	I+D interna
Innovación producto	0,66	0,472	1								
Innovación proceso	0,74	0,437	-0,057	1							
Tamaño	16,020	1,476	0,07	0,012	1						
I+D externa	0,47	0,500	-0,003	0,078*	0,052	1					
Maquinaria	0,50	0,500	0,051	0,257**	0,022	0,149**	1				
Tecnología	0,14	0,345	0,092*	0,067	0,074	0,139**	0,179**	1			
Cooperación industrial	0,30	0,682	0,140**	0,110**	0,116**	0,239**	0,120**	0,055	1		
Coop-otras empresas	0,06	0,233									
Coop-proveedores	0,13	0,339									
Coop-Clientes	0,07	0,252									
Coop-Competidores	0,04	0,200									
Cooperación no industrial	0,28	0,664	0,134**	0,104**	0,037	0,226**	0,035	0,041	0,504**	1	
Coop-Laboratorios e institutos de I+D	0,08	0,264									
Coop-Universidades	0,06	0,236									
Coop-OPIs	0,03	0,182									
Coop-Institutos tecnológicos	0,10	0,311									
I+D interna	1,345	0,839	0,243**	-0,037	0,167**	-0,109**	-0,067	0,012	0,074	0,136**	1
I+D interna(1)	0,18										
I+D interna(2)	0,58										
Formación	0,42	0,494	0,111**	0,172**	0,098*	0,149**	0,351**	0,294**	0,185**	0,156**	0,112**

\*\* Correlación significativa al 1% (bilateral). \* Correlación significativa al 5% (bilateral).

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

> **Tabla 13.3.** Estadísticos descriptivos y coeficientes de correlación de Spearman (empresas basadas en la ciencia)

	Media	S.D.	Innovación producto	Innovación proceso	Tamaño	I+D externa	Maquinaria	Tecnología	Cooperación industrial	Cooperación no industrial	I+D interna
Innovación producto	0,78	0,417	1								
Innovación proceso	0,68	0,467	0,034	1							
Tamaño	16,320	1,726	0,04	0,093*	1						
I+D externa	0,51	0,500	0,034	0,097*	0,262**	1					
Maquinaria	0,46	0,499	0,123**	0,227**	0,052	0,180*	1				
Tecnología	0,15	0,354	0,067	0,117**	0,230**	0,181**	0,218**	1			
Cooperación industrial	0,52	0,943	0,126**	0,093*	0,272**	0,241**	0,122**	0,206**	1		
Coop-otras empresas	0,14	0,346									
Coop-proveedores	0,15	0,356									
Coop-Clientes	0,15	0,356									
Coop-Competidores	0,09	0,285									
Cooperación no industrial	0,64	1,117	0,130**	0,099*	0,244**	0,344**	0,115**	0,146**	0,512**	1	
Coop-Laboratorios e institutos de I+D	0,13	0,337									
Coop-Universidades	0,24	0,430									
Coop-OPIs	0,13	0,337									
Coop-Institutos tecnológicos	0,14	0,345									
I+D interna	1,731	0,576	0,117**	-0,015	0,149**	0,049	-0,034	0,015	0,084*	0,118**	1
I+D interna(1)	0,13										
I+D interna(2)	0,80										
Formación	0,56	0,497	0,091*	0,200*	0,091*	0,124**	0,319**	0,266**	0,173**	0,184**	0,129**

\*\* Correlación significativa al 1% (bilateral). \* Correlación significativa al 5% (bilateral).

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

La matriz de correlación muestra también algunos resultados interesantes. Las actividades internas de I+D se encuentran positivamente correlacionadas con las estrategias de cooperación, en especial, con la cooperación con agentes no industriales. Este resultado puede ser un indicio a favor del doble papel de la I+D, en la medida en que un mayor esfuerzo en dichas actividades incrementa la habilidad de la empresa para identificar y utilizar las fuentes externas de conocimiento, especialmente las de carácter científico que, por su naturaleza, requieren una mayor capacidad tecnológica de la empresa. No obstante, esta relación positiva no se observa con las estrategias de compra. De hecho, el coeficiente de correlación entre la I+D interna y la compra externa de servicios de I+D es negativo y además significativo en el caso de las empresas dominadas por los proveedores.

Por último, a diferencia de lo señalado por algunos autores [23, 31], las innovaciones de producto y proceso no están significativamente correlacionadas. Incluso, en el caso de las empresas dominadas por los proveedores, el coeficiente de correlación es negativo, aunque no significativo. Al parecer, para las empresas innovadoras españolas las innovaciones de producto y proceso no son interdependientes y además están relacionadas con diferentes estrategias de adquisición de conocimiento.

### 3.4. Descripción general del modelo de análisis

Tal y como se comentó en la introducción de este capítulo, el análisis que aquí se realiza tiene un doble objetivo: identificar los efectos que ejercen diferentes estrategias relacionadas con la generación y la adquisición externa de conocimiento sobre el desempeño innovador de la empresa y explorar sus posibles complementariedades. Para cumplir con este objetivo, el análisis se lleva a cabo en dos etapas. En la primera etapa, se plantea un modelo econométrico general (modelo 1) que evalúa los efectos principales de todas las variables descritas en el apartado anterior; mientras que en la segunda etapa se analiza la complementariedad entre la generación y la adquisición externa de conocimiento a través de la inclusión de varios términos interactivos calculados como el producto obtenido al multiplicar la variable *I+D interna* por las variables *I+D externa*, *cooperación industrial* y *cooperación no industrial* (modelo 2)<sup>5</sup>. Es importante

**Nota 5.** Estos términos interactivos indican cómo cambia el efecto que ejercen las estrategias de adquisición de conoci-



señalar que, tal como se ha definido este segundo modelo, la complementariedad entre las estrategias de innovación se evalúa partiendo de la hipótesis general derivada de la teoría de la capacidad de absorción, es decir, analizando si las actividades internas de I+D incrementan la capacidad de la empresa para explotar el conocimiento externo en el desarrollo de innovaciones. En este sentido, el análisis de la complementariedad entre estrategias asociadas únicamente a la adquisición de conocimiento externo (por ejemplo, entre comprar y cooperar) se encuentra fuera del alcance de esta investigación.

Los dos modelos econométricos señalados anteriormente son estimados para cada una de las dos clases sectoriales contempladas en el análisis (empresas dominadas por los proveedores y empresas basadas en la ciencia) y considerando como variables dependientes la introducción en el mercado de productos (innovación de producto) y procesos (innovación de proceso) nuevos o significativamente mejorados. Dada la naturaleza dicotómica de las variables dependientes, las estimaciones se realizan utilizando la regresión logística binaria.

#### 4. Resultados

La tabla 13.4 muestra los resultados del modelo 1 para las dos categorías sectoriales analizadas. Como se puede observar, en la estimación se ha incluido una variable explicativa adicional: *Prob.* Esta variable representa la probabilidad pronosticada de que una empresa sea activa en innovación, y se ha incluido en el análisis con el objetivo de controlar el posible sesgo de selección derivado de considerar únicamente el colectivo de empresas activas en innovación<sup>6</sup>. Los resultados indican que la efectividad de la generación y la adquisición externa de conocimiento como estrategias de innovación varía en función del tipo de innovación analizada y de la categoría sectorial a la que pertenece la empresa. Considerando inicialmente el caso de la innovación de proceso, los resultados muestran que la compra de maquinaria y equipo constituye la estrategia más relevante. En las dos categorías sectoriales analizadas, los parámetros estimados para la variable *maquinaria* fueron positivos y altamente significativos, lo que indica que la compra de maquinaria y equipo es un factor importante

miento externo sobre el resultado innovador cuando la variable I+D interna es modificada en una unidad.

**Nota 6.** Una descripción detallada del procedimiento empleado para calcular dicha variable se encuentra en Vega-Jurado et al. [35].

para el desarrollo de nuevos procesos. En contraste, ninguna de las estrategias de cooperación ejerce un efecto significativo.

> **Tabla 13.4.** *Modelo 1, resultados de los análisis de regresión*

Variables independientes	Innovación de Proceso		Innovación de Producto	
	<i>Empresas dominadas por los proveedores</i>	<i>Empresas basadas en la ciencia</i>	<i>Empresas dominadas por los proveedores</i>	<i>Empresas basadas en la ciencia</i>
Prob	0,67 (0,70)	0,92 (1,12)	0,97 (0,64)	3,01** (1,15)
Tamaño	-0,01 (0,07)	0,07 (0,06)	0,04 (0,06)	-0,05 (0,06)
I+D externa	0,03 (0,20)	0,16 (0,19)	-0,12 (0,18)	0,03 (0,22)
Maquinaria	1,08*** (0,21)	0,74*** (0,19)	0,17 (0,19)	0,58** (0,22)
Tecnología	0,01 (0,32)	0,31 (0,31)	0,52* (0,29)	0,35 (0,34)
Cooperación no industrial	0,34 (0,22)	0,03 (0,10)	0,17 (0,18)	0,20* (0,12)
Cooperación industrial	0,14 (0,20)	0,04 (0,12)	0,31* (0,18)	0,20 (0,15)
I+D interna	-0,15 (0,12)	-0,13 (0,16)	0,53*** (0,11)	0,51*** (0,16)
Formación	0,48** (0,22)	0,61*** (0,19)	0,11 (0,20)	0,02 (0,22)
Sector industrial	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido
Constante	1,08 (1,16)	-1,16 (1,22)	-1,85* (1,05)	-1,53 (1,31)
Chi-cuadrado (g.l.)	73.51*** (18)	59.95*** (13)	68.80*** (18)	53.67*** (13)
Pseudo R <sup>2</sup>	0,15	0,12	0,13	0,12
Observaciones	675	654	675	654

Los datos entre paréntesis corresponden a los errores estándar.

\* P < 0,1 \*\* P < 0,05 \*\*\* P < 0,01

**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

En el caso de la innovación de producto, el efecto que ejercen las estrategias de adquisición de conocimiento varía según la categoría

sectorial analizada. Para las empresas dominadas por los proveedores, las estrategias que tienen un efecto significativo son la adquisición de tecnología inmaterial (*tecnología*) y la cooperación con agentes industriales (*cooperación industrial*), mientras que para las empresas basadas en la ciencia las estrategias que más influyen son la compra de maquinarias y equipos y la cooperación con agentes no industriales (*cooperación no industrial*). Estos resultados tienen dos implicaciones importantes. En primer lugar, indican que, a diferencia de lo que ocurre con la innovación de proceso, la cooperación constituye una estrategia relevante para el desarrollo de nuevos productos. En segundo lugar, muestran que el socio adecuado puede ser muy diferente según el sector industrial en el que opere la empresa. Lo anterior conduce necesariamente a plantear la importancia de la cooperación en términos condicionales. En este sentido, y tal y como lo establece Freel ([16] p. 762.): «ciertos tipos de cooperación están asociados con tipos específicos de innovación e involucran a ciertas empresas, en ciertos sectores».

No obstante, contrariamente a lo esperado, la contratación de actividades externas de I+D (*I+D externa*) no es significativa ni siquiera para las empresas basadas en la ciencia. Lo anterior pone en tela de juicio la efectividad de la externalización de la I+D como estrategia de innovación empresarial. Esta práctica, identificada por algunos autores como el nuevo paradigma en la gestión de la I+D, no ejerce ningún efecto significativo sobre el desempeño innovador de las empresas manufactureras españolas. Al parecer, las empresas de este sector están fallando en la asimilación e integración de la I+D adquirida externamente, por lo que, si bien esta estrategia puede representar una alternativa para alcanzar economías de escala, no está promoviendo el desarrollo de nuevas competencias tecnológicas.

En lo que respecta a las variables asociadas con las capacidades internas de la empresa (*I+D interna y formación*) se observa que su influencia sobre el desempeño innovador varía en función del tipo de innovación desarrollada, pero no en función de la categoría sectorial. Las actividades internas de I+D constituyen el factor más importante para la innovación de producto en las dos categorías sectoriales analizadas, pero su efecto no es significativo para la innovación de proceso. Por el contrario, la formación de personal orientada al desarrollo de actividades de innovación influye positivamente en la innovación de proceso, pero no en la innovación de producto.

> **Tabla 13.5.** Modelo 2, resultados de los análisis de regresión

Variables independientes	Innovación de Proceso		Innovación de Producto	
	Empresas dominadas por los proveedores	Empresas basadas en la ciencia	Empresas dominadas por los proveedores	Empresas basadas en la ciencia
Prob	0,67 (0,71)	1,02 (1,12)	0,97 (0,64)	2.94** (1,15)
Tamaño	-0,01 (0,07)	0,07 (0,06)	0,04 (0,06)	-0,05 (0,06)
I+D externa	0,15 (0,38)	-0,94 (0,60)	-0,19 (0,31)	0,27 (0,56)
Maquinaria	1,08*** (0,21)	0,69*** (0,20)	0,16 (0,19)	0,59** (0,22)
Tecnología	0,01 (0,32)	0,29 (0,31)	0,52* (0,29)	0,37 (0,34)
Cooperación no industrial	-0,07 (0,44)	0,51 (0,53)	0,16 (0,36)	0,52 (0,47)
Cooperación industrial	0,39 (0,51)	0,37 (0,54)	0,49 (0,36)	0,01 (0,44)
I+D interna	-0,12 (0,17)	-0,36 (0,25)	0,52*** (0,15)	0,60** (0,24)
Formación	0,49** (0,22)	0,59*** (0,19)	0,11 (0,20)	0,02 (0,22)
<b>I+D interna * I+D externa</b>	<b>-0,09 (0,24)</b>	<b>0,61 (0,33)</b>	<b>0,06 (0,21)</b>	<b>-0,15 (0,32)</b>
<b>I+D interna * Cooperación no industrial</b>	<b>0,27 (0,26)</b>	<b>-0,26 (0,28)</b>	<b>0,01 (0,22)</b>	<b>-0,17 (0,25)</b>
<b>I+D interna * Cooperación industrial</b>	<b>-0,16 (0,28)</b>	<b>-0,18 (0,28)</b>	<b>-0,12 (0,22)</b>	<b>0,11 (0,24)</b>
Sector industrial	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido
Constante	0,96 (1,19)	-0,89 (1,25)	-1,85* (1,08)	-1,70 (1,33)
Chi-cuadrado (g.l.)	74.67*** (21)	65.36*** (16)	69.20*** (21)	54.51*** (16)
Pseudo R <sup>2</sup>	0,15	0,13	0,13	0,12
Observaciones	675	654	675	654

Los datos entre paréntesis corresponden a los errores estándar.

\* P < 0,1 \*\* P < 0,05 \*\*\* P < 0,01

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

Los resultados anteriores merecen algunos comentarios adicionales. La alta significancia que tiene la variable *I+D interna* para la innovación de producto indica que, lejos de perder relevancia, la realización de actividades internas de I+D constituye la principal estrategia para el desarrollo de nuevos productos. El efecto de la cooperación con agentes externos, aunque positivo, no es comparable con la significancia y magnitud del efecto que ejercen las actividades internas de I+D. Estos resultados están en línea con lo expresado por otros autores en el sentido de que el valor de las fuentes externas de conocimiento puede haberse sobrestimado [33, 29].

Por otra parte, el hecho de que la variable *I+D interna* no sea significativa para la innovación de proceso no es del todo sorprendente. De hecho, el resultado obtenido en este estudio coincide con el de Freel [16] en el Reino Unido. En cualquier caso, lo que se pone de manifiesto es que en las empresas manufactureras españolas los esfuerzos internos en I+D se orientan únicamente hacia la innovación de producto. La mejora de los procesos productivos no se basa en la investigación ni en la cooperación con agentes externos, sino en la compra de maquinaria y equipo. Asimismo, si se tiene en cuenta que la adquisición de un nuevo equipo requiere en la mayoría de los casos llevar a cabo actividades de formación para que el personal aprenda su funcionamiento, es lógico que la variable *formación* sea también significativa para la innovación de proceso.

Finalmente, los parámetros estimados para la variable *tamaño* no son significativos ni para la innovación de producto ni para la innovación de proceso. No obstante, cabe destacar que en la estimación auxiliar realizada para determinar la probabilidad de que una empresa sea activa en innovación (*Prob*), los coeficientes de la variable *tamaño* fueron positivos y significativos para las dos categorías sectoriales analizadas. Estos resultados sugieren que la influencia del tamaño parece limitarse solamente a la decisión de llevar a cabo actividades de innovación. Pero, una vez la empresa ha decidido innovar, la probabilidad de que introduzca una innovación de producto o proceso en el mercado es independiente de su tamaño.

En lo que respecta al análisis de complementariedad, la tabla 13.5 muestra los resultados de la estimación del modelo 2. En la tabla 13.5 se han resaltado los coeficientes de los términos interactivos incluidos en este segundo análisis.

Contrariamente a lo esperado, los resultados no muestran ninguna evidencia a favor de la existencia de complementariedad entre la generación y la adquisición externa de conocimiento, ni siquiera cuando esta última se lleva a cabo a través de la cooperación con agentes no industriales. De hecho, varios de los términos interactivos incluidos en el modelo para analizar la complementariedad presentan signo negativo, aunque no de forma significativa. En este sentido, si bien las empresas que llevan a cabo actividades internas de I+D tienden a cooperar más con agentes no industriales, en comparación con aquellas que no lo hacen, ello no implica que existan efectos sinérgicos entre dichas estrategias. Se pone así de manifiesto que una cosa es que las actividades internas de I+D faciliten la identificación y adquisición de conocimiento externo, aspecto ampliamente confirmado en este estudio, y otra que promuevan efectivamente la explotación de dicho conocimiento en el desarrollo de innovaciones.

En términos generales, podría decirse que los resultados anteriores difieren de los obtenidos por Cassiman y Veugelers [8] para el caso de las empresas belgas, y que se encuentran más en la línea de los hallazgos de Laursen y Salter [20] sobre la existencia de efectos sustitutivos entre las actividades internas de I+D y el uso de fuentes externas de conocimiento. La explicación que estos últimos autores sugieren para este resultado fue la del síndrome del «no inventado aquí», que puede ser igualmente válida para este caso. La realización continua de actividades de I+D aumenta la capacidad tecnológica de la empresa y puede llevar a los responsables del departamento de I+D a pensar que dominan los conocimientos requeridos en su campo. Cuando esto ocurre, la empresa es más renuente a aceptar ideas externas, especialmente las más cercanas al campo de sus competencias nucleares. Lo anterior puede llevar a la empresa a cooperar menos con agentes externos o, alternativamente y tal como parece ocurrir en el caso analizado, a que la empresa centre la cooperación en actividades no orientadas directamente a fortalecer sus competencias innovadoras. Este fenómeno se agudiza en contextos como el español donde, por las características propias del tejido productivo, los agentes científicos, y en especial las universidades, no han sido consideradas por las empresas como una fuente de conocimiento importante para las actividades innovadoras. Por ejemplo, en el caso de la muestra analizada, sólo el 2,4% de las empresas innovadoras pertenecientes a la categoría de empresas dominadas por los proveedores y el 13% de las

empresas basadas en la ciencia consideran a las universidades una fuente de información importante para los procesos de innovación. Este último argumento estaría en línea con el hallazgo de Cassiman y Veugelers [8] con relación a que la confianza en el *know-how* de carácter básico afecta a la fortaleza de la complementariedad entre las estrategias de innovación.

## 5. Conclusiones

La importancia de la adquisición externa de conocimiento en la estrategia de innovación de la empresa ha sido uno de los aspectos más destacados en la literatura reciente. Por una parte, se ha establecido que las empresas no son autosuficientes con respecto a los recursos tecnológicos y que por tal motivo deben combinar sus propias capacidades con las capacidades existentes en otras empresas e instituciones. Por otra parte, y siguiendo la noción de capacidad de absorción, se ha señalado que los esfuerzos internos que realiza la empresa para la creación de nuevo conocimiento no sólo estimulan el uso de fuentes externas de conocimiento, sino que además incrementan su capacidad para explotarlas eficientemente en el desarrollo de nuevos productos o procesos. Con el objetivo de mejorar nuestro entendimiento acerca del papel que cumplen las fuentes externas de conocimiento en los procesos de innovación, este capítulo examinó el efecto que ejercen diferentes estrategias de adquisición de conocimiento sobre la innovación, tanto de producto como de proceso, y sus complementariedades con las capacidades tecnológicas internas de la empresa. En el análisis se distinguió entre fuentes externas de conocimiento científico e industrial, considerando dos tipos de estrategias de adquisición de conocimiento: la compra y la cooperación. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el efecto moderador que pueden ejercer las dinámicas industriales, contemplando dos categorías sectoriales: las empresas dominadas por los proveedores y las empresas basadas en la ciencia.

Algunos de los resultados obtenidos coinciden con los patrones ampliamente expuestos en la literatura, mientras que otros parecen indicar rasgos distintivos que pueden ser propios de España o de contextos tecnológicos similares. En línea con la literatura, se ha observado que cuanto mayor es la intensidad tecnológica del sector,

mayor es la cooperación con agentes externos, especialmente aquellos de carácter no industrial (universidades, centros públicos de investigación). Asimismo, en este tipo de sectores, el desarrollo de actividades continuas de I+D se convierte en una estrategia muy usual entre las empresas. Estos resultados están en consonancia con la idea de que las empresas que llevan a cabo actividades internas de I+D tienen una mayor capacidad de absorción y, por lo tanto, están en una mejor posición para acceder al conocimiento externo.

Sin embargo, a diferencia de lo señalado por algunos autores, se han encontrado indicios de que las innovaciones de producto y proceso pueden no ser actividades interdependientes y, lo que es más importante, que dichas innovaciones están determinadas por diferentes estrategias de adquisición de conocimiento. Para las innovaciones de proceso solamente la compra de maquinaria y equipo ejerce un efecto significativo, lo que sugirió que, en la industria manufacturera española, la mejora de los procesos productivos se lleva a cabo fundamentalmente a través de inversiones de tipo «llave en mano», con poco desarrollo propio. Dicha estrategia va acompañada de la inversión en programas de formación, seguramente orientados a la capacitación del personal en el funcionamiento de los nuevos equipos. Las innovaciones de producto, por el contrario, demandan mayores esfuerzos empresariales orientados tanto a la generación, como a la adquisición de conocimiento tecnológico. Para este tipo de innovación, el desarrollo de actividades internas de I+D, la cooperación con agentes externos y la compra de maquinaria y equipos constituyen estrategias relevantes.

En general, si bien los resultados obtenidos destacan el valor que tienen algunas estrategias de adquisición de conocimiento externo, no se puede decir que las mismas constituyan la base de los procesos de innovación, por lo menos en el contexto analizado. Es más, al contrario de lo que señalan enfoques recientes, la internalización de las actividades de I+D se muestra como una estrategia mucho más efectiva que la externalización de las mismas, especialmente cuando el objetivo es el desarrollo de nuevos productos.

El análisis de la complementariedad entre la generación y la adquisición externa de conocimiento ha puesto de manifiesto un resultado igualmente interesante. Si bien las empresas que llevan a cabo actividades internas de I+D, en comparación con aquellas que no lo hacen, tienden a cooperar más con agentes externos, ello no implica



que dicha cooperación sea más relevante para el desarrollo de nuevos productos, incluso en los casos en los que la cooperación se establece con agentes no industriales (universidades, OPI, etc.). En otras palabras, aunque el desarrollo y la adquisición externa de conocimiento sean actividades que coexistan dentro de la estrategia global de la empresa, ello no implica que existan efectos sinérgicos entre las mismas. Este resultado, claramente diferente al encontrado en otros contextos, puede estar relacionado con las características propias de la estructura industrial española, donde predominan empresas de baja intensidad tecnológica, que no reconocen a las universidades, y en general a los agentes científicos, como una fuente de conocimiento importante para el desarrollo de actividades innovadoras.

En conjunto, los resultados obtenidos refuerzan la noción de que la innovación es un proceso que se construye básicamente a partir de las capacidades internas de la empresa y constituyen una llamada de atención para no sobrestimar el valor de las fuentes externas de conocimiento. La importancia de la adquisición externa de conocimiento depende de diversos factores, entre los que se encuentran el tipo de estrategia empleada, el tipo de fuente que provee el conocimiento, las características del sector industrial en el que opera la empresa e incluso las capacidades internas de la empresa. Ante esta heterogeneidad, lo importante no es acceder a una gran diversidad de fuentes externas de conocimiento, sino acceder a aquellas que realmente ofrezcan la posibilidad de desarrollar las capacidades innovadoras de la empresa a partir de la integración de conocimiento complementario. Teniendo en cuenta lo anterior, las políticas de innovación, más que centrarse en la definición de instrumentos orientados al uso de las fuentes externas de conocimiento (especialmente a través de la cooperación), deberían promover el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas internas de las empresas.

No obstante, en aras de extraer implicaciones políticas más sólidas, convendría profundizar en el análisis aquí planteado empleando técnicas estadísticas más robustas. En esta línea, una limitación de este trabajo ha sido el carácter transversal del análisis realizado, referido a un periodo específico. El incremento en la capacidad tecnológica de la empresa derivado del desarrollo de actividades internas de I+D en un tiempo  $t$  puede fomentar la explotación de las fuentes externas de conocimiento en un tiempo  $t+1$ . En este sentido, el análisis de la complementariedad entre estrategias de innova-

ción puede verse enriquecido a través de estudios longitudinales que contemplen varias series temporales. Este tipo de análisis será posible cuando se disponga de datos relativos a varios años en el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC). Asimismo, el estudio de bases de datos a gran escala, como la aquí utilizada, deja abiertas muchas cuestiones que no pueden ser investigadas sin la realización de análisis de casos. Identificar las razones que están detrás de la selección de una estrategia de innovación específica o los obstáculos que las empresas encuentran para acceder a una fuente de conocimiento son algunos de los aspectos sobre los que se puede indagar a través de observaciones directas y que pueden mejorar nuestro entendimiento sobre el fenómeno aquí analizado.

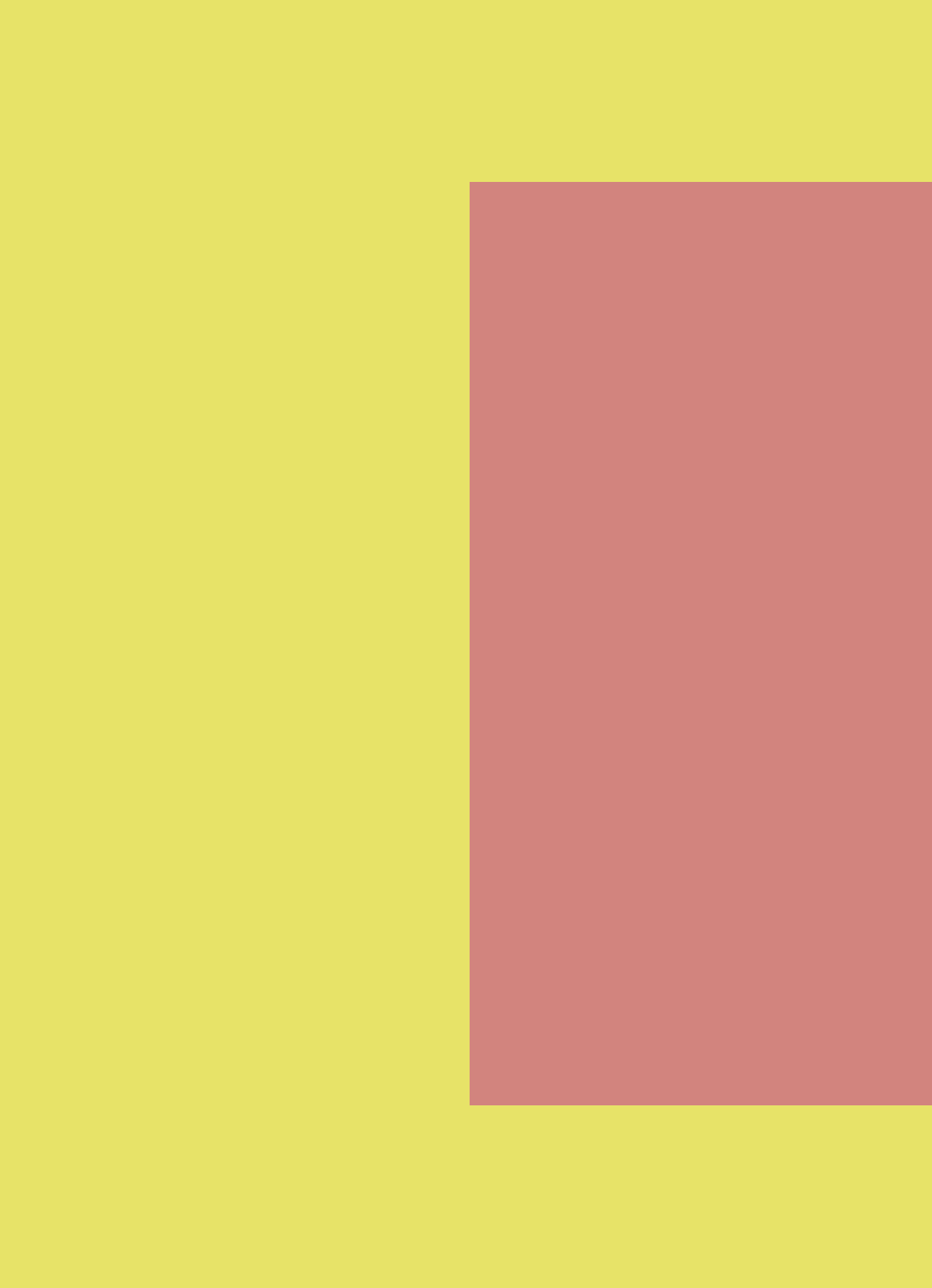
## Referencias

- [1] Acs, Z. J.; Audretsch, D. B. (1988): «Innovation in large and small firms: an empirical analysis», *American Economic Review*, 78, pp. 678-690.
- [2] Arora, A.; Gambardella, A. (1994): «Evaluating technological information and utilizing it: scientific knowledge, technological capability and external linkages in biotechnology», *Journal of Economic Behavior and Organisation*, 24, pp. 91-114.
- [3] Arora, A.; Gambardella, A. (1990): «Complementarity and external linkages: The strategies of the large firms in biotechnology», *Industrial Economics*, 38, pp. 361-379.
- [4] Bayona, C.; García-Marco, T.; Huerta, E. (2001): «Firm's motivations for cooperative R&D: an empirical analysis of Spanish firms», *Research Policy*, 30, pp. 1.289-1.307.
- [5] Becker, W.; Dietz, J. (2004): «R&D cooperation and innovation activities of firms – evidence for the German manufacturing industry», *Research Policy*, 33, pp. 209-223.
- [6] Beneito, P. (2003): «Choosing among alternative technological strategies: An empirical analysis of formal sources of innovation», *Research Policy*, 32, pp. 693-713.
- [7] Bönnte, W. (2003): «R&D and productivity: Internal vs external R&D – evidence from West German manufacturing industries», *Economics of Innovation and New Technology*, 12, pp. 343-360.
- [8] Cassiman, B.; Veugelers, R. (2006): «In search of complementarity in innovation strategy: Internal R&D and external knowledge acquisition», *Management Science*, 52, pp. 68-82.
- [9] Caloghirou, Y.; Kastelli, I.; Tsakanikas, A. (2004): «Internal capabilities and external knowledge sources: Complements or substitutes for innovative performance?», *Technovation*, 24, pp. 29-39.

- [10] Chesbrough, H. (2003): «The era of open innovation», *Sloan Management Review*, Summer, pp. 35-41.
- [11] Cohen, W. M.; Levinthal, D. A. (1990): «Absorptive Capacity: A new perspective on learning and innovation», *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 128-152.
- [12] Cohen, W. (1995): «Empirical studies of innovative activity», en Stoneman, P. (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, Oxford.
- [13] Croisier, B. (1998): «The governance of external research: Empirical testing of some transaction-cost related factors», *R&D management*, 28, pp. 289-298.
- [14] Evangelista, R. (1999): *Knowledge and Investment. The Sources of Innovation in Industry*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [15] Foray, D. ; Mowery, D. (1990) : «L'intégration de la R&D industrielle: nouvelles perspectives d'analyse», *Revue Economique*, 3.
- [16] Freel, M. (2003): «Sectoral patterns of small firm innovation, networking and proximity», *Research Policy*, 32, pp. 751-770.
- [17] Hagedoorn, J. (1993): «Understanding the rationale of strategic technology partnering: interorganizational modes of cooperation and sectoral differences», *Strategic Management Journal*, 14, pp. 371-385.
- [18] Howells, J. (1999): «Regional systems of innovation?», en Archibugi, D., Howells, J. y Michie, J. (eds.), *Innovation Policy in a Global Economy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [19] Kamien, M.; Schwartz, N. (1982): *Market structure and innovation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [20] Laursen, K.; Salter, A. (2006): «Open for innovation: The role of openness in explaining innovative performance among UK manufacturing firms», *Strategic Management Journal*, 27, pp. 131-150.
- [21] Mairesse, J.; Mohnen, P. (2005): «The importance of R&D for innovation: a reassessment using French survey data», *Journal of Technology Transfer*, 30, (1-2), pp. 183-197.
- [22] Malerba, F. (2005): «Sectoral Systems: How and Why Innovation Differ across Sectors and Industries», en Fagerberg, J.; Mowery, D. C.; Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [23] Martinez-Ros, E. (2000): «Explaining the decisions to carry out product and process innovations: the Spanish case», *Journal of High Technology Management Research*, 10 (2), pp. 223-242.
- [24] Milgrom, P.; Roberts, J. (1990): «The economics of modern manufacturing: Technology, strategy, and organization», *American Economic Review*, 80, pp. 511-528.
- [25] Miotti, L.; Sachwald, F. (2003): «Co-operative R&D: Why and with whom? An integrated framework of analysis», *Research Policy*, 32, pp. 1.481-1.499.
- [26] Mowery, D. C. (1983): «The relationship between intrafirm and contractual forms of industrial research in American manufacturing, 1900-1940», *Exploration in Economics History*, 20, pp. 351-374.

- [27] Narula, R. (2001): «Choosing between internal and non-internal R&D activities: some technological and economic factors», *Technology Analysis and Strategic Management*, 13 (3), pp. 365-387.
- [28] Nelson, R. (2000): «National innovation systems», en Acs, Z. (ed.), *Regional Innovation, Knowledge and Global Change*, Pinter, Londres.
- [29] Oerlemans, L.; Meeus, M.; Boekema, F. (1998): «Do networks matter for innovation? The usefulness of the economic network approach in analysing innovation», *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 89, pp. 298-309.
- [30] Pavitt, K. (1984): «Sectoral patterns of technical change», *Research Policy*, 13, pp. 343-373.
- [31] Reichstein, T.; Salter, A. (2006): «Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms», *Industrial corporate Change*, 15, pp. 653-682.
- [32] Shing, K. (1997): «The impact of technological complexity and interfirm cooperation on business survival», *Academy of Management Journal*, 40, pp. 339-367.
- [33] Sternberg, R. (2000): «Innovation networks and regional development – evidence from European Regional Innovation Survey (ERIS): theoretical concepts, methodological approach, empirical basis and introduction to the theme issue», *European Planning Studies*, 8, pp. 389-407.
- [34] Vega-Jurado, J.; Gutiérrez-Gracia, A.; Fernández-de-Lucio, I.; Manjarrés-Henríquez, L. (2008): «The effect of external and internal factors on firms' product innovation», *Research Policy*, 37, pp. 616-632.
- [35] Vega-Jurado, J.; Gutiérrez-Gracia, A.; Fernández de Lucio, I. (2009): «Does external knowledge sourcing matters for innovation? Evidence from the Spanish manufacturing industry», *Industrial and Corporate Change*, 18, pp. 637-670.
- [36] Veugelers, R. (1997): «Internal R&D expenditures and external technology sourcing», *Research Policy*, 26, pp. 303-315.
- [37] Veugelers, R.; Cassiman, B. (1999): «Make and buy in innovation strategies: Evidence from Belgian manufacturing firms», *Research Policy*, 28, pp. 63-80.
- [38] Von Hippel, E. (1988): *The sources of innovation*, Oxford University Press, Nueva York y Oxford.
- [39] Williamson, O. E. (1985): *The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*, The Free Press, Nueva York.





# *Obstáculos de las empresas para innovar*

> **Agustí Segarra Blasco y Mercedes Teruel Carrizosa**

Universidad Rovira i Virgili

Departamento de Economía

## ***1. Introducción***

La innovación es un factor clave para la competitividad y el crecimiento. En las economías modernas la innovación es el principal instrumento de la competencia y de la rivalidad entre empresas. En las industrias de elevado contenido tecnológico la innovación es un factor clave para competir, pero además en las actividades de menor contenido tecnológico la innovación juega un papel relevante. En el proceso innovador las grandes empresas desempeñan un papel crucial, pero las pequeñas y medianas empresas también juegan un papel relevante en la aplicación de nuevos conocimientos en el mercado.

Tal como afirmara Josep Schumpeter [21], en cuanto los precios son destronados del altar de la competencia, la innovación pasa a ser el principal instrumento de las empresas para competir y ganar terreno a sus rivales. En la actualidad ha cobrado fuerza el papel de la innovación como instrumento de competencia y de rivalidad entre las empresas. Resulta cuando menos sorprendente el protagonismo que adquiere la innovación en las sociedades contemporáneas, tanto a nivel económico

como social; tal como observa William Baumol [6], las economías de mercado se han convertido en auténticas «máquinas de innovar».

Sin embargo, para innovar es necesario vencer una serie de obstáculos relacionados con el entorno donde opera la empresa, la disponibilidad de personal investigador o la disponibilidad de recursos financieros, entre otros elementos. En los países de la Unión Europea, el número de empresas innovadoras ha aumentado durante los últimos años; sin embargo, la brecha tecnológica que las separa de las empresas norteamericanas se ha acentuado. Las empresas europeas tropiezan con obstáculos que dificultan su participación regular en los proyectos innovadores. El presente texto estudia la incidencia de un grupo de diez barreras sobre los proyectos de innovación de las empresas españolas. La información que constituirá la base de este capítulo procede del cuestionario de la Encuesta de Innovación Tecnológica (EIT) realizada anualmente por el Instituto Nacional de Estadística (INE). El organismo oficial ofrece información acerca de la intensidad con la que las empresas españolas, en las manufacturas y en los servicios, perciben una serie de diez obstáculos a la innovación que están relacionados con el coste de los proyectos, el acceso a la información, la disponibilidad de mano de obra cualificada y las características del mercado.

En España, el estudio de los obstáculos que deben superar las empresas para innovar adquiere un gran interés para el diseño de políticas públicas orientadas a incrementar el número de empresas innovadoras y el volumen de las inversiones relacionadas con la I+D y la innovación. Conocer los retos y las principales trabas que aprecian las empresas innovadoras para intensificar sus esfuerzos y, también, los obstáculos que encuentran las empresas no innovadoras es un paso imprescindible a la hora de articular las actuaciones públicas, en un nivel europeo, español y regional, y sincronizar con las directrices que en su día estableció la Agenda de Lisboa.

Cualquier estrategia que persiga como objetivo fundamental el cambio del modelo productivo en España pasa por la recuperación de la productividad a través del fomento de la I+D y de la innovación. El nuevo modelo de crecimiento vendrá de la mano de un cambio en la estructura productiva del país; con un mayor peso de las actividades con altos niveles de productividad capaces de generar efectos externos positivos sobre otras actividades económicas. El proceso de ajuste es lento y obliga al diseño de políticas públicas estables a lo largo del ciclo económico. Cuando los recursos se desplazan desde



los sectores con bajos niveles de productividad hacia las actividades avanzadas, la productividad agregada aumenta [20].

El protagonismo creciente de determinadas actividades intensivas en conocimiento sólo se alcanzará si la economía española supera los obstáculos relacionados con las actividades de I+D y de innovación. En este tránsito hacia un nuevo modelo económico, el mercado adquiere un gran protagonismo en su vertiente de generar incentivos, mejorar la asignación de recursos y distribuir mejor las cargas y los rendimientos privados y sociales. Para ello resulta imprescindible diseñar un sistema de incentivos sobre el sector financiero, sobre la propiedad intelectual y sobre la formación y el esfuerzo en el puesto de trabajo.

En los últimos años, el acceso a bases de datos con información sobre la conducta innovadora de las empresas españolas ofrece también información acerca de los obstáculos a la innovación que encuentran tanto las empresas innovadoras como las no innovadoras. El acceso a la información disponible en el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) permite analizar los efectos de las barreras a la innovación desde una perspectiva temporal más adecuada. El análisis empírico descansa sobre una amplia muestra de empresas españolas que han sido agrupadas en tres ámbitos: las manufacturas de alta intensidad tecnológica, las manufacturas de baja intensidad tecnológica y los servicios intensivos en conocimiento. El panel de datos ofrece información sobre los obstáculos a la innovación de un total de 8.762 empresas españolas.

A partir de aquí, el texto se organiza de la siguiente manera: la segunda sección presenta el marco teórico sobre las barreras a la innovación; la tercera sección analiza el panel de datos PITEC para las manufacturas y servicios intensivos en conocimiento; la cuarta sección muestra la relación entre las barreras a la innovación y la actividad innovadora, así como la incidencia de las barreras a la innovación sobre la capacidad innovadora de las empresas españolas; finalmente, el texto concluye con una sección que resume los principales resultados obtenidos.

## ***2. Las barreras a la innovación empresarial***

La innovación es un proceso sistémico en el que participan multitud de agentes con distintos grados de implicación y de protagonismo. No

sólo participan las empresas, sino también los agentes que forman el sistema de ciencia y tecnología del país. En las estrategias de innovación empresarial se implican, con mayor o menor intensidad, los gobiernos y las instituciones del país –gobiernos nacionales y regionales, administraciones locales, asociaciones sectoriales, patronales, sindicatos, etc.–; los organismos vinculados a la investigación y a la transferencia de conocimiento –universidades, centros de investigación, estructuras de transferencia tecnológica, incubadoras de empresas de base tecnológica, etc.–, las instituciones financieras –bancos y cajas de ahorro, fondos de capital riesgo, mercados financieros, etc.– y las empresas.

La innovación es un factor determinante de la capacidad de la empresa para competir y ganar cuota en los mercados. Etimológicamente el término «innovar» proviene del latín *innovare*, que significa cambiar o alterar las cosas introduciendo novedades. Coloquialmente, por «innovar» entendemos introducir un cambio. El diccionario de la Real Academia Española define «innovar» como «mudar o alterar algo, introduciendo novedades», y también como «volver algo a su anterior estado».

Entre los economistas, la innovación es un proceso que conlleva cambio, no necesariamente en el campo de la tecnología, y que para la empresa innovadora pasa por calibrar su nivel de aceptación en el mercado. Por ello, siguiendo a la Fundación COTEC [11], podemos entender por innovación «el proceso que lleva las ideas al mercado en forma de nuevos o mejorados productos o servicios. Este proceso está compuesto por dos partes no necesariamente secuenciales y con frecuentes caminos de ida y vuelta entre ellas. Una está especializada en el conocimiento y la otra se dedica fundamentalmente a su aplicación para convertirlo en un proceso, un producto o un servicio que incorpore nuevas ventajas para el mercado». En esta noción tiene cabida el mundo de la ciencia y de las ideas, pero sin perder de vista que el agente protagonista de la innovación es la empresa y que la verdadera prueba consiste en superar la reválida del mercado; esto es, de sus clientes o consumidores.

Innovar obliga a alterar, en mayor o menor intensidad, el orden de las cosas, y para cambiar es imprescindible asumir riesgos. Las inversiones vinculadas a proyectos de I+D y de innovación están sujetas a mayores niveles de incertidumbre que las relacionadas con la compra de maquinaria o la inversión en bienes raíces. Por ello, los

accionistas o las entidades financieras que corren con parte de su financiación exigirán unos rendimientos mayores. El acceso a recursos financieros para los proyectos innovadores será más difícil para las empresas nuevas y pequeñas que para las empresas grandes ya consolidadas. Bien sea por la falta de trayectoria de la nueva empresa, bien sea debido al desconocimiento de la actividad innovadora por parte de la entidad bancaria, en general, el acceso a la financiación es uno de los principales obstáculos que encuentran las pequeñas empresas innovadoras.

Por otro lado, *ex ante*, los cambios derivados de los proyectos innovadores adoptan una componente intangible difícil de medir y cuantificar. El dilatado periodo de maduración que suele caracterizar a las innovaciones también ayuda a incrementar el grado de incertidumbre sobre la dinámica de los mercados, la coyuntura cíclica, los cambios en los gustos de la demanda y la entrada de nuevos competidores. La complejidad de las innovaciones, el riesgo asumido por sus *stakeholders* y las asimetrías informativas, por poner algunos ejemplos puntuales, dificultan la realización de estadísticas y de estudios econométricos que nos indiquen correctamente la proporción de empresas innovadoras y el impacto económico de las innovaciones [24]. Por ello, estudiar las barreras que encuentran las empresas innovadoras para incrementar su intensidad innovadora resulta de gran interés.

En la actualidad, nuestros conocimientos sobre la naturaleza de la innovación y sus fuentes han experimentado avances muy significativos. La naturaleza de la tecnología y el proceso de I+D, la estructura del mercado y la rivalidad entre las empresas, las economías de escala y la innovación, el tamaño y perfil de la organización de las empresas, entre otros aspectos, han sido analizados exhaustivamente en diferentes países y sectores de actividad [25]. Sin embargo, el número de investigaciones que se ocupan de las barreras a la innovación continúa siendo limitado.

Para nuestro propósito las barreras a la innovación son aquellos obstáculos que han de superar las empresas para emprender proyectos de I+D e innovación. Si tenemos en cuenta que la información procede del cuestionario del *Community Innovation Survey* (CIS) que responden los gestores de una muestra de empresas españolas, innovadoras y no innovadoras, observamos que no se trata de una información objetiva sobre la naturaleza y el alcance de las barreras, sino de las percepciones de los encargados de dar cumplida respuesta al cuestionario.

Cuando la empresa pretende acometer una innovación, los obstáculos que encuentra por el camino pueden ser de naturaleza externa o interna. Los factores externos se asocian a las dificultades de la empresa para acceder a la información tecnológica, la financiación bancaria, el personal cualificado o la información sobre las condiciones del mercado. Los factores internos están relacionados con las dificultades de los gestores de las empresas para encontrar las fuentes financieras necesarias para el desarrollo del proyecto o, incluso, la autorización de los accionistas para llevarlo a cabo.

La investigación pionera sobre los obstáculos a la innovación llevada a cabo por la Comisión de la Comunidad Europea incluye los trabajos de varios investigadores realizados en ocho países europeos [19]. El trabajo identifica algunas barreras importantes a la innovación en las empresas europeas relacionadas con el sistema de educación y mano de obra cualificada, la escasa incidencia del capital de riesgo y de los bancos en la financiación de la innovación, la baja efectividad de las normas y de la legislación sobre la protección de la propiedad intelectual, así como las trabas de la burocracia pública.

En Canadá, Mohnen y Rosa [17] analizan los obstáculos a la innovación en una muestra de empresas de servicios y Baldwin y Lin [5] se ocupan de los obstáculos a la adopción de tecnología avanzada en una muestra de empresas manufactureras. Mohnen y Röller [16] estudian las complementariedades entre las barreras a la innovación con muestras de empresas de Irlanda, Dinamarca, Alemania e Italia. Galia y Legros [12] investigan las complementariedades entre los obstáculos a la innovación a partir de datos CIS2 para una muestra de empresas manufactureras francesas. Y, por su parte, Hadjimamolis [14] presenta un enfoque de las barreras a la innovación para una selección de PYMEs chipriotas. Este autor halla evidencias de que la reducción de la burocracia y la reorganización de la educación técnica juegan un papel muy importante en la reducción de los obstáculos a la innovación.

En un nivel regional, Freel [10] analiza las barreras a la innovación en una muestra de pequeñas empresas manufactureras en la zona de West Midlands; asimismo, March *et al.* [15] muestran empíricamente la existencia e intensidad de las barreras a la innovación en una pequeña muestra de PYMEs valencianas; y en Segarra *et al.* [22] se determinan las barreras a la innovación que soporta una amplia muestra de empresas industriales y de servicios catalanas entre 2002 y 2004.

Los trabajos mencionados comparten el acceso a fuentes de datos en el nivel de la empresa. En los últimos años el interés de la OCDE por conocer las claves internas de los procesos de innovación empresarial ha facilitado la aparición de unas bases ricas en la información individual sobre la naturaleza del proceso innovador de un número considerable de países desarrollados. A partir de las directrices establecidas en el Manual de Oslo, un grupo de países desarrollados diseñó un cuestionario común sobre las actividades de innovación. Desde entonces muchos países europeos han puesto en marcha sus versiones de la *Community Innovation Survey* (CIS).

Desde los años noventa, la mayor disponibilidad de datos a nivel micro en la UE ha favorecido la realización de estudios sobre los vínculos entre la I+D, la innovación y la productividad en el nivel de la empresa. Una encuesta sobre la innovación empresarial en muchos países europeos ha permitido arrojar luz sobre la caja negra que representa el proceso de innovación realizado por las empresas.

### ***3. Base de datos y variables***

Este apartado presenta las fuentes estadísticas y la naturaleza de los datos utilizados en la presente investigación. En primer lugar, se muestra la fuente de datos. En segundo lugar, se describe la metodología que permite agrupar los obstáculos a la innovación en tres índices parciales. Por último, en tercer lugar, se presentan las variables relacionadas con los obstáculos a la innovación empresarial de las empresas españolas.

#### **3.1. La fuente de datos**

Los obstáculos que deben superar las empresas para realizar actividades innovadoras son de naturaleza variada y, a menudo, de una intensidad considerable. El cuestionario de la Encuesta de Innovación Tecnológica (EIT) suministra una información de gran interés acerca de las barreras a la innovación. Nuestra fuente de datos procede del proyecto Panel de Innovación Tecnológica (PITEC). Esta iniciativa integra en un panel de datos individuales los registros procedentes de la Encuesta de Innovación Tecnológica elaborada por el INE, y cuenta con el patrocinio de la Fundación Española para la Ciencia y la

Tecnología(FECYT) y la Fundación COTEC. El salto de una base de datos transversales, sin dimensión temporal, a un panel permite obtener estimaciones mucho más precisas de los cambios de las empresas a lo largo del tiempo y, además, facilita la obtención de datos más robustos que aprecian mejor el comportamiento heterogéneo de las empresas.

El PITEC contiene información exhaustiva acerca de las estrategias de las empresas, los obstáculos que encuentran y los efectos de la innovación sobre la productividad y el propio crecimiento de la empresa durante el periodo 2003 a 2007. El cuestionario del CIS aborda algunas de las cuestiones relativas a los obstáculos a la innovación. La pregunta es: «En el periodo 2005-2007, ¿qué importancia tuvieron los siguientes factores al dificultar sus actividades o proyectos de innovación o influir en la decisión de no innovar?». El cuestionario presenta diez factores relacionados con los obstáculos a la innovación y la empresa puede indicar cuatro niveles distintos de intensidad: elevado, intermedio, reducido y no pertinente. Nuestros datos muestran las barreras a la innovación desde el enfoque de la empresa. Esta cuestión es diferente entre las empresas innovadoras y las no innovadoras. En el primer caso, cuando las empresas innovadoras identifican un obstáculo específico, podemos decir que han encontrado un obstáculo para aumentar sus actividades innovadoras. Sin embargo, en el segundo caso, cuando las empresas no innovadoras responden a la pregunta, podemos decir que han encontrado obstáculos para llevar a cabo sus actividades innovadoras.

Nuestra base de datos incluye 8.762 empresas, de las cuales 2.881 pertenecen a las manufacturas de alta intensidad tecnológica, 3.600 se encuentran en las manufacturas de baja intensidad tecnológica y 2.281 pertenecen a los servicios intensivos en conocimiento. El panel de datos es incompleto y, si bien casi la totalidad de empresas es observada durante el año 2005 (en concreto 8.408), tenemos 264 que son observadas por primera vez en 2006 y 90 que se incorporan el año 2007.

La clasificación industrial utilizada en este estudio agrupa las empresas según la intensidad tecnológica de las industrias manufactureras y la relevancia del conocimiento en los servicios (la clasificación sectorial utilizada se incluye en el apéndice). La OCDE agrupa los sectores manufactureros de acuerdo con la proporción de las inversiones de I+D sobre el valor añadido. Con ello, propone cuatro agrupaciones: las industrias de intensidad tecnológica alta, media-alta, media-baja y baja. Para los servicios destaca la relevancia

creciente de los denominados «servicios intensivos en conocimiento» (*knowledge intensive services*). Las restantes actividades –industria energética, minería, construcción, comercio, transporte, restauración, educación, salud, actividades culturales, servicios públicos, etc. – han sido excluidas de la muestra.

Por último, para facilitar la presentación de los datos, los cuatro grupos de las manufacturas industriales se resumen en dos: las industrias de alta y media-alta intensidad tecnológica y las industrias de media-baja y baja intensidad tecnológica. Nuestra base de datos comprende un total de 7.576 empresas de las manufacturas industriales, incluyendo los códigos 15 a 36, pero con exclusión de la industria del tabaco y de la industria de productos derivados del petróleo, y 6.745 empresas de los servicios intensivos en conocimiento, que comprende las ramas 64 a 67 y 72 a 74. Industrias de energía, reciclaje, comercio, restauración, educación, salud y actividades culturales han sido excluidas de la muestra.

### 3.2. Los índices parciales

En consonancia con la literatura sobre las barreras a la innovación empresarial, la tabla 14.1 presenta las diez barreras agrupadas en tres índices parciales relacionados con el coste de la innovación, la falta de conocimiento y las características del mercado [23]. Las barreras de costes se refieren a las dificultades de una empresa en la financiación de sus proyectos de innovación; las barreras de acceso al conocimiento recogen los obstáculos a la información sobre la tecnología y a la disponibilidad de mano de obra cualificada, y, por último, las barreras del mercado consideran los obstáculos relacionados con la estructura del mercado y la capacidad de la demanda para incentivar el desarrollo tecnológico (*pull-technology*).

Las barreras de coste están relacionadas con los costes de realización del proyecto de innovación. En primer lugar, se valoran las barreras relacionadas con la facilidad de acceso a financiación interna y externa, y en segundo lugar, el coste de acceder a la financiación.

Las barreras de conocimiento puntúan todos los factores relacionados con la dificultad técnica para el desarrollo del proyecto de innovación. En concreto, se tiene en cuenta la escasez de personal cualificado, la falta de información sobre la tecnología adecuada para el proyecto, la falta de conocimiento sobre los mercados interesados en el producto, así como la dificultad para hallar otros agentes que cooperen.

> **Tabla 14.1.** Índice de los obstáculos a la innovación

1. Barreras de costes (4)	Falta de recursos financieros internos Falta de recursos financieros externos Alto coste de la innovación
2. Barreras del conocimiento (4)	Falta de personal cualificado Falta de información sobre tecnología Falta de información sobre los mercados Obstáculos a la búsqueda de partners
3. Barreras del mercado (4)	Mercado dominado por empresas establecidas Incertidumbre de la demanda Falta de demanda de innovación
4. Índice Global de barreras (12)	Barreras de costes (4) Barreras del conocimiento (4) Barreras del mercado (4)

**Nota:** máxima puntuación del índice global (12), máxima puntuación del índice parcial (4). Todas las barreras están ponderadas según su nivel de intensidad: alta (3), media (2) y baja (1). El índice global es la suma de los tres índices parciales.

**Fuente:** elaboración propia.

Respecto las barreras relacionadas con la introducción de la innovación en el mercado, las empresas valoran la presencia de un mercado con empresas activas muy dominantes, la incertidumbre de la demanda y, finalmente, la falta de demanda de innovación.

Cada una de las barreras reciben una puntuación de 1, 2 y 3 si la intensidad percibida es baja, media o alta. La construcción de los índices parciales de barreras de coste, de conocimiento y de mercado recibe una puntuación de 0 a 4. Finalmente, los tres índices parciales acaban recogiendo en un índice global de barreras en el que se suman los tres índices parciales; como consecuencia, el valor máximo del índice global recibe una puntuación final igual a 12 puntos.

### 3.3. Las variables

Las variables utilizadas en las diversas estimaciones econométricas se presentan en la tabla 14.2. En la construcción de estas variables se recogen valores relacionados directamente con la actividad innovadora, así como otros factores relacionados directamente con la empresa.

En referencia con la actividad innovadora, se construyen una variable dicotómica *INNO*, que identifica a la empresa que realiza la actividad innovadora, así como una variable relacionada con el gasto en I+D (porcentaje de I+D). Finalmente, se incorporan los índices parciales de barreras de coste, de conocimiento y mercado.



> **Tabla 14.2.** *Definición de las variables*

Nombre de la variable	Construcción y comentarios
<i>INNO</i>	Variable dicotómica que adopta el valor 1 si la empresa materializó alguna innovación durante el periodo 2005-2007; adopta el valor 0 en caso contrario
<i>SMALL</i>	Variable dicotómica que adopta el valor 1 si la empresa tiene menos de 20 trabajadores; adopta el valor 0 en caso contrario
<i>IND</i>	Variables dicotómicas que identifican el sector de la empresa con dos dígitos y adoptan el valor 1 cuando la empresa pertenece a dicho sector; adopta el valor 0 en caso contrario
<i>Tamaño</i>	Número de trabajadores en términos logarítmicos
<i>Porcentaje de I+D</i>	Porcentaje de I+D que realiza la empresa sobre el total de gastos
<i>Grupo</i>	Variable dicotómica que adopta el valor 1 si la empresa pertenece a un grupo
<i>Ayudas públicas</i>	Variable dicotómica que adopta el valor 1 si la empresa percibió ayudas financieras públicas durante el periodo 2005-2007
<i>Índice de barreras de coste</i>	Índice parcial de las barreras percibidas por la empresa relacionadas con el coste de los proyectos de innovación. Adopta valores entre 0 y 4
<i>Índice de barreras de conocimiento</i>	Índice parcial de las barreras percibidas por la empresa relacionadas con el conocimiento necesario para desarrollar proyectos de innovación. Adopta valores entre 0 y 4
<i>Índice de barreras de mercado</i>	Índice parcial de las barreras percibidas por la empresa relacionadas con la introducción de innovación en el mercado. Adopta valores entre 0 y 4

**Fuente:** elaboración propia.

En cuanto a las variables no relacionadas con la actividad de I+D e innovación, se incluyen variables como el tamaño de la empresa (tamaño), una variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa dispone de menos de 20 trabajadores (*SMALL*), variables dicotómicas que identifican el sector en el que opera la empresa con el objetivo de controlar persistencias propias de tipo sectorial (*IND*), y la variable grupo, la cual identifica a las empresas que pertenecen a un grupo y que, por tanto, pueden recibir el respaldo (financiero, técnico y otro) de la empresa matriz. Finalmente, se incluye una variable dicotómica para controlar la percepción de ayudas financieras públicas (ayudas públicas).

## **4. Barreras a la innovación**

Antes de introducirnos en la intensidad de las distintas barreras relacionadas con los obstáculos a la innovación, resulta de interés una primera toma de contacto con las características de nuestra muestra de empresas. La tabla 14.3 resume las características de las empresas que forman las tres submuestras en el año 2007, según la intensidad tecnológica. Nuestra base de datos contiene 2.637 empresas de alta tecnología que representan el 32,95% del total, 3.358 empresas de baja tecnología que representan el 41,96%, y finalmente los servicios KIS con 2.008 empresas que representan el 25,09% restante. Podemos observar que la intensidad y la naturaleza de los proyectos de innovación, así como el porcentaje de empresas innovadoras, varían entre las tres agrupaciones sectoriales.

El 84% de las empresas de alta tecnología consiguen innovar en 2007, frente al 45% de las empresas de industrias de baja tecnología y al 58% de las empresas de los servicios KIS. De estos resultados se desprenden dos consideraciones de interés: que la I+D y la innovación se distribuyen de manera desigual entre las empresas y entre las industrias.

De la información que suministra la tabla 14.3 se desprende que las empresas que son capaces de innovar son aquellas que mantienen niveles más elevados de inversión tanto en maquinaria y bienes de equipo, como en I+D y otros gastos relacionados con la innovación. De hecho, los valores de inversión se reducen a la mitad entre las empresas innovadoras y las no innovadoras independientemente del sector. No obstante, encontramos diferencias de cierto interés por sectores: existe una mayor inversión por trabajador en las industrias no intensivas en tecnología, seguidas por los servicios KIS, y las manufacturas intensivas en tecnología. Este hecho puede deberse a los mayores costes hundidos que comportan algunas industrias poco intensivas en tecnología. Si bien las grandes empresas tienen más capacidad innovadora, debemos señalar que las pequeñas empresas tienden a beneficiarse de las redes innovadoras y a obtener ideas de sus proveedores y clientes.

En cuanto a las inversiones de I+D y de innovación por empleado, hay que diferenciar entre las empresas innovadoras y las no innovadoras. En primer lugar, respecto al peso de la inversión en I+D interna y externa, debemos destacar que las empresas innovadoras hicieron más

esfuerzo en invertir en I+D. Asimismo, las manufacturas intensivas en tecnología y los sectores KIS dedican un mayor esfuerzo a la I+D interna que las manufacturas no intensivas en tecnología. En segundo lugar, las empresas innovadoras gastan más en innovación en términos absolutos y relativos, independientemente del sector. A pesar de ello, aparecen diferencias entre las agrupaciones sectoriales. Las industrias de alta tecnología y los servicios intensivos en conocimiento invierten más en innovación, con 11,16 y 31,44 miles de euros por trabajador respectivamente.

> **Tabla 14.3.** Características de las empresas según la intensidad tecnológica

	Manufacturas <i>high-tech</i>	Manufacturas <i>low-tech</i>	Servicios KIS
<b>&gt; Empresas innovadoras</b>			
Empleo	195	176	319
Ventas (millones de €)	72,3	56,0	98,4
Inversión			
<i>Total (miles de €)</i>	3.647,40	2.949,10	7.115,22
<i>Inversión por trabajador (miles de €)</i>	14,32	18,73	15,81
I+D			
% I+D interna	79,03	74,78	80,47
% I+D externa	9,66	9,23	9,51
Gastos en innovación			
<i>Total (miles de €)</i>	2.275,77	637,68	3.339,50
<i>Gastos por trabajador (miles de €)</i>	11,16	6,39	31,44
Output de innovación sobre ventas (%)			
<i>Productos nuevos para la empresa</i>	19,02	16,88	17,70
<i>Productos nuevos para el mercado</i>	15,39	12,94	23,27
Número de empresas	1.698	1.506	1.157
<b>&gt; Empresas no innovadoras</b>			
Empleo	120	130	318
Ventas (millones de €)	37,1	36,0	87,3
Inversión			
<i>Total (miles de €)</i>	1.587,83	1.848,39	5.672,93

Tabla 14.3. (Continuación)

	Manufacturas <i>high-tech</i>	Manufacturas <i>low-tech</i>	Servicios KIS
<i>Inversión por trabajador (miles de €)</i>	12,05	19,88	13,66
I+D			
% I+D interna	16,44	8,28	18,02
% I+D externa	9,06	7,14	4,84
Gastos en innovación			
<i>Total (miles de €)</i>	55,58	82,85	736,52
<i>Gastos por trabajador (miles de €)</i>	3,64	1,82	11,26
Output de innovación sobre ventas (%)			
<i>Productos nuevos para la empresa</i>	8,14	8,03	6,45
<i>Productos nuevos para el mercado</i>	3,97	4,16	4,06
Número de empresas	939	1.852	851

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos PITEC, año 2007.

Por último, cuando se analizan las ventas en las empresas que consiguen desarrollar una innovación para el mercado y no exclusivamente para la empresa, se observa que los servicios KIS son los que consiguen obtener un mayor retorno de la innovación, al alcanzar el 23,27% de ventas correspondientes a productos nuevos en el mercado. Las ventas obtenidas por productos innovadores para la empresa, pero que no representan para el mercado ninguna innovación, es decir, imitaciones, obtienen un mayor peso entre las empresas industriales.

En resumen, las empresas innovadoras de las manufacturas industriales tienden a obtener mayores porcentajes de ventas por imitación que las empresas de los servicios KIS. Y, al contrario, las empresas de servicios consiguen lanzar más fácilmente innovaciones de producto al mercado que sus homólogas de los sectores industriales.

#### 4.1. Índice de los obstáculos a la innovación

La intensidad de los índices parciales de los obstáculos a la innovación varía entre empresas y sectores de actividad. En efecto, los resultados que ofrece la tabla 14.4 muestran que el nivel de los

índices parciales varía entre las agrupaciones sectoriales. En los servicios KIS, las barreras de costes son muy importantes y el índice global de las barreras es superior al de sus homólogos (con un valor de 4,902), aunque seguidos de las manufacturas intensivas en tecnología.

Esta misma pauta se mantiene con los índices parciales de costes y de conocimiento. No obstante, en las manufacturas intensivas en baja tecnología, el índice parcial de las barreras de mercado es superior al de las manufacturas intensivas en alta tecnología y los servicios. Nuestros resultados están en línea con los obtenidos por March *et al.* [15], que hallaron para una muestra de empresas valencianas que la mayoría de los obstáculos a la innovación en todos los sectores está relacionada con los elevados costes de los proyectos de innovación.

> **Tabla 14.4.** *Obstáculos a la innovación por industrias. Media y desviación estándar entre paréntesis. 2007*

	Total	Manufacturas <i>high-tech</i>	Manufacturas <i>low-tech</i>	Servicios KIS
Índice global de las barreras	4,755 (2,361)	4,790 (2,308)	4,641 (2,427)	4,902 (2,309)
Índice de barreras de coste	2,307 (1,297)	2,333 (1,284)	2,216 (1,308)	2,426 (1,287)
<i>Índice de barreras de conocimiento</i>	1,610 (1,035)	1,623 (1,010)	1,582 (1,072)	1,642 (1,004)
<i>Índice de barreras de mercado</i>	0,838 (0,481)	0,834 (0,467)	0,843 (0,493)	0,834 (0,481)
<i>Número de empresas</i>	8.003	2.637	3.358	2.008

**Nota:** el valor máximo de los índices es el siguiente: barreras globales = 12; barreras de coste = 4; barreras de conocimiento = 4; barreras de mercado = 4.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos PITEC, año 2007.

Estos datos sugieren que hay heterogeneidad sectorial en las barreras a la innovación de las empresas españolas, especialmente entre los sectores intensivos en tecnología y conocimiento. Los valores de los índices parciales muestran que los mayores obstáculos a la innovación están relacionados con los factores de coste. En el nivel de agrupación sectorial, los servicios KIS muestran un índice global

de las barreras a la innovación más elevado, especialmente en los temas relacionados con el acceso a la financiación y el importe de los proyectos de innovación.

Teniendo en cuenta que la heterogeneidad en la intensidad de las barreras a la innovación entre las empresas es elevada, resulta de interés estudiar los factores que explican, al menos parcialmente, estas diferencias.

Para ello, prestamos especial atención a los efectos que puede tener el comportamiento innovador de la empresa, así como su tamaño en relación a las barreras a la innovación. A partir del panel de datos PITEC, estimamos la siguiente regresión con efectos aleatorios:

$$B_{ikj,t} = \alpha + \beta_1 INNO_{ij,t-1} + \beta_2 SMALL_{ij,t-1} + \sum_j IND_{j,t-1} + \varepsilon_{ij,t}$$

Donde  $B_{ikj,t}$  se refiere a las  $k$  diferentes barreras a la innovación de la empresa  $i$  en la industria  $j$ ;  $INNO$  es una variable dicotómica con valor igual a 1, si la empresa individual materializó alguna innovación durante el periodo 2005-2007;  $SMALL$  es una variable dicotómica con valor igual a 1, si la empresa tiene 20 empleados o menos;  $IND$  son variables dicotómicas que identifican el sector de la empresa con dos dígitos, y  $\varepsilon$  es el término de error aleatorio.

Los resultados obtenidos muestran dos pautas interesantes. En primer lugar, las empresas innovadoras identifican barreras a la innovación más elevadas que las empresas no innovadoras, especialmente en los factores relacionados con los costes y el conocimiento. Las únicas excepciones son las barreras que miden la falta de demanda de innovación, en lo cual las empresas innovadoras encuentran menos obstáculos. Esta mayor percepción de las barreras por parte de las empresas innovadoras puede atribuirse a que las empresas no innovadoras tienden a subestimar los problemas relacionados con la innovación. En segundo lugar, las pequeñas empresas presentan mayores barreras a la innovación que las grandes empresas, sobre todo respecto a las barreras de los costes, y especialmente a la falta de recursos financieros internos y al alto coste de la innovación. En resumen, nuestros resultados indican que en España las empresas pequeñas e innovadoras sufren mayores obstáculos a la innovación.

Estos resultados son muy importantes para determinar qué tipo de empresa se ve afectada por las barreras de innovación así como para cuantificar su intensidad. Esta consideración es de particular interés

entre las empresas pequeñas y las nuevas empresas, ya que cuando éstas superan las barreras a la innovación sus posibilidades de supervivencia y su potencial de crecimiento se incrementan de forma significativa [7].

> **Tabla 14.5.** *Obstáculos a la innovación según la actividad innovadora y el tamaño de la empresa. Regresión de panel datos (efectos aleatorios). 2005-2007*

<b>Obstáculos a la innovación</b>	<b><math>\beta_1</math></b>	<b><math>\beta_2</math></b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>&gt; Índice global de las barreras</b>	<b>0,3743*</b>	<b>0,3994*</b>	<b>0,0601</b>
Índice de barreras de costes	0,2167*	0,3041*	0,0797
<i>Falta de recursos financieros internos</i>	<i>0,1630*</i>	<i>0,2756*</i>	<i>0,0739</i>
<i>Falta de recursos financieros externos</i>	<i>0,2018*</i>	<i>0,2073*</i>	<i>0,0840</i>
<i>Alto coste de la innovación</i>	<i>0,1455*</i>	<i>0,2125*</i>	<i>0,0452</i>
Índice de barreras del conocimiento	0,1544*	0,0504**	0,0322
<i>Falta de personal cualificado</i>	<i>0,1244*</i>	<i>0,0426**</i>	<i>0,0238</i>
<i>Falta de información sobre tecnología</i>	<i>0,1179*</i>	<i>-0,0037</i>	<i>0,0307</i>
<i>Falta de información sobre los mercados</i>	<i>0,1422*</i>	<i>0,0452**</i>	<i>0,0341</i>
<i>Obstáculos a la búsqueda de partners</i>	<i>0,1059*</i>	<i>0,0774*</i>	<i>0,0370</i>
Índice de barreras del mercado	0,0089	0,0500*	0,0181
<i>Mercado dominado por las empresas establecidas</i>	<i>0,1422*</i>	<i>0,0998*</i>	<i>0,0413</i>
<i>Incertidumbre de la demanda</i>	<i>0,1499*</i>	<i>0,0857*</i>	<i>0,0405</i>
<i>Falta de demanda de innovación</i>	<i>-0,2764*</i>	<i>0,0434**</i>	<i>0,0860</i>

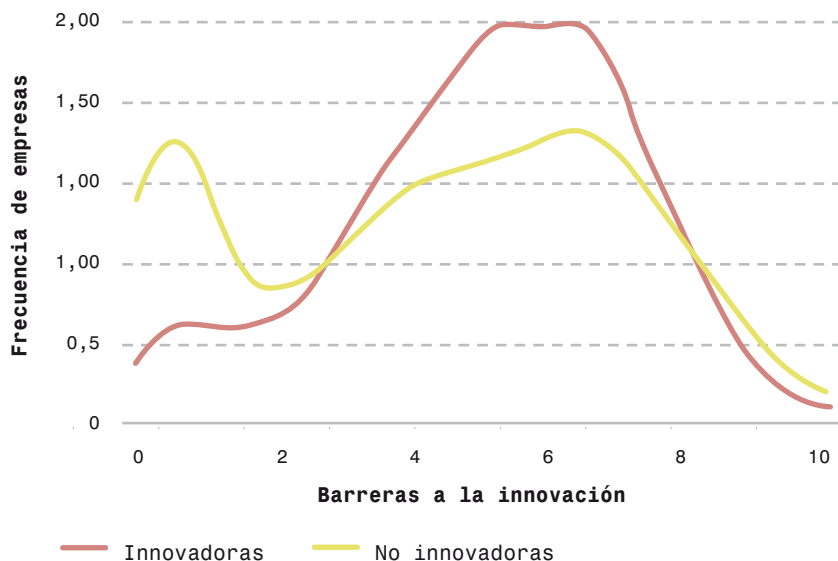
**Nota:** todos los coeficientes son significativos al 1%, excepto \*, que son significativos al 5%. El valor máximo del índice global de las barreras es de 10. El valor máximo del índice de las barreras de coste es de 4, de las barreras del conocimiento el índice es de 4, y de las barreras del mercado el índice es 2. El valor máximo de cada ítem individual es de 3.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos PITEC, año 2007.

El gráfico 14.1 muestra diferencias significativas en la distribución de los valores del índice global de las barreras entre las empresas innovadoras y no innovadoras. Por un lado, la primera distribución presenta una forma unimodal caracterizada por un elevado número de empresas con valores entre 4 y 8 en el índice global de las barreras. Por otra parte, las empresas no innovadoras presentan una distribución bimodal, que muestra la existencia de dos grupos de empresas con diferentes percepciones en los niveles del índice global de las barreras. Un grupo de empresas percibe bajas barreras a la innovación, mientras que otro grupo percibe altas barreras a la innovación. Sorprendentemente, entre las empresas no innovadoras, aquellas que

perciben barreras a la innovación tienen valores más elevados en los índices globales que las empresas innovadoras.

> **Gráfico 14.1.** *Intensidad de las barreras a la innovación. 2007*



Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos PITEC, año 2007.

Las diferencias en la distribución de los índices globales se pueden atribuir al hecho de que, cuando las empresas no innovadoras no se plantean desarrollar un proyecto innovador, sus gerentes o propietarios, en general, no perciben ningún obstáculo. En cambio, cuando una empresa intenta innovar, pero sin éxito, es consciente de los grandes obstáculos inherentes a la actividad innovadora.

Las diferencias entre ambas distribuciones del índice global de las barreras, junto con los resultados de la tabla 14.5, muestran que la heterogeneidad en la percepción de las barreras a la innovación no depende sólo de la especialización sectorial, sino también de la realización o no de innovaciones. De hecho, las empresas innovadoras suelen percibir más obstáculos a la innovación y las empresas no innovadoras las aprecian con menor frecuencia, pero con mayor intensidad, especialmente en los obstáculos relacionados con los conocimientos y los factores de mercado. Nuestros resultados están en consonancia con la evidencia empírica obtenida para otros países.



Utilizando los datos CIS-2 en las empresas industriales francesas, Galia y Legros [12] observan que la probabilidad de encontrar al menos un obstáculo a la innovación es mayor en las empresas innovadoras. Para las empresas canadienses, Mohnen y Rosa [17] y Baldwin y Lin [5] indican que los obstáculos se incrementan con la actividad innovadora de las empresas. En cambio, para una muestra de PYMEs de Chipre, Hadjimanolis [14] no halla una relación entre la intensidad de las barreras a la innovación percibida por los propietarios o los gerentes y la capacidad innovadora de su empresa.

> **Tabla 14.6.** *Obstáculos a la innovación según la actividad innovadora. 2007*

	Empresas innovadoras		Empresas no innovadoras	
	Empresas con barreras (%)	Intensidad de las barreras	Empresas con barreras (%)	Intensidad de las barreras
<b>&gt; Índice de barreras de costes</b>				
Falta de fondos internos	89,11	2,11	72,24	2,18
Falta de fondos externos	85,71	2,11	67,63	2,12
Alto coste de la innovación	88,33	2,19	73,64	2,27
<b>&gt; Índice de barreras del conocimiento</b>				
Falta de personal cualificado	84,18	1,71	68,62	1,79
Falta de información sobre tecnología	83,49	1,55	66,69	1,63
Falta de información sobre los mercados	82,94	1,59	65,68	1,60
Obstáculos a la búsqueda de partners	69,36	1,71	54,01	1,81
<b>&gt; Índice de barreras del mercado</b>				
Mercado dominado por empresas establecidas	83,42	1,91	67,44	1,95
Incertidumbre de la demanda	87,14	1,95	71,28	2,02
Falta de demanda de innovación	39,21	1,32	56,84	1,71

**Nota:** las empresas con barreras son aquellas que encuentran obstáculos para realizar las tareas relacionadas con la innovación. La intensidad de las barreras se refiere al nivel de los obstáculos para aquellas empresas con barreras. Esta variable categórica es 1 si la intensidad es baja, 2 si la intensidad es media, y 3 si la intensidad es alta.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos PITEC, año 2007.

Para apreciar estas diferencias en la percepción de los obstáculos a la innovación, se analiza el porcentaje de empresas que aprecian

obstáculos a la innovación, así como sus niveles de intensidad, distinguiendo entre las empresas innovadoras y las no innovadoras. Por un lado, se presenta el porcentaje de empresas que perciben la existencia de barreras a la innovación; por otro, la intensidad de los obstáculos a la innovación de las empresas que perciben los obstáculos a la innovación.

La tabla 14.6 muestra las percepciones de las empresas en relación con el nivel de las barreras a la innovación. Para realizar el análisis, clasificamos las respuestas según su actividad innovadora; de este modo podremos apreciar la percepción de las barreras dependiendo de si las empresas innovan o no. En primer lugar, se observa un mayor porcentaje de empresas innovadoras que perciben una barrera en comparación con las empresas no innovadoras, independientemente del tipo de barrera a la innovación. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Baldwin y Lin [5] en las industrias manufactureras de Canadá, así como con otras investigaciones.

En segundo lugar, una de las hipótesis principales para explicar el bajo nivel de innovación es la falta de recursos económicos. Es decir, las restricciones financieras que encuentran las empresas a la hora de encontrar recursos, internos o externos, para sus proyectos de I+D y de innovación constituyen uno de los principales obstáculos para innovar. Nuestros resultados muestran que el coste de innovar presenta una de las barreras más altas (los índices alcanzan valores superiores a 2, con una máximo en la escala de 3).

En tercer lugar, las barreras de conocimiento ejercen un impacto negativo ligeramente inferior en comparación con las barreras de costes; sin embargo, la dificultad de encontrar un socio parece ser otra barrera que destacan ambos grupos. No obstante, tal como se desprende de los datos de la tabla 14.6, son muchas las empresas que perciben obstáculos a la hora de acceder a la información sobre la tecnología y el mercado, si bien otorgan una intensidad moderada a esta barrera. En cambio, la facilidad para encontrar socios es percibida por un número menor de empresas, que otorgan una gran importancia a esta barrera. Por último, los factores de mercado y, en particular, la incertidumbre de la demanda actúan como un obstáculo relevante para muchas empresas, sobre todo entre las empresas no innovadoras.

#### 4.2. Obstáculos a la innovación y conducta empresarial

Después de analizar los obstáculos a la innovación desde diferentes perspectivas, en esta sección observaremos cómo los tres índices parciales (los costes, los conocimientos y los factores de mercado) afectan a las decisiones de innovar de las empresas españolas.

Adaptamos el marco analítico descrito por Crépon *et al.* [8] al papel desempeñado por las barreras a la innovación en las empresas españolas. Estos autores proponen un modelo estructural que establece una relación entre la inversión en I+D e innovación, la producción innovadora y la productividad. A continuación, analizamos el modelo que relaciona los determinantes de las decisiones a innovar de las empresas; más específicamente, estamos interesados en observar el efecto de las barreras a la innovación en las decisiones de innovar de las empresas. Para ello, se estima un modelo binomial *logit* sobre el efecto de la intensidad para cada grupo de empresas (industrias intensivas en tecnología, industrias poco intensivas en tecnología y servicios KIS). Se considera que la empresa es innovadora cuando durante el periodo 2005-2007 materializa alguna innovación, bien sea de producto, proceso, organizativa o relacionada con el marketing y la distribución.

En nuestro caso, disponemos de un panel de datos para el cual el modelo binomial *logit* puede escribirse como:

$$Y_{i,t}^* = \beta_i X_{i,t} + C_i Z_{i,t-1} + u_{i,t} > 0, i = 1 \dots N$$

Donde la decisión de innovar de la empresa  $i$  es una función de un conjunto de variables explicativas  $X$  que afectan a la capacidad de la empresa para innovar, tales como el tamaño de la empresa medido por el número de empleados de la empresa en términos logarítmicos, el porcentaje de inversión en I+D, una *dummy* que adopta el valor 1 cuando la empresa pertenece a un grupo y una *dummy* que indica si la empresa recibe financiación pública para I+D de la UE o España. Además, se incluye un conjunto de variables  $Z$  que explican los obstáculos a la innovación que las empresas perciben. Finalmente,  $B$  y  $C$  son los vectores de los coeficientes correspondientes, y  $u_{i,t}$  es el término de error habitual que sigue una distribución normal definida por  $N(0, \sigma^2)$ , y donde  $\sigma^2=1$ . En todas las estimaciones se incluyen *dummies* sectoriales que identifican al sector de la CNAE-93 a 2 dígitos.

Ahora bien, para realizar un análisis de esta naturaleza debemos tener en cuenta que la información disponible presenta ciertas limi-

taciones. El cuestionario de la EIT ofrece información *ex post* sobre el resultado de las actividades de innovación realizadas por las empresas, pero no nos indica *ex ante* cuál es la propensión a innovar de las empresas, de modo que la variable dependiente en nuestra estimación es una variable latente, puesto que la propensión a innovar  $Y_{i,t}^*$  de la empresa no se observa. En realidad, lo que se observa es la realización de  $Y_{i,t}$ , que depende sólo de si una empresa es innovadora o no, de modo que:

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{if } Y_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } Y_i^* \leq 0 \end{cases}$$

Donde  $Y_i$ , es una variable que adopta un valor igual a 1 cuando la empresa es innovadora, y un valor igual a 0 cuando la empresa no materializa ninguna innovación durante el periodo 2005-2007.

Los resultados obtenidos mediante un modelo binomial *logit*<sup>1</sup> (tabla 14.7) para un panel de datos muestran que la probabilidad de innovar aumenta con el tamaño de la empresa, el acceso a las ayudas públicas y la intensidad de los gastos en I+D<sup>2</sup>. Sin embargo, estos resultados ofrecen algunas diferencias entre las manufacturas y los servicios.

En los servicios intensivos en conocimiento, el tamaño de la empresa tiene un impacto inferior que en las manufacturas. En concreto, el tamaño tiene un impacto positivo sobre la probabilidad de innovar en los servicios KIS del 26,06%, mientras que en las manufacturas de baja intensidad tecnológica se incrementa en un 29,19% y en las de tecnología alta se incrementa en un 35,45%. Este resultado nos indica que en los servicios KIS la presencia de pequeñas empresas que desarrollan proyectos de innovación no es despreciable. Otro elemento destacable es la mayor sensibilidad al acceso a la financiación pública en los servicios KIS que entre las manufacturas. Es decir, el acceso a las ayudas públicas en los servicios KIS incrementa un 8,9 % la probabilidad de innovar.

**Nota 1.** El modelo binomial *logit* se caracteriza por tener una variable dependiente que toma el valor de 0 y 1. En nuestro caso, la variable toma el valor de 1 si la empresa innova, mientras que toma el valor de 0 si la empresa no realiza actividades innovadoras.

**Nota 2.** Para un panel de empresas manufactureras españolas, González, Jaumandreu y Pazó [13] encuentran que los subsidios estimulan las actividades de I+D, e incluso algunas empresas declaran que en su ausencia podrían no realizar estas actividades. Además, el estudio revela que la mayoría de los subsidios van a parar a empresas que hubieran invertido en I+D independientemente de recibir la ayuda. En estas empresas, no obstante, los subsidios incrementan la inversión en I+D y no provocan un efecto *crowding-out* o desplazamiento de la financiación privada.

> **Tabla 14.7.** Estimación logit binomial de la decisión de innovar

	Manufacturas high-tech	Manufacturas low-tech	Servicios KIS
<b>&gt; Determinantes de la innovación</b>			
Tamaño (log. asalariados)	0,3545 (0,0331) *	0,2919 (0,0275) *	0,2606 (0,0307) *
Porcentaje de I+D	0,0258 (0,0009) *	0,0256 (0,0007) *	0,0270 (0,0012) *
Grupo (dummy)	-0,2503 (0,0881) *	0,0780 (0,0735)	0,0120 (0,1014)
Ayudas públicas (dummy)	0,9217 (0,0775) *	0,8822 (0,0664) *	1,0893 (0,0889) *
<b>&gt; Barreras a la innovación</b>			
Índice de barreras de coste	0,1536 (0,0339) *	0,1865 (0,0297) *	0,1949 (0,0403) *
Índice de barreras de conocimiento	0,0865 (0,0456) *	0,1236 (0,0382) *	0,2576 (0,0535)
Índice de barreras de mercado	-0,0313 (0,0908) *	-0,3441 (0,0744) *	-0,3399 (0,1047) *
Constante	-3,4274 (0,4060) *	-3,5800 (0,2777) *	-3,5972 (0,3151)
Dummies sectoriales	SI	SI	SI
Número de observaciones	5.295	6.745	3.937
R <sup>2</sup>	0,2530	0,2754	0,3114

\* estadísticamente significativa en 1%, \*\* al 5%, y \*\*\* al 10%

**Nota:** las barreras de coste, conocimientos y mercado son dummies iguales a 1 cuando la empresa percibe barreras en todos los elementos de cada barrera.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos PITEC, año 2007.

Además de la incidencia favorable que ejercen el tamaño y el acceso a las ayudas públicas, los resultados indican que la pertenencia de la empresa a un grupo o *holding* más amplio influye sobre la capacidad de innovar. No obstante, el impacto del apoyo de un grupo puede ejercer un efecto ambiguo. Por una parte, la pertenencia a un grupo puede tener un impacto positivo si da apoyo a la empresa; pero, por otra parte, puede reducir los incentivos o incluso limitar la capacidad de la empresa para innovar. Nuestros resultados muestran diferencias a nivel sectorial. En primer lugar, hay un impacto negativo y significativo entre las manufacturas intensivas en tecnología (-0,2503

sobre el total). En segundo lugar, hay un impacto positivo, pero no significativo, entre las manufacturas de baja tecnología y los servicios KIS (con valores iguales a 0,0780 y 0,0120, respectivamente). Estos resultados nos indican que, entre las manufacturas intensivas en tecnología, la pertenencia a un grupo reduce la probabilidad de innovar, puesto que las actividades relacionadas con la I+D y la innovación son realizadas, en buena parte de los casos, por sus casas matrices. En cambio, entre los servicios KIS y manufacturas no intensivas en tecnología la pertenencia a un *holding* de empresas no ejerce una influencia negativa sobre la actividad innovadora de la empresa.

Otro análisis interesante es la sensibilidad de la decisión de innovar relacionada con las barreras percibidas por el equipo directivo de la empresa. En primer lugar, las empresas innovadoras son más sensibles a las barreras relacionadas con los costes y el conocimiento; mientras las empresas no innovadoras destacan más las barreras relacionadas con las características de los mercados. Estos resultados indican que las barreras directamente relacionadas con el desarrollo de la innovación son percibidas por el equipo directivo cuando la empresa lleva a cabo proyectos innovadores, mientras las empresas no innovadoras destacan las condiciones desfavorables del entorno en el que llevan a cabo sus actividades.

Además, los resultados muestran importantes diferencias a nivel sectorial en relación con el efecto de las barreras sobre la decisión de innovar. En general, se observa que las empresas pertenecientes a los servicios KIS son más sensibles que las empresas manufactureras. En las manufacturas, las empresas intensivas en tecnología son menos sensibles a las barreras de la innovación. Finalmente, debemos apuntar el hecho de que el índice de barreras de conocimiento no es significativo para los servicios KIS. En concreto, respecto las barreras de coste, el impacto mayor es sobre los servicios KIS con un incremento de la probabilidad de innovar igual a 0,1949, mientras que las manufacturas de baja y alta intensidad tecnológica presentan un impacto del 0,1865 y 0,1536 respectivamente. De forma similar, las barreras de conocimiento en los servicios KIS provocan un incremento de la probabilidad igual a 0,2576, mientras que en las manufacturas de baja y alta tecnología es igual a 0,1236 y 0,0865 respectivamente. En cuanto a las barreras de mercado, estas disminuyen la probabilidad de innovar en un 0,3399 en los servicios KIS, un 0,3441 en las manufacturas de tecnología baja y un 0,0313 en las manufacturas tecnología alta.

Estos resultados sugieren que, en general, las empresas españolas son sensibles a los obstáculos a la innovación. Los factores relacionados con el coste de los proyectos de I+D y el acceso a la financiación constituyen las principales barreras para innovar. Los elementos relacionados con la oferta de personal cualificado, la existencia de *partners* para realizar proyectos cooperativos y el acceso a la información se erigen como obstáculos en las manufacturas. En cambio, los factores relacionados con las características del mercado no ejercen una influencia negativa.

La evidencia empírica nos indica que las barreras a la innovación evolucionan con la trayectoria innovadora de la empresa. Cuando una empresa se halla en las primeras etapas de su trayectoria innovadora muestra una gran sensibilidad respecto a los costes y los elementos relacionados con el conocimiento y la información. Ahora bien, cuando la empresa ya tiene cierta experiencia innovadora a sus espaldas, aprecia con mayor intensidad los efectos de las barreras relacionadas con la estructura de mercado y la posición dominante de las empresas que disfrutaban de las mayores cuotas.

## ***5. Conclusiones***

Cuando las empresas deciden llevar a cabo actividades relacionadas con la I+D y la innovación, han de superar una serie de obstáculos. La empresa, para innovar, debe enfrentarse al riesgo que conlleva el cambio inherente a toda innovación y, con ello, debe calibrar la incertidumbre derivada de la evolución del mercado y el grado de aceptación de los consumidores. Los resultados empíricos obtenidos en este capítulo ofrecen algunas tendencias de cierto interés.

Las empresas innovadoras españolas aprecian con mayor intensidad los efectos de las barreras a la innovación que las no innovadoras, especialmente en los obstáculos relacionados con los costes de los proyectos y el acceso al conocimiento. Las únicas excepciones son las barreras que miden la falta de demanda de innovación, en lo cual las empresas innovadoras encuentran menos obstáculos. Esta mayor percepción de las barreras por parte de las empresas innovadoras puede atribuirse a que las empresas no innovadoras tienden a subestimar los problemas relacionados con la innovación.

Por su parte, las pequeñas empresas presentan una mayor intensidad en sus barreras para innovar que el resto de empresas. Las empresas pequeñas muestran una gran sensibilidad respecto a las barreras asociadas a los costes, especialmente en relación con la falta de recursos financieros internos y el alto coste de los proyectos de innovación. El elevado coste de los proyectos de innovación constituye el núcleo duro de los obstáculos que encuentran las empresas españolas para intensificar su actividad innovadora. Nuestros resultados indican que en España las empresas pequeñas e innovadoras encuentran mayores obstáculos a la hora de acometer sus programas de innovación.

Para el conjunto de las empresas que forman la muestra del trabajo empírico realizado, debemos destacar que el índice global de los obstáculos a la innovación alcanza un valor de 4,75 puntos sobre un máximo de 12. En este indicador global, las empresas de servicios superan a las empresas industriales al presentar un promedio de 4,9 puntos frente a los 4,7 de las manufacturas. En cuanto a los tres índices parciales que agrupan las barreras relacionadas con los costes, el conocimiento o el entorno de la empresa destaca por su intensidad el índice correspondiente a las barreras relacionadas con el coste de los proyectos de innovación –un valor promedio de 2,3 puntos-, seguido del índice parcial relacionado con los flujos de conocimiento –un valor promedio de 1,6 puntos- y, por último, las barreras sobre el entorno de la empresa que sólo alcanza un promedio de 0,8 puntos. En los dos primeros indicadores las manufacturas de alta intensidad tecnológica y los servicios KIS obtienen los valores más elevados, mientras en el indicador parcial sobre el entorno de la empresa, las empresas correspondientes a las manufacturas de bajo contenido tecnológico registran los valores más elevados.

Los menores niveles de innovación de las empresas españolas respecto a sus homólogas europeas están relacionados, en parte, con las dificultades para encontrar los recursos necesarios que permitan llevar a cabo proyectos de I+D y de innovación. Las restricciones financieras que encuentran las empresas a la hora de encontrar recursos, internos o externos, limitan su capacidad para innovar. Nuestros resultados muestran que el coste de innovar es una de las barreras más altas según la opinión de los gestores de las empresas españolas.

Las barreras relacionadas con la provisión de personal especializado y el acceso a la información también ejercen una influencia notable, aunque de menor magnitud que los factores relacionados con



el coste de las innovaciones. Por último, los obstáculos asociados con el mercado donde opera la empresa son de menor magnitud; además, las empresas innovadoras muestran una mayor sensibilidad hacia estos factores que las empresas no innovadoras.

Los resultados obtenidos indican que las empresas españolas aprecian obstáculos de gran magnitud en sus actividades relacionadas con la innovación. Ahora bien, la intensidad de estas barreras varía entre las empresas y las industrias. Las empresas pequeñas y las empresas innovadoras son más sensibles a las barreras que el resto. Esta evidencia nos indica que las actuaciones públicas deben mostrar una sensibilidad especial con las pequeñas empresas, especialmente aquellas que forman parte de los servicios intensivos en conocimiento.

## Referencias

- [1] Audretsch, D. B. (2007): «Entrepreneurship capital and economic growth», *Oxford Review of Economic Policy*, 23(1), pp. 63-78.
- [2] Aghion, P.; Aghion, P. (1992): «A model of Growth Through Creative Destruction», *Econometrica*, 60 (2), pp. 323-351.
- [3] Aghion, P.; Aghion, P. (1998): *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, Cambridge, MA.
- [4] Arrow, K. (1962): «The Economics implications of learning by doing», *Review of Economic Studies*, 29, pp. 155-173
- [5] Baldwin, J.; Lin, Z. (2002): «Impediments to Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers», *Research Policy*, 31(1), pp. 1-18
- [6] Baumol, W. J. (2002): *The Free-Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*, Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey.
- [7] Cefis E.; Marsili, O. (2006): «Survivor: The Role of Innovation in Firm's Survival», *Research Policy*, 35(5), pp. 626-641.
- [8] Crépon, B.; Duguet, E.; Mairesse, J. (1998) : «Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level», *Economics of Innovation and New Technology*, 7, pp. 115-158.
- [9] Demsetz, H. (1969): «Information and efficiency: another viewpoint», *Journal of Law and Economics*, 12, pp. 1-22.
- [10] Freel, M. S. (2003): «Sectoral patterns of small firms innovation, networking and proximity», *Research Policy*, 32(5), pp. 751-770.
- [11] Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (1998): *Informe COTEC 1998. Tecnología e innovación en España*, Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- [12] Galia, F.; Legros, D. (2004): «Complementarities between obstacles to innovation: evidence from France», *Research Policy*, 33(8), pp. 1.185-1.199.

- [13] González, X.; Jaumandreu, J.; Pazó, C. (2005): «Barriers to innovation and subsidy effectiveness», *Rand Journal of Economics*, 36(4), pp. 930-949.
- [14] Hadjimanolis, A. (1999): «Barriers to innovation for SMEs in a small less developed country (Cyprus)», *Technovation*, 19, pp. 561-570.
- [15] March, I.; Ganasekaran, A.; Lloria, B. (2002): «Product development process in Spanish SMEs: an empirical research», *Technovation*, 22, pp. 301-312.
- [16] Mohnen, P.; Röller, L. (2005): «Complementarities in innovation policy», *European Economic Review*, 49, pp. 1.431-1.450.
- [17] Mohnen, P.; Rosa, J. (2002): «Barriers to innovation in service industries in Canada», en Feldman, M.; Massard, N., (eds.), *Institutions and systems in the geography of innovation*, pp. 231-250, Kluwer, Boston.
- [18] Pakes, A.; Griliches, Z. (1984): «Estimating Distributed Lags in Short Panels with an Application to the Specification of Depreciation Patterns and Capital Stock Constructs», *The Review of Economic Studies*, 51(2), pp. 243-262.
- [19] Piatier, A. (1984): *Barriers to Innovation*, Frances Pinter, Londres.
- [20] Rodrick, D. (2009): *Growth after the crisis*, Harvard Kennedy School, Cambridge, MA.
- [21] Schumpeter, J. A. (1942): *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row, Nueva York.
- [22] Segarra, A.; García, J.; Teruel, M. (2008): «Barriers to innovation and public policy in Catalonia», *International Entrepreneurship and Management Journal*, 4 (4), pp. 431-451.
- [23] Smallbone, D.; North, D. (1999): «Innovation and new technology in rural small and medium-sized enterprises: some policy issues», *Environment and Planning C: Government and Policy*, 17 (5), pp. 549-566.
- [24] Tether, B. (2002): «The sources and aims of innovation in services: variety between and within sectors», *Economics of Innovation and New Technology*, 12(6), pp. 481-505.
- [25] Van Cayseele, P. J. G. (1998): «Market structure and innovation: A survey of the last twenty years», *The Economist*, 146 (3), pp. 391-417.

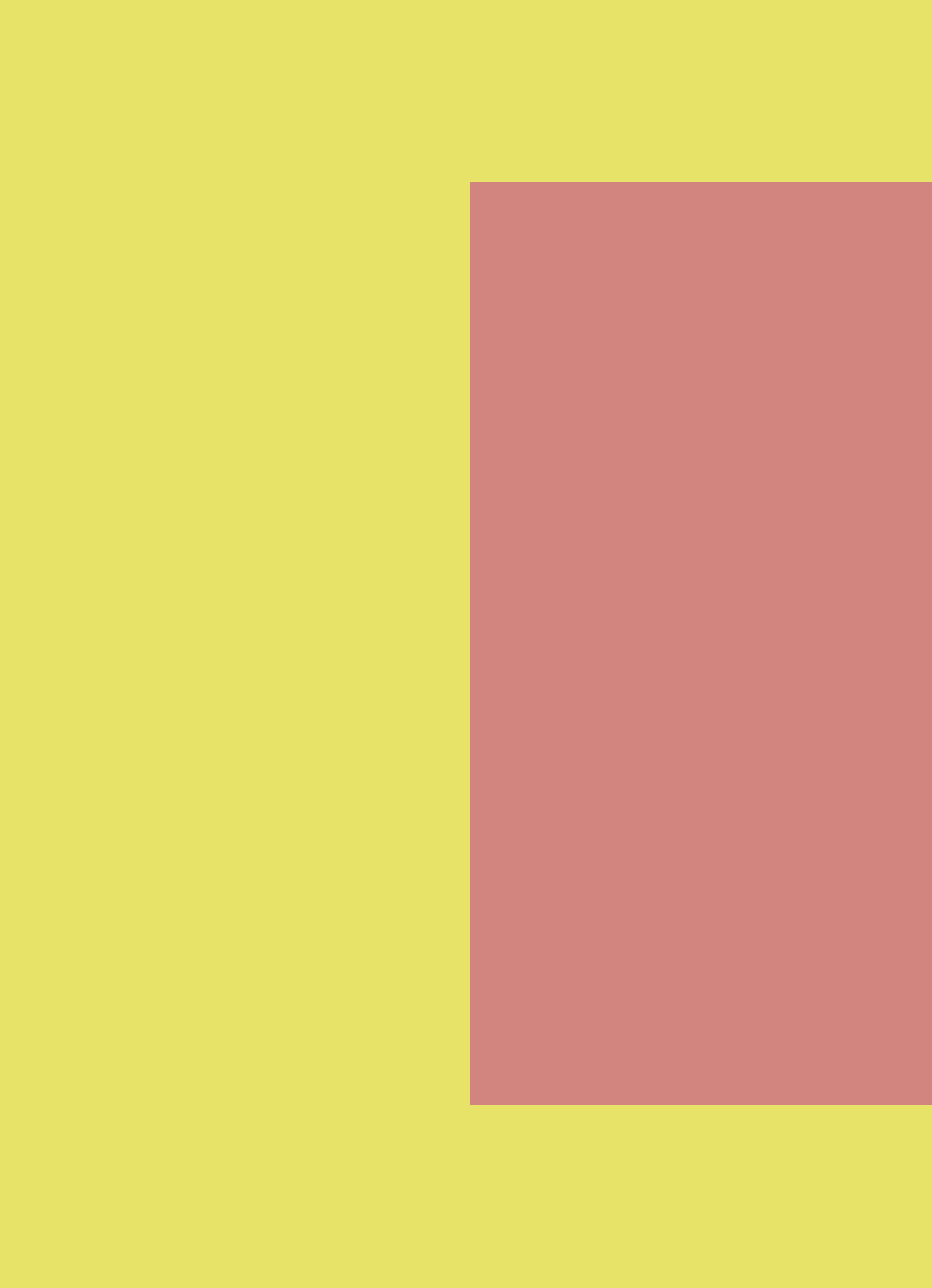
## Anexo: clasificación sectorial utilizada

> **Tabla 14.8.** Clasificación de industrias manufactureras y servicios

	ISIC rev. 3
<b>&gt; Sectores intensivos en alta tecnología</b>	
Fabricación de aeronaves	353
Industria farmacéutica	242
Fabricación de maquinaria de oficina e informática	30
Fabricación de aparatos de radio, TV y comunicaciones	32
Fabricación de instrumentos ópticos y de precisión	33
Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p	31
Fabricación de vehículos automotores y remolques	34
Fabricación de productos químicos	24 excl. 2423
Fabricación de material ferroviario y otro transporte	35 excl. 353
Fabricación de maquinaria y equipo mecánico n.c.p	29
<b>&gt; Sectores intensivos en tecnología media-baja</b>	
Fabricación de productos de caucho y plástico	25
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	26
Fabricación de metales comunes	27
Fabricación de productos elaborados de metal	28
Fabricación de muebles	36
Producción de madera y corcho	20
Fabricación de papel y productos de papel	21
Edición impresa	22
Elaboración de alimentos, bebidas y tabaco	15-16
Fabricación de productos textiles y curtido	17
Fabricación de ropa	18
Fabricación de prendas de vestir de piel	19
<b>&gt; Servicios intensivos en conocimiento</b>	
Telecomunicaciones y correos	64
Intermediación financiera	65 + 66 + 67
Informática y actividades relacionadas	72
Investigación y desarrollo	73
Otras actividades empresariales	74

**Nota:** petróleo, productos relacionados con el refinamiento del petróleo y la energía nuclear (sector 23) están excluidos; sectores, 64, 72 y 73 se consideran como servicios intensivos en tecnología.

**Fuente:** OCDE y elaboración propia.



# *Factores que afectan a la innovación: dinamismo tecnológico de los sectores y tipo de innovación*

> **Antonio García**

Universidad de Sevilla

> **José Molero**

Universidad Complutense de Madrid

## ***1. Introducción***

La innovación ha experimentado cambios sustanciales en los años recientes como consecuencia de múltiples factores, como el aumento de la globalización de mercados y actividades, la mayor importancia de los servicios en la innovación y la creciente heterogeneidad de las fuentes que intervienen en el proceso de innovación de las empresas. En 2008, último dato disponible, las empresas innovadoras en España representaban un 28,8%, la intensidad de innovación alcanzó el 0,95% y el porcentaje de la cifra de negocios en productos nuevos y mejorados llegó al 12,7% del total. Una de las consecuencias más notables de los cambios ocurridos es que el conocimiento generado fuera de las empresas alcanza una importancia mayor y, por tanto, la capacidad de integrar ese conocimiento con el producido internamente por las empresas se convierte para ellas en un factor competitivo primordial. Igualmente, la aceleración del proceso de internacionalización ha incrementado la necesidad de las empresas de explotar sus ventajas a nivel internacional (en ocasiones global) y la búsqueda de nuevos

activos competitivos, incluidos los tecnológicos, en un entorno multinacional.

Por otra parte, como indica Malerba [25], la innovación y el cambio tecnológico están fuertemente influidos por el sector en el que tienen lugar, debido al efecto que tienen el conocimiento, las tecnologías, los agentes y las relaciones entre actores e instituciones. Dicho de otra manera, parece importante seguir un enfoque sectorial en el análisis de la innovación, según la tradición de enfoques analíticos, como el paradigma estructura-conducta-resultados de la economía industrial, la elaboración de taxonomías de corte sectorial (en especial la de Pavitt, [40]) o los sistemas sectoriales de producción e innovación del propio Malerba.

Desde que Pavitt elaboró su tipología de la innovación, existe una importante tradición de utilizar algunas categorías de los sectores productivos en el análisis del cambio tecnológico. La clasificación más extendida es la elaborada por la OCDE en función de la intensidad tecnológica de los sectores [35, 36] pero las taxonomías derivadas presentan un carácter de listados *a priori* cerrados, elaborados tras rigurosos estudios, pero que no tienen flexibilidad para incorporar las particularidades de cada país en los diferentes sectores. La idea subyacente es que existe un patrón de innovación en cada sistema sectorial que debe ser implementado en cada país o región para que se desarrolle de forma exitosa el sistema sectorial de innovación, aunque nada se diga en caso de que tal sistema no exista.

Por el contrario, siguiendo el marco taxonómico de Molero y García [30], cada sector se autoclasifica en una u otra modalidad en función de las características particulares y de la conducta innovadora de un país, en nuestro caso, España. El argumento subyacente es que cada empresa trata de adaptarse a su medio para explotar las oportunidades derivadas de las ventajas de la especialización y dinamismo y vencer los obstáculos encontrados cuando sea posible. En todo caso, debido a que las oportunidades son diferentes en sectores dinámicos y especializados frente a los estáticos y no especializados, se espera que existan variaciones significativas entre los factores que en cada caso afectan al proceso innovador.

El objeto de este capítulo es determinar si existen diferencias en los factores que influyen en la actividad innovadora de las empresas manufactureras españolas en función del tipo de sectores donde actúan y teniendo en cuenta las diferencias entre innovación de producto

y proceso. Este asunto es importante no solamente desde el punto de vista científico (la diversidad frente a la uniformidad que sustenta el análisis neoclásico), sino que tiene una relevancia considerable desde la perspectiva de la política de innovación porque el conocimiento de las diferencias en la forma de innovar en según qué tipo de sector o innovación debe ayudar a diseñar instrumentos de actuación política más ajustados a la realidad y, por tanto, más eficientes. En función de los requerimientos teóricos que se expondrán más adelante, se ha utilizado la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas del Instituto Nacional de Estadística (INE), y específicamente la base de datos del PITEC, preparada conjuntamente por el INE, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Fundación COTEC.

El contexto en el que se lleva a cabo el estudio es el de la realidad de la innovación española, de entre cuyas características conviene recordar algunas como las siguientes<sup>1</sup>: el nivel reducido de la innovación, más agudo que el manifestado por los indicadores referidos a la I+D, la mayor dependencia de las empresas españolas de fuentes externas de conocimiento para llevar a cabo la innovación, la menor importancia de las fuentes externas no empresariales como la universidad o centros públicos de investigación, el desarrollo preponderante de un tipo de innovación menos radical y estratégica y la importancia acusada de las filiales de empresas multinacionales en el sistema de ciencia y tecnología español, más fruto del escaso desarrollo de éste que de la actividad innovadora de esas empresas, que no suelen localizar en España tareas críticas para el avance de su capacidad tecnológica integral.

El capítulo se organiza de la siguiente forma: en el siguiente apartado se sintetizan los fundamentos teóricos que están detrás de esta investigación; en el tercer apartado, se discuten los datos y la metodología de análisis; el cuarto apartado está dedicado a la discusión de los resultados obtenidos y, finalmente, en el quinto, se exponen las principales conclusiones y recomendaciones para el diseño de políticas de innovación.

**Nota 1.** Además de las conclusiones que el lector puede extraer de la lectura del resto de los capítulos de este libro, entre otros trabajos pueden mencionarse también los de la Fundación COTEC [20] y Molero [29], así como, en una perspectiva comparada con el contexto de la UE, los diferentes trabajos de PROINNO (*Innovation Policy Initiative PRO INNO Europe*, disponibles en [www.proinno-europe.eu](http://www.proinno-europe.eu)), en especial las diferentes ediciones del *European Innovation Scoreboard*.

## 2. Antecedentes conceptuales y preguntas de investigación

No se pretende en este capítulo exponer una teoría completa acerca de los factores que afectan a la innovación. En primer lugar, porque tal teoría no existe en el momento actual, como se puede comprobar revisando los manuales más influyentes [9, 54, 46, 15]. Por tanto, se trata de resumir de forma breve algunas de las contribuciones más significativas que, de una forma directa, iluminan aspectos básicos del estudio empírico. Para ello, se distinguen dos conjuntos de aportaciones: por un lado, las pertenecientes a la tradición de la teoría de la organización industrial, que centran sus investigaciones en la búsqueda de los factores determinantes de la capacidad de innovación y, por otro, las representativas del reciente enfoque de la teoría evolucionista, que se basa en el análisis de la variedad y diversidad de los patrones de innovación y que con frecuencia acude a la clasificación de casos como herramienta fundamental.

Comenzando por los estudios de la organización industrial, los dos aspectos más investigados se refieren al tamaño de las empresas y al nivel de concentración de los mercados en los que actúan las empresas. Para los objetivos de este capítulo es de particular relevancia el primero de ellos, por cuanto la dimensión de las empresas se revelará como una variable importante<sup>2</sup>.

A pesar de la abundancia de estudios disponibles, actualmente no existen resultados concluyentes que nos permitan aseverar con el rigor necesario el signo y la intensidad del impacto del tamaño de las empresas como factor inductor de la innovación, como lúcidamente recuerdan Freeman y Soete [19] cuando afirman que el tamaño «sin duda, influye sobre la clase y el tipo de proyectos que se pueden abordar en términos de tecnología, complejidad y costes, pero en sí mismo no determina los resultados alcanzados».

Esta «conclusión no concluyente» es el resultado de una larga serie de investigaciones empíricas que relacionan el tamaño de las empresas y su actividad innovadora [39]. Quizás el más tópico es el que relaciona el tamaño y los gastos en I+D. En este caso, las investigaciones disponibles muestran que existe una concentración de recursos de I+D

**Nota 2.** Para el tema de la concentración puede verse nuestro anterior trabajo García y Molero [30] o los textos clásicos de Kamien y Swartz [21]; Scherer [48], Scherer y Ross [49], y Cohen [5].



en las grandes empresas, básicamente como consecuencia del tamaño de los proyectos de I+D, más que por el tamaño de las empresas [19]. Sin embargo, es más difícil encontrar una relación clara entre el aumento del tamaño de las empresas y la intensidad del gasto en I+D. De hecho, si se controla el efecto del sector, la asociación entre ambas variables parece seguir una tendencia descendente (a mayor tamaño, menor intensidad del esfuerzo en I+D) pero sólo hasta cierto punto, después, la relación predominante es la de proporcionalidad. En lo que a las pequeñas empresas respecta, la evidencia indica que existe una relación con dos caras: mientras que una amplia mayoría de las empresas no lleva a cabo ningún programa especializado de I+D, en algunos países las empresas pequeñas que sí hacen I+D lo hacen con una intensidad superior a la media [5].

La situación es aún menos clara si en lugar de la I+D estudiamos la innovación. En este caso, deben hacerse importantes matizaciones como, por ejemplo, que las pequeñas empresas tienen ventajas en las fases tempranas del ciclo de las innovaciones y desarrollan una innovación menos costosa y más radical, mientras que las empresas de mayor tamaño tienen ventajas en las fases posteriores, donde predominan las mejoras y la producción en escala de anteriores innovaciones (Freeman y Soete, [19], p. 234). La síntesis de Rothwell y Dodgson [46] es muy clarificadora:

- \* La ventaja innovadora no está inequívocamente asociada ni a las grandes ni a las pequeñas empresas. Las ventajas de las pequeñas se refieren mayormente a su comportamiento y las de las grandes radican en su superioridad para disponer de materiales.
- \* Los datos disponibles sugieren que la relación entre tamaño e innovación tiene forma de U: al principio, a medida que aumenta el tamaño, el esfuerzo innovador disminuye; a partir de un cierto nivel de tamaño, la relación se invierte.
- \* La contribución de las empresas pequeñas a la innovación varía significativamente de un sector a otro.
- \* Las empresas grandes y las pequeñas no actúan de manera aislada entre ellas y mantienen una diversidad de relaciones complementarias en sus actividades tecnológicas.
- \* Cualquier estudio del papel de las empresas pequeñas y grandes en la innovación debería ser de carácter dinámico. Sus papeles respectivos varían considerablemente a lo largo del ciclo industrial [50, 55].

En resumen, puede concluirse que las relaciones entre el tamaño de las empresas, la escala de la I+D, los resultados de la invención y la innovación deben establecerse de forma muy matizada. Además, buena parte de los estudios empíricos presentan importantes limitaciones metodológicas que dificultan la extracción de conclusiones generales, como el hecho de que las muestras de empresas utilizadas no suelen ser aleatorias, la existencia de otras variables no controladas y el carácter multisectorial de muchas de las empresas, particularmente las de mayor dimensión Cohen [5].

La teoría de la innovación ha reorientado el enfoque a la hora de investigar los factores que influyen en la innovación de las empresas. El libro de Freeman [16], junto con trabajos pioneros de Rosenberg [43, 44, 45], Nelson y Winter [33], Dosi [10] y Pavitt [40], demandaba una mejor comprensión de la tecnología y la innovación que permitiera desarrollar un enfoque teórico más ajustado. Aparte de otras consideraciones más generales [39, 10], en lo relativo al objeto de este trabajo, el cambio fundamental tiene que ver con la introducción de los conceptos de variedad y diversidad como opuestos a la perspectiva de la corriente dominante sobre los determinantes de la innovación de las empresas; además, el concepto de aprendizaje pasó a ocupar un lugar central al considerar la tecnología y la innovación como un tipo específico de conocimiento [41].

Como consecuencia de este nuevo enfoque, el análisis de la innovación en las empresas incorpora un conjunto de modificaciones notables. Cuatro de ellas son particularmente importantes para esta investigación: el papel del sistema de innovación, la importancia de la innovación no tecnológica, la relevancia del sector de actividad y la elaboración de tipologías para tener un mapa comprensible de la heterogeneidad de las conductas de las empresas.

El concepto de sistema de innovación [17, 23] refuerza la idea de una interacción sistémica entre las empresas y un amplio conjunto de instituciones. Para este estudio la cuestión esencial es la necesidad de incorporar fuentes de conocimiento internas y externas a las empresas, bien de forma colaborativa, bien a través de mecanismos de mercado. En otras palabras, la consideración aislada de las características de las empresas no es suficiente para comprender adecuadamente la práctica innovadora de las empresas, por lo que es necesario incluir en los estudios variables que permitan valorar la interacción entre las fuentes de conocimiento internas y externas [46, 54].

En relación con la innovación no tecnológica, debemos remontarnos a los resultados del proyecto SAPHO [47], que ponen de relieve que los factores organizacionales –en sentido amplio– tienen un lugar primordial en el conjunto de la actividad innovadora de las empresas. Freeman resume de forma precisa este extremo cuando señala que «el hecho de que las medidas que discriminan entre el éxito y el fracaso incluyan algunas que reflejan sustancialmente la competencia en I+D, otras que reflejan en mayor medida una comercialización eficaz y otras que reflejan las características del innovador con buena comunicación, confirma la visión de innovación industrial como un proceso de integración» [16]. Más recientemente, Nelson *et al.* [32, 34, 37] han insistido en la necesidad de una integración plena de las tecnologías «físicas» y «sociales» en los niveles micro y macro. Además, la contribución de Teece sobre las actitudes innovadoras de las empresas insiste en la necesidad de incluir los «activos complementarios» –que incluyen múltiples aspectos no tecnológicos– en el marco teórico y empírico de la explicación de la innovación [52]. Todas estas consideraciones aconsejan de forma clara la necesidad de incorporar variables que se refieran a los factores no tecnológicos.

La cuestión de incorporar las condiciones competitivas del sector en el análisis de la innovación estaba ya presente en los planteamientos vinculados a la economía de la organización industrial [48, 49, 42]. Lo significativo de las aportaciones de la teoría evolucionista es que ésta amplía el concepto de condiciones sectoriales, incorporando nuevos elementos directamente relacionados con la dinámica innovadora y no sólo con las condiciones estructurales de los mercados (Regímenes tecnológicos, Nelson y Winter [33]; Malerba [24, 25]; Malerba y Orsenigo [26, 27] y Patrones de Innovación; Dosi [10]; Pavitt [40]). Dicho de otra manera, como las condiciones sectoriales para la innovación son diferentes, el esfuerzo para entender ese proceso debe incorporar en un lugar central del análisis las características de aquellas diferencias: «la especialización en la producción de bienes y sus bases subyacentes de conocimiento han hecho que el proceso de innovación sea cada vez más “dependiente de la senda seguida”. En consecuencia, algunos aspectos de la innovación son privativos del sector, de la empresas y del campo tecnológico» [41].

Lo anterior nos conduce al cuarto punto: el ejercicio taxonómico. La nueva teoría postula la existencia de un conjunto heterogéneo de fuentes de conocimiento, tecnologías en concurrencia, modelos orga-

nizativos, medios de beneficiarse de la innovación, etc. [39, 40, 10, 9]. Sin embargo, una aproximación científica a la diversidad requiere esfuerzos analíticos complementarios y es en este punto donde surge la elaboración de tipologías. De hecho, ha habido una gran variedad de taxonomías, puesto que cada una responde a un aspecto particular que el investigador quiere destacar, pero en este capítulo nos vamos a referir a la elaborada por Pavitt y al concepto de régimen tecnológico.

La taxonomía de Pavitt parte de la noción de trayectoria tecnológica como expresión de los patrones sectoriales de cambio tecnológico. El propósito es proporcionar un método empírico para organizar la variedad manifiesta de actividades innovadoras en grupos de trayectorias sobre la base de: 1) las fuentes sectoriales de la tecnología empleada, 2) las fuentes institucionales y la naturaleza de la tecnología y 3) las características de las empresas innovadoras. El resultado es el establecimiento de varios tipos de trayectorias tecnológicas para cuya elaboración Pavitt combina algunos elementos de las propias empresas con otros relacionados con las fuentes del conocimiento y su difusión a través de productos o procesos innovadores; dependiendo de si la innovación se usa en un sector diferente a aquel en el que se ha desarrollado o si se usan en el mismo sector [40]. La lección que debe extraerse es la necesidad de considerar este tipo de factores en el estudio de la innovación empresarial y que, en particular, la distinción entre innovaciones de producto y de proceso puede arrojar luz sobre aspectos sustanciales del proceso innovador.

Respecto a los regímenes tecnológicos, su contribución más valiosa para este estudio es su enfoque para configurar una aproximación a la actividad de las empresas que permita tipificar diferentes estrategias. Trabajos clásicos y recientes [27, 7] insisten en la necesidad de elaborar medidas que permitan al análisis discernir las características subyacentes de los diferentes patrones de innovación, de acuerdo con el nivel de oportunidad, acumulatividad y apropiabilidad de los diferentes Regímenes Tecnológicos.

La dicotomía entre dos regímenes fundamentales, siguiendo el análisis de Schumpeter (Schumpeter I y II) nos permite distinguir que en cada uno de ellos existe un conjunto de características intra-empresa y otras relacionadas con la interacción de las empresas con el sistema que las rodea: altas oportunidades tecnológicas, baja apropiabilidad y bajo nivel de acumulatividad en el Schumpeter I,

y alta apropiabilidad y acumulatividad para el Schumpeter II. En este capítulo se tendrán en cuenta ese tipo de elementos a la hora de intentar explicar la forma en que el patrón de especialización tecnológica de la industria española se ajusta o no a las pautas de la dinámica internacional.

De acuerdo con las anteriores aportaciones, el estudio empírico de los patrones de innovación de las empresas españolas se articula sobre la base de las siguientes líneas directrices:

1. Los factores que influyen en la innovación son variados, dependen en parte del desarrollo de proyectos innovadores, en parte también de la empresa en conjunto y del entorno [46].
2. Es absolutamente necesario basar el estudio en alguna fuente estadística que proporcione información sobre las características económicas de las empresas, su estrategia interna de innovación y la interacción con el sistema para poder incorporar la importancia de los factores internos y externos [4].
3. El papel fundamental de los aspectos organizativos para la implementación de las innovaciones como parte de las actividades innovadoras generales de empresas e instituciones [22].
4. Es también primordial tomar en consideración el papel del sector de actividad. A pesar de la existencia de categorías sectoriales de amplia utilización (v.g. las de la OCDE en función del contenido tecnológico) se ha elegido otra opción que consiste en la elaboración de una tipología de los sectores de acuerdo con su posicionamiento internacional.
5. La distinción entre innovaciones de producto y de proceso para valorar en qué medida los factores son comunes a ambos tipos, particularmente cuando se cruza con la clasificación sectorial.

### ***3. Metodología y análisis de datos***

La investigación se fundamenta en dos aspectos metodológicos esenciales: por un lado, el uso de una taxonomía autoclasificatoria de los sectores en términos de dinámica innovadora y de otro, los microdatos anonimizados de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en la Empresa, compilados en el PITEC<sup>3</sup>, recurso contruido por el Instituto

**Nota 3.** Se denomina PITEC (Panel de Innovación Tecnológica) y está diseñado para construir un instrumento estadístico

Nacional de Estadística (INE), la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Fundación COTEC.

La tipología empleada en esta investigación parte del trabajo de Molero y García [30] y se elabora mediante dos ejes de clasificación que permiten agrupar los sectores (detallados según la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, CNAE) en cuatro categorías. En vertical, se muestran las ventajas tecnológicas (VTR, parte superior) y desventajas (parte inferior), mientras que el eje horizontal muestra la evolución mundial de los sectores según su dinamismo tecnológico (positivo a la derecha, negativo a la izquierda)<sup>4</sup>. El resultado es que podemos trabajar con los siguientes cuatro tipos de comportamiento sectorial:

- a) Sectores de especialización dinámica, si el sector tiene una VTR positiva y pertenece al grupo de sectores con mayor dinamismo internacional. Es la mejor de las situaciones porque supone que la especialización tecnológica de la economía española se ajusta bien al dinamismo mundial.
- b) Sectores en retirada, que tienen VTR negativas y se posicionan entre los de menor dinamismo internacional.
- c) Sectores de «oportunidades perdidas, con VTR negativa en ramas de dinamismo internacional. Es el peor de los casos porque muestra una mala adaptación de la economía española a la evolución mundial y, finalmente.
- d) Sectores de especialización estacionaria que, teniendo VTR positivas, pertenecen al grupo de ramas con menor dinamismo tecnológico mundial. Este caso tampoco es muy favorable, en la medida que la especialización española se produce en sectores con aparentemente menos futuro en el cambio tecnológico.

Esta propuesta es más adecuada para analizar las características de los países intermedios, como es el caso de España, ya que la clasificación resulta de las características sectoriales del país y, por tanto, se adapta a sus condiciones reales y cada sector puede ubi-

para el seguimiento de las actividades innovadoras de las empresas españolas. La extensión de las variables del cuestionario, la estabilidad en la muestra de empresas, los criterios y mecanismos de selección de dicha muestra y el laborioso y completo proceso de depuración, contrastación y verificación de la validez y calidad de los datos (en la que intervienen grupos de expertos del más alto nivel del INE, universidades y fundaciones centradas en el análisis de los aspectos de la innovación en España) no sólo le otorgan una extraordinaria validez estadística como base de datos, sino que lo convierten en el principal elemento para el análisis de la innovación en España y un referente a escala europea. Véase <http://icono.fecyt.es> para obtener los datos y conocer los diferentes grupos de trabajo implicados en el proyecto.

**Nota 4.** Para los detalles técnicos, véase Molero y García, [30].

carse en uno u otro grupo, sin que exista una determinación *a priori* de su ubicación. Además, proporciona una interesante capacidad para analizar el impacto de la especialización sectorial y el dinamismo tecnológico sobre el sistema de innovación y el desarrollo global, facilitando así la respuesta a algunas preguntas como las siguientes:

¿Qué es más determinante para la innovación, el dinamismo tecnológico mundial de un sector o la existencia de ventajas tecnológicas en un país? ¿Las conductas de las empresas en los sectores de especialización dinámica, en retirada, de oportunidades perdidas y de especialización estacionaria son equivalentes en países con distinta especialización sectorial? En otras palabras, ¿se basan las similitudes en las características tecnológicas o en el dinamismo de los sectores y su grado de especialización?

Además, esta taxonomía nos permite evaluar la especialización sectorial global de un país en términos de sus resultados tecnológicos e innovadores. Si una mayoría de los sectores (en número o en porcentaje del PIB) se sitúan en la «diagonal principal» (especialización dinámica o retirada), ese país está bien adaptado a la innovación y al dinamismo tecnológico internacionales. Por el contrario, si la mayoría de los sectores se sitúan en la «diagonal inversa» (oportunidades perdidas o especialización estacionaria), la especialización del país no está bien adaptada. Si a ello añadimos alguna consideración sobre la calidad de los sectores (v.g. su contenido tecnológico o su capacidad de arrastre), se puede efectuar una valoración bastante ajustada de la situación.

Por otra parte, combinar los resultados de esta taxonomía con la información proporcionada por el PITEC permite profundizar en el análisis de los factores que influyen en la innovación mediante un enfoque sectorial, en función de la especialización de cada país y su adaptación o no a la dinámica tecnológica e innovadora internacional.

El método analítico consta de dos etapas. En la primera se hace un análisis factorial para ver cómo se comportan las diferentes variables se comportan en relación con las demás, y así reducir la información que se va a emplear en la fase explicativa. Una vez que se han obtenido los factores, el siguiente paso es utilizarlos como variables explicativas en diferentes modelos logit<sup>5</sup> para estimar

**Nota 5.** Al no centrarnos en los efectos marginales, sino en el signo y magnitud relativa, no es demasiado relevante la decisión de utilizar logit o probit, dada la relación aproximadamente proporcional entre los coeficientes estimados. Véase Wooldrige [56] para una exposición detallada de los modelos logit y probit.

cuáles de ellos (y cómo) afectan al desarrollo de innovaciones (incrementan la probabilidad de que una empresa introduzca una innovación) de producto o proceso, hasta qué punto existen diferencias entre ambas y en qué medida la pertenencia a cada uno de los sectores de nuestra taxonomía genera peculiaridades en cuanto a los factores que influyen en el comportamiento innovador, tanto de producto como de proceso.

Para llevar a cabo estos trabajos hemos comenzado con un doble proceso de segmentación de la muestra. A partir de aquí, se han estimado las diferentes regresiones para explicar la actividad innovadora de las empresas, es decir, hemos estimado un conjunto de regresiones logísticas con las siguientes características:

- \* En primer lugar, se ha segmentado la muestra para separar las empresas que han realizado innovación de producto de las que la han realizado de proceso, en el entendimiento de que pueden existir diferencias significativas entre ellas. En ambos casos, los modelos tratan de explicar los factores que influyen en la probabilidad de que una empresa pertenezca o no al grupo de innovadoras.
- \* Además de los factores, se han incluido como variables independientes dos *dummies*, tratando de controlar los efectos fijos de pertenecer a algunos de los tres grupos en que hemos agrupado las empresas en función de la estructura de propiedad. Empresas independientes (EIN), empresas pertenecientes a un grupo nacional (GN) y empresas filiales de un grupo multinacional (GMN). Con ello se quiere aportar alguna luz sobre la incidencia de las empresas extranjeras en la innovación española.
- \* En segundo lugar, se ha vuelto a segmentar cada una de las submuestras (innovadoras de producto e innovadoras de proceso) de acuerdo con los cuatro tipos de sectores de nuestra taxonomía. De esta forma pretendemos detectar diferencias asociadas a las características sectoriales (especialización ajustada o no a la dinámica innovadora y tecnológica internacional).

En resumen, hemos realizado cinco estimaciones para cada tipo de innovación, una con la submuestra global y las otras cuatro con cada submuestra segmentada de acuerdo con nuestra taxonomía sectorial. El la tabla 15.1 resume todo el proceso y sirve de clave para facilitar la interpretación de las tablas 15.3 y 15.4, en los que se muestran los coeficientes estimados.



> **Tabla 15.1.** Método de trabajo y significado de las columnas de las tablas 15.3 y 15.4

Columna	Grupo de referencia	Control por tipo de sector	Interpretación de los coeficientes
Todas	Empresas no innovadoras		Factores significativos para explicar la probabilidad de que la empresa analizada realice una innovación (de producto en la tabla 15.3, de proceso en la tabla 15.4) Las empresas innovadoras presentan más intensidad (coeficiente positivo) o menos (coeficiente negativo) que las no innovadoras en estos factores o variables En los factores no significativos no hay diferencias en el comportamiento entre empresas innovadoras y no innovadoras Los diferentes valores de la $R^2$ de McFadden indican mayores o menores diferencias en el comportamiento entre las empresas innovadoras y las que no lo son, para cada tipo de innovación y en cada tipo de sector Las diferencias en los factores significativos en cada tipo de innovación y para cada tipo de sector indican los elementos que definen las diferencias en cada uno de ellos
Global	Cualquier empresa no innovadora	NO	Diferencias en el comportamiento entre las empresas innovadoras (de producto en la tabla 15.3, de proceso en la tabla 15.4) y las no innovadoras, sin distinguir el tipo de sector
Dinámica	Empresas no innovadoras pertenecientes a sectores de especialización dinámica	SÍ	Diferencias en el comportamiento entre las empresas innovadoras (de producto en la tabla 15.3, de proceso en la tabla 15.4) y las no innovadoras, en los sectores de especialización dinámica, según nuestra taxonomía
Estacionaria	Empresas no innovadoras pertenecientes a sectores de especialización estacionaria	SÍ	Diferencias en el comportamiento entre las empresas innovadoras (de producto en la tabla 15.3, de proceso en la tabla 15.4) y las no innovadoras, en los sectores de especialización estacionaria, según nuestra taxonomía
Oport. Perd.	Empresas no innovadoras pertenecientes a sectores de oportunidades perdidas	SÍ	Diferencias en el comportamiento entre las empresas innovadoras (de producto en la tabla 15.3, de proceso en la tabla 15.4) y las no innovadoras, en los sectores de oportunidades perdidas, según nuestra taxonomía

Tabla 15.1. (Continuación)

Columna	Grupo de referencia	Control por tipo de sector	Interpretación de los coeficientes
Retirada	Empresas no innovadoras pertenecientes a sectores en retirada	Sí	Diferencias en el comportamiento entre las empresas innovadoras (de producto en la tabla 15.3, de proceso en la tabla 15.4) y las no innovadoras, en los sectores en retirada, según nuestra taxonomía

Fuente: elaboración propia.

## 4. Resultados

Como se adelantaba, en los modelos de regresión, las variables independientes son los factores extraídos en Molero y García [30], que se muestran en la tabla 15.2 y que tienen la característica destacable de poder interpretarse con relativa facilidad desde el punto de vista económico. Cada factor va acompañado de las variables que incluye y la denominación que se les ha dado para hacer explícito su significado económico o innovador.

> **Tabla 15.2.** Factores extraídos

Factor	Descripción	Variables incluidas e interpretación
1	Innovación organizacional (ORGINNV)	Este factor incluye las innovaciones no tecnológicas (estratégica, de gestión, organizativa, de mercadotecnia, cambios estéticos y similares). A medida que el factor se incrementa, dichas actividades también
2	Gastos de innovación distintos de la I+D (NRDEXPEND)	Este factor incluye gastos en actividades de innovación tecnológica distintas de la I+D (maquinaria y equipo, adquisición de conocimiento, formación y similares). A medida que el factor se incrementa, las actividades también

Tabla 15.2. (Continuación)

Factor	Descripción	Variables incluidas e interpretación
3	I+D propia y resultados (RD&PAT)	Este factor incluye los fondos propios dedicados a la innovación a través de I+D interna y a las actividades de patentado. A medida que el factor se incrementa, también lo hacen los fondos propios destinados a la I+D interna y el número de patentes
4	Innovación de producto con esfuerzo interno (PRODINNER)	Este factor combina el hecho de introducir innovaciones de producto con la gestión de estas innovaciones a través de esfuerzo propio interno. A medida que este factor crece, más importante se vuelve el esfuerzo interno para la innovación de producto
5	Recursos humanos y fondos públicos (HUMCAP&FUNDS)	Este factor combina los recursos humanos destinados a la innovación y los fondos públicos obtenidos, de forma que indica el grado de dependencia de dichos fondos para mantener los recursos humanos en innovación. A medida que el factor crece, también lo hace la dependencia
6	Tamaño e integración del conocimiento externo (SIZE&INTEGRATION)	Este factor incluye el tamaño de la empresa, los gastos en I+D externo. A medida que el factor crece, se trata de empresas de mayor tamaño y con mayor capacidad para integrar el conocimiento externo en sus actividades innovadoras
7	Atracción de fondos de la UE (UEFUNDS)	Este factor puede interpretarse como un indicador de calidad. La capacidad para atraer fondos de la UE indica una calidad mínima (suelo o masa crítica), que ha sido superada
8	Investigación básica y cooperación (BASICR&COOP)	A medida que este factor se incrementa, las actividades cooperativas son más importantes en la innovación
9	Innovación de proceso con fuentes externas (PROEXTER)	A medida que este factor crece, las fuentes externas de conocimiento son más importantes para la innovación de proceso

**Fuente:** elaboración propia a partir del PITEC (método de componentes principales) siguiendo la estructura de Molero y García [30].

Los resultados se muestran en las tablas 15.3 y 15.4, de los que se pueden extraer los siguientes hallazgos principales.

Atendiendo al tipo de sector, lo primero que destaca es la existencia de bastantes similitudes entre los sectores que mejor se adaptan al dinamismo internacional, por un lado, y entre aquellos otros que peor se ajustan, por otro. En relación con los primeros, en el grupo de especialización dinámica hay dos factores que son comunes a las innovaciones de producto y de proceso: la innovación organizativa, con un impacto positivo, y los gastos distintos de la I+D, con un

impacto negativo. Otros dos factores son también comunes, pero tienen signos diferentes según se trate de innovación de producto o de proceso: el capital humano y obtención de fondos y la I+D y patentes, ambos tienen un impacto positivo en la innovación de producto y negativo en la de proceso.

> **Tabla 15.3.** *Coefficientes logit para INNPROD (innovación de producto)*

Variable	Global	Dinámica	Estacionaria	Oport. Perd.	Retirada
EIN	0,226**				
GMN					
BASICR_COOP	0,209***		0,241***	0,182*	
HUMCAP_FUNDS	0,981***	0,977**	0,526***	1,29***	
NRDEXPEND	0,406**	-5,26***		0,804**	-6,13***
ORGINNV	0,424***	0,435***	0,402***	0,439***	0,393***
RD_PAT	,449***	1,57***		0,65***	
SIZE_INTEGR	0,238**	2,06***	0,324***	0,146*	2,12***
UEFUNDS	0,195**	0,46***		0,437*	
CONSTANT	0,677***	1,22***	0,618***	0,915***	0,582***
N	3.691	805	1.362	1.086	438
LL	-2.213	-427	-852	-634	-250
LL_0	-2.395	-500	-900	-695	-294
CHI2	363	144	96,1	123	87
R2_P	0,0758	0,144	0,0534	0,0881	0,148
AIC	4.445	869	1.713	1.284	509
BIC	4.500	902	1.739	1.324	525

\* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001

Fuente: elaboración propia con datos del PITEC.

Por lo que se refiere a los sectores en retirada, solamente dos factores son comunes a la innovación de producto y de proceso: el hecho sobresaliente es que la innovación organizativa y los gastos distintos de la I+D son comunes a los sectores de especialización dinámica y en retirada y para los dos tipos de innovaciones. El primero tiene una influencia positiva y el segundo, negativa.

> **Tabla 15.4.** Coeficientes logit para INNPROCC (innovación de proceso)

Variable	Global	Dinámica	Estacionaria	Oport. Perd.	Retirada
EIN	0,383***		0,666***		
GMN					
BASICR_COOP	0,886***	0,973***	1,12***	0,971***	0,768***
HUMCAP_FUNDS	-0,471***	-3,76***	-0,969***	-0,436***	-3,12***
NRDEXPEND	0,499***	-8,55***	-1,06***	0,886***	-10,6***
ORGINNV	0,597***	0,475***	0,65***	0,532***	0,43***
RD_PAT	0,128*	-1,75***	-0,297**	0,291**	
SIZE_INTEGR			0,502**		
UEFUNDS	1,89***		1,87***	1,09***	
CONSTANT	-0,213***	-0,803***	-0,196*	-0,0482	-0,455***
N	3.691	805	1.362	1.086	438
LL	-2.033	-390	-726	-598	-225
LL_0	-2.552	-551	-944	-752	-297
CHI2	1.037	322	436	309	145
R2_P	0,203	0,292	0,231	0,205	0,244
AIC	4.083	791	1.470	1.210	459
BIC	4.132	820	1.517	1.245	480

\* p&lt;0,05; \*\* p&lt;0,01; \*\*\* p&lt;0,001

Fuente: elaboración propia con datos del PITEC.

Si vemos lo que ocurre en los sectores con peor ajuste internacional, se puede destacar que, en general, hay menos regularidades que en los casos anteriores. Las más destacables son las siguientes.

La innovación organizativa emerge como el factor más importante a la hora de explicar la conducta de las empresas innovadoras. Su presencia en los dos tipos de innovación y en todos los sectores, siempre con un signo positivo, permite confirmar que el llevar a cabo este tipo de actividades novedosas es fundamental para alcanzar resultados positivos en la introducción de nuevos productos o procesos.

Además de la innovación organizativa, también es bastante regular la presencia entre los factores explicativos de la innovación de la investigación básica y la cooperación. Si, a pesar de ello, estos sectores no han sido capaces de ajustarse de forma más positiva a la dinámica mundial, puede apuntarse como una explicación plausible el que, tanto la investigación básica como la cooperación, o no se han hecho con la suficiente intensidad o su calidad no ha sido la más adecuada.

Una segunda regularidad tiene que ver con el factor capital humano y fondos públicos, pues está presente en los dos grupos de sectores y en ambos tipos de innovación, aunque en este caso cambiando su signo de positivo en la innovación de producto a negativo en la innovación de proceso.

Un aspecto importante es que, de manera general, se obtiene una mejor explicación para la innovación de proceso, como se demuestra por el mayor valor de la pseudo  $R^2$  y la mayor homogeneidad encontrada en los distintos tipos de sectores. La pregunta que surge tras esta comprobación es si esas diferencias no son un reflejo de la innovación española caracterizada por una menor presencia de innovaciones radicales o estratégicas y un mayor peso de las adopciones, y por la menor dependencia de *inputs* exteriores en la innovación de proceso [29].

El tipo de empresa no muestra una influencia muy destacable, una vez que se controla el tipo de sector. Sólo se encuentra un caso en el que es relevante: se trata de la importancia de las empresas independientes (EIN) en la innovación de proceso en los sectores de especialización estacionaria. Debe subrayarse que en este colectivo se encuentra un conjunto de industrias tradicionales en las que las empresas independientes todavía constituyen un núcleo muy a tener en cuenta.

Considerando de forma separada las innovaciones de producto y de proceso, se pueden destacar otros matices de interés.

En el caso de la innovación de producto, el factor tamaño e integración tiene un efecto favorable en todos los casos. La influencia ya mencionada de la innovación organizativa tiene un efecto mayor en los casos de sectores con una adaptación internacional más débil, especialización estacionaria y oportunidades perdidas.

El efecto conjunto del gasto en I+D y la obtención de patentes es un factor que afecta positivamente a la innovación de producto en los sectores internacionalmente más dinámicos, con independencia de que tengan ventajas tecnológicas positivas o negativas. Es decir, en los sectores maduros, el esfuerzo tecnológico medido por el gasto en I+D y las patentes no es un elemento que permita discriminar entre las empresas innovadoras y las no innovadoras, en tanto que sí discrimina en los sectores dinámicos, que parecen así depender más directamente de ese esfuerzo tecnológico explícito. Un comentario similar puede hacerse con relación a los fondos de la UE: este factor puede ser interpretado como un índice de dinamismo innovador.

Con respecto a la innovación de proceso, se ha señalado ya que las empresas independientes son más activas en los sectores de especialización estacionaria, junto con el factor tamaño e integración. El peso de los sectores tradicionales con empresas independientes, algunas de ellas con un tamaño considerable, permite sugerir la hipótesis de que, en este caso, las empresas extranjeras se establecen para seguir o adaptarse a la conducta de las empresas nacionales, con ventajas tecnológicas considerables.

Los gastos distintos de I+D tienen un impacto negativo en todos los sectores, excepto en el de oportunidades perdidas. Además, el tamaño del efecto es superior en sectores positivamente adaptados al dinamismo tecnológico internacional. De nuevo, los sectores más dinámicos aparecen como más dependientes de la I+D, en tanto que en otras ramas, las actividades distintas de la I+D pueden ser un primer escalón para la creación de capacidades de I+D.

El factor innovación organizativa, como en todos los casos, favorece la innovación y es más importante su efecto en aquellas empresas de sectores dinámicos, particularmente en el que tiene desventajas tecnológicas.

Por último, el signo positivo del factor capital humano y fondos sugiere que en los procesos con una innovación más sistemática e incremental, la estabilidad de los recursos humanos es importante, lo que en España parece estar relacionado con la disponibilidad de fondos públicos.

## ***5. Conclusiones y recomendaciones***

La teoría acerca de los factores que afectan a la capacidad innovadora de las empresas tiene todavía un largo camino que recorrer, puesto que el objeto de estudio es muy complejo y difícil de delimitar, como hemos visto en la revisión de la literatura. A pesar de estas dificultades, en este capítulo se ha tratado de arrojar alguna luz sobre la base de un estudio del caso español, que en su elaboración presenta algunas características destacables, en consonancia con los planteamientos teóricos: en primer lugar, la utilización de una base de datos fiable desde el punto de vista estadístico, capaz de recoger las características demandadas por la teoría y capturar la riqueza y complejidad del proceso de innovación; en segundo lugar,

la importancia que se ha concedido al tipo de sector al construir la taxonomía de referencia y, en tercer lugar, el estudio por separado de la innovación de producto y de proceso.

Las principales conclusiones y recomendaciones que se derivan de los resultados obtenidos se pueden sintetizar de la siguiente manera:

En primer lugar, la metodología ha demostrado su utilidad, puesto que tanto la taxonomía sectorial como la separación entre innovación de producto y proceso han permitido encontrar diferencias significativas en la forma de innovar.

Particularmente importantes son algunos resultados sobre las diferencias entre tipos de sectores. Si en una primera aproximación diferenciamos entre la diagonal positiva (sectores de especialización dinámica y en retirada) y la negativa (sectores de oportunidades perdidas y de especialización estacionaria), los resultados se muestran más robustos para el primero de los casos, tanto para la innovación de producto como para la de proceso. En otras palabras, la influencia de las variables agrupadas en los factores sirve de base para afirmar que hay una mayor integración y un mejor funcionamiento en las empresas de los sectores en los que la especialización española coincide con la dinámica mundial. En sentido contrario se debe considerar el posible mal funcionamiento de nuestro modelo o sistema en los sectores mal adaptados, particularmente en los que se han denominado de oportunidades perdidas.

De cara a la política de innovación, se deduce una recomendación general importante: no puede desarrollarse al margen de las grandes tendencias del cambio tecnológico y tiene que partir del perfil de especialización tecnológica de la economía española. Cuando esa especialización se ajusta al dinamismo mundial (caso, por ejemplo de algunos sectores de maquinaria y equipo), la política debe ayudar a consolidarla y aumentarla, más allá de la «fascinación mediática» que puedan ofrecer otros sectores. En caso de que se observen desajustes significativos con el dinamismo internacional, se trataría de establecer políticas que puedan poner las bases para una futura convergencia. Ello debería hacerse mediante la combinación de recursos públicos y privados propios con la captación de empresas extranjeras que localicen en España una parte creciente de sus actividades tecnológicas.

De forma similar, la separación en los dos tipos de innovación ha demostrado su importancia. En términos generales, el mejor ajuste de los modelos para explicar la innovación de procesos es congruente



con el tipo de innovación que se hace en España, que tiene una mayor orientación hacia los procesos. Incluso con las precauciones lógicas, se puede traer a colación la mayor presencia en España de innovaciones de menor contenido de conocimiento como las de adopción, muchas veces llevadas a cabo sobre la base de ajustes en los procesos productivos, en múltiples ocasiones hechas sobre la base de la adquisición de maquinaria y equipos.

Es particularmente importante subrayar el papel genérico y significativo de los aspectos relativos a la innovación organizativa con fuertes vínculos con la innovación de proceso; la política de innovación tiene en este campo un amplio terreno para un nuevo desarrollo mediante la incorporación en sus objetivos de aspectos organizativos de las empresas que habitualmente no se tienen en cuenta. Por el contrario, el papel irregular que muestran la investigación básica y la cooperación indica que en las empresas españolas el tipo de innovación más intensiva en conocimiento de nueva creación tiene menor representación. Igualmente, el papel y signo de la I+D y las patentes, en la medida que reflejan un mayor compromiso con la innovación, demandan un mayor esfuerzo en esta forma de hacer innovación como posible camino para modificar la especialización tecnológica de la economía española, que no está bien adaptada a los requerimientos de la dinámica internacional.

Por último, el tipo de empresa según su nacionalidad no aparece como una variable destacada, una vez controladas otras variables significativas. Este hecho es coherente con los resultados previos [30] y con cuanto se expondrá en el capítulo 20 de este libro: al analizar el comportamiento de las empresas pertenecientes a grupos extranjeros, no se encuentran diferencias importantes con el comportamiento de los grupos nacionales (lo que apunta a un comportamiento adaptativo de las filiales en España de dichos grupos extranjeros). Las diferencias más significativas se producen al considerar las empresas españolas no pertenecientes a ningún grupo, principalmente en los sectores más tradicionales, donde esas empresas tienen mayor presencia. No es un tema menor el que existan importantes ventajas tecnológicas en sectores de baja intensidad tecnológica si, como es el caso, en algunos de ellos las empresas españolas están en la frontera tecnológica del sector. Una vía potencialmente muy productiva sería la de aprovechar esta situación para generar desde dichas empresas una creciente demanda de tecnología avanzada a otras empresas proveedoras de *inputs* de alto contenido tecnológico.

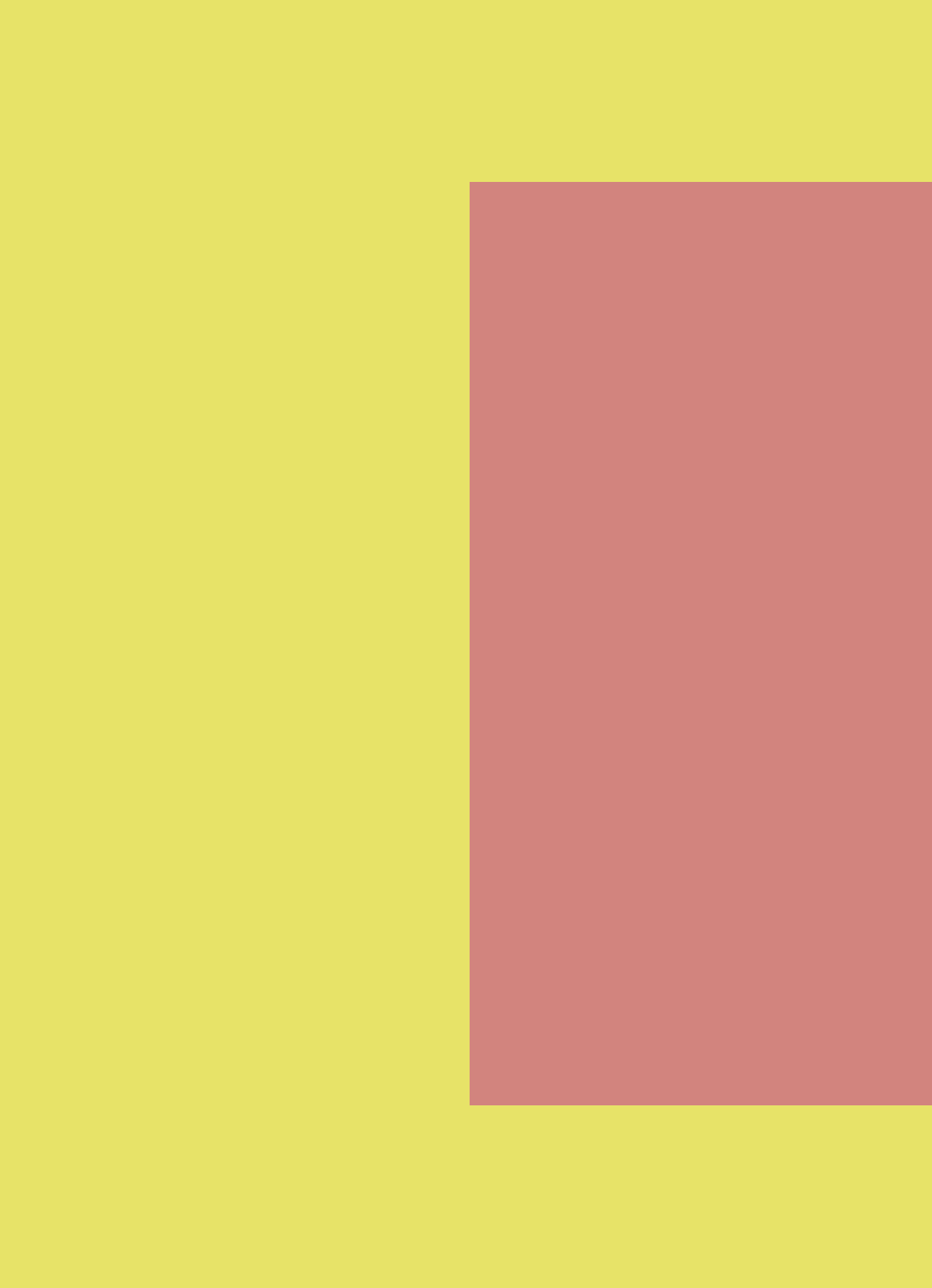
## Referencias

- [1] Arrow, K. (1962): «Economic welfare and allocation of resources for invention», en Nelson, R. (ed.), *The rate and direction of inventive activity*, NBER, Princeton University Press.
- [2] Atkinson, A.; Stiglitz, J. (1969): «A new view of technological change», *Economic Journal*, 78.
- [3] Buesa, M.; Molero, J. (1992): *Patrones del cambio tecnológico y política industrial*, Civitas, Madrid.
- [4] Cantwell, J. (2006): «Innovation and competitiveness», en Fagerberg, J.; et al. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [5] Cohen, W. (1995): «Empirical studies of innovative activity», en Stoneman, P. (ed.), *Handbook of Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, Cambridge.
- [6] Cohen, W. N.; Levinthal, D. A. (1989): «Innovation and learning: the two faces of R&D. Implications for the analysis of R&D investment», *Economic Journal*, 99, pp. 569-596.
- [7] Corocher, N.; Malerba, F.; Montobbio, F. (2007): «Schumpeterian patterns of innovative activity in the ICT field», *Research Policy*, 36.
- [8] Dogdson, M.; Rothwell, R. (eds.) (1994): *The handbook of industrial innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [9] Dosi, G.; et al. (1988): *Technical Change and Economic Theory*, Printer Publisher, Londres.
- [10] Dosi, G. (1984): *Technical Change and Industrial Transformation*, McMillan, Londres.
- [11] Dosi, G. (1991): «Perspectives on evolutionary theory», *Science and Public Policy*, 18 (6).
- [12] Edquist, C.; Hommen, L.; McKelvey, M. (2001): *Innovation and employment: process versus product innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [13] Fagerberg, J. (1988): «International competitiveness», *Economic Journal*, 98, pp. 355-374.
- [14] Fagerberg, J. (1988): «Why rates of growth differ», en Dosi, G.; et al., *Technical change and economic theory*, Pinter, Londres.
- [15] Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. (Eds.) (2006): *The Oxford handbook of innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [16] Freeman, C. (1982): *The economics of industrial innovation*, Pinter, Londres.
- [17] Freeman, C. (1987): *Technology policy and economic performance. Lessons from Japan*, Pinter, Londres.
- [18] Freeman, C. (1995): «The National System of Innovation in historical perspective», *Cambridge Journal of Economics*, 19.
- [19] Freeman, C.; Soete, L. (1997): *The economics of industrial innovation*, Pinter, Londres.
- [20] Fundación COTEC (2009): *Informe COTEC 2009*, Madrid

- [21] Kamien, M. I.; Schwartz, N. L. (1982): *Estructura de Mercado e Innovación*, Alianza Economía y Finanzas, Madrid.
- [22] Lazonik, W. (2006): «The innovative firm», en Fagerber, J.; et al. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [23] Lundvall, B. (1992) (ed.): *National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interacting learning*, Pinter, Londres.
- [24] Malerba, F. (2002): «Sectoral systems of production and innovation», *Research Policy*, 31.
- [25] Malerba, F. (2006): «Sectoral Systems. How and why innovation differ across sectors», en Fagerber, J.; et al. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [26] Malerba, F.; Orsenigo, L. (1990): «Technological regimes and patterns of innovation: a theoretical and empirical investigation of the Italian case», en Heertje, A.; Perlman, M. (eds.), *Evolving technology and market structure*, Michigan University Press, Michigan.
- [27] Malerba, F.; Orsenigo, L. (1995): «Schumpeterian Patterns of Innovation», *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 47-65.
- [28] Metcalfe, S. (1995): «The economic foundations of technological policy: equilibrium and evolutionary perspectives», en Stoneman, P. (ed.), *Handbook of the economics of innovation and technological change*, Blackwell, Oxford.
- [29] Molero, J. (2007): «Informe crítico sobre la innovación tecnológica en la economía española: abriendo la “caja negra”», *Madri+d*, 18.
- [30] Molero, J.; García, A. (2008): «The innovative activity of foreign subsidiaries in the Spanish Innovation System: an evaluation of their impact from a sectoral taxonomy approach», *Technovation*, 28, pp. 739-757.
- [31] Nelson, R. (1998): «The co-evolution of technology industrial structure and supporting institutions», en Dosi, G.; Teece, D. J.; Chytry, J. (eds.), *Technology, Organization and Competitiveness*, Oxford University Press, Oxford.
- [32] Nelson, R.; Sampat, B. N. (2001): «Making sense of institution as a factor shaping economic performance», *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 44.
- [33] Nelson, R.; Winter, S. (1982): *An evolutionary theory of economic change*, Harvard University Press, Cambridge.
- [34] Nelson, R. (2008): «What enables rapid economic progress: what are the needed institutions?», *Research Policy*, 37.
- [35] OCDE (1995): «Classification of high tech sectors and products», doc. DSTI/AES/IND/STPP(95) 1, OCDE, París.
- [36] OCDE (1997): «Revision of high tech classifications of sectors and products», doc OECD/GD(97)216, TI Working Papers 1997/2.
- [37] OCDE (2005): *The measurement of scientific and technological activities. Oslo Manual*, OCDE, París.
- [38] OCDE (2007): *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2007*, OCDE, París.

- [39] Orsenigo, L. (1989): *The Emergence of Biotechnology*, Pinter, Londres.
- [40] Pavitt, K. (1984): «Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory», *Research Policy*, 13 (6).
- [41] Pavitt, K. (2006): «Innovation processes», en Fagerber, J.; et al. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [42] Porter, M. (1980): *Competitive strategy*, Free Press, Nueva York.
- [43] Rosenberg, N. (1976): *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [44] Rosenberg, N. (1982): *Inside the black box: technology in economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [45] Rosenberg, N. (1994): *Exploring the black box: technology, economics and history*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [46] Rothwell, R. (1994): «Industrial innovation: success, strategy, trends», en Dodgson, M.; Rothwell, R. (eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [47] Rothwell, R.; Freeman, C.; Horsley, A.; Jervis, V. T. P.; Robertson, A. R.; Townsend, J. (1974): «SAPPHO updated - Project SAPPHO phase 2», *Research Policy*, 3 (2), pp. 258-291.
- [48] Scherer, F. M. (1965): «Firm size, market structure, opportunity and the output of inventions», *American Economic Review*, 55, pp.1.097-1.125.
- [49] Scherer, F. M.; Ross, D. (1990): *Industrial market structure and economic performance*, Houghton Mifflin Company, Boston.
- [50] Shepherd, W. G. (1991): «Some aspects of dynamic analysis of industrial change», en De Wolf, P. (ed.), *Competition in Europe. Essays in honour of H.W. De Jong*, Kluwer, Dordrecht.
- [51] Stoneman, P. (ed.) (1995): *Handbook of Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, Cambridge.
- [52] Teece, D. J. (1986): «Profiting from Technological Innovation», *Research Policy*, 15 (6), pp. 285-305.
- [53] Teece D. J.; Pisano G. P. (1994): «The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction», *Industrial and Corporate Change*, 3 (3), pp.537-556.
- [54] Tidd, J.; Bessant, J.; Pavitt, K. (1997): *Managing Innovation. Integrating technological market and organizational change*, Wiley, Chichester.
- [55] Utterback, J. M. (1994): *Mastering the dynamics of innovation*, Harvard Business Scholl Press, Boston.
- [56] Wooldrige (2000): *Introductory Econometrics. A modern Approach*, Thomson Learning, South-Western.





# Cooperación con agentes científicos y desempeño innovador

> Antonio Gutiérrez Gracia, Jaider Vega Jurado  
e Ignacio Fernández De Lucio

Instituto de Gestión de la Innovación  
y del Conocimiento (INGENIO) CSIC-UPV

## 1. Introducción

Desde el campo de la gestión estratégica empresarial se ha señalado que la búsqueda de nuevas ideas de producto, nuevas formas de organización e incluso soluciones a problemas existentes ha trascendido las fronteras de la organización abarcando cada vez más la exploración de las capacidades disponibles en otras empresas o instituciones. En teoría, esta estrategia de búsqueda mucho más abierta permite a la empresa no sólo acceder a nuevas oportunidades, sino también desarrollar nuevas competencias organizacionales a partir de la integración de los recursos y las habilidades complementarias de los agentes externos. Este fenómeno ha sido descrito por Chesbrough [14] como el cambio hacia modelos de «innovación abierta» (*open innovation*).

En el marco de estos enfoques, la cooperación con agentes externos ha adquirido importancia como estrategia de innovación empresarial, presentándose como un mecanismo relevante a través del cual las empresas pueden acceder a los conocimientos y habilidades complementarias que poseen los socios. La cooperación con universidades y centros

de investigación, si bien no es la única que pueden establecer las empresas, es quizá la que mayor atención ha recibido en los últimos años, convirtiéndose, incluso, en uno de los objetivos prioritarios de las recientes políticas de innovación implementadas en muchos de los países de la OCDE. El interés gubernamental por el fomento de este tipo de cooperación ha encontrado respaldo e impulso en diversos estudios que destacan los beneficios de lo que se ha denominado genéricamente la relación «ciencia-industria», y presentan la investigación universitaria como uno de los motores de la innovación industrial. No obstante, es necesario advertir que la mayor parte de los trabajos que han llegado a esta conclusión, aunque importantes, han centrado su análisis en entornos tecnológicamente desarrollados y, además, en sectores industriales intensivos en I+D [29].

El objetivo de este artículo es, precisamente, analizar la importancia que tiene la cooperación con universidades y organismos públicos de investigación (cooperación científica, de aquí en adelante) como estrategia de innovación empresarial en el contexto de un país tecnológicamente seguidor como es España, que presenta algunos de los indicadores de ciencia y tecnología más bajos de la Unión Europea. El gasto total en actividades de I+D con relación al PIB constituye, aproximadamente, la mitad del gasto medio de la Unión Europea y además el sector productivo se caracteriza por la concentración en sectores tradicionales de baja tecnología, de pequeñas y medianas empresas, con un reducido gasto en actividades de I+D [12]. Otra característica distintiva del contexto español es la importancia que tiene el sistema público de investigación, conformado por universidades y Organismos Públicos de Investigación (OPIs). En 2008, por ejemplo, este sistema ejecutó el 44,9% del gasto interno en I+D y empleó, en equivalencia a jornada completa, el 64,4% de los investigadores que trabajaban en España. Esta tendencia difiere claramente del patrón europeo, donde casi la mitad de los investigadores son contratados por las empresas privadas. Sin embargo, a pesar de la mayor importancia relativa del sistema público de investigación, lo cierto es que el nivel de cooperación de las empresas con estos agentes es inferior a la media europea, acorde con los datos derivados de la 4ª Encuesta Comunitaria de Innovación (CIS-4).

Para analizar la cooperación científica, este estudio adopta una perspectiva integral que considera tanto la identificación de los factores y motivaciones que llevan a la empresa a cooperar con uni-



versidades y OPIs en actividades de innovación, como la efectividad de dicha cooperación para incentivar el desempeño innovador de la empresa. El estudio se lleva a cabo sobre una amplia muestra de empresas manufactureras españolas, empleando los datos derivados de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas, realizada por el Instituto Nacional de Estadística de España (INE) en el año 2004.

El resto del capítulo se estructura de la siguiente manera: en el segundo apartado se realiza una breve revisión de la literatura; en el tercero se describen los aspectos metodológicos del estudio empírico, exponiendo los datos utilizados, las medidas de las variables y las especificaciones econométricas evaluadas; en el cuarto se presentan los resultados obtenidos y, por último, en el quinto, las principales conclusiones.

## ***2. La cooperación en actividades de innovación***

Si bien el fenómeno de la colaboración tecnológica tiene antecedentes que datan de finales del siglo XIX, diversos autores coinciden en afirmar que el desarrollo de nuevas formas de cooperación, así como el creciente número tanto de acuerdos interempresariales como de sectores e instituciones involucradas en los mismos, ha generado un mayor interés por abordar el estudio de esta estrategia como un fenómeno reciente [15, 42]. Por esta razón, es posible encontrar en la literatura una gran variedad de estudios sobre este tema, los cuales han sido desarrollados en el seno de diferentes disciplinas, enfatizando diferentes aspectos y empleando distintas bases teóricas.

Las aproximaciones sociológicas al análisis del cambio tecnológico, por ejemplo, han abordado el estudio de la cooperación básicamente desde la perspectiva del establecimiento de redes, contemplando aspectos como su origen, naturaleza y desarrollo. Siguiendo este enfoque, el éxito o fracaso de los procesos innovadores se analiza generalmente teniendo en cuenta aspectos como la diversidad de los agentes involucrados, y la fortaleza o debilidad de los vínculos que se establecen entre ellos [17].

Por otra parte, los estudios económicos sobre colaboración tecnológica han centrado su atención en la empresa, analizando, entre otros aspectos, los factores que determinan el establecimiento de acuerdos de cooperación con otras empresas e instituciones, y su efecto sobre

el desempeño innovador de la organización. En este campo, aunque se reconoce la importancia que tienen las redes para el intercambio del conocimiento tácito, se ha prestado más atención al estudio de los acuerdos de cooperación de carácter formal, como aquellos que se establecen a través de una especificación contractual. En el marco de estos estudios, la teoría de los costes de transacción (TCT) ha sido uno de los enfoques tradicionales en el análisis de la cooperación. Siguiendo esta teoría, la cooperación se considera un «híbrido» que combina principios y reglas propias del mercado y la jerarquía [24, 20]<sup>1</sup>. En algunos casos, sus características se acercan más a las del mercado, en la medida en que ciertos factores relacionados con la actividad pueden anticiparse y, por lo tanto, es posible especificar un contrato, mientras que en otros presentan características más jerárquicas, dado que la especificación de un contrato comportaría muchas dificultades.

La cooperación también se ha analizado en el marco de la teoría evolucionista. De hecho, algunos autores indican que esta teoría, con su énfasis en la situación fuera del equilibrio, en la no linealidad y los sistemas abiertos, proporciona, al menos en principio, una fundamentación teórica más rigurosa para el análisis de la colaboración tecnológica que la derivada de la TCT [17]. En el marco de esta teoría son diversas las explicaciones que se pueden encontrar. Niosy [33], por ejemplo, siguiendo el concepto de rutinas propuesto por Nelson y Winter [32], establece que la cooperación puede concebirse como una rutina organizacional que adopta la empresa bajo ciertas limitaciones, tanto externas como internas. Las primeras se relacionan con la influencia de un entorno dinámico, mientras que las segundas se asocian a los procesos de aprendizaje que tienen lugar en la organización. Esta aproximación tiene varios puntos coincidentes con las perspectivas basadas en las capacidades de la empresa<sup>2</sup>,

**Nota 1.** La TCT se ha consolidado como uno de los enfoques más importantes para analizar lo que se denomina «fronteras de la empresa», es decir, la decisión empresarial entre el desarrollo interno o externo de una actividad. Esta teoría, ejemplificada principalmente por las contribuciones de Coase [16] y Williamson [44], reconoce dos formas de gobierno alternativas para llevar a cabo una transacción: el mercado (propiedad separada y dispersa) y la empresa (integración vertical, propiedad unificada). La principal diferencia entre estas estructuras es que mientras que en el mercado toda la información necesaria para gobernar la transacción proviene del precio, en la empresa (o «jerarquías», en términos de Williamson) la autoridad se convierte en el factor más importante.

**Nota 2.** Dentro de este marco se destacan la teoría basada en los recursos (TBR) [3] y el enfoque de las capacidades dinámicas [38]. La TBR tiene como supuesto fundamental el carácter heterogéneo de las empresas, derivado de la posesión de un conjunto único de recursos (tangibles e intangibles) que han desarrollado a lo largo de su historia; estas diferencias de recursos se mantienen en el tiempo y la explotación de los mismos es lo que otorga a la empresa una ventaja competitiva sostenible. Por su parte, el enfoque de las capacidades dinámicas, aunque reconoce la importancia de los recursos internos de la empresa, subraya que la verdadera ventaja competitiva se deriva de la capacidad que tenga la organización

las cuales destacan que no todas las empresas poseen el conjunto de capacidades requeridas para llevar a cabo los procesos innovadores, por lo cual deben establecer acuerdos de cooperación con otras empresas o instituciones para acceder a recursos complementarios de forma oportuna.

La variedad de aproximaciones teóricas señalada anteriormente, ha dado origen a una amplia gama de trabajos empíricos sobre la cooperación, en general, y sobre la cooperación con universidades y centros de investigación, en particular. En esta sección se presenta una breve revisión de algunos de los trabajos realizados al respecto, centrando la atención en aquellos estudios que han abordado los dos aspectos principales de esta investigación: a) cuáles son los factores y motivaciones que influyen en la decisión empresarial de cooperar en actividades de innovación con agentes externos y b) cuál es el efecto de la cooperación sobre el desempeño innovador de la empresa.

### **2.1. Determinantes de la cooperación**

Uno de los temas más abordados en la literatura empírica sobre cooperación ha sido el análisis de los aspectos que influyen en el establecimiento de acuerdos de colaboración tecnológica entre empresas e instituciones. La mayor parte de los trabajos sobre esta materia se han realizado desde la perspectiva empresarial, identificando tanto las motivaciones como los factores, internos y externos, que hacen a la empresa más proclive al uso de la cooperación como estrategia de innovación. No obstante, hay que destacar que la literatura puede resultar un poco confusa, debido a que en la mayoría de los trabajos los factores y las motivaciones se han tratado de forma similar, sin realizar distinción alguna entre ellos.

En lo que respecta al estudio de las motivaciones, uno de los enfoques tradicionales ha sido, tal como se ha mencionado, el derivado de la TCT. Esta teoría centra su atención en la eficiencia organizacional a corto plazo, y contempla el empleo de las fuentes externas de conocimiento como una estrategia adecuada para alcanzar mayor flexibilidad y disminuir la incertidumbre asociada a la actividad innovadora. Siguiendo este enfoque, las principales motivaciones en el establecimiento de acuerdos colaborativos son de carácter tác-

tico, relacionadas fundamentalmente con la «disminución de costes y riesgos». De esta forma, se considera que la cooperación ayuda a disminuir costes en la medida en que permite a los socios beneficiarse de las economías de escala y compartir los costes fijos asociados a las actividades de innovación. Asimismo, al combinar los esfuerzos, las empresas pueden disminuir la incertidumbre de la actividad investigadora y aumentar la probabilidad de obtener un resultado positivo. En los trabajos realizados por Dodgson [18] y Hagedoorn [23], se ofrecen evidencias que respaldan estas proposiciones.

Por otra parte, y atendiendo a los enfoques basados en las capacidades de la empresa, se ha identificado un segundo grupo de motivos relacionados con la búsqueda de complementariedades tecnológicas y la exploración de nuevas áreas («motivos estratégicos»). En esta línea se ha señalado que dado que las tecnologías periféricas de una compañía pueden ser las tecnologías clave de otra, la cooperación se convierte en un mecanismo eficiente para acceder de forma oportuna al conocimiento requerido. En este sentido, autores como Hamel [25] y Steensma [37] argumentan que la motivación fundamental para llevar a cabo una cooperación radica en la posibilidad de adquirir e internalizar las habilidades y competencias de los socios para, a partir de ellas, crear nuevas competencias en la organización. Asimismo, se destaca también que la cooperación con agentes externos puede servir de ventana para identificar oportunidades de futuras innovaciones, especialmente cuando los desarrollos tecnológicos emergen en áreas de negocio que no son las tradicionales de la empresa [31, 40].

Como puede observarse, los enfoques basados en las capacidades de la empresa contemplan la utilización de fuentes externas de conocimiento más como una oportunidad para aprender que como un mecanismo para la disminución de costes. Esta distinción es relevante debido a que intrínsecamente destaca la posibilidad de desarrollar nuevas competencias organizacionales a partir de los procesos de aprendizaje derivados de la interacción con agentes externos.

En términos generales, la mayor parte de los estudios empíricos realizados sobre este tema ha señalado que los motivos tácticos y estratégicos no son excluyentes, y su importancia constituye un aspecto dinámico que varía en función del nivel de desarrollo de la empresa y, más importante aún, del tipo de agente con el que se establece la cooperación e incluso la ubicación geográfica del mismo. Es así como, generalmente, y aunque no existe evidencia empírica concluyente, los

motivos tácticos se asocian, en mayor parte, con el uso de fuentes verticales de conocimiento (proveedores, clientes), mientras que los estratégicos, con el uso de fuentes horizontales (competidores) y científicas (universidades, OPIs) [39,40].

En la literatura se ha identificado también una serie de aspectos, tanto industriales como empresariales, que promueven el establecimiento de alianzas entre empresas y otras instituciones. Estos aspectos, a diferencia de las motivaciones anteriormente mencionadas, no son causa en sí de cooperación, sino factores que en determinado momento pueden potenciar su utilización como estrategia de innovación. En la literatura sobre organización industrial, en concreto, se han analizado dichos factores, considerando fundamentalmente el efecto de dos tipos de *spillovers*: los de entrada y los de salida. Los primeros hacen referencia al conocimiento disponible externamente y que la empresa puede emplear en sus procesos de innovación, mientras que los segundos se refieren a la información que fluye fuera de la empresa como producto de una apropiación incompleta de sus esfuerzos innovadores. En términos generales, se considera que los *spillovers* de entrada fomentan la cooperación, mientras que los de salida pueden desincentivarla, especialmente si ésta se lleva a cabo con empresas pertenecientes a la misma industria. En el caso específico de la cooperación con agentes científicos, algunos trabajos han aportado la evidencia que destaca la relación positiva existente entre dicha cooperación y la presencia en la industria de fuertes *spillovers* de entrada provenientes de las universidades y los organismos de investigación [7]<sup>3</sup>.

Otro factor que se ha relacionado con la cooperación es la intensidad tecnológica del sector al que pertenece la empresa. En este sentido, se ha argumentado que cuando la complejidad tecnológica del sector aumenta es muy difícil que las empresas alcancen por sí mismas el conocimiento requerido para llevar a cabo sus actividades innovadoras, viéndose obligadas a cooperar con otras empresas o instituciones con el fin de responder rápidamente a las exigencias del mercado. No obstante, los estudios empíricos realizados no han ofrecido resultados concluyentes sobre esta afirmación. Mientras que

**Nota 3.** En general, la literatura sobre organización industrial se ha centrado en el análisis de la cooperación con competidores, prestando poca atención a aquella que se establece con otro tipo de agentes, especialmente con universidades e institutos de investigación. Los estudios de Belderbos et al. [7], y Veugelers y Cassiman [43] son algunos de los pocos que analizan el efecto de los *spillovers* sobre la cooperación con universidades.

algunos autores [4, 7] han encontrado una relación positiva entre el nivel tecnológico y el número de alianzas tecnológicas establecidas, otros no corroboran dicha relación [30].

En lo concerniente a las características empresariales, dos han sido los factores más analizados: el tamaño y la capacidad científico-tecnológica de la empresa. En lo relativo al tamaño, los resultados empíricos vuelven a ser nuevamente contradictorios. Estudios como los de Cassiman y Veugelers [10], y Bayona *et al.* [4] ofrecen evidencia a favor de una relación positiva entre este factor y la cooperación, mientras que en otros [35, 36] no se detecta ninguna relación entre estas variables. Un mayor consenso parece existir en el caso de la capacidad científico-tecnológica de la empresa en donde, siguiendo el concepto de capacidad de absorción, se ha reconocido la existencia de una relación positiva entre este factor y el establecimiento de acuerdos de colaboración. Esta última relación ha encontrado respaldo empírico en los estudios de Arora y Gambardella [2], Cassiman y Veugelers [11], y Belderbos *et al.* [7]<sup>4</sup>.

Otros factores empresariales analizados en la literatura, aunque en menor medida que los anteriores, son los relacionados con la pertenencia a un grupo y la ubicación de la casa matriz. La pertenencia a un grupo puede incentivar la cooperación en la medida en que permite a la empresa acceder a los recursos tecnológicos y financieros del mismo, aunque a la vez puede generar menos incentivos para cooperar con socios externos. Por otra parte, la ubicación de la casa matriz en un país diferente a aquél donde se encuentra la empresa, puede influir negativamente en la cooperación en la medida en que se concentren las actividades de I+D en la sede, debilitando de esta forma la capacidad científico-tecnológica de la empresa. Estos factores se han analizado en los trabajos de Belderbos *et al.* [7], y Miotti y Sachwald [30], aunque los resultados obtenidos no han sido del todo concluyentes<sup>5</sup>.

**Nota 4.** La idea central contrastada en estos estudios empíricos es básicamente la misma: las empresas con mayor base de conocimiento interno son más proclive a establecer alianzas con otras organizaciones. No obstante, las variables que se relacionan con la cooperación tienden a ser diferentes: Arora y Gambardella [2], por ejemplo, emplean como medida de las capacidades científicas de la empresa el número de artículos publicados por el personal en relación a las ventas; Cassiman y Veugelers [11] emplean la intensidad en I+D (gastos en I+D/cifra de negocios); mientras que Belderbos *et al.* [7] utilizan el porcentaje de personal dedicado a actividades de I+D en relación al número total de empleados de la empresa.

**Nota 5.** Belderbos *et al.* [7] encontraron una relación positiva y significativa entre pertenecer a un grupo y cooperar con clientes y proveedores y, al mismo tiempo, una relación negativa, aunque no significativa, entre este factor y cooperar con competidores. En este mismo estudio, la ubicación de la casa matriz en un país diferente al de la sede de la empresa presentó un efecto negativo sobre la cooperación, aunque sólo significativo en el caso de las alianzas con los competi-

Finalmente, otro factor que se ha asociado como determinante de la cooperación con agentes científicos, y se encuentra relacionado con las motivaciones de carácter táctico, es la obtención de apoyo financiero público (préstamos, subvenciones, etc.) para el desarrollo de actividades de innovación. El efecto de este factor se presume positivo, en la medida en que gran parte de los esquemas públicos de apoyo a la innovación están orientados específicamente a apoyar el desarrollo de proyectos colaborativos entre empresas y organismos de investigación. En el caso de España, concretamente, los estudios realizados por Bayona *et al.* [4], y Heijs *et al.* [26] aportan evidencia empírica a favor de una relación positiva entre la participación en programas públicos de apoyo a la innovación y la cooperación entre empresas y agentes científicos.

## **2.2. La cooperación y el desempeño innovador de la empresa**

En términos generales, el análisis del efecto de la cooperación sobre el desempeño innovador de la empresa ha recibido menos atención en la literatura empírica que el estudio de sus determinantes. Los trabajos sobre este tema se han llevado a cabo más recientemente, gracias, en gran parte, al desarrollo que han tenido las encuestas nacionales de innovación. Con todo, al igual que ha ocurrido con los estudios de los determinantes, los trabajos realizados en este campo han seguido metodologías diferentes, en función de la selección de la muestra objeto de estudio y de la definición de las variables empleadas, tanto para medir la cooperación como para evaluar el desempeño innovador.

En la mayor parte de los trabajos se ha analizado el efecto de la cooperación tomando como caso de estudio la industria manufacturera de un país en particular. Tal es el caso de los realizados por Becker y Dietz [6] en Alemania, Miotti y Sachwald [30] en Francia, Amara y Landry [1] en Canadá, o Belderbos *et al.* [8] en los Países Bajos. No obstante, también se han desarrollado trabajos que abordan un ámbito geográfico mayor, como el llevado a cabo por Caloghirou *et al.* [9] en siete países europeos (Grecia, Italia, Dinamarca, Reino Unido, Francia, Alemania y los Países Bajos), y otros estudios que se centran en tipos específicos de empresa, como el de Chang [13] sobre la

industria biotecnológica y de circuitos integrados, o el de Kaiser [28] sobre las empresas del sector servicios.

Con relación al desempeño innovador, se han utilizado también diversos indicadores, entre ellos la propensión a patentar [30], el porcentaje de ventas debido a productos nuevos o mejorados [30, 9, 19], el grado de novedad de la innovación de producto [1] y la introducción de una innovación tecnológica en el mercado [6].

En general, los estudios empíricos realizados han puesto de manifiesto que tanto el tipo de socio como el sector industrial al que pertenece la empresa constituyen variables clave a la hora de determinar el efecto que ejerce la cooperación. Para analizar conjuntamente estos aspectos, algunos autores han optado por emplear la taxonomía sectorial propuesta por Pavitt [34] y por distinguir los diferentes agentes con los que la empresa coopera. Así, Freel [21] sigue esta estrategia en su investigación sobre los patrones de innovación de PYMEs del Reino Unido, e identifica variaciones industriales asociadas a una mayor importancia relativa de la cooperación con universidades e institutos de investigación en el caso de las empresas basadas en la ciencia, y de la cooperación con proveedores en el caso de las empresas dominadas por éstos. Miotti y Sachwald [30], por su parte, encuentran que la cooperación entre empresas francesas y universidades influye positivamente sobre la propensión a patentar por parte de la empresa, pero no sobre el porcentaje de ventas debido a la introducción de productos nuevos en el mercado. En contraste, Faems *et al.* [19] y Belderbos *et al.* [8] encuentran, para las empresas belgas, evidencia de una relación positiva entre la cooperación con universidades y el porcentaje de ventas debido a productos innovadores.

En resumen, si bien existen diversos trabajos sobre la efectividad de la cooperación como estrategia de innovación, lo cierto es que los resultados obtenidos hasta la fecha no son del todo concluyentes, especialmente cuando se integran en el análisis aspectos como el tipo de socio y las características de la industria en la que opera la empresa. En el caso específico de la cooperación con universidades, lo cierto es que la mayor parte de los trabajos realizados se han centrado en el estudio de sectores intensivos en I+D, en contextos tecnológicamente desarrollados [29]. En este sentido, si bien los trabajos ponen de manifiesto el efecto positivo sobre la innovación industrial de la cooperación con universidades, éste no deja de ser



un resultado parcial que necesita complementarse con estudios más amplios que consideren una mayor diversidad de sectores industriales.

### 3. Datos y metodología

#### 3.1. Datos

Los datos utilizados en el análisis empírico provienen del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) desarrollado conjuntamente por el INE, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), y la Fundación COTEC<sup>6</sup>.

La información recogida en el PITEC se basa en las Encuestas de Innovación Tecnológica (EIT) e I+D que desde el año 2002 realiza de forma coordinada el INE. Para el año 2004, el PITEC cuenta, aproximadamente, con una muestra total de 4.400 empresas manufactureras, distribuidas a lo largo del territorio español. No obstante, este capítulo se centra en el colectivo de empresas activas en innovación, únicas que contestan a todas las preguntas del cuestionario, entre las que se encuentran aquellas relativas a la cooperación con agentes externos en actividades de innovación. La muestra definitiva, después de eliminar las empresas no activas en innovación y aquellas observaciones indicadas en los ficheros como incidencias que podrían producir comparaciones anómalas (empresa de nueva creación, fusiones, venta o cierre de la empresa), es de 3.311 empresas, agrupadas en 28 sectores industriales diferentes de acuerdo a la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-1993).

La cooperación como estrategia de innovación puede adoptar una gran variedad de formas en función del número de socios, el estado competitivo de la tecnología, la participación patrimonial, el alcance de los mismos, etc. [27]. Una diferenciación básica es aquella que distingue entre las participaciones accionariales (*joint ventures*), y los acuerdos formales orientados a realizar actividades conjuntas de I+D e innovación [22]<sup>7</sup>. En este capítulo, el interés se centra en

**Nota 6.** La base de datos generada se encuentra disponible públicamente en el portal del Observatorio Español de la Innovación y del Conocimiento-ICONO (<http://icono.fecyt.es>) y se presenta en un sistema de ficheros coordinados, a razón de un fichero por año cubierto en el panel, el cual se acompaña de toda la información necesaria para su interpretación y uso.

**Nota 7.** Los acuerdos contractuales son, por lo general, relaciones a corto plazo que permiten intercambiar experiencias y recursos entre las partes. Los *joint ventures*, por el contrario, implican la creación de una nueva entidad coordinada por los socios, encargada de controlar y llevar a cabo el trabajo de investigación. En este segundo caso, no sólo se comparten los recursos y el desarrollo de las actividades de I+D sino también las pérdidas y ganancias.

esta última forma de cooperación, única para la cual se dispone de información a partir de la Encuesta de Innovación Tecnológica.

### 3.2. Metodología

El modelo de análisis adoptado en esta investigación está compuesto de dos etapas. En la primera etapa se analizan los factores y las motivaciones que llevan a la empresa a cooperar con universidades y centros tecnológicos y, en la segunda, se evalúa el efecto que ejerce dicha cooperación sobre el desempeño innovador de la empresa. Contempladas de forma separada, las etapas anteriores constituyen temas que han sido objeto de investigación y exploración empírica en trabajos anteriores, algunos de los cuales han sido señalados en el segundo apartado. Aun así, su integración en un marco de análisis común no es un aspecto habitual en este tipo de literatura. La adopción de esta perspectiva constituye una de las principales contribuciones del presente capítulo y permitirá alcanzar un mejor entendimiento de los procesos asociados a la cooperación científica, al considerar tanto sus determinantes como su efectividad en la promoción del desempeño innovador de la empresa.

Para el desarrollo de la primera etapa se aplica un modelo de regresión logística en el que la variable dependiente es la cooperación científica. Esta variable toma el valor 1, si la empresa ha cooperado con universidades u organismos públicos de investigación durante el periodo 2002-2004, y el valor 0 en caso contrario. En el modelo se incluye una serie de variables explicativas que se han definido teniendo en cuenta tanto los factores (empresariales e industriales) y las motivaciones (tácticas y estratégicas) que se han identificado en la literatura como posibles determinantes de la decisión de cooperar, como la información disponible a partir de la encuesta de innovación.

En lo que respecta a los factores, se incluyen tres grupos de variables. El primero se asocia a características empresariales, tales como el tamaño y la pertenencia a un grupo de empresas. El efecto del tamaño se analiza teniendo en cuenta la cifra de negocios de la empresa en el año 2004, y se evalúa a través de una variable que emplea la especificación logarítmica ( $\ln(\text{tamaño})$ )<sup>8</sup>. Por su parte, la pertenencia a un grupo empresarial se evalúa mediante dos variables dicotómicas

**Nota 8.** El uso de la especificación logarítmica es una práctica habitual en este tipo de estudios y permite controlar los efectos no lineales del tamaño [43].

que indican si la empresa pertenece a un grupo cuya sede central se encuentra en España (grupo nacional), o si pertenece a un grupo cuya sede se encuentra en el extranjero (grupo internacional).

El segundo grupo de variables intenta capturar el efecto que ejerce la intensidad tecnológica del sector industrial al que pertenece la empresa sobre la propensión a cooperar. En concreto, se incluyen tres variables dicotómicas que indican si la empresa pertenece a sectores clasificados como de baja tecnología (baja tecnología), de media-alta tecnología (media tecnología) o de alta tecnología (alta tecnología). La definición de estas tres categorías se ha realizado partiendo de la clasificación española de sectores de alta tecnología elaborada por el INE (véase el anexo).

El tercer grupo de variables se ha definido atendiendo a la literatura sobre organización industrial y tiene como objetivo medir el efecto que ejercen los «*spillovers* de entrada» derivados de tres tipos de agentes diferentes: a) universidades y OPIs (*spillover* científico), b) proveedores y clientes (*spillover* vertical), y c) competidores (*spillover* horizontal). Estas variables se calculan teniendo en cuenta la importancia (valorada en el rango 1-4) que la empresa atribuye a cada uno de estos agentes como fuentes de información para el desarrollo de actividades de innovación<sup>9</sup>. En términos generales, la hipótesis asociada a estas variables consiste en que la cooperación con agentes científicos es más probable si existen fuertes «*spillovers* de entrada» derivados de dichos agentes, mientras que es independiente de los *spillovers* que provienen de los proveedores o de los competidores.

Por otra parte, la importancia de las motivaciones tácticas (disminución de costes) y estratégicas (adquisición de recursos complementarios) como determinantes de la cooperación se analiza a través de las variables «obstáculos económicos» y «obstáculos organizativos», respectivamente. Estas variables se han diseñado teniendo en cuenta la valoración otorgada por la empresa a un conjunto de factores económicos (elevado coste de la innovación, falta de recursos económicos) y organizacionales (falta de personal cualificado, falta de conocimiento sobre tecnología y mercados) como obstáculos para el desarrollo de actividades de innovación. En concreto, estas variables se han calculado como valor promedio del grado de importancia

**Nota 9.** En el caso específico de las variables *spillover* científico y *spillover* vertical, el indicador final corresponde a la valoración promedio que la empresa atribuye a los diferentes agentes asociados a cada tipo de *spillover*: universidades y OPI, por una parte, y proveedores y clientes, por otra.

(valorado en el rango 1-4) que la empresa atribuye a los diferentes factores asociados a cada categoría<sup>10</sup>.

Finalmente, en el modelo se incluye un último grupo de variables dicotómicas que miden el efecto que ejerce sobre la cooperación con agentes científicos el hecho de haber recibido apoyo financiero por parte de las entidades públicas del ámbito local («financiación local»), nacional («financiación nacional») y europeo («financiación europea») del desarrollo de actividades de innovación. Dicho apoyo incluye la financiación mediante diferentes tipos de instrumentos (créditos, subvenciones, deducciones fiscales, etc.), que no tienen necesariamente que obedecer a esquemas orientados a la promoción de la cooperación.

En la tabla 16.1 se presenta una descripción de las variables anteriormente mencionadas, junto a sus estadísticos descriptivos.

Para analizar el efecto que ejerce la cooperación sobre el desempeño innovador de la empresa (etapa 2), se estima un segundo modelo que contempla como variable dependiente el grado de novedad de la innovación de producto (novedad de la innovación). Esta variable puede asumir tres posibles valores: 0, si la empresa no ha introducido ningún producto nuevo o mejorado en el mercado durante el periodo 2002-2004; 1, si ha introducido un producto que constituye una novedad únicamente para la empresa, y 2, si ha introducido un producto que constituye una novedad en el mercado. Se ha optado por utilizar esta variable, teniendo en cuenta que algunos investigadores han indicado que cuanto mayor sea la novedad de la innovación de producto desarrollada por la empresa, mayor será la importancia de la cooperación con agentes científicos como estrategia de innovación [1]. Dado que en este caso la variable dependiente puede adoptar tres valores, se emplea como técnica de estimación la regresión logística multinomial, tomando como categoría de referencia el hecho de que la empresa no haya desarrollado ningún producto nuevo durante el periodo 2002-2004. En consecuencia, los coeficientes estimados para cada variable a través del modelo de regresión deben interpretarse,

**Nota 10.** Si bien estas variables no miden directamente las motivaciones que llevan a la empresa a cooperar con agentes científicos, su inclusión en el modelo puede ofrecer una idea aproximada de la importancia de las mismas. En este sentido, por ejemplo, un efecto significativo y positivo de la variable obstáculos económicos indicaría que cuanto mayor es la importancia que la empresa atribuye a factores económicos como obstáculos a la innovación, mayor es la cooperación con agentes científicos, lo que indirectamente sugeriría que dicha cooperación puede estar motivada por la posibilidad de compartir los costes de la innovación con otros socios. De forma similar, un efecto significativo y positivo de la variable obstáculos organizativos podría interpretarse como evidencia a favor de que la cooperación está motivada por el acceso a recursos complementarios del socio (personal cualificado, conocimiento sobre la tecnología, etc.).

según sea el caso, como el efecto de dicha variable sobre la introducción de productos nuevos en la empresa (innovaciones menores) o en el mercado (innovaciones mayores) con relación al no desarrollo de ninguna innovación de producto.

> **Tabla 16.1.** Descripción de las variables utilizadas en la etapa 1 (determinantes de la cooperación)

Variables independientes		Descripción de la variable	Media	Desviación estándar
Características empresariales	Lntamaño	Tamaño de la empresa, medido como el logaritmo natural de la cifra de negocios de la empresa en el año 2004	16,28	1,71
	Grupo nacional	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un grupo cuya sede central está en España, y 0 en caso contrario	0,24	0,43
	Grupo internacional	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un grupo cuya sede central está fuera de España, y 0 en caso contrario	0,16	0,36
Características industriales	Baja tecnología	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a la categoría de empresas de baja tecnología, y 0 en caso contrario	0,50	0,50
	Media tecnología	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a la categoría de empresas de media tecnología y 0 en caso contrario	0,38	0,48
	Alta tecnología	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a la categoría de alta tecnología, y 0 en caso contrario	0,13	0,33
Spillovers de entrada	Spillover científico	Promedio de la importancia atribuida a las universidades y OPIs como fuente de información en el desarrollo de actividades de innovación. Variable continua que toma valores en el rango 1-4, siendo 4 el mayor grado de importancia	1,65	0,83
	Spillover vertical	Promedio de la importancia atribuida a los proveedores y clientes como fuente de información en el desarrollo de actividades de innovación. Variable continua que toma valores en el rango 1-4, siendo 4 el mayor grado de importancia	2,55	0,89

Tabla 16.1. (Continuación)

Variables independientes		Descripción de la variable	Media	Desviación estándar
<i>Spillovers de entrada</i>	<i>Spillover horizontal</i>	Importancia de los competidores u otras empresas de su misma rama de actividad como fuente de información en la innovación. Variable discreta que toma valores en el rango 1-4, siendo 4 el mayor grado de importancia	2,19	1,05
<i>Obstáculos a la innovación</i>	Obstáculos económicos	Promedio de la importancia atribuida a factores económicos (falta de fondos en la empresa o grupo de empresas, falta de financiación de fuentes externas, alto coste de la innovación) como obstáculos en la innovación. Variable continua que toma valores en el rango 1-4, siendo 4 el mayor grado de importancia	2,69	0,90
	Obstáculos organizativos	Promedio de la importancia atribuida a factores organizativos (falta de personal cualificado, falta de información sobre la tecnología, falta de información sobre los mercados) como obstáculos en la innovación. Variable continua que toma valores en el rango 1-4, siendo 4 el mayor grado de importancia	2,24	0,76
<i>Financiación pública de la Innovación</i>	Financiación local	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha recibido apoyo financiero de las Administraciones locales o autonómicas en el desarrollo de actividades de innovación durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,31	0,46
	Financiación nacional	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha recibido apoyo financiero de las Administraciones del Estado en el desarrollo de actividades de innovación durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,28	0,45
	Financiación europea	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha recibido apoyo financiero de la Unión Europea en el desarrollo de actividades de innovación durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,07	0,26

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

Atendiendo a los objetivos planteados, la cooperación con agentes científicos (cooperación científica) se introduce como variable ex-

plicativa, junto al tamaño de la empresa (*lntamaño*) y tres variables adicionales, asociadas con otros tipos de cooperación. En concreto, se incluye la cooperación con proveedores y clientes (cooperación vertical), la cooperación con competidores (cooperación horizontal) y la cooperación con centros tecnológicos (*cooperación\_ct*). Asimismo, se incluye como variables explicativas adicionales el uso de otras estrategias de innovación por parte de la empresa, relacionadas tanto con el desarrollo interno como con la adquisición externa de conocimiento. De esta forma, se tiene en cuenta el desarrollo de actividades internas de I+D (I+D interna), la contratación externa de servicios de I+D (I+D externa), la adquisición de tecnología inmaterial bajo la forma de patentes, marcas de fábrica, software, etc. (tecnología), la compra de maquinaria y equipos orientados específicamente al desarrollo de algún tipo de innovación tecnológica (maquinaria), y el desarrollo de actividades de formación orientadas a la innovación (formación).

A diferencia del análisis realizado en la primera etapa, en este caso la estimación del modelo se lleva a cabo para tres submuestras diferentes, representadas por las tres categorías sectoriales consideradas en este estudio: baja, media-alta y alta tecnología. Lo anterior permitirá analizar con mayor detalle la existencia de posibles variaciones industriales relacionadas con el efecto de la cooperación. Una descripción general de las variables incluidas en esta segunda etapa se presenta en la tabla 16.2.

Teniendo en cuenta la industria manufacturera en su conjunto, se observa que la cooperación con clientes y proveedores (cooperación vertical) es el tipo de cooperación más habitual, empleada por el 25% de las empresas de la muestra. No obstante, este porcentaje es menor si se compara, por ejemplo, con el uso de otras estrategias de innovación, tales como el desarrollo interno de actividades de I+D e incluso la adquisición de maquinaria y equipo. La cooperación con agentes científicos, por su parte, ocupa el segundo lugar dentro de los tipos de cooperación más usual, superando la que se lleva a cabo con centros tecnológicos y con los competidores. Este resultado está en línea con lo señalado por otros autores [12] y pone de manifiesto que, a pesar del bajo nivel de cooperación de las empresas españolas en comparación con la media europea, las que cooperan tienden a relacionarse relativamente más con universidades que con otros tipos de agentes.

> **Tabla 16.2.** Descripción de las variables utilizadas en la etapa 2 (efecto de la cooperación)

Variable	Descripción de la variable	Empresas de baja tecnología	Empresas de media-alta tecnología	Empresas de alta tecnología	Total muestra industria manufacturera
<i>Novedad de la innovación</i>	Variable ordinal que toma tres posibles valores: 0, si la empresa no ha introducido ningún producto nuevo o mejorado en el mercado durante el periodo 2002-2004; 1, si ha introducido un producto que constituye una novedad únicamente para la empresa; 2, si ha introducido un producto que representa una novedad en el mercado	1,06 (0,85)*	1,25 (0,79)	1,25 (0,81)	1,15 (0,83)
<i>Entamaño</i>	Tamaño de la empresa, medido como el logaritmo natural de la cifra de negocios de la empresa en el año 2004	16,39 (1,67)	16,27 (1,69)	15,88 (1,88)	16,28 (1,71)
<i>Cooperación científica</i>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha cooperado con universidades u OPIs durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,14 (0,35)	0,20 (0,40)	0,28 (0,45)	0,18 (0,38)
<i>Cooperación vertical</i>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha cooperado con clientes o proveedores durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,23 (0,42)	0,27 (0,44)	0,28 (0,45)	0,25 (0,43)
<i>Cooperación horizontal</i>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha cooperado con competidores durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,06 (0,23)	0,08 (0,26)	0,10 (0,30)	0,07 (0,26)
<i>Cooperación ct</i>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha cooperado con centros tecnológicos durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,14 (0,35)	0,15 (0,36)	0,14 (0,35)	0,15 (0,35)
<i>I+D interna</i>	Variable ordinal que toma tres posibles valores: 0, si la empresa no ha realizado actividades de I+D durante el periodo 2002-2004; 1, si ha realizado este tipo de actividades de forma ocasional durante el mismo periodo; 2, si las ha realizado de manera continua	1,36 (0,83)	1,61 (0,68)	1,74 (0,57)	1,50 (0,76)



Tabla 16.2. (Continuación)

Variable	Descripción de la variable	Empresas de baja tecnología	Empresas de media-alta tecnología	Empresas de alta tecnología	Total muestra industria manufacturera
<i>I+D externa</i>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha contratado actividades de I+D con agentes externos durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,51 (0,50)	0,47 (0,50)	0,55 (0,50)	0,50 (0,50)
<i>Tecnología</i>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha adquirido conocimientos externos no incluidos en la I+D (patentes, conocimientos técnicos, etc.) durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,14 (0,35)	0,16 (0,36)	0,19 (0,39)	0,15 (0,36)
<i>Maquinaria</i>	Variables dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha adquirido maquinaria, equipo, hardware o software destinados a la innovación durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,51 (0,50)	0,46 (0,50)	0,49 (0,50)	0,49 (0,50)
<i>Formación</i>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha llevado a cabo actividades de formación para la innovación durante el periodo 2002-2004, y 0 en caso contrario	0,45 (0,50)	0,50 (0,50)	0,57 (0,50)	0,48 (0,50)
<b>N.º de empresas</b>		1.644	1.247	420	3.311

\* Las cifras en las casillas corresponden a la media y la desviación estándar (entre paréntesis).

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

La escasa cooperación con los competidores (cooperación horizontal) no es un resultado que sorprenda. Si bien estos agentes pueden llegar a ser socios importantes para llevar a cabo proyectos particularmente costosos, el hecho de que operen en mercados similares implica riesgos elevados. La posibilidad de que un competidor tenga acceso a recursos de I+D propios o de que se beneficie de «*spillovers* involuntarios» como producto de la cooperación, constituyen fuertes desincentivos para establecer alianzas con estos agentes [10, 30].

En lo que respecta a los patrones de cooperación por categoría sectorial, destacan dos aspectos: el primero es que conforme aumenta la intensidad tecnológica del sector al que pertenece la empresa, ésta tiende a cooperar más con agentes externos, y el segundo, que el incremento de la cooperación en sectores de tecnología media-alta y alta, comparado con los de baja tecnología, es proporcionalmente mayor en el caso de la cooperación con agentes científicos (universidades u OPIs). Estos resultados están en consonancia con lo expresado normalmente en la literatura, e indican que conforme aumenta la intensidad tecnológica de la industria, los agentes científicos se convierten en socios más habituales para el desarrollo de actividades de innovación.

## **4. Resultados**

### **4.1. Los determinantes de la cooperación científica**

La tabla 16.3 muestra los resultados del modelo relacionado con los determinantes de la cooperación con agentes científicos (etapa 1). En este caso, dado el carácter dicotómico de la variable dependiente, la técnica de estimación empleada ha sido la regresión logística binaria. Los valores de la prueba Chi-cuadrado para los grados de libertad correspondientes sugieren el rechazo de la hipótesis nula de que todos los parámetros, exceptuando la intersección, son iguales a 0, con un nivel de significancia del 1%.

Tal y como se observa en la tabla 16.3, el tamaño de la empresa (Lntamaño) ejerce un efecto significativo y positivo sobre la cooperación con agentes científicos. Este resultado es, en gran parte, consistente con lo expresado en la literatura. En este sentido, si bien no existen resultados concluyentes, suele plantearse que cuanto mayor sea el tamaño de la empresa, mayor serán los recursos disponibles en la organización, lo que facilita el establecimiento de acuerdos de colaboración con agentes externos, especialmente con aquellos que no pertenecen a la cadena industrial.

Siguiendo una lógica similar a la anterior, cabría esperar que la pertenencia a un grupo empresarial tuviese un efecto positivo sobre la cooperación con agentes científicos, dado la posibilidad que tiene la empresa de apalancar recursos de su grupo. Sin embargo, los resultados obtenidos no ofrecen evidencia a favor de esta relación. Una posible explicación para este resultado sea que las empresas que pertenecen

a un grupo se encuentren afiliadas a otras empresas que lleven a cabo las actividades de innovación necesarias o concentren los esfuerzos innovadores del grupo, por lo que la cooperación con agentes externos al grupo no constituya una estrategia relevante. De hecho, algunos trabajos previos muestran que, en el caso de la industria manufacturera española, las empresas que operan como filiales de grupos empresariales tienen menor probabilidad de llevar a cabo actividades de innovación, y probablemente dejan esta decisión en manos de la casa matriz [41]. Investigar este hecho con más detenimiento constituye un aspecto importante para explicar la relación entre la estructura de la industria española y los patrones de cooperación de las empresas.

> **Tabla 16.3.** *Determinantes de la cooperación científica*

VARIABLES INDEPENDIENTES	B	E.T.
Constante	-6,876***	0,691
Ln tamaño	0,154***	0,039
Grupo nacional	0,163	0,136
Grupo internacional	0,195	0,176
Alta tecnología	0,639***	0,158
Media tecnología	0,358***	0,117
Baja tecnología («variable de referencia»)	---	---
Spillover científico	1,300***	0,072
Spillover vertical	-0,105	0,077
Spillover horizontal	-0,018	0,063
Obstáculos económicos	-0,100	0,071
Obstáculos organizativos	0,062	0,082
Financiación local	0,359***	0,115
Financiación nacional	0,553***	0,117
Financiación europea	0,894***	0,168
R <sup>2</sup>	0,35	
Chi-cuadrado (gl)	785,83 (13)	

\*\*\* Significante al 1%.

**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

En lo que respecta a las características de la industria, los resultados corroboran la existencia de una relación positiva y signi-

ficativa entre la intensidad tecnológica del sector en el que opera la empresa y la cooperación con agentes científicos. Los coeficientes presentados en la tabla 16.3 con relación a las variables sectoriales se han estimado tomando como referencia la categoría de empresas de baja tecnología. En este sentido, se observa que, en comparación con las empresas pertenecientes a sectores de baja intensidad tecnológica, las ubicadas en sectores catalogados de media-alta y alta tecnología tienden a cooperar más con universidades y OPIs. Este resultado demuestra que cuanto mayor es la complejidad tecnológica del sector, más probable es que los agentes científicos sean utilizados como socios potenciales para el desarrollo de actividades de innovación.

Por otra parte, la hipótesis asociada al efecto de los *spillovers* también queda comprobada. La variable *spillover* científico ejerce un efecto significativo y positivo, mientras que las variables *spillover* horizontal y *spillover* vertical carecen de significación. En este sentido, se comprueba que la cooperación con agentes científicos es más probable cuando en la industria existen fuertes *spillovers* derivados de dichos agentes, mientras que es independiente de la existencia de *spillovers* provenientes de otras fuentes.

Por último, en relación con el análisis de las motivaciones, el modelo econométrico no ofrece resultados concluyentes. Las variables obstáculos económicos y obstáculos organizativos, empleadas para valorar de forma indirecta la importancia de las motivaciones tácticas y estratégicas, no resultaron significativas en la estimación. Este resultado es contrario al señalado por Veugelers y Cassiman [43] quienes, empleando variables similares, encontraron que la cooperación con agentes científicos es más probable cuando la empresa valora los factores económicos como obstáculos importantes para la innovación. No obstante, vale la pena destacar la alta importancia que tienen las variables asociadas con la obtención de apoyo financiero público (financiación local, financiación nacional y financiación europea). Este resultado tiene dos implicaciones importantes: en primer lugar, y en línea con lo señalado en otras investigaciones [5, 30], pone de manifiesto la efectividad que tienen las políticas públicas como instrumento para el fomento de la cooperación, especialmente con agentes científicos; en segundo lugar, sugiere que la cooperación con estos agentes está fuertemente asociada a la posibilidad de encontrar financiación pública para las actividades de innovación, lo que

indirectamente destaca la importancia que tienen las motivaciones tácticas en el establecimiento de este tipo de cooperación.

#### **4.2. El efecto de la cooperación científica sobre la innovación de producto**

La tabla 16.4 muestra los resultados del análisis referido al efecto de la cooperación científica sobre el desempeño innovador de la empresa (etapa 2). Los valores Chi-cuadrado para los grados de libertad correspondientes a cada una de las estimaciones sugieren el rechazo de la hipótesis nula de que todos los parámetros, exceptuando la intersección, sean iguales a 0, con un nivel de significancia del 1%.

Los resultados presentados en la tabla 16.4 ponen de manifiesto algunos aspectos de interés. El primero de ellos, asociado con el objetivo principal de esta investigación, es el relacionado con la no significancia de la variable cooperación científica. En términos generales, los resultados indican que la cooperación con agentes científicos no ejerce ningún efecto significativo sobre la innovación de producto, incluso en sectores de alta intensidad tecnológica. En otras palabras, en el contexto de la industria manufacturera española la cooperación con universidades y OPIs no parece ser una estrategia eficiente en el desarrollo de nuevos productos, ni siquiera en aquellos que suponen un mayor grado de novedad. Este resultado sugiere que, en contextos como el español, el énfasis que se le ha dado a las universidades como fuentes directas de conocimiento para los procesos de innovación podría ser un poco exagerado. En este sentido, quizá convenga prestar más atención, tanto en el ámbito político como en el académico, a las contribuciones indirectas de estos agentes, derivadas, entre otras posibilidades, de la formación de personal humano cualificado y su inserción en las empresas.

En contraste con el resultado anterior, se observa que la cooperación que se lleva a cabo con clientes y proveedores (cooperación vertical) ejerce un efecto significativo sobre el desempeño innovador de la empresa, especialmente en sectores caracterizados por una baja intensidad tecnológica. Para este tipo de sectores, además, la compra de maquinaria y equipos representa una estrategia importante en el desarrollo de nuevos productos. Estos resultados están en línea con lo planteado en la literatura y concuerdan, por ejemplo, con lo señalado por Pavitt [34] en relación a la importancia que tienen los proveedores de maquinarias y equipos como fuente de innovación en

los sectores tradicionales de la manufactura. Adicionalmente, los resultados ponen de manifiesto la importancia que para las empresas pertenecientes a sectores de media-alta tecnología tiene la cooperación con centros tecnológicos.

> **Tabla 16.4.** Efecto de la cooperación científica sobre el desempeño innovador

Variables independientes	Empresas de baja tecnología				Empresas de media-alta tecnología				Empresas de alta tecnología			
	Nuevo para la empresa/ No ha innovado		Nuevo para el mercado/ No ha innovado		Nuevo para la empresa/ No ha innovado		Nuevo para el mercado/ No ha innovado		Nuevo para la empresa/ No ha innovado		Nuevo para el mercado/ No ha innovado	
	B	E.T.	B	E.T.	B	E.T.	B	E.T.	B	E.T.	B	E.T.
Constante	-0,116*		0,267***		0,470***		0,814***		0,211		0,646***	
Ltamaño	-0,010	0,068	0,081	0,064	-0,103	0,088	0,004	0,084	-0,075	0,142	-0,014	0,133
ID externa	-0,015	0,068	0,024	0,065	0,120	0,091	0,153*	0,087	-0,076	0,154	0,000	0,144
Maquinaria	0,123*	0,071	0,130**	0,067	0,180**	0,090	0,274***	0,086	0,084	0,155	0,114	0,145
Tecnología	0,045	0,075	0,139**	0,068	0,006	0,095	0,078	0,088	-0,015	0,155	0,030	0,142
Formación	0,106	0,074	0,242***	0,069	-0,126	0,089	0,014	0,085	0,331**	0,161	0,438***	0,150
I+D interna	0,206***	0,059	0,504***	0,060	0,538***	0,088	0,624***	0,085	0,243	0,176	0,351**	0,171
Cooperación vertical	0,159**	0,080	0,210***	0,074	0,093	0,100	0,109	0,095	0,142	0,179	0,281*	0,165
Cooperación horizontal	0,053	0,076	-0,073	0,074	-0,095	0,107	0,047	0,095	-0,009	0,156	0,082	0,141
Cooperación científica	-0,137	0,089	0,052	0,076	-0,050	0,108	0,077	0,100	0,097	0,151	-0,040	0,143
Cooperación ct	-0,013	0,084	0,076	0,074	0,294**	0,115	0,267**	0,110	0,213	0,211	0,303	0,198
N (3.311)	445/1.644		645/1.644		398/1.247		581/1.247		122/420		201/420	
Cox y Snell R <sup>2</sup>	0,120				0,120				0,119			
Chi-cuadrado (gl)	184,449 (20)				140,538 (20)				46,215 (20)			

\* Significante al 10% \*\* Significante al 5% \*\*\* Significante al 1%

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 2004.

Otro aspecto interesante que se desprende de la tabla 16.4 es la poca relevancia que tiene la contratación de servicios de I+D (I+D externa) como estrategia de innovación, en contraposición con la alta significancia que tiene el desarrollo interno de dichas actividades (I+D interna). De hecho, esta última estrategia se destaca por tener un efecto positivo y significativo en casi todas las estimaciones y

por ser la estrategia que más influye sobre el desarrollo de nuevos productos<sup>11</sup>. Este resultado pone de manifiesto que la innovación de producto es un proceso que se construye, ante todo, a partir de las capacidades internas de la empresa.

## 5. Conclusiones

Una idea muy extendida en la literatura y adoptada como directriz general en muchas de las políticas de innovación definidas recientemente ha sido el reconocimiento de la universidad y de los organismos de investigación como agentes clave para el fomento de la innovación industrial. Siguiendo esta corriente, se ha manifestado que la cooperación entre las empresas y dichos agentes constituye una de las estrategias más efectivas a la hora de promover el desempeño innovador y fomentar el desarrollo económico. Ello ha generado una constante presión sobre las universidades para que acerquen cada vez más sus actividades de investigación hacia las necesidades del sector productivo y, al mismo tiempo, ha llevado a los gobiernos a diseñar y poner en marcha políticas orientadas a la promoción de la cooperación entre estos agentes. El objetivo de este capítulo era aportar evidencia empírica sobre la efectividad que tiene este tipo de cooperación como estrategia de innovación, analizando a su vez los factores y las motivaciones que influyen en el desarrollo de la misma.

En línea con lo señalado en investigaciones previas, los análisis realizados muestran que la cooperación con agentes científicos está incentivada por una serie de características empresariales e industriales, asociadas principalmente al tamaño de la empresa y la intensidad tecnológica del sector industrial al que pertenece. Es así como las empresas más grandes y que se encuentran en sectores catalogados como de alta tecnología tienden a cooperar más con universidades y OPIs, en comparación con las empresas de menor tamaño, pertenecientes a sectores de baja intensidad tecnológica. Sin embargo, quizá el resultado más interesante que se desprende del análisis de los determinantes de la cooperación es que en el contexto español este

**Nota 11.** Las estimaciones del modelo econométrico se han realizado teniendo en cuenta los valores estandarizados de las diferentes variables explicativas. Este procedimiento permite comparar con mayor facilidad los coeficientes obtenidos a partir del modelo de regresión e identificar, según el valor de dicho coeficiente, qué variable explicativa ejerce mayor influencia sobre la variable dependiente.

tipo de cooperación parece estar más motivada por el acceso a recursos financieros, a través de la participación en programas públicos de apoyo a la innovación, que por la búsqueda e integración de conocimiento y habilidades complementarias de los socios. Ello puede explicar por qué, aunque se coopere proporcionalmente más con las universidades y con los OPIs que con otros tipos de agentes, éstos son escasamente valorados como una fuente de conocimiento importante para el desarrollo de actividades de innovación. De hecho, los resultados del análisis realizado en relación con la efectividad de la cooperación con agentes científicos muestra que dicha estrategia no ejerce ningún efecto significativo sobre el desempeño innovador de la empresa, incluso en aquellos sectores considerados intensivos en tecnología. Este resultado coincide con los obtenidos en estudios realizados en otros contextos y refuerza la idea de que las universidades actúan sólo ocasionalmente como una fuente directa de conocimiento para los procesos de innovación empresarial.

Lo anterior no significa en ningún caso que el papel de las universidades en los procesos de innovación sea irrelevante, simplemente sugiere que los cauces a través de los cuales su contribución se hace más efectiva no tienen que basarse en la investigación académica.

Si el objetivo de las políticas de innovación es incentivar la cooperación entre empresas y agentes científicos, los resultados señalados a lo largo de este capítulo indican que se está consiguiendo. Con todo, al mismo tiempo, ponen de manifiesto lo poco eficiente que puede ser en contextos como el español el fomento indiscriminado de este tipo de cooperación como estrategia de innovación empresarial. En este sentido, más allá de los clásicos subsidios o instrumentos financieros de fomento a la cooperación, las políticas de innovación deberían considerar como aspecto central el diseño de instrumentos que promuevan el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de la empresa.

En cualquier caso, la conclusión que se puede extraer en relación con el papel de las universidades y OPIs en los procesos de innovación es que tal vez convenga prestar más atención, tanto en el ámbito político como en el académico, a las contribuciones indirectas de estos agentes, derivadas, entre otras opciones, de la formación de personal humano cualificado y su inserción en las empresas. Estos mecanismos contribuirían a fortalecer las capacidades tecnológicas internas de la empresa que, tal y como parece a partir de los resul-



tados obtenidos, constituyen la base sobre la que se llevan a cabo los procesos de innovación empresarial, incentivando al tiempo el desarrollo de su capacidad de absorción.

## Referencias

- [1] Amara, N.; Landry, R. (2005): «Sources of innovation as determinants of novelty of innovation in manufacturing firms: evidence from the 1999 statistics Canada innovation survey», *Technovation*, 25, pp. 245-259.
- [2] Arora, A.; Gambardella, A. (1994): «Evaluating technological information and utilizing it: Scientific knowledge, technological capability and external linkages in biotechnology», *Journal of Economic Behavior and Organization*, 24, pp. 91-114.
- [3] Barney J. B. (1991): «Firm resources and sustained competitive advantage», *Journal of Management*, 17, pp. 99-120.
- [4] Bayona, C.; Garcia-Marco, T.; Huerta, E. (2001): «Firms' motivations for cooperative R&D: an empirical analysis of Spanish firms», *Research Policy*, 30, pp. 1.289-1.307.
- [5] Bayona, C.; Garcia-Marco, T.; Huerta, E. (2002): «Collaboration in R&D with universities and research centres: an empirical study of Spanish firms», *R&D Management*, 32, pp. 321-341.
- [6] Becker, W.; Dietz, J. (2004): «R&D cooperation and innovation activities of firms-evidence for the German industry», *Research Policy*, 33, pp. 209-223.
- [7] Belderbos, R.; Carree, M.; Diederer, B.; Lokshin, B.; Veugelers, R. (2004a): «Heterogeneity in R&D cooperation strategies», *International Journal of Industrial Organization*, 22, pp. 1.237-1.263.
- [8] Belderbos, R.; Carree, M.; Lokshin, B. (2004b): «Cooperative R&D and firm performance», *Research Policy*, 32, pp. 1.477-1.492.
- [9] Caloghirou, Y.; Kastelli, I.; Tsakanikas, A. (2004): «Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance?», *Technovation*, 24 (1), pp. 29-39.
- [10] Cassiman, B.; Veugelers, R. (1998): «R&D co-operation and spillovers: some empirical evidence», *Working paper*, 328, Universitat Pompeu Fabra.
- [11] Cassiman, B.; Veugelers, R. (2002): «R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium», *American Economic Review*, 92 (4), pp. 1.169-1.184.
- [12] Castro, E.; Fernández-de-Lucio, I. (2006): «La I+D empresarial y sus relaciones con la investigación pública española», en Sebastián, J.; Muñoz, E. (eds.), *Radiografía de la investigación pública en España*, Biblioteca Nueva, Madrid.
- [13] Chang, Y. C. (2003): «Benefits of co-operation on innovative performance: evidence from integrated circuits and biotechnology firms in the UK and Taiwan», *R&D Management*, 33, pp. 425-437.

- [14] Chesbrough, H. (2003): «The era of open innovation», *Sloan Management Review*, Summer, pp. 35-41.
- [15] Chesnais, F. (1988): «Technical cooperation agreement between independent firm, novel issues for economic analysis and the formulation of national technological policies», *STI Review*, 4, pp. 51-120.
- [16] Coase, R. (1937): «The Nature of the Firm», *Economica*, 4, pp. 386-405.
- [17] Coombs, R.; Richards, A.; Saviotti, P.; Walsh, V. (eds.) (1996): *Technological Collaboration. The Dynamics of Cooperation in Industrial Innovation*, pp. 18-33, Edward Elgar, Cheltenham.
- [18] Dodgson, M. (1992): «The strategic management of R&D collaboration», *Technology Analysis and Strategic Management*, 4 (33), pp. 227-244.
- [19] Faems, D.; Van Looy, B.; Debackere, K. (2004): «The role of interorganizational collaboration within innovation strategies: towards a portfolio approach», *Journal of Product Innovation management*.
- [20] Foray, D. (1991): «The secrets of industry are in the air: industrial co-operation and the organizational dynamics of the innovative firm», *Research Policy*, 20, p. 393.
- [21] Freel, M. (2003): «Sectoral patterns of small firm innovation, networking and proximity», *Research Policy*, 32, pp. 751-770.
- [22] Hagedoorn, J. (2002): «Inter-firm R&D partnerships: An overview of major trends and patterns since 1960», *Research Policy*, 31, pp. 477-492.
- [23] Hagedoorn, J. (1993): «Understanding the rationale of strategic technology partnering: inter-organizational modes of cooperation and sectoral differences», *Strategic Management Journal*, 14, pp. 371-385.
- [24] Hagedoorn, J.; Schakenraad, J. (1990): «Interfirm partnerships and cooperative strategies in core technologies», en Freeman, C.; Soete, L. (eds.), *New Explorations in the Economics of Technological Change*, Pinter, Londres.
- [25] Hamel, G. (1991): «Competition for competence and inter-partner learning within international strategic alliances», *Strategic Management Journal*, 12, pp. 63-103.
- [26] Heijs, J.; Herrera, L.; Buesa, M.; Saiz, J.; Valadez, P. (2005): «Efectividad de la política de cooperación en innovación: evidencia empírica española», *Papeles de Trabajo del Instituto de Estudios Fiscales*, 1/05.
- [27] Howells, J.; Andrew, J.; Malik, K. (2003): «The sourcing of technological knowledge: Distributed innovation processes and dynamic change», *R&D Management*, 33, pp. 395-409.
- [28] Kaiser, U. (2002): «An empirical test of models explaining research expenditures and research cooperation: evidence for the German service sector», *Research Policy*, 20, pp. 747-774.
- [29] Laursen, K.; Salter, A. (2004): «Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?», *Research Policy*, 33, pp. 1.201-1.215.
- [30] Miotti, L.; Sachwald, F. (2003): «Co-operative R&D: Why and with whom? An integrated framework of analysis», *Research Policy*, 32, pp. 1.481-1.499.

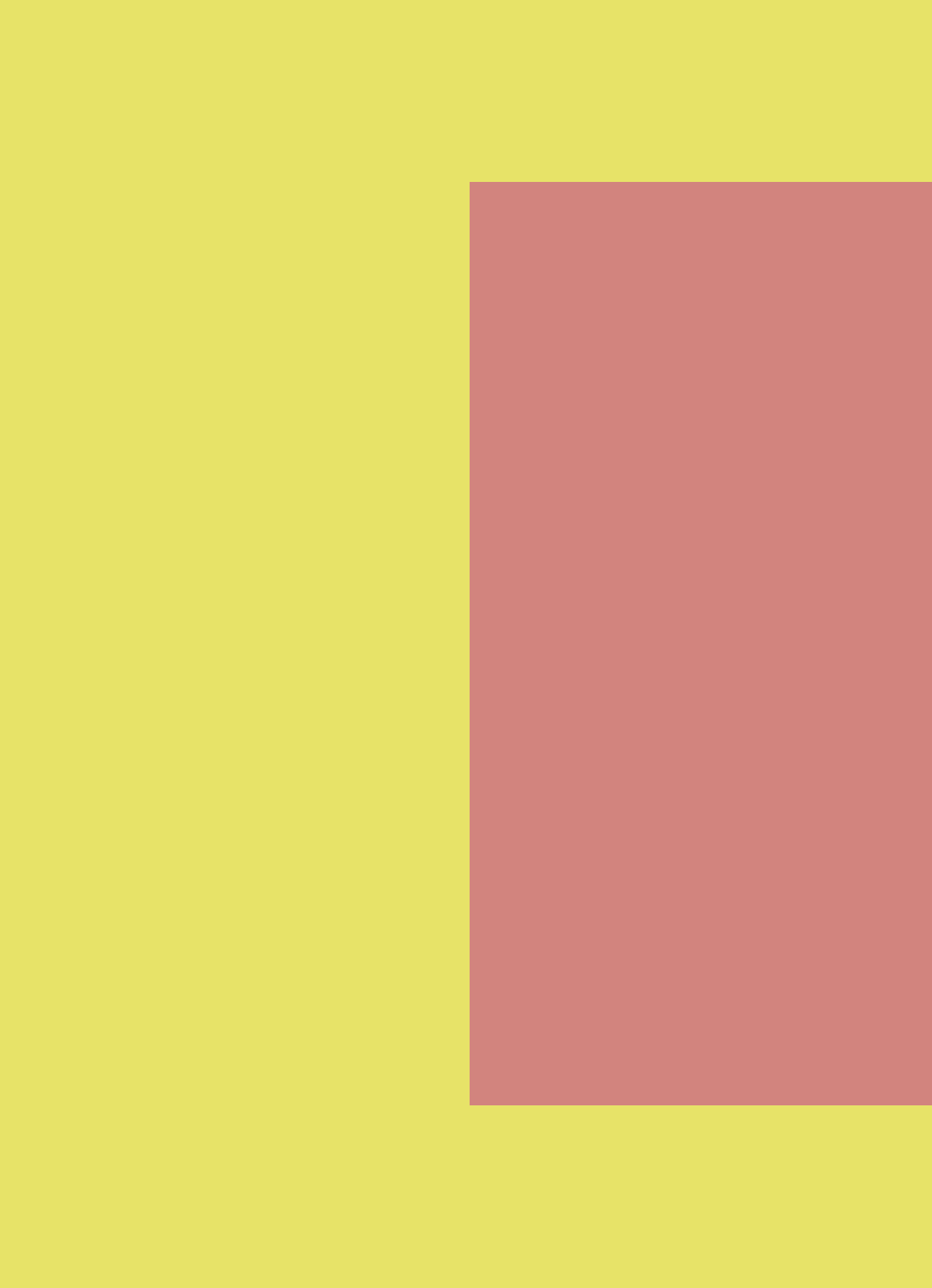
- [31] Narula, R. (2001): «Choosing between internal and non-internal R&D activities: some technological and economic factors», *Technology Analysis and Strategic Management*, 13 (3), pp. 365-387.
- [32] Nelson, R.; Winter, S. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- [33] Niosy, J. (1996): «Strategic technological collaboration in Canadian industry: toward a theory of flexible or collective innovation», en Coombs, R.; Richards, A.; Saviotti, P.; Walsh, V. (eds.), *Technological Collaboration. The Dynamics of Cooperation in Industrial Innovation*, pp. 98-118, Edward Elgar, Cheltenham.
- [34] Pavitt, K. (1984): «Sectoral patterns of technical change», *Research Policy*, 13, pp. 343-373.
- [35] Pisano, G. (1990): «The R&D boundaries of the firm: an empirical analysis», *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 153-176.
- [36] Robertson, T.; Gatignon, H. (1998): «Technology development mode: a transaction cost conceptualization», *Strategic Management Journal*, 19, pp. 515-531.
- [37] Steensma, H. K. (1996): «Acquiring technological competencies through inter-organizational collaboration: an organizational learning perspective», *Journal of Engineering and Technology Management*, 12, pp. 267-286.
- [38] Teece, D.; Pisano, G.; Shuen, A. (1997): «Dynamic capabilities and strategic management», *Strategic Management Journal*, 18 (7), pp. 509-533.
- [39] Tether, B. (2002): «Who co-operates for innovation, and why: an empirical analysis», *Research Policy*, 31, pp. 947-967.
- [40] Tidd, J.; Bessant, J.; Pavitt, K. (1997): *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organisational Change*, Wiley, Chichester.
- [41] Vega-Jurado, J. (2008): *Las estrategias de innovación en la industria manufacturera española. Sus determinantes y efectos sobre el desempeño innovador*, tesis doctoral Universidad Politécnica de Valencia.
- [42] Veugelers, R. (1998): «Collaboration in R&D: An Assessment of Theoretical and Empirical Findings», *The Economist*, 146, pp. 419-443.
- [43] Veugelers, R.; Cassiman B. (2005): «R&D cooperation between firms and universities. Some empirical evidence from Belgian manufacturing», *International Journal of Industrial Organization*, 23, pp. 355-379.
- [44] Williamson, O. E. (1985): *The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*, The Free Press, Nueva York.

## Anexo: distribución de la muestra acorde a la clasificación de sectores de alta tecnología

> **Tabla 16.5.** Distribución de la muestra

<b>Categoría sectorial</b>	<b>Rama</b>	<b>N.º de empresas</b>
<b>Sectores de alta tecnología</b>	Productos farmacéuticos	124
	Maquinas de oficina y equipos informáticos	16
	Componentes electrónicos	36
	Aparatos de radio, TV y comunicación	76
	Instrumentos médicos y de precisión, ópticos	150
	Construcción aeronáutica y espacial	18
	<b>Subtotal</b>	<b>420 (12,7%)</b>
<b>Sectores de media-alta tecnología</b>	Química (excepto productos farmacéuticos)	400
	Maquinaria y equipo mecánico	449
	Maquinaria y material eléctrico	187
	Vehículos de motor	165
	Construcción naval	19
	Otro material de transporte	27
	<b>Subtotal</b>	<b>1.247 (37,7%)</b>
<b>Sectores de baja tecnología</b>	Alimentos, bebidas y tabaco	359
	Caucho y materias plásticas	194
	Confección y peletería	33
	Coquerías, refino de petróleo	8
	Cuero y calzado	42
	Edición, artes gráficas y reproducción	66
	Madera y corcho	48
	Muebles	108
	Otras manufacturas	47
	Papel	53
	Productos metálicos (excepto maquinaria y equipo)	269
	Productos metalúrgicos férreos	60
	Productos metalúrgicos no férreos	40
	Productos minerales no metálicos	167
	Reciclaje	15
	Textil	135
	<b>Subtotal</b>	<b>1.644 (49,7%)</b>





# *Transferencia de tecnología de las multinacionales*

> **María García Vega y Elena Huergo**

Universidad Complutense de Madrid

Dpto. de Fundamentos del Análisis Económico I y GRIPICO

## ***1. Introducción***

La inversión extranjera directa (IED) y la presencia de multinacionales tienen una gran trascendencia en las economías receptoras de estas inversiones, lo que justifica la preocupación de los investigadores por analizar cómo es el flujo de tecnología que las multinacionales transfieren a sus filiales, así como los determinantes de estas transferencias de conocimiento. Este interés se ha visto acrecentado durante los últimos años debido al incremento progresivo de la IED en todo el mundo. Mientras que el Producto Interior Bruto mundial creció aproximadamente al 2,5% anual entre 1986 y 1999, el aumento de la IED durante ese periodo de tiempo fue del 17,7% según datos de las Naciones Unidas [2].

En España, los flujos inversores se incrementaron a partir de la década de los ochenta, coincidiendo con la entrada en la Comunidad Económica Europea. En el año 2008 se alcanzaron cifras récord (más de 44.742 millones de euros, según datos del Banco de España, 2009), a pesar de las condiciones económicas adversas. Una de las caracte-

rísticas más relevantes de este fenómeno en España ha sido el cambio progresivo en el tipo de IED que se ha efectuado a lo largo del tiempo. Durante la década de los ochenta, la IED estaba localizada fundamentalmente en sectores con bajo valor añadido, probablemente para aprovechar ventajas relacionadas con costes laborales más bajos que en otros países del entorno económico. Sin embargo, en la última década la IED ha estado centrada en sectores de media y alta tecnología y con elevado valor añadido [27].

Numerosos estudios han puesto de manifiesto que la IED puede generar externalidades positivas en las economías locales [23, 24, 26]. En concreto, se estima que la IED ha contribuido a la creación de un millón de puestos de trabajo en España, representando el 6,7% del empleo nacional [27]. No obstante, detractores de la IED consideran que las multinacionales extranjeras generan volatilidad en el empleo, ya que, en condiciones económicas adversas, cierran sus filiales antes que las empresas nacionales, lo cual incrementa la dependencia del país y especialmente de determinadas regiones de los intereses de grandes compañías extranjeras [1, 15].

Una característica frecuente de las multinacionales es su mayor productividad y más eficiente organización del trabajo [5]. Una posible explicación a este fenómeno es que las empresas multinacionales poseen un «saber hacer» que les proporciona ventajas en la producción, y les permite utilizar este conocimiento en distintas localizaciones de forma que sus tecnologías, nombre de marca, reputación y organización se pueden transmitir a sus filiales incluso aunque operen en otro país [26, 4].

En particular, la IED puede ser beneficiosa para el país donde se localiza la empresa si esta transferencia de conocimientos entre matriz y filial puede ser parcialmente apropiada por empresas locales y por trabajadores que operen en el sector. En este sentido, mientras que el impacto de la IED sobre las empresas del sector ha sido ampliamente analizado [7, 8, 11, 12, 13, 19, 21], son escasos los estudios que examinan desde una óptica empírica la transferencia de conocimiento desde las multinacionales a sus filiales o empresas afiliadas<sup>1</sup>. En este capítulo abordamos esta cuestión empleando una base de datos que nos permite analizar los determinantes de las compras

**Nota 1.** Tres excepciones son los trabajos de Glass y Saggi [14], que analizan en un marco teórico transferencias de tecnología; de Veugelers y Cassiman [35], que estudian las transferencias de tecnología de empresas belgas, y Girma et al. [10], que analizan las ganancias de productividad a través de la IED.



de servicios de I+D que realizan las multinacionales a otras empresas de su grupo, dentro y fuera de España.

La evidencia empírica se obtiene utilizando información de aproximadamente 5.000 compañías pertenecientes a grupos de empresa y que operan en España en el periodo comprendido entre 2004 y 2007. Los datos provienen del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC). La construcción de esta base de datos ha sido fruto del esfuerzo conjunto del Instituto Nacional de Estadística (INE), la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Fundación COTEC.

Los resultados obtenidos muestran que las empresas multinacionales que operan en España tiene una mayor propensión a realizar compras de tecnología a empresas de su grupo fuera de España. Sin embargo, estas compras no sustituyen otros gastos en actividades de I+D interna realizados en España. Ello indica que el objetivo de este tipo de multinacionales no consiste únicamente en aprovechar costes laborales más bajos, sino también en combinar las capacidades de conocimiento de su empresa con las del país donde se localizan para de esta forma crear nuevos flujos innovadores e incrementar su productividad.

Adicionalmente, se obtiene evidencia de que características específicas de la empresa y del país donde se localiza la sede del grupo condicionan esta transmisión de tecnología. En particular, las multinacionales con sede en países grandes, técnicamente avanzados, geográficamente cercanos a España y con un sistema legal parecido al español, tienden a incorporar más tecnología proveniente de su grupo mediante compras de servicios de I+D que otro tipo de empresas. Este resultado indica que hay factores culturales relacionados con la transmisión de conocimiento entre países.

Nuestro estudio se enmarca dentro de los trabajos que tratan de analizar las consecuencias de la existencia de multinacionales en el país. Nuestro análisis sugiere que existe heterogeneidad en el comportamiento de las multinacionales extranjeras, de forma que no todas las multinacionales extranjeras transmiten tecnología e inducen el efecto beneficioso descrito anteriormente en la economía local. Tanto características de la empresa, como del país de origen de la sede de la empresa influyen en la transmisión de conocimiento. Las políticas económicas que quieran fomentar la transferencia de tecnología deben tener en cuenta estas diferencias.

El resto del capítulo se organiza de la siguiente forma. La sección 2 presenta los objetivos de la investigación y la literatura previa

relacionada con el tema. La sección 3 describe las características de las multinacionales en la base de datos y el modelo empírico. En la sección 4 se presentan los resultados de las estimaciones y la sección 5 muestra las principales conclusiones.

## ***2. Objetivos de la investigación y revisión de la literatura***

La literatura previa sobre las empresas multinacionales ha analizado su influencia en el crecimiento económico y ha destacado la importancia de estudiar en profundidad las características de las empresas a la hora de distinguir qué tipo de multinacionales son las que pueden beneficiar de forma más relevante a las economías locales. Es particularmente relevante el artículo de Veugelers y Cassiman [35], que estudian la transferencia de tecnología a empresas locales por parte de filiales de multinacionales que operan en Bélgica. Sus resultados indican que las empresas multinacionales tienen un mayor acceso al conocimiento que se encuentra en la frontera tecnológica. Sin embargo, no encuentran evidencias de una mayor transferencia de tecnología de este tipo de empresas a la economía nacional en comparación con la que efectúan empresas locales con similar apropiación de conocimientos. Por su parte, Griffith *et al.* [17] analizan si las compras tecnológicas que realizan multinacionales británicas en industrias específicas norteamericanas tienen efectos positivos sobre su productividad, mostrando que existe un beneficio asociado al conocimiento que se genera en otros países.

Otros artículos inciden en la existencia de heterogeneidad en la compra de tecnología dependiendo del tipo de empresa. Así, el artículo de Görg *et al.* [16] enfatiza la importancia del control de las características idiosincráticas de las multinacionales para explicar la productividad total de las empresas. En esta línea, Molero *et al.* [28] estudian los determinantes de la innovación de empresas filiales de multinacionales que operan en España según diversas características de las empresas, tales como sus fuentes de información o su acceso a fondos públicos.

Enmarcado en este contexto, nuestro principal objetivo consiste en analizar los determinantes de las transferencias de tecnología de las multinacionales a las filiales que operan en España. En este estudio

medimos estas transferencias a través de las compras de servicios de I+D que empresas localizadas en España hacen a empresas de su grupo. En consecuencia, el análisis se ciñe a compañías privadas<sup>2</sup> que pertenecen a un grupo<sup>3</sup>, centrándose en la comparación del comportamiento de las empresas multinacionales con respecto a las empresas españolas.

En concreto, estudiamos los determinantes de dos decisiones: la decisión de realizar compras de servicios de I+D dentro del grupo y, específicamente, la decisión de comprar estos servicios a empresas del grupo «fuera de España». Como determinante clave de ambas decisiones, introducimos el indicador que refleja si la empresa es una multinacional, entendiendo por tal aquella empresa privada con al menos un 50% de participación de capital extranjero. Esperamos que el signo de esta variable sea positivo si el hecho de tener titularidad extranjera lleva en sí mismo a que estas empresas sean más propensas a adquirir tecnología de su grupo. Sin embargo, el impacto podrá no ser significativo si, al introducir en el modelo otras características de las empresas, especialmente acusadas en las multinacionales, son estas peculiaridades las que influyen realmente en la decisión de adquisición de servicios de I+D y no la titularidad de la empresa.

Siguiendo la literatura antes mencionada, en este conjunto de determinantes adicionales se incluyen tres tipos de indicadores: un vector de otras características de la empresa, una serie de medidas de la cercanía cultural y económica con respecto a España del país-sede del grupo (es decir, del país donde se localiza la sede del grupo de empresas) y un conjunto de otras características del país-sede, que se relaciona con su atractivo en términos de intensidad tecnológica y apertura comercial.

Con relación a las variables que reflejan otras características de las empresas, el primer indicador utilizado es la intensidad en I+D interna de la empresa, que permite determinar si hay una sustitución o complementariedad entre la I+D interna y las compras de servicios que la empresa realiza a su grupo. Si las empresas sustituyen I+D interna por externa, el signo esperado de esta variable será negativo, mientras que si las empresas combinan I+D interna con la externa (complementariedad), el signo esperado será positivo. Esta última situación sugeriría, por una parte, que es necesaria una cierta ca-

**Nota 2.** Se excluyen, por tanto, las empresas de titularidad pública y las asociaciones de investigación.

**Nota 3.** Por «un grupo de empresas» se entiende «una asociación de empresas relacionadas entre ellas por vínculos jurídicos y financieros» ([30] página 78).

pacidad de absorción para que se transmita tecnología a través del grupo, lo que podría ser muy costoso en empresas con baja intensidad tecnológica [29]. Por otra parte, también podría estar indicando que las multinacionales precisan de trabajadores cualificados para realizar sus actividades tecnológicas.

En segundo lugar, se incluye en el modelo un indicador de si la empresa compra I+D fuera del grupo. En este caso, lo que se pretende analizar es la complementariedad entre las distintas fuentes de I+D externa. Es posible que las empresas no solamente incorporen tecnología proveniente de su grupo, sino que también compren servicios altamente tecnológicos de otras empresas. Si el signo estimado de esta variable es positivo, indica que empresas que obtienen tecnología a través del grupo tienden también a comprar servicios de I+D a través de otras fuentes, lo cual puede tener un efecto positivo adicional para el lugar donde se localicen.

También tenemos en cuenta las características del sector donde opera la empresa, ya que puede haber grandes diferencias en la decisión a localizar empresas filiales dependiendo del sector [3, 21]. Adicionalmente, dentro de este grupo de variables introducimos el tamaño de la empresa para recoger el impacto de los costes fijos y hundidos que suelen acompañar a la realización de actividades tecnológicas y que afectan sobre todo a las PYMEs. Finalmente, como variables de control consideramos si la empresa es exportadora y si la empresa es una filial<sup>4</sup>, que como se verá en la sección 4 son rasgos especialmente frecuentes entre las multinacionales.

El segundo grupo de determinantes analizados se refiere a las características del país-sede de origen<sup>5</sup>. En concreto, consideramos características específicas de estos países que miden su cercanía cultural y económica con España. Nuestra hipótesis en este caso es que aquellos grupos con sede en países cultural y económicamente más cercanos, tendrán más facilidad de localizar filiales en España y, además, tendrán más incentivos para transmitir su tecnología. Las similitudes culturales pueden facilitar los intercambios económicos [18]. Por ese motivo, es posible que empresas de países con rasgos

**Nota 4.** Se define una empresa filial como «una empresa controlada directa o indirectamente por una sociedad matriz». El concepto de control se refiere a «la detención de más del 50% de las acciones ordinarios de los derechos de voto» ([30], página 86).

**Nota 5.** Cuando se introducen en el modelo las características del país-sede, también se incluye una variable dicotómica que indica si la empresa es una multinacional cuya sede se encuentra en España.

culturales parecidos a España puedan combinar de forma más efectiva la tecnología que proviene de su grupo con la que obtienen en España.

Finalmente, también se incluyen como determinantes de ambas decisiones un conjunto de variables que reflejan otras características del país-sede, que hacen referencia a aspectos relacionados con el grado de internacionalización e intensidad tecnológica del país de origen del grupo empresarial. Parece razonable suponer que empresas procedentes de países más intensivos en I+D tengan una mayor probabilidad de transmitir tecnología a sus afiliadas, y que empresas de países de mayor tamaño tengan mayores incentivos para transmitir tecnología, debido a que pueden aprovechar economías de escala. También incorporamos una medida del grado de apertura comercial para controlar la posible sustitución entre exportaciones e inversión extranjera directa [20].

La definición concreta de todas las variables a partir de las fuentes de datos disponibles se presenta en la sección siguiente.

### ***3. Datos, variables y modelo empírico***

Formalmente, nuestro modelo empírico consta de dos ecuaciones. La primera refleja la decisión de la empresa de contratar servicios de I+D con otras empresas de su grupo. La variable a explicar es una variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa realiza compras de I+D dentro del grupo, y cero en caso contrario. La segunda ecuación se refiere en concreto a la decisión de comprar a empresas del grupo «fuera de España». En este caso, la variable dependiente toma el valor 1 si la empresa importa servicios de I+D dentro del grupo, y cero en caso contrario. Dado el carácter binario de las variables dependientes, las ecuaciones han sido estimadas por separado bajo la forma de modelos *probit*. Estos modelos entran dentro de lo que se ha dado en llamar «modelos de elección discreta» [25], que parten de la suposición de que los individuos se enfrentan con una elección entre dos alternativas y esta depende de características identificables. Esta metodología estadística es especialmente adecuada para establecer la relación entre una probabilidad y sus determinantes, de forma que el efecto de cada uno de estos últimos se interpreta como variaciones (respecto a la media) en la probabilidad (en nuestro

caso, de comprar al grupo o de importar servicios de I+D del grupo) asociadas al determinante concreto analizado.

A continuación se describe la muestra de empresas que se utilizará en el análisis econométrico y las variables que se introducirán como determinantes en las dos ecuaciones mencionadas. La selección de las variables explicativas que se incluyen en cada una de las ecuaciones viene determinada por la revisión que se realiza en la sección anterior y por la información existente en las bases de datos disponibles para el análisis.

Como se ha mencionado en la introducción, la fuente de datos principal utilizada para el análisis es el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC), construido a partir de dos estadísticas en curso: la Encuesta de Innovación Tecnológica y las Estadísticas sobre Actividades de I+D, realizadas de forma coordinada desde 2002 por el INE<sup>6</sup>. En el PITEC, cada empresa proporciona información sobre algunos de sus datos económicos, tales como la cifra de negocios o el número de empleados. Asimismo, la empresa contesta diversas cuestiones sobre sus actividades tecnológicas. En concreto, en el panel hay información de más de 12.500 empresas, de las cuales en torno a 10.500 son innovadoras, es decir, realizan actividades de I+D internamente y/o compran servicios de I+D a otras empresas o instituciones. De este conjunto de empresas, hemos seleccionado para el análisis posterior aquellas para las que se dispone de información de todas las variables relevantes y desarrollan su actividad en los sectores de manufacturas, servicios o construcción<sup>7</sup>. Aunque el año 2003 es el año inicial del panel, por razones de comparabilidad en este trabajo sólo utilizamos la información correspondiente a los años 2004 a 2007<sup>8</sup>. Como puede verse en el gráfico 17.1, la mayoría de las empresas del PITEC son del sector industrial, que tradicionalmente ha sido el que más actividades innovadoras ha llevado a cabo en España.

Adicionalmente, se dispone de información sobre la pertenencia de cada compañía a un grupo de empresas, indicando además si es una filial y señalando el país donde se sitúa la sede de su grupo<sup>9</sup>. Tal como se

**Nota 6.** Véase una descripción más exhaustiva de la base de datos en la dirección <http://icono.fecyt.es> en publicaciones FECYT.

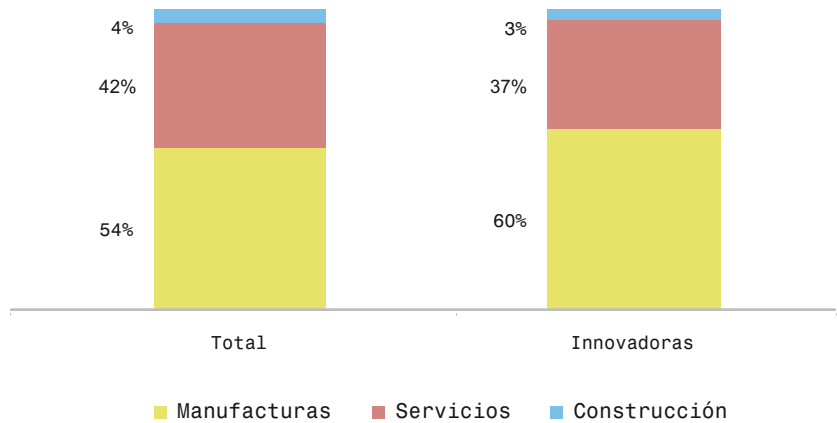
**Nota 7.** Se excluyen, por tanto, Agricultura, selvicultura y pesca y Producción y distribución de electricidad, gas y agua.

**Nota 8.** El panel se diseñó para ser representativo de dos muestras de empresas: las empresas con 200 o más trabajadores y las empresas con gastos internos en I+D en 2003. En 2004, el panel se amplió con dos nuevos grupos de empresas de menos de 200 trabajadores: empresas con gastos en I+D externa y sin I+D interna, y empresas no innovadoras.

**Nota 9.** Todas las definiciones en el cuestionario siguen el Manual de Oslo de la OCDE [30] como guía e interpretación de datos sobre innovación.

observa en el gráfico 17.2, en torno al 40% de la muestra corresponde a empresas que forman parte de un grupo y más del 30% son filiales. Esta pauta es común tanto a las actividades de manufacturas, como a las de servicios y construcción, si bien la proporción de compañías con grupo es inferior en las primeras.

> **Gráfico 17.1.** *Porcentaje de empresas por sectores de actividad (muestra total entre 2004 y 2007)*



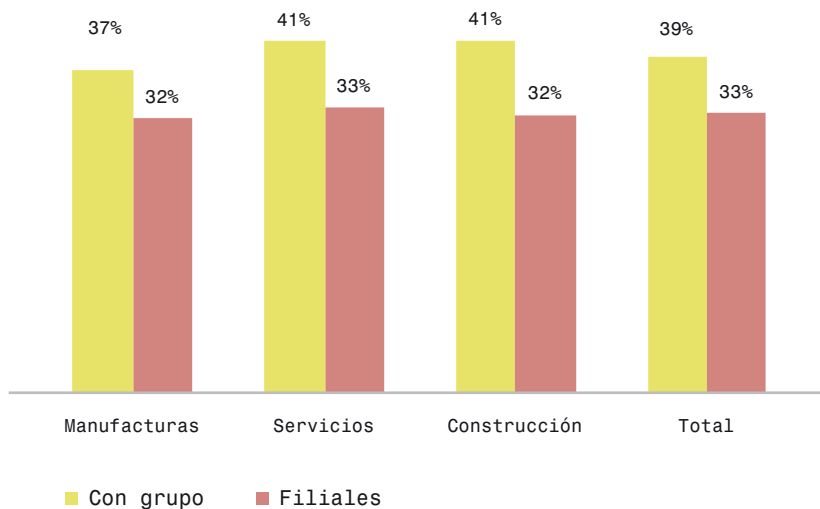
Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

En el PITEC las empresas señalan específicamente si son de propiedad pública o privada y si tienen al menos un 50% de participación de capital extranjero. Cuando la empresa es de titularidad privada y está participada mayoritariamente por capital extranjero, consideramos que es una multinacional<sup>10</sup>. La frecuencia de este tipo de empresas en la base de datos resulta significativa. Más del 12% de compañías son multinacionales y cerca del 11% además son filiales.

Particularmente, cuando nos ceñimos al conjunto de empresas con grupo (véase el gráfico 17.3), se observa que una de cada cuatro empresas tiene carácter multinacional. En este caso, las diferencias entre sectores de actividad son reseñables, al ser las compañías manufactureras las que presentan en mayor medida un alto grado de participación de capital extranjero.

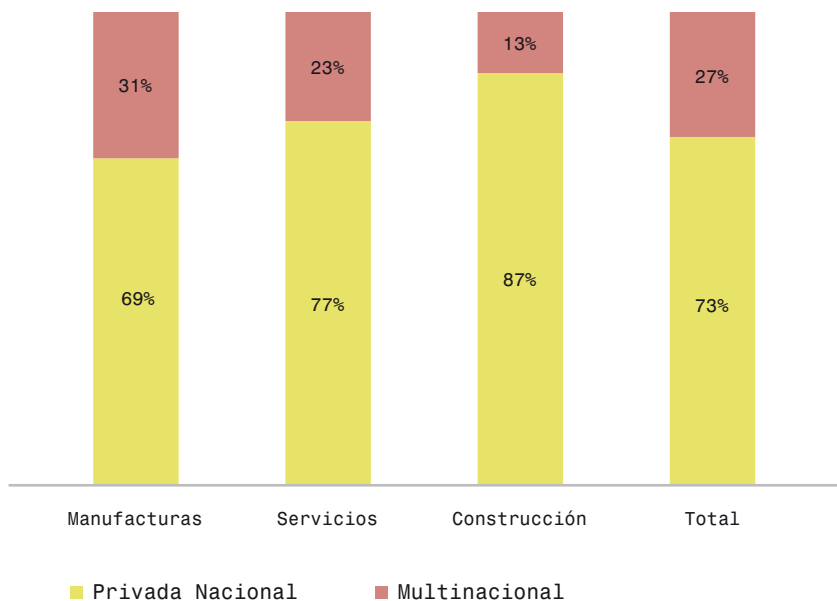
**Nota 10.** Nótese que esta definición de empresa multinacional incluye tanto a empresas cuya sede se sitúa en España como fuera de ella.

> **Gráfico 17.2.** Porcentaje de empresas con grupo y de filiales por sectores de actividad (muestra total entre 2004 y 2007)



Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

> **Gráfico 17.3.** Porcentaje de empresas según titularidad de la propiedad y sector de actividad (empresas con grupo entre 2004 y 2007)



Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.



La principal variable disponible en el PITEC para analizar la transferencia de tecnología es la compra de servicios de I+D o gastos en I+D externa, que están definidos en la encuesta de innovación como «los motivados por la adquisición de servicios de I+D fuera de la empresa mediante contrato, convenio... Se excluyen las cuotas institucionales para financiar a otras empresas, asociaciones de investigación..., que no signifiquen una compra directa de I+D». Asimismo, los servicios de I+D se definen en la encuesta como «Trabajo creativo para incrementar el volumen de conocimiento y para crear nuevos o mejorados productos y procesos (incluyendo el desarrollo de *software*)». Nótese que esta partida excluye la adquisición de *software*, *royalties* o inversiones físicas. La empresa señala además qué parte de este gasto externo se realiza a compañías que pertenecen al mismo grupo. Esta variable es nuestra medida de compras de servicios de I+D a empresas del grupo y con ella aproximamos la transferencia de tecnología que se realiza dentro del grupo. Junto con el carácter multinacional y/o filial de la empresa y sus compras de servicios de I+D, la información disponible en el PITEC se ha empleado para definir las variables que reflejan las otras características de las empresas mencionadas en la sección anterior<sup>11</sup>. En concreto, la intensidad en I+D interna se obtiene como logaritmo del gasto interno en I+D entre el número de empleados, mientras que el indicador de si la empresa compra I+D fuera del grupo es una variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa compra tecnología fuera del grupo, y 0 en caso contrario. Para captar las características del sector donde opera la empresa se han utilizado dos indicadores alternativos. Por una parte, introducimos variables ficticias sectoriales y, por otra, una medida de la intensidad en I+D del sector, obtenida como el gasto en I+D sobre el valor añadido del sector. Este dato proviene de la base de datos de la OCDE para el análisis sectorial *STAN database*. Finalmente, se define el tamaño de la empresa en términos del logaritmo del número de empleados, y su carácter de empresa exportadora mediante una variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa ha exportado durante el año.

La información del PITEC ha sido completada con datos de otras fuentes estadísticas para construir las medidas de la cercanía cultural y económica con respecto a España y las otras características del

**Nota 11.** Salvo que se indique lo contrario, las variables hacen referencia al año corriente y las magnitudes monetarias se expresan en euros.

país-sede que se mencionaban en la sección 2. La definición exacta y la fuente de datos utilizada en la construcción de cada una de las variables se especifican en la tabla 17.1.

Para captar la cercanía cultural disponemos de dos medidas de cercanía geográfica entre el país-sede y España. La primera es (el logaritmo de) la distancia (en kilómetros) entre la capital del país-sede y Madrid. La segunda, que denominamos variable frontera, es un indicador que toma el valor 1 si el país tiene frontera geográfica con España. Incorporamos esta variable siguiendo a Carr *et al.* [4], ya que cabría esperar que mayores costes de transporte (que están directamente relacionados con la distancia) reduzcan la inversión extranjera directa.

Asimismo, se introduce una variable para captar la similitud religiosa. Esta variable trata de medir una tradición cultural común que puede incentivar la transmisión de tecnología entre países [18]. La religión mayoritaria de un país viene determinada en gran medida por factores culturales e históricos que han podido influir de forma parecida en otros países de la muestra, lo que puede facilitar las transacciones entre ellos. Dado que la religión mayoritaria en España es el catolicismo, nuestra variable es la diferencia en el porcentaje de católicos entre el país de origen de la multinacional extranjera y España para el año 1980, según datos de La Porta *et al.* [22].

Finalmente, consideramos dos variables para captar la cercanía económica: la variable dicotómica mismo origen del sistema legal, que toma el valor 1 si el país de la sede de la empresa proviene del sistema legal francés como en el caso español, y un indicador binario de pertenencia a la UE27, que toma el valor 1 si la empresa pertenece a la Unión Europea.

Por lo que se refiere a las restantes características del país-sede, para captar su intensidad tecnológica se utiliza el gasto empresarial en I+D en porcentaje sobre el PIB. Esta variable se corresponde con el «expenditure on R&D in the business enterprise sector» (BERD) de la base de datos de la OCDE *Science and Technology Indicators* [31]. También se incluye en este grupo el (logaritmo del) PIB per cápita del país en términos reales, como medida de su tamaño. Finalmente, la medida del grado de apertura comercial empleada se obtiene como la suma de exportaciones e importaciones en proporción sobre el PIB per cápita del país. Estas dos últimas variables provienen de la base de datos de las *Penn World Tables* [34].

> **Tabla 17.1. Definición de las variables**

<b>Características del país-sede del grupo al que pertenece la empresa</b> (sólo disponibles, por tanto, para las empresas que declaran pertenecer a un grupo)	
<i>Distancia entre capitales</i>	Distancia en kilómetros entre la capital del país-sede del grupo y Madrid
<i>Mismo origen del sistema legal</i>	Variable dicotómica que toma valor 1 si el país-sede del grupo tiene origen legal francés
<i>Pertenencia a UE27</i>	Variable dicotómica que toma valor 1 si el país-sede del grupo pertenece a la UE27
<b>Compra I+D fuera del grupo</b>	Variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa compra servicios de I+D fuera del grupo
<b>Exportadora</b>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha exportado
<b>Empresa con gasto en innovación</b>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa ha realizado gastos en innovación
<b>Filial</b>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa declara que es una filial
<b>Gasto interno en I+D</b>	Gastos corrientes en actividades de I+D interna de la empresa
<b>Gasto en innovación</b>	Se calcula como la suma de gasto interno en I+D, el gasto externo en I+D y otros gastos de innovación (ver definiciones de cada concepto)
<b>Gasto externo en I+D</b>	Compra de servicios de I+D de la empresa, entendiendo por servicios de I+D el trabajo creativo para incrementar el volumen de conocimiento y para crear nuevos o mejorados productos y procesos (incluyendo el desarrollo de software)
<b>Importa I+D fuera del grupo</b>	Variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa compra servicios de I+D fuera del grupo y fuera de España
<b>Intensidad en I+D interna</b>	Gasto interno en I+D de la empresa por empleado (en logaritmos)
<b>Intensidad en I+D del sector</b>	Cociente entre el gasto en I+D y el valor añadido del sector de actividad de la empresa. El dato se obtiene de la base de datos de la OCDE para el análisis sectorial STAN database [32]
<b>Manufacturas</b>	variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector de manufacturas (códigos NACE-2, dígitos 10-37)
<b>Multinacional</b>	Variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa tiene participación de al menos un 50% de capital extranjero

Tabla 17.1. (Continuación)

<b>Manufacturas de alta o media-alta tecnología</b>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector manufacturero de alta o media-alta tecnología (códigos NACE-2, dígitos: 24, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35)
<b>Multinacional con sede en España</b>	Variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa es una multinacional cuya sede se localiza en España
<b>Otras características del país-sede</b> (sólo disponibles para las empresas que declaran pertenecer a un grupo)	
<b>Intensidad tecnológica</b>	Cociente entre el gasto en I+D de las empresas y el PIB del país-sede del grupo. Esta es la variable "expenditure on R&D in the business enterprise sector" (BERD) de la base de datos de la OCDE Science and Technology Indicators [31]
<b>PIB per cápita</b>	PIB per cápita del país-sede del grupo en términos reales (en logaritmos). El dato se ha obtenido de la base de datos Penn World Tables [34]
<b>Otros gastos de innovación</b>	Gastos asociados a la adquisición de maquinaria, equipos y software; la adquisición de otros conocimientos externos para utilizar en las innovaciones de su empresa (no incluido en I+D); la formación interna o externa de su personal, destinada específicamente al desarrollo o introducción de productos o procesos nuevos o mejorados de manera significativa; la introducción de innovaciones en el mercado; y otros preparativos para producción y/o distribución de productos o procesos nuevos o mejorados
<b>País-sede</b>	País donde se localiza la sede del grupo al que pertenece la empresa (sólo disponible para las empresas con grupo)
<b>Pertenencia a un grupo</b>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un grupo de empresas
<b>Servicios</b>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector de servicios (códigos NACE-2, dígitos 50-93)
<b>Servicios de alta tecnología</b>	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa pertenece a un sector de servicios de alta tecnología (códigos NACE-2, dígitos 64, 72-73)
<b>Tamaño</b>	Número total de empleados de la empresa (en logaritmos)

**Nota:** salvo mención expresa, la base de datos utilizada para la definición de las variables es el PITEC 2004-2007.

**Fuente:** elaboración propia.

Antes de pasar a las estimaciones, en la tabla 17.2 se presenta la media de las principales variables del modelo para el periodo ana-

lizado, clasificando a las empresas según sus compras de servicios de I+D al grupo (dentro y fuera de España). La columna (i) presenta los datos para el conjunto de la muestra. Las columnas (ii) y (iii) muestran los datos para empresas con y sin compras al grupo, respectivamente.

Comparando la columna (ii) y la columna (iii) de la tabla 17.2, los datos muestran que las empresas con compras al grupo son más intensivas en I+D, tienden a tener otro tipo de gastos externos en I+D y son mayoritariamente filiales. Las columnas (iv) y (v) muestran los datos para empresas con y sin importaciones al grupo, respectivamente. Cabe señalar que el 71,5% de las empresas que importan tecnología dentro de su grupo son multinacionales. Las empresas que importan servicios de I+D son más intensivas en I+D interna que las que no lo hacen, pero son similares a las empresas con compras al grupo. Las empresas con importaciones son fundamentalmente filiales (90,1%), cuya sede en el caso de las multinacionales está lejos geográficamente de España: aproximadamente el 67,2% pertenece a la UE y proviene de industrias con gran intensidad en I+D.

> **Tabla 17.2.** Estadísticos descriptivos. Media de las principales variables

	I. Todas las empresas con grupo	II. Empresas con compras al grupo	III. Empresas sin compras al grupo	IV. Empresas con importaciones del grupo	V. Empresas sin importaciones del grupo
<b>&gt; Características de la empresa</b>					
Multinacional <sup>d</sup> (%)	26,8	32,4	26,2	71,5	25,3
Multinacional con sede en España <sup>d</sup> (%)	1,86	1,49	1,89	1,44	1,87
Intensidad en I+D interna <sub>t-1</sub>	3,946	6,065	3,739	6,004	3,879
Compra I+D fuera del grupod (%)	23,8	53,0	21,0	46,7	23,1
Importa I+D fuera del grupo <sup>d</sup> (%)	4,2	15,0	3,2	19,1	3,7
Tamaño (Log. del número de empleados)	5,163	5,159	5,163	5,565	5,148
Filial <sup>d</sup> (%)	69,1	73,2	68,6	90,1	68,4
Exportadora <sub>t-1</sub> <sup>d</sup> (%)	34,8	49,2	33,4	60,1	34,0

Tabla 17.2. (Continuación)

	I. Todas las empresas con grupo	II. Empresas con compras al grupo	III. Empresas sin compras al grupo	IV. Empresas con importaciones del grupo	V. Empresas sin importaciones del grupo
Intensidad en I+D del sector	0,072	0,129	0,066	0,151	0,069
<b>&gt; Características del país-sede del grupo</b>					
Cercanía cultural y económica con España					
<i>Distancia entre capitales (Log. de los kilómetros)</i>	2,445	2,886	2,402	6,317	2,317
<i>Fronterad</i>	7,01	7,88	6,93	18,37	6,64
<i>Mismo origen del sistema legal<sup>d</sup> (%)</i>	81,2	77,2	81,6	51,4	82,2
<i>Similitud religiosa</i>	-0,161	-0,193	-0,158	-0,421	-0,153
<i>Pertenencia a UE27<sup>d+</sup></i>	23,9	29,5	23,4	67,2	22,5
Otras características del país-sede del grupo					
<i>Intensidad tecnológica</i>	0,870	0,947	0,863	1,365	0,854
<i>PIB per cápita (en logaritmos)</i>	10,333	10,338	10,333	10,378	10,332
<i>Grado de apertura comercial</i>	0,631	0,648	0,629	0,735	0,628
Número de observaciones	17352	1547	15805	555	16797
Número de empresas	4955	782	4787	283	4902

**Nota:** sólo empresas con grupo. El superíndice «d» indica que la variable es dicotómica. + Se excluyen las empresas cuyo país-sede es España. El símbolo «t-1» significa que la variable está retardada un periodo.

**Fuente:** elaboración propia a partir de diversas fuentes. Véase la fuente utilizada para cada variable en la tabla 17.1.

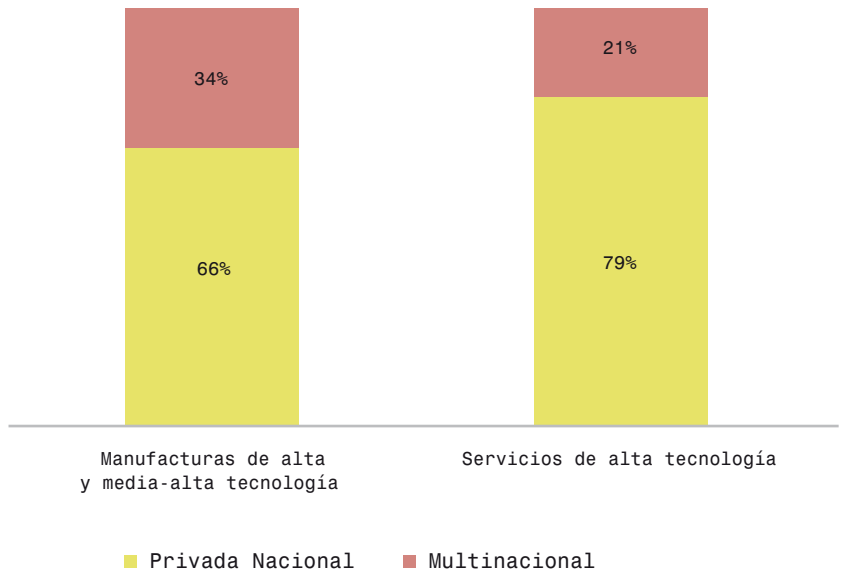
## 4. Resultados

Para motivar el análisis econométrico, antes de mostrar los resultados de las estimaciones del modelo empírico, a continuación se presenta un estudio descriptivo de las características fundamentales de las empresas pertenecientes a grupos en nuestra base de datos, prestando especial atención a las multinacionales.

#### 4.1 Características de las empresas pertenecientes a grupos

Como se ha mencionado con anterioridad, la información del PITEC refleja una mayor presencia de multinacionales entre las compañías manufactureras. Esta mayor frecuencia de multinacionales entre las empresas del sector industrial es especialmente acusada en las actividades de mayor contenido tecnológico (gráfico 17.4). Una de cada tres empresas manufactureras de alta o media-alta tecnología es multinacional, mientras que el porcentaje es del 21% en los servicios de alta tecnología. Esta presencia significativa de multinacionales entre las empresas innovadoras hace del PITEC una fuente estadística de especial relevancia para analizar sus flujos de tecnologías.

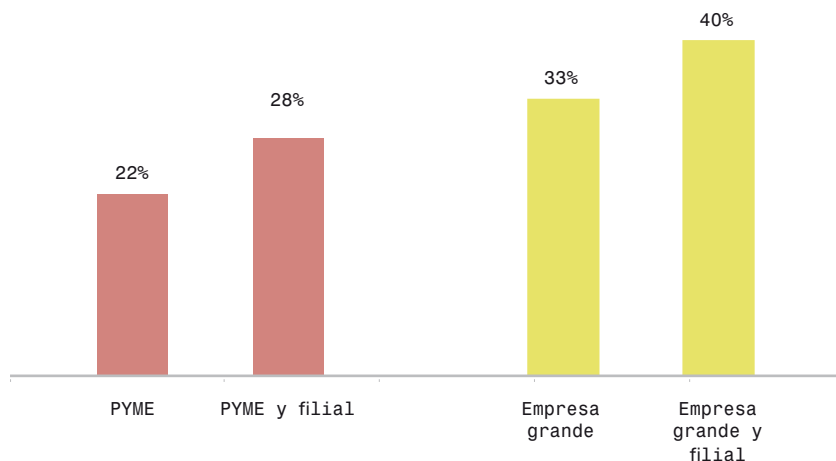
> **Gráfico 17.4.** Porcentaje de empresas según titularidad de la propiedad en sectores de alta o media-alta tecnología (empresas con grupo entre 2004 y 2007)



Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

Por otra parte, el carácter multinacional, especialmente en el caso de las filiales, es un rasgo que aparece con mayor frecuencia entre las empresas de gran tamaño. De hecho, un tercio de las empresas grandes (de más de 200 trabajadores) de nuestra muestra tiene más del 50% de capital extranjero (gráfico 17.5), mientras que únicamente el 22% de pequeñas y medianas empresas (PYMES) supera este umbral.

> **Gráfico 17.5.** Porcentaje de multinacionales según tamaño y posición en el grupo (empresas con grupo entre 2004 y 2007)



Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

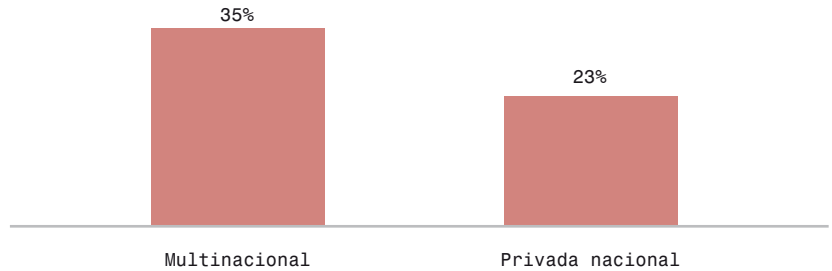
Adicionalmente, tal como cabría esperar por su carácter multinacional, este tipo de empresas está más presente en los mercados exteriores (gráfico 17.6). En concreto, cerca de un 35% de las multinacionales son exportadoras, mientras que la proporción de empresas privadas españolas en mercados de exportación no alcanza el 25%. Esta observación empírica está en línea con el planteamiento de Ekholm *et al.* [6], que analizan la importancia de crear filiales para que actúen como una plataforma exportadora en los países geográficamente cercanos.

Por lo que se refiere a la transmisión de tecnología entre empresas, como puede observarse en el gráfico 17.7, el porcentaje de empresas que compran al grupo es muy similar entre multinacionales y empresas privadas españolas. Con independencia de su titularidad, cerca del 25% de compañías realizan algún tipo de gasto en I+D externa, únicamente un 5% compran servicios de I+D tanto dentro como fuera del grupo, y en torno al 6% contratan estos servicios externos exclusivamente con empresas de su grupo.

No obstante, cuando se analiza en concreto el grupo de empresas con I+D externa (gráfico 17.8), la proporción de multinacionales con transferencias de tecnología procedentes del grupo supera en 10 puntos porcentuales a la de empresas privadas españolas, mientras que la relación es la inversa con relación a las compras externas fuera del grupo.

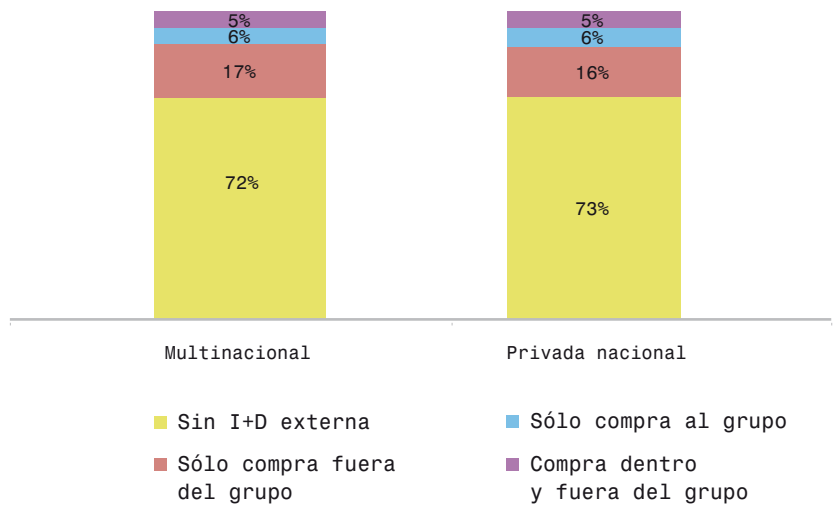


> **Gráfico 17.6.** Porcentaje de empresas exportadoras según titularidad de la propiedad (empresas con grupo entre 2004 y 2007)



Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

> **Gráfico 17.7.** Porcentaje de empresas según proveedor de la I+D externa (empresas con grupo entre 2004 y 2007)

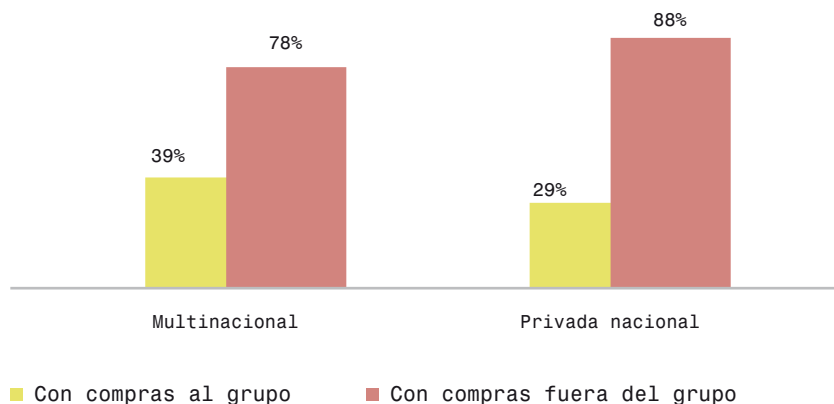


Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

Además, esta mayor relación de las multinacionales con el grupo en términos de compras no sólo se manifiesta en términos del porcentaje de empresas con este tipo de transacciones, sino también en términos de su intensidad, medida como la proporción de compras al grupo con relación al total del gasto en I+D externa (gráfico 17.9). En media, esta proporción es 10 puntos porcentuales más elevada en las multinacionales con I+D externa respecto a las privadas nacionales y 7

puntos porcentuales más alta en las multinacionales que compran al grupo respecto a las compañías españolas.

> **Gráfico 17.8.** *Porcentaje de empresas según compras de servicios de I+D al grupo (empresas con grupo y gasto en I+D externa entre 2004 y 2007)*

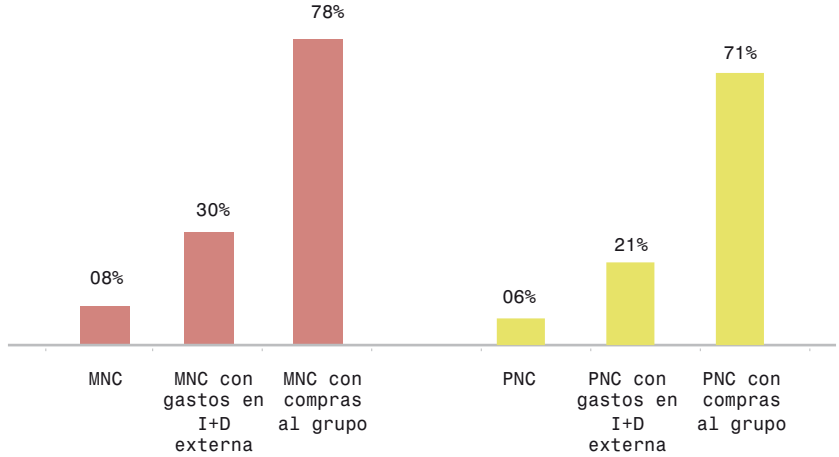


Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

Finalmente, las empresas en el PITEC proporcionan información sobre la parte de estas adquisiciones de I+D que se realizan dentro o fuera de España. En particular, si las compañías compran a empresas de su grupo en el extranjero, consideramos que importan tecnología dentro del grupo. Es en esta partida donde se observan las mayores diferencias en función de la titularidad de la propiedad. En este caso, las multinacionales importan fundamentalmente de empresas de su grupo, mientras que las privadas nacionales tienden a comprar fuera del grupo en mayor proporción (gráfico 17.10).

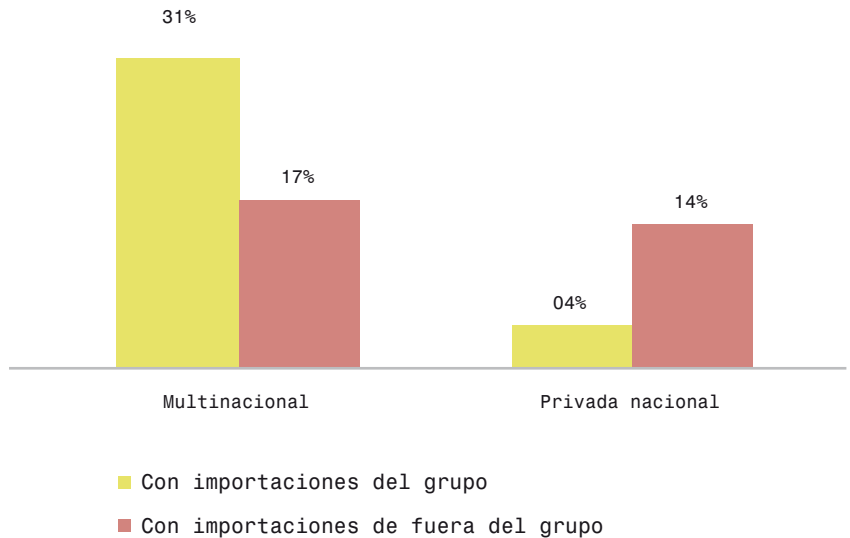
En resumen, el estudio descriptivo realizado en este apartado indica que las multinacionales localizadas en España son más grandes, tienden a exportar más, operan básicamente en el sector industrial y especialmente en actividades de alto contenido tecnológico. Además, los datos muestran que, en media, incorporan más tecnología proveniente de su grupo que las empresas privadas españolas a través de sus adquisiciones de servicios de I+D en el extranjero. Este resultado sugiere que las multinacionales tienen un efecto positivo sobre el país donde se localizan, aunque posiblemente exista cierta heterogeneidad en su comportamiento.

> **Gráfico 17.9.** Intensidad de las compras de servicios de I+D al grupo según titularidad de la propiedad y gasto en I+D externa (empresas con grupo entre 2004 y 2007)



Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

> **Gráfico 17.10.** Porcentaje de empresas según importaciones del grupo y titularidad de la propiedad (empresas con grupo y gasto en I+D externa entre 2004 y 2007)



Fuente: PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

En los apartados siguientes se analiza, por una parte, si esta mayor propensión de las multinacionales a comprar tecnología al grupo se mantiene una vez que se controla por las especiales características de este tipo de empresas y, por otra parte, qué tipo de multinacionales es más probable que incorpore conocimiento proveniente de su grupo.

#### **4.2. Determinantes de las compras de servicios de I+D**

Como se ha expuesto con anterioridad, en primer lugar estimamos un modelo *probit* para explicar los determinantes de la decisión de adquirir servicios de I+D dentro del grupo, que se representa mediante una variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa realiza compras de I+D dentro del grupo, y 0 en caso contrario. Una vez definidas todas las variables del modelo, la muestra finalmente analizada consta de 11.803 observaciones. En esta muestra, el porcentaje de empresas con compras de I+D al grupo es del 6,3%.

En la tabla 17.3 se resumen los resultados en términos de los efectos marginales de las variables consideradas como determinantes. En el caso de las variables explicativas que tienen carácter dicotómico, su efecto marginal indica la variación en la probabilidad de comprar al grupo cuando se pasa de no tener ese rasgo a tenerlo. Nótese que, para evitar problemas de simultaneidad, las variables de intensidad en I+D y de carácter exportador se incorporan con un retardo en las estimaciones.

En la columna (i) se muestra el caso base, en el cual solo tenemos en cuenta características de la empresa. Nuestros resultados muestran que ser una multinacional no influye en media sobre la decisión de comprar servicios de I+D dentro del grupo, una vez que se controla por otras características que son especialmente frecuentes entre las empresas de capital extranjero. En particular, se observa que, independientemente de que sean multinacionales o no, las empresas filiales, grandes, exportadoras y en sectores tecnológicamente intensivos tienden más a comprar tecnología dentro del grupo que otro tipo de empresas. Las empresas exportadoras tienen aproximadamente 2 puntos porcentuales más de probabilidad de comprar tecnología dentro del grupo, mientras que en el caso de las filiales, este incremento en la probabilidad de compras es de un poco más de un punto porcentual. Estas magnitudes son importantes teniendo en cuenta que, como se ha señalado con anterioridad, la proporción de empresas que compran al grupo en la muestra está en torno al 6%. Este resultado parece

indicar que la dirección de la transferencia de tecnología es de la empresa matriz a la filial (véase, por ejemplo [9], para el caso de empresas suecas).

Cabe señalar que las empresas con mayor intensidad en I+D interna son más propensas a realizar transferencias de tecnología dentro del grupo. Además, las empresas con gasto en I+D externa fuera del grupo tienen más del doble de probabilidad de comprar tecnología dentro del grupo que una empresa sin gasto interno fuera del grupo. Estos resultados sugieren que no hay sustitución entre I+D interna y externa, sino que existe complementariedad entre las distintas fuentes de la I+D.

> **Tabla 17.3.** Determinantes de la decisión de comprar servicios de I+D dentro del grupo

	(I)		(II)		(III)	
	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.
<b>&gt; Características de la empresa</b>						
Multinacional <sup>d</sup>	0,008	(0,005)				
Multinacional con sede en España <sup>d</sup>			-0,030	(0,013)*	-0,030	(0,013)*
Intensidad en I+D interna <sub>t-1</sub>	0,005	(0,001)***	0,005	(0,001)***	0,005	(0,001)***
Compra I+D fuera del grupo <sup>d</sup>	0,090	(0,007)***	0,092	(0,007)***	0,090	(0,008)***
Tamaño	0,007	(0,001)***	0,007	(0,002)***	0,007	(0,002)***
Filial <sup>d</sup>	0,011	(0,005)**	0,009	(0,006)*	0,009	(0,005)*
Exportadora <sub>t-1</sub> <sup>d</sup>	0,019	(0,005)**	0,018	(0,006)**	0,018	(0,006)**
Intensidad en I+D del sector	0,038	(0,006)***	0,036	(0,007)***	0,036	(0,007)***
<b>&gt; Características del país-sede</b>						
<b>Nacionalidad</b>						
Austria <sup>d</sup>			-0,045	(0,031)		
Bélgica <sup>d</sup>			0,031	(0,034)		
Finlandia <sup>d</sup>			0,033	(0,060)		
Francia <sup>d</sup>			0,032	(0,012)***		
Alemania <sup>d</sup>			0,045	(0,012)***		
Italia <sup>d</sup>			-0,005	(0,016)		
Japón <sup>d</sup>			0,017	(0,027)		
Luxemburgo <sup>d</sup>			-0,002	(0,022)		

Tabla 17.3. (Continuación)

	(I)		(II)		(III)	
	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.
Países Bajos <sup>d</sup>			0,015	(0,015)		
Suecia <sup>d</sup>			0,037	(0,031)		
Suiza <sup>d</sup>			-0,012	(0,018)		
Reino Unido <sup>d</sup>			-0,003	(0,015)		
Estados Unidos <sup>d</sup>			0,003	(0,010)		
<b>Cercanía cultural y económica</b>						
Distancia entre capitales					-0,007	(0,002)**
Frontera <sup>d</sup>					-0,038	(0,010)**
Mismo origen del sistema legal <sup>d</sup>					0,044	(0,012)**
Similitud religiosa					0,020	(0,027)
Pertenencia a UE27 <sup>d+</sup>					0,095	(0,022)***
<b>Otras características del país-sede</b>						
Intensidad tecnológica					0,065	(0,012)***
PIB per cápita					0,086	(0,031)*
Grado de apertura comercial					-0,065	(0,015)***
Efectos temporales	si		si		Si	
Efectos de sector	si		si		Si	
Pseudo R <sup>2</sup>	0,104		0,109		0,110	
Log pseudolikelihood	-3.319,08		-3.282,47		-3.000,00	
Número de observaciones	11.803		11.609		11.803	

**Nota:** las estimaciones se realizan sólo para empresas con grupo. **Dy/dx** es el efecto marginal ante el cambio en la variable independiente. **Dev. Est.** es la desviación estándar. + Se excluyen las empresas cuyo país-sede es España. El superíndice «d» indica que la variable es dicotómica. El símbolo «t-1» significa que la variable está retardada un periodo. \*\*\*, \*\*, \* indican que el coeficiente estimado es significativo al 1%, al 5% y al 10% respectivamente.

**Fuente:** PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

En la columna (ii) de la tabla 17.3 se sustituye la variable que indica si la empresa es una multinacional por un conjunto de variables binarias que indican el país-sede del grupo al que pertenece la empresa. Los resultados muestran que las empresas cuya sede se localiza en Francia y Alemania tienen, respectivamente, un 3,3% y 4,5% más de probabilidad de comprar tecnología dentro del grupo que

las empresas privadas españolas. Por el contrario, en el caso de las multinacionales de grupos con sede en España, este porcentaje es un 3% inferior.

Finalmente, en la columna (iii) se añaden factores relacionados con aspectos culturales y económicos del país-sede del grupo al que pertenece la empresa. Los coeficientes estimados indican que empresas en grupos con sede en países cercanos geográficamente a España, con el mismo sistema legal y pertenecientes a la UE, tienen una mayor propensión a comprar tecnología dentro del grupo. En particular, países con el sistema legal francés, como en España, tienden a transferir tecnología a empresas que operan en España, un 4,4% más que países con otro sistema legal. La pertenencia a la UE es una de las características más importantes que fomenta las compras tecnológicas, incrementando esta probabilidad en un 9,5%.

Otras características del país-sede también son importantes para la transmisión de tecnología. En concreto, las empresas en grupos cuya sede se localiza en países altamente tecnológicos y con mayor PIB per cápita tienden a comprar tecnología al grupo. Sin embargo, cuando la sede está situada en países más abiertos comercialmente, el efecto es el contrario. Este último resultado parece indicar que hay una cierta sustitución entre las exportaciones por parte del país y la transmisión de conocimiento a través de las empresas del grupo. Esta evidencia sigue la misma dirección señalada por Noback [29], que considera que, si la transmisión de tecnología es costosa, la empresa puede preferir exportar en vez de crear una filial en un país extranjero.

#### **4.3. Determinantes de las importaciones de servicios de I+D**

La segunda decisión analizada en este capítulo se refiere exclusivamente a las compras de tecnología dentro del grupo provenientes de fuera de España. Por tanto, en este caso la variable dependiente es una variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa importa servicios de I+D de empresas del grupo, y 0 en caso contrario.

Al igual que en el apartado anterior, en la columna (i) de la tabla 17.4 se obtiene una primera aproximación a los determinantes de la decisión de importar tecnología cuando los únicos determinantes incluidos en la ecuación reflejan características de la empresa.

Como puede observarse, también en esta ocasión las empresas filiales, exportadoras y pertenecientes a sectores altamente tecnológicos importan más tecnología dentro del grupo que otro tipo de empresas.

Además, al contrario de lo obtenido en el apartado anterior, nuestros resultados muestran que las multinacionales son un 3,5% más propensas a importar tecnología dentro del grupo que otras empresas privadas españolas de similares características.

> **Tabla 17.4.** *Determinantes de la decisión de comprar servicios de I+D dentro del grupo*

	(I)		(II)		(III)	
	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.
<b>&gt; Características de la empresa</b>						
Multinacional <sup>d</sup>	0,035	(0,004)***				
Multinacional con sede en España <sup>d</sup>			0,006	(0,008)	0,006	(0,008)
Intensidad en I+D interna <sub>t-1</sub>	0,001	(0,001)***	0,001	(0,001)***	0,001	(0,002)***
Importa I+D fuera del grupo <sup>d</sup>	0,038	(0,008)***	0,037	(0,008)***	0,037	(0,008)***
Tamaño	0,004	(0,001)***	0,002	(0,001)***	0,002	(0,001)***
Filial <sup>d</sup>	0,009	(0,002)***	0,002	(0,001)	0,002	(0,002)
Exportadora <sub>t-1</sub> <sup>d</sup>	0,012	(0,002)***	0,010	(0,002)***	0,010	(0,002)***
Intensidad en I+D del sector	0,013	(0,002)***	0,010	(0,002)***	0,010	(0,002)***
<b>&gt; Características del país-sede</b>						
<b>Nacionalidad</b>						
Austria <sup>d</sup>			0,035	(0,043)		
Bélgica <sup>d</sup>			0,097	(0,037)***		
Finlandia <sup>d</sup>			0,117	(0,071)***		
Francia <sup>d</sup>			0,097	(0,013)***		
Alemania <sup>d</sup>			0,106	(0,014)***		
Italia <sup>d</sup>			0,062	(0,019)***		
Japón <sup>d</sup>			0,044	(0,023)***		
Luxemburgo <sup>d</sup>			0,072	(0,027)***		
Países Bajos <sup>d</sup>			0,085	(0,018)***		
Suecia <sup>d</sup>			0,102	(0,033)***		
Suiza <sup>d</sup>			0,018	(0,014)*		
Reino Unido <sup>d</sup>			0,081	(0,020)***		
Estados Unidos <sup>d</sup>			0,061	(0,011)***		
<b>Cercanía cultural y económica</b>						
Distancia entre capitales					0,001	(0,001)**



Tabla 17.4. (Continuación)

	(I)		(II)		(III)	
	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.	dy/dx	Dev. Est.
Frontera <sup>d</sup>					-0,004	(0,002)
Mismo origen del sistema legal <sup>d</sup>					0,006	(0,002)**
Similitud religiosa					0,001	(0,005)
Pertenencia a UE27 <sup>d*</sup>					0,040	(0,010)***
<b>Otras características del país-sede</b>						
Intensidad tecnológica					0,008	(0,002)***
PIB per cápita					0,023	(0,007)***
Grado de apertura comercial					-0,012	(0,003)***
Efectos temporales	si		si		si	
Efectos de sector	si		si		si	
Pseudo R <sup>2</sup>	0,214		0,260		0,255	
Log pseudolikelihood	-1.381,4		-1.294,8		-1.308,4	
Número de observaciones	11.803		11.609		11.803	

**Nota:** las estimaciones se realizan sólo para empresas con grupo. **Dy/dx** es el efecto marginal ante el cambio en la variable independiente. **Dev. Est.** es la desviación estándar. \* Se excluyen las empresas cuyo país-sede es España. El superíndice «d» indica que la variable es dicotómica. El símbolo «t-1» significa que la variable está retardada un periodo. \*\*\*, \*\*, \* indican que el coeficiente estimado es significativo al 1%, al 5% y al 10% respectivamente.

**Fuente:** PITEC 2004-2007 y elaboración propia.

Las empresas tecnológicamente más intensivas (tanto en términos de I+D interna, como de otras importaciones fuera del grupo) tienen también una mayor probabilidad de importar tecnología. Este resultado corrobora la idea que no hay sustitución entre gasto interno y externo, sino que las empresas combinan tanto recursos externos como recursos tecnológicos dentro del país donde se sitúan, fomentando las inversiones en conocimiento. Ello parece indicar que un requisito necesario para la transmisión de tecnología es la existencia de recursos tecnológicos que permitan la inversión en I+D en el país donde se localiza la empresa.

En la columna (ii) de la tabla 17.4 se incluyen los indicadores del país-sede de origen en sustitución de la variable que indica si la empresa es una multinacional. En casi todos los casos, las empresas

con sede en un país distinto a España tienen una mayor probabilidad de importar tecnología. En particular empresas de grupos belgas, franceses, finlandeses y alemanes están a la cabeza en la importación de servicios de I+D. En particular las empresas belgas y francesas tienen un 9,7% más de probabilidad de importar dentro del grupo, mientras que en el caso de las empresas alemanas y finlandesas el incremento en la probabilidad es del 10,6%, y del 11,7%, respectivamente. Cabe señalar la importancia de estos efectos marginales con relación a la propensión media a importar I+D del grupo, que en la muestra analizada se sitúa en el 2,3%.

Por último, en la columna (iii) se explora la relevancia de las características del país-sede del grupo al que pertenece la empresa. Las estimaciones muestran que factores culturales y económicos, tales como tener el mismo origen legal, la distancia geográfica y la pertenencia a la UE, influyen positivamente en la decisión de importar tecnología. Comparando los distintos efectos marginales, la pertenencia a la UE representa el factor más importante que influye en la transmisión de tecnología, que puede incrementar la probabilidad de importar tecnología hasta un 4% aproximadamente. Asimismo, tanto el grado de inversión tecnológica del país, como su PIB per cápita afectan a la transmisión de conocimiento entre países a través de sus empresas. Estos resultados confirman las regularidades observadas para las compras totales de I+D al grupo.

## **5. Conclusiones**

En este estudio se analiza la transferencia de tecnología de las empresas multinacionales extranjeras a sus filiales que operan en España. Se realiza este análisis a través de los servicios de I+D que estas últimas adquieren de empresas de su grupo.

Para estudiar las transferencias de tecnología, en primer lugar se realiza un análisis descriptivo basado en el examen de aproximadamente 5.000 compañías que pertenecen a grupos de empresas para el periodo 2004-2007. El estudio pone de manifiesto que, en comparación con las empresas privadas españolas, las multinacionales localizadas en España son más grandes, tienden a exportar más, operan especialmente en el sector industrial y, sobre todo, en actividades de alto contenido tecnológico. Además, incorporan en media más tecnología

proveniente de su grupo a través de sus adquisiciones de servicios de I+D en el extranjero que empresas privadas españolas.

En segundo lugar se procede a un análisis econométrico de los determinantes de la decisión de comprar I+D a otras empresas que forman parte de su mismo grupo de negocio. En concreto, nuestro modelo empírico consta de dos ecuaciones. La primera refleja la decisión de la empresa de contratar servicios de I+D con otras empresas de su grupo. La segunda ecuación se refiere en concreto a la decisión de comprar a empresas del grupo «fuera de España».

Nuestros resultados ponen de manifiesto que ser una multinacional no influye sobre la decisión de comprar servicios de I+D dentro del grupo, una vez que se controla por otras características que son especialmente frecuentes entre las empresas de capital extranjero. En particular, se observa que, independientemente de su titularidad nacional o extranjera, las empresas filiales, grandes, exportadoras y en sectores tecnológicamente intensivos tienen una mayor probabilidad de comprar tecnología dentro del grupo que otro tipo de empresas. Además, las empresas más intensivas en I+D (tanto en términos de su gasto en I+D interna, como de otras compras externas), tienen también una mayor probabilidad de adquirir servicios de I+D del grupo, sugiriendo la existencia de complementariedad entre las distintas fuentes de la I+D. Asimismo, se obtiene evidencia de que hay características específicas de los países de origen de las multinacionales que influyen en sus decisiones de compra de servicios de I+D a empresas del grupo. En particular, las empresas de grupos con sede en países grandes, altamente tecnológicos y con sistemas legales parecidos al español tienden a adquirir más I+D de su grupo.

Los resultados relacionados con las compras de servicios de I+D fuera de España son similares, aunque en este caso se observa que las multinacionales son un 3,5% más propensas a importar tecnología dentro del grupo que otras empresas privadas españolas de similares características. El análisis también revela que no hay sustitución entre gasto interno e importaciones, sino que las empresas combinan tanto recursos extranjeros como recursos tecnológicos del país donde se ubican, lo que fomenta las inversiones en conocimiento. Ello parece indicar que las multinacionales que operan en España no sólo pueden buscar posibles ventajas de costes, sino también combinar sus capacidades tecnológicas con las del país donde se localizan para de esta forma crear nuevos flujos innovadores.

Este estudio pretende ayudar a comprender la relación entre inversión extranjera directa y transmisión de tecnología. Nuestro capítulo muestra que existe heterogeneidad entre las multinacionales a la hora de transmitir su tecnología. Desde una perspectiva de política económica, nuestro capítulo sugiere que hay dos aspectos fundamentales que incentivan a las empresas multinacionales a transmitir tecnología. En primer lugar, características propias de la filial que opera en España, entre las que se encuentran el grado de intensidad tecnológica de la propia empresa. Ello parece sugerir que aquellas políticas que potencien las capacidades tecnológicas de las empresas, por ejemplo, incrementando la cualificación de la mano de obra nacional y facilitando la inversión en proyectos de I+D en el país, pueden atraer a multinacionales intensivas en conocimientos. Nuestro análisis apunta que estas inversiones aumentan la transmisión de tecnología por parte de empresas altamente intensivas en I+D y pueden generar adicionalidades tecnológicas en el medio plazo. En segundo lugar, el estudio sugiere que la inversión extranjera directa en alta tecnología está relacionada con factores institucionales del país donde se localizan las empresas. Un marco legal que facilite las operaciones de las empresas multinacionales influye en la transmisión de tecnología y genera externalidades positivas para el conjunto de la economía.

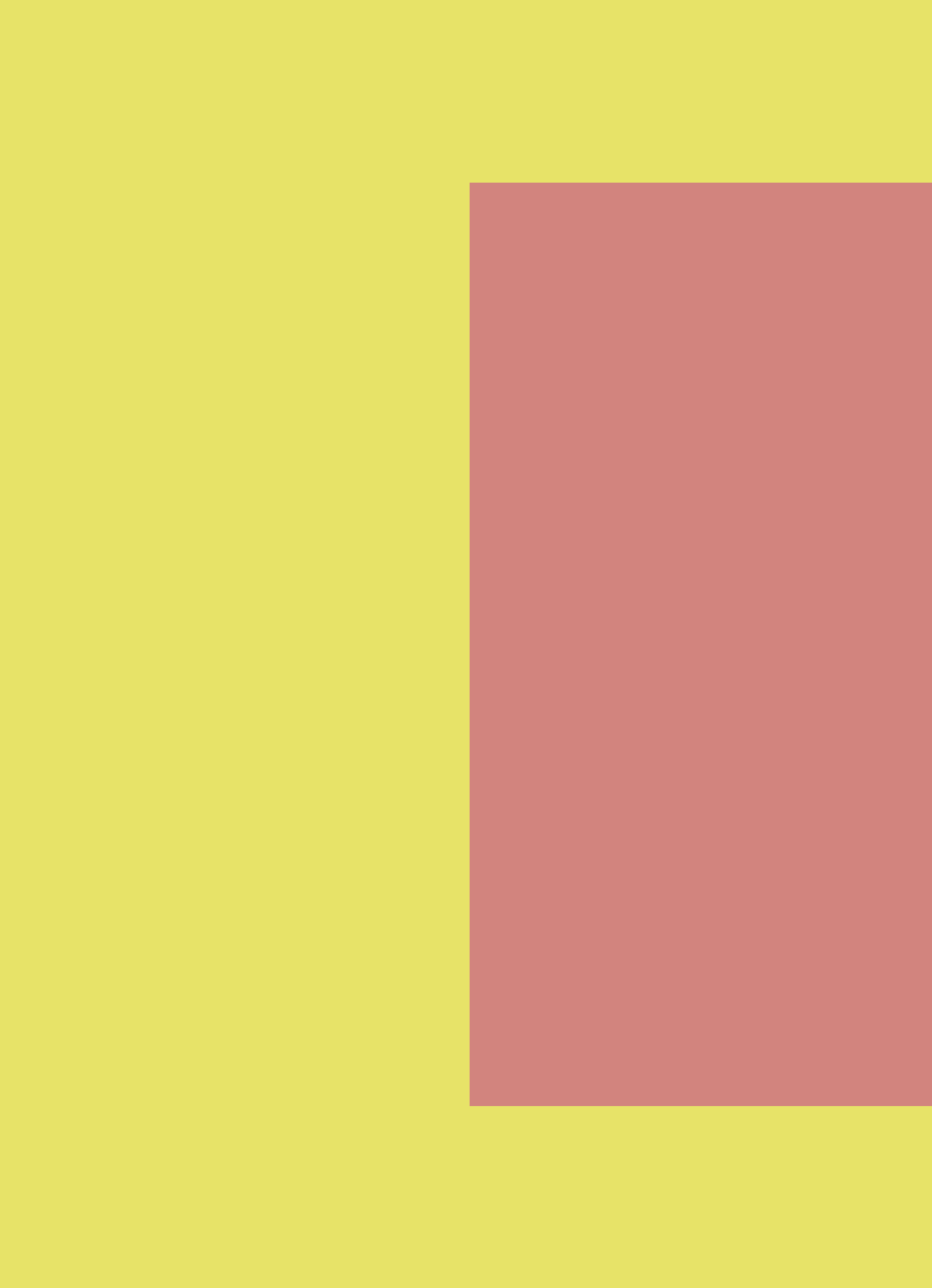
## Referencias

- [1] Bernard, A.; Jensen, B. (2007): «Firm Structure, Multinationals, and Manufacturing Plant Deaths», *The Review of Economics and Statistics*, 89 (2), pp. 193-204.
- [2] Blonigen, B. (2006): «Foreign Direct Investment Behavior of Multinational Corporations», *NBER Reporter*, Research Summary.
- [3] Brainard, L. (1993). «An empirical assessment of the factor proportions explanation of multinational sales», *NBER Working Paper*, 4580.
- [4] Carr, D.; Markusen, J.; Maskus, K. (2001): «Estimating the Knowledge-Capital model of the multinational enterprise», *American Economic Review*, 91 (3), pp. 693-708.
- [5] Crespi, G.; Criscuolo, C.; Haskel, J. (2007): «Information technology, organisational change and productivity», *CEPR Discussion Papers*, 6105.
- [6] Ekholm, K.; Forslid, R.; Markusen, J. (2007): «Export-Platform Foreign Direct Investment», *Journal of the European Economic Association*, 5 (4), pp. 776-795.
- [7] Findlay, R. (1978): «Some aspects of technology transfer and Direct Fo-

- reign Investment», *American Economic Review*, 68 (2), pp. 275-79.
- [8] Fosfuri, A.; Motta, M.; Roende, T. (2001): «Foreign Direct Investment and spillovers through workers' mobility», *Journal of International Economics*, 53, pp. 205-222
- [9] Fors, G. (1997): «Utilization of R&D results in the home and foreign plants of multinationals», *The Journal of Industrial Economics*, 45 (2), pp. 341-358.
- [10] Girma, S.; Kneller, R.; Pisu, M. (2007): «Do exporters have anything to learn from foreign multinationals?», *European Economic Review*, 51, pp. 981-998.
- [11] Girma, S.; Wakelin, K. (2001): «Regional Underdevelopment: Is FDI the Solution? A Semiparametric Analysis», *CEPR Discussion Paper*, 2995.
- [12] Glass, A.; Saggi, K. (1999): «Foreign Direct Investment and the nature of R&D», *Canadian Journal of Economics*, 32 (1), pp. 92-117.
- [13] Glass, A.; Saggi, K. (2001): «Innovation and wage effects of international outsourcing», *European Economic Review*, 45 (1), pp. 67-86.
- [14] Glass, A.; Saggi, K. (2002): «Multinational firms and technology transfer», *Scandinavian Journal of Economics*, 104 (4), pp. 495-513.
- [15] Görg, H.; Strobl, E. (2003): «Footloose Multinationals?», *The Manchester School*, 71 (1), pp. 1-19.
- [16] Görg, H.; Hanley, A.; Strobl, E. (2008): «Productivity effects of international outsourcing: evidence from plant-level data», *Canadian Journal of Economics*, 41 (2), pp. 670-688.
- [17] Griffith, R.; Harrison, R.; Van Reenen, J. (2006): «How Special Is the Special Relationship? Using the Impact of U.S. R&D Spillovers on U.K. Firms as a Test of Technology Sourcing», *American Economic Review*, 96 (5), pp. 1.859-1.875.
- [18] Guiso, L.; Sapienza, P.; Zingales, L. (2009): «Cultural biases in economic exchange?», *The Quarterly Journal of Economics*, 124 (3), pp. 1.095-1.131.
- [19] Haskel, J.; Pereira, S.; Slaughter, M. (2007): «Does Inward Foreign Direct Investment Boost the Productivity of Domestic Firms?», *The Review of Economics and Statistics*, 89 (3), pp. 482-496.
- [20] Helpman, E.; Melitz, M.; Yeaple, S. (2004): «Export versus FDI with heterogeneous firms», *American Economic Review*, 94 (1), pp. 300-316.
- [21] Keller, W.; Yeaple, S. (próxima aparición): «Multinational Enterprises, International Trade, and Productivity Growth: Firm-level Evidence from the United States», *Review of Economics and Statistics*.
- [22] La Porta, R.; López-de-Silanes, F.; Shleifer, A.; Vishny, R. (1999): «The quality of Government», *Journal of Law, Economics and Organization*, 15 (1), pp. 222-279.
- [23] Lichtenberg, F.; Van Pottelsberghe, B. (1998): «International R&D spillovers: A comment», *European Economic Review*, 42, pp. 1.483-1.491.
- [24] Lichtenberg, F.; Van Pottelsberghe, B. (2001): «Does Foreign Direct Investment transfer technology across borders?», *Review of Economics and Statistics*, 83 (3), pp. 490-497.

- [25] Maddala, G. S. (1996): *Introducción a la Econometría*, 2.ª edición, Prentice Hall.
- [26] Markusen, J. (1995): «The boundaries of multinational enterprises and the theory of international trade», *Journal of Economic Perspectives*, 9 (2), pp. 169-189.
- [27] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2009): *Foreign Direct investment in Spain Report*, en <http://www.investinspain.org/icex/cma/contentTypes/common/records/viewDocument/0,,00.bin?doc=4243460>
- [28] Molero, J.; Portela, J.; Álvarez, I. (2009): «Innovative MNE's Subsidiaries in different domestic environments», *Documentos de trabajo del ICEI: Nueva época*, 1.
- [29] Noback, P. (2001): «Multinational firms, technology and location», *Journal of International Economics*, 54, pp. 449-469.
- [30] OCDE (2005): *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de los datos de innovación*, 3.ª edición, TRAGSA.
- [31] OCDE (varios años): *Science and Technology Indicators. BERD Expenditure on R&D in the Business Enterprise Sector*.
- [32] OCDE (varios años): *STAN STructural ANalysis Database*.
- [33] *Panel de Innovación Tecnológica (PITEC)*, en [http://icono.fecyt.es/contenido.asp?dir=05\)Publi/AA\)panel](http://icono.fecyt.es/contenido.asp?dir=05)Publi/AA)panel).
- [34] *Penn World Tables (PWT) 6.3 Alan Heston, Robert Summers and Bettina Aten, Penn World Table Version 6.3*, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, agosto de 2009.
- [35] Veugelers, R.; Cassiman, B. (2004): «Foreign subsidiaries as a channel of international technology diffusion: Some direct firm level evidence from Belgium», *European Economic Review*, 48, pp. 455-476.







# *Actividad innovadora de las filiales extranjeras: un análisis sectorial*

> **José Molero**

Universidad Complutense de Madrid

> **Antonio García**

Universidad de Sevilla

## ***1. Introducción***

El considerable cambio que han experimentado las actividades y el proceso de innovación, fruto tanto del avance científico y tecnológico como del creciente proceso de globalización de los mercados, tiene importantes implicaciones para las empresas. Por un lado, las fuentes y factores que influyen en el proceso de innovación son cada vez más heterogéneas, al tiempo que crece la importancia del conocimiento acumulado (tanto codificado como tácito). Por otro lado, la capacidad para integrar conocimiento y fuentes de innovación de diversa índole (tanto internos como de procedencia externa a la empresa, entre sí y con las restantes fuerzas competitivas, adquiere cada vez mayor importancia. En tercer lugar, se hace cada vez mayor la necesidad de entender el proceso de innovación en una escala internacional (a veces global) en un doble sentido: tanto para explotar las ventajas como para buscar activos tecnológicos a dicha escala.

En este contexto, las empresas multinacionales (EMN) se convierten en un agente fundamental, por su especial capacidad para implementar

estrategias que les permitan explotar las ventajas a escala internacional y porque estas decisiones y estrategias afectan tanto a las propias EMN como a las economías y los sistemas de innovación del país de la empresa matriz y del país de acogida en el que se localizan las filiales. En 2008, último dato disponible, de las 15.049 empresas que realizaron actividades de I+D, un 11% tenían capital extranjero, aunque solamente el 6,5% tenían el 50% o más de su capital extranjero, sin embargo, la participación estas filiales de empresas extranjeras en el gasto interno en I+D ejecutado por las empresas superó el 26%.

Se ha estudiado con cierta intensidad el impacto en las relaciones Norte-Sur o bien en las implicaciones para las relaciones entre países desarrollados (Norte-Norte). Sin embargo, los que podemos llamar «países intermedios» (entre los que se encuentra España) han recibido una atención mucho menor, en buena medida debido a la dificultad de definir hipótesis adecuadas a sus particulares características, en especial en cuanto se refiere al papel de las filiales y a la intensidad y dirección de los *spillovers*.

En este capítulo pretendemos contribuir a una mejor comprensión de la situación de estos países a través del examen de las industrias manufactureras en España. Por un lado, compararemos los elementos que caracterizan la actividad innovadora de tres tipos de empresas: individuales (EIN), pertenecientes a un grupo nacional (GN) y filiales de empresas multinacionales extranjeras (GMN). Por otra parte, como la literatura reciente ha puesto de manifiesto<sup>1</sup>, el sector de actividad es el elemento crucial para potenciar la consolidación de círculos virtuosos (o anclar en situaciones desventajosas) en las actividades de innovación. Por ello, abordaremos nuestro análisis desde una perspectiva que considera las características y diferencias de los cuatro tipos de sectores generados por nuestra taxonomía.

Con ello, pretendemos obtener implicaciones suficientemente valiosas no sólo desde el punto de vista académico, sino también desde un punto de vista aplicado, para plantear recomendaciones en la política industrial y de innovación respecto a las EMN tanto con carácter general como atendiendo a cada tipo de sector.

Nuestro capítulo se estructura en cinco epígrafes: tras esta introducción, en el siguiente apartado hacemos una revisión de los

**Nota 1.** Para un análisis detallado véase, además de la recopilación y análisis de sistemas sectoriales de innovación específicos de Malerba [16], Balcet y Evangelista [5], Cantwell y Molero [8], Álvarez y Molero [1], Narula [26], Sadowsky y Sadowsky-Rasters [36] y Crespi y Pianta [12].

elementos teóricos y de la reciente evidencia empírica disponible al objeto de establecer la estructura que guíe nuestra investigación, al tiempo que también resumimos los principales aspectos de la presencia de GMN en el sistema español de innovación; en el tercer epígrafe, describimos los datos estadísticos y el método de análisis empírico utilizado, cuyos resultados son presentados y debatidos en el cuarto. Finalmente, en el quinto epígrafe, resumimos las principales conclusiones.

## 2. Teoría y evidencia

La evolución ya mencionada en la complejidad y la internacionalización de las diversas actividades productivas y de consumo, así como de los contactos, flujos e intercambios de información para generar y capitalizar valor económico a escala mundial, ha tenido importantes efectos en cuanto a la innovación se refiere. Los más destacables son la creciente complejidad y heterogeneidad de las actividades de innovación y las formas de organizarlas, la continua necesidad de procesos y tecnologías de «fertilización cruzada», la obsolescencia acelerada y la importancia de la capacidad no sólo para generar conocimiento, sino, especialmente, para combinar el conocimiento generado internamente con el obtenido de fuentes externas, tanto explícito como tácito. El entorno inmediato se vuelve cada vez más insuficiente para encontrar todos los *inputs* y activos necesarios en este proceso; cada vez toman más relevancia los elementos y actores a escala internacional.

Es decir, las actividades necesarias en la actualidad para una empresa multinacional que pretende explotar provechosamente todos los nuevos mercados y posibilidades, incluida la obtención de *inputs* y activos de innovación, puede entenderse dentro del concepto de internacionalización de la innovación que ya se viene usando tanto desde las administraciones como por parte de investigadores y académicos [4, 11, 27, 30].

Repasamos a continuación las consideraciones teóricas y evidencias empíricas respecto a la relación y efectos que las GMN tienen con los sistemas nacionales de innovación, así como, muy brevemente, las características de la presencia de este tipo de empresas en España desde mediados del siglo pasado.

## **2.1 Consideraciones teóricas de las relaciones entre las EMN y los sistemas nacionales de innovación (SNI)**

En el contexto que acabamos de definir, las EMN se convierten en un agente específico por dos motivos. Por un lado, porque mantienen una estrategia y estructura a escala internacional que puede influir en la configuración de los sistemas nacionales de los países en los que se implantan. Por otro, porque su capacidad para ajustarse a las nuevas condiciones (que no es automática y requiere asumir determinados costes, económicos en sentido tradicional, pero también de falta de saber hacer, capital humano, cultura organizacional, etc., que podemos llamar «costes de conocimiento») se ha convertido en un factor competitivo crítico para estas empresas, habiéndose seguido diversas formas para crear lo que se ha dado en llamar redes internacionales de generación y obtención de conocimiento, capacidades, competencias y activos para la innovación. Dichas redes pueden generar tanto relaciones internas al grupo de empresas (GMN) como interacciones externas con empresas e instituciones del país de acogida de las filiales [10].

El objetivo de este capítulo se centra en las relaciones de las empresas capaces de generar estas redes con los sistemas nacionales de innovación (SNI) con aquellos países que no se caracterizan por formar parte del núcleo del nuevo *cluster* innovador (conjunto de sectores y actividades que concentran el mayor volumen de creación de innovaciones y generación de conocimiento) a escala internacional. Ello supone prestar atención a diversas consideraciones teóricas que sirvan de guía para nuestra posterior investigación empírica, que agruparemos en tres categorías: (a) factores que favorecen la descentralización de las actividades de innovación; (b) elementos de atracción tecnológica de las subsidiarias y (c) efectos sobre los sistemas de innovación de acogida.

Al hablar de factores que favorecen la descentralización, nos referimos a dos grupos claramente diferenciados en sus objetivos estratégicos y en su implementación. Por un lado, los que podemos llamar factores de demanda, cuyo objetivo final es permitir explotar las competencias y capacidades tecnológicas y las ventajas generadas en la matriz a través de la actividad de las filiales en nuevos mercados, incluidos los necesarios para adaptarse a los gustos, características y reglamentaciones interiores; en la literatura encontramos referencia a este tipo de estrategias con los términos de *home base exploiting (HBE)*, *market seeking* o *competence exploiting*.

Por otro lado, los que podemos llamar factores de oferta, entre los que pierden gradualmente relevancia la posible existencia de costes más bajos (incluidos salarios de personal altamente cualificado) o mayor productividad para los *inputs* tecnológicos y las tareas de innovación (India es actualmente un excelente ejemplo en el caso de las TIC) y cobra cada vez mayor relevancia la necesidad de acceder a un amplio rango de conocimiento, habilidades y activos, requeridos por los procesos corrientes de innovación de la empresa matriz y del conjunto del grupo. Se trata de actividades y estrategias cuyo objetivo es incrementar las capacidades y competencias de la matriz y el grupo multinacional, por lo que la literatura anteriormente mencionada se refiere a ellas como *home base augmenting (HBA)*, *asset seeking* o *competence seeking*.

En esta línea, hay evidencias de concentración de los elementos centrales de las competencias tecnológicas de las EMN en su país de origen, combinada con la descentralización de actividades complementarias. Se crearía así una especie de mandato mundial para las filiales, al objeto de crear una red de competencias a escala mundial que permitiese combinar las competencias de la empresa matriz con las ventajas locales necesarias para crear y reforzar el círculo virtuoso de ventajas de la EMN [7, 8].

Como elementos de atracción apuntamos a la importancia de los elementos locales capaces de atraer las actividades innovadoras de las filiales de EMN, entre los que destacan la disponibilidad de recursos humanos cualificados, así como de infraestructuras de investigación [9, 8, 10, 34, 38].

En lo que a la descentralización de las actividades de I+D se refiere, parece que el fenómeno se limita a un número reducido de países tanto en la emisión como en la recepción de competencias y actividades de innovación (concentración de la descentralización), con un papel destacado para los intercambios entre los EEUU, Alemania y Japón, si bien la tendencia reciente deja entrada a otros países menos desarrollados de Asia (China e India como casos paradigmáticos) y de Europa Oriental.

Para el propósito de nuestro trabajo, resulta relevante identificar si la descentralización de las actividades de innovación de las EMN se debe a factores de demanda con estrategias de *home base exploiting* (tamaño y crecimiento del mercado, adaptación a la legislación local, etc.) o si, por el contrario, se deben a factores de oferta con

estrategias de *home base augmenting* (adquisición de competencias derivadas del conocimiento, habilidades y ventajas locales, aunque sólo sea en actividades complementarias a las de la empresa matriz).

En cuanto a los efectos sobre los países de acogida, la investigación disponible se ha centrado en las relaciones entre los países desarrollados (en condiciones de relativa igualdad) o bien en los efectos de las EMN sobre los países menos desarrollados, bajo la hipótesis de superioridad de las EMN; sin embargo, para los países situados en el tercer o cuarto estadio del *Investment Development Path* [23] la evidencia disponible es mucho menos abundante.

En estos países, la situación respecto a las actividades de innovación y tecnológicas debe definirse como asimétrica. En su mayoría no se encuentran entre los SNI en los que las EMN localizan una parte importante de su actividad en I+D orientada a generar nuevas competencias y habilidades corporativas; sin embargo, esa porción relativamente escasa de la I+D de las EMN representa un volumen importante de la I+D privada y de las actividades tecnológicas domésticas. Desde un punto de vista dinámico, Cantwell y Glac [7] avanzaron como hipótesis razonable que las EMN localizadas en países intermedios, aunque pueden contribuir sustancialmente a la creación de capacidades específicas y al fortalecimiento de habilidades complementarias, muy raramente llegarían a modificar los patrones tecnológicos de base en dichos países. Es decir, no cabe esperar que la llegada de EMN transforme círculos viciosos en virtuosos en materia de innovación<sup>2</sup>.

## **2.2 Descripción general de la posición de las EMN en las actividades innovadoras en España**

La historia de la presencia de inversión directa extranjera (IDE) en la economía española viene de lejos, de hecho, desde el comienzo de la industrialización, en el siglo XIX. Desde entonces ha pasado por diversas fases que conducen hasta mediados de la década de 1980, momento a partir del cual se produce un crecimiento cuantitativo muy importante –posteriormente ralentizado–, que va acompañado de cambios cualitativos de alcance en la organización y relación con el sistema español por parte de las filiales de las EMN [20].

**Nota 2.** Existen otros aspectos de la conducta de las EMN que no se desarrollan aquí por no referirse de manera directa al objeto de estudio pero que son importantes. Se trata del efecto de las fusiones y absorciones sobre la actividad tecnológica de las filiales (desarrollado en Molero y García, [22]) y el volumen y dirección de los efectos *spillover* (véase [2]).

El balance global de este proceso refleja una destacada posición de la IDE en determinados sectores, especialmente en manufacturas de tecnología media-alta y alta [2].

La presencia de EMN es proporcionalmente mayor en las actividades de I+D que en las actividades generales de innovación. De hecho, de acuerdo con la información suministrada por la OCDE a través de la base de datos AFA/FATS sobre actividades de I+D de las EMN en terceros países, España es uno de los países de Europa Occidental en el que la I+D de las EMN tiene un mayor peso en el conjunto de actividades de I+D nacional.

### ***3. Datos y metodología***

#### **3.1 Fuentes estadísticas y análisis exploratorio**

Para nuestra investigación, utilizamos los microdatos anonimizados de la primera oleada del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC, descargables en <http://icono.fecyt.es>). Con estos datos es posible clasificar las empresas del panel en tres grupos: primero se distinguen las empresas individuales (EIN), de las empresas que pertenecen a un grupo; posteriormente, dentro de estas últimas, al disponer de información sobre el país de origen de la matriz, podemos distinguir entre grupos de origen español (GN) y grupos extranjeros (GMN). Aunque no es posible confirmar la vocación multinacional de los grupos nacionales, seguimos la reciente literatura que considera este comportamiento como el más plausible [5].

Para confeccionar la taxonomía sectorial expuesta más adelante, también utilizamos los datos de patentes concedidas por la USPTO por año de prioridad a escala nacional y por sector de actividad (lo que ha exigido una conversión sectorial de la NACE a la Clasificación Internacional de Patentes CIP).

Por último, para abordar una caracterización a modo de análisis exploratorio de las actividades tecnológicas y de innovación, utilizamos la información de la Encuesta Española de Innovación y las estadísticas sobre I+D; la tabla 18.1 nos muestra los datos más relevantes, en especial:

- \* El peso de las EMN es claramente menor en los llamados sectores tradicionales, mientras que en industrias químicas y farmacéuticas su peso está por encima del resto.

> **Tabla 18.1.** Indicadores seleccionados de presencia de las EMN en el sistema español de innovación

Sector	Empresas GMN que realizaron innovación en España (2004)		Empresas extranjeras que realizan I+D en España (2005)	
	Número	% sobre el total de empresas innovadoras	Número	% sobre el total de empresas innovadoras
<b>TOTAL</b>	2.170	4,24	825	7,53
<b>MANUFACTURAS</b>	971	5,87	598	10,06
<b>SERVICIOS</b>	1.185	4,99	210	4,85
Alimentos, bebidas y tabaco	94	4,63	48	7,34
Textiles	19	2,48	12	3,77
Papel y artes gráficas	29	7,99	15	15,46
Químicas	169	17,86	153	19,25
Farmacéuticas	46	29,49	58	35,80
Caucho y plástico	115	14,90	51	14,87
Maquinaria y equipo mecánico	148	9,54	69	7,82
Maquinaria eléctrica	46	10,65	41	14,91
Maquinaria de oficina y ordenadores	5	18,52	2	7,69
Equipo eléctrico	27	14,59	24	12,37
Componentes eléctricos	13	14,77	5	6,17
Vehículos de motor	86	19,91	44	16,73
Otro material de transporte	18	6,79	14	14,43
Otro equipo de transporte	12	18,18	10	32,26

**Fuente:** Encuesta Española de Innovación, 2004 y Estadísticas Españolas de I+D, 2005.

- \* En los sectores de electrónica y ordenadores, así como en el de vehículos, hay unas cuantas EMN con una característica peculiar: su menor peso en actividades de I+D que en el conjunto de todas las demás actividades de innovación. Esto apunta a tácticas de explotación de las competencias adquiridas previamente (HBE) en vez de búsqueda estratégica de activos tecnológicos e innovadores.
- \* Sin embargo, en otro material de transporte, bienes de equipo y parte de maquinaria, la situación es justo la contraria: una mayor presencia en I+D que en el conjunto de actividades de innovación. Puesto que la realización de I+D puede considerarse



un signo de mayor intensidad en la estrategia innovadora, esto apunta hacia comportamientos más próximos a una estrategia de mejorar las competencias del grupo y a la búsqueda de activos y habilidades de innovación (HBA).

**3.1.1 Análisis exploratorio de las empresas del PITEC.** De un total de 3.710 empresas, 690 (18,6%) pertenecen a un grupo multinacional (GMN), 924 (24,91%) pertenecen a un grupo nacional (GN) y 2.096 son empresas individuales (EIN). Su distribución por sectores es diferente: las GMN tienen un peso más que proporcional en oportunidades perdidas y en especialización estacionaria, lo que indica que no están contribuyendo a mejorar los casos de desajuste a la evolución tecnológica mundial. Más bien apunta hacia una explotación de mercados (táctica de HBE) en el caso de oportunidades perdidas (vehículos a motor y electrónica como ejemplos paradigmáticos) y a una estrategia de deslocalización de las actividades en sectores en retroceso y búsqueda de activos y habilidades en este tipo de sectores en los que en el sistema español se muestran ventajas (química y los sectores más tradicionales).

Por otro lado, las GMN tienden a realizar más actividades a través de instituciones externas y a incorporar más fuentes de conocimiento que las EIN, aunque en menor medida que las GN. Es decir, interactúan más que las EIN con su entorno tecnológico e innovador, pero lo hacen en menor medida que las GN. En especial, en cuestiones de cooperación se mantienen estas diferencias relativas, excepto con proveedores y centros tecnológicos (en ambos casos las GMN cooperan menos tanto que las EIN como especialmente menos que las GN) y en la cooperación con otras empresas del grupo (donde las GMN muestran claramente mayores resultados).

### 3.2 Metodología

Como instrumento central de nuestro trabajo, hemos construido una taxonomía sectorial a partir de la combinación de la existencia de ventajas o desventajas tecnológicas reveladas con el dinamismo tecnológico internacional de cada sector. Para calcular la ventaja tecnológica revelada (VTR) hemos seguido la definición al uso<sup>3</sup>, mientras

**Nota 3.**  $VTR = (P_{ij}/P_{wj}) / (P_{Tj}/P_{Tw})$ , donde  $i$  es el país,  $j$  es el sector,  $wj$  es el total mundial para el sector  $j$ ,  $Tj$  es el total para el país  $i$  y  $Tw$  es el total mundial, todos ellos referidos al mismo periodo de tiempo.

que el dinamismo lo hemos calculado comparando la evolución (positiva o negativa) para cada sector en el periodo 1998-2003 respecto al periodo 1993-1998.

Tenemos así dos ejes clasificatorios, lo que nos genera cuatro tipos de sectores. En primer lugar, los sectores que llamaremos de especialización dinámica, el mejor de los casos posibles, por cuanto indica la existencia de una VTR en un sector en crecimiento (dinámico) del volumen de patentes a escala mundial. En segundo lugar, los sectores que llamaremos en retirada, al presentar desventajas tecnológicas reveladas y encontrarse en retroceso en cuanto al dinamismo tecnológico internacional. En tercer lugar, los sectores que constituyen oportunidades perdidas, al tratarse de sectores internacionalmente dinámicos en patentes, en los que encontramos desventajas tecnológicas reveladas. Por último, los sectores de especialización estacionaria, en los que se muestra VTR pero que se encuentran en retroceso en el dinamismo tecnológico internacional. La tabla 18.2 sintetiza esta clasificación y la tabla 18.9 muestra la distribución sectorial en cada una de estas cuatro categorías<sup>4</sup>.

> **Tabla 18.2.** *Taxonomía Sectorial*

		VTR	
		Desventaja	Ventaja
Evolución (dinamismo) a escala mundial	Dinámico (crecimiento)	Oportunidades Perdidas	Especialización Dinámica
	Retroceso	Retirada	Especialización Estacionaria

Fuente: elaboración propia.

A la vista de la tabla 18.2, podemos identificar dos diagonales. Por un lado, la diagonal de ajuste a la evolución internacional,

**Nota 4.** Para más detalles, incluidas las correspondencias sectoriales, véase Molero y García [22], en especial el apéndice B.

compuesta por sectores de especialización dinámica (VTR en sectores en crecimiento) y retirada (desventaja en sectores en retroceso). Por otro, la diagonal de desajuste a dicha evolución internacional, compuesta por los sectores de oportunidades perdidas (desventaja en sectores en expansión tecnológica) y especialización estacionaria (ventaja en sectores en retroceso).

### 3.3 Hipótesis de trabajo

A partir de cuanto acabamos de decir e integrándolo con investigaciones previas sobre la situación española [18, 19], esperamos encontrar que la actividad de las EMN responde a las siguientes características, que guiarán nuestra investigación:

Más que casos extremos claramente diferenciados, su comportamiento en actividades de innovación debe tener un número considerable de similitudes con las empresas nacionales. Las diferencias encontradas en una primera observación se deben más a factores estructurales que, una vez controlados, permiten vislumbrar mayores coincidencias.

A escala individual, esperamos cifras más elevadas para las filiales de EMN en cuanto a recursos destinados (I+D en especial) y resultados obtenidos, particularmente en los sectores de mayor intensidad tecnológica.

Por otro lado, si consideramos el hecho de pertenecer a un grupo como un indicador de que se dispone de una cierta estructura de red organizacional, esperamos encontrar mayores diferencias entre las empresas individuales y las que pertenecen a un grupo (independientemente de la nacionalidad de la empresa matriz) y más similitudes que diferencias entre los grupos de empresas, ya sean filiales de EMN o matrices españolas de grupos de empresas.

La interacción con las empresas e instituciones locales debe ser mayor en aquellos sectores en los que la economía española ha alcanzado un cierto nivel de especialización tecnológica en el panorama internacional. De acuerdo con la literatura antes revisada, esperamos que, al ser un país intermedio, las interacciones ocurran en mayor medida en sectores en que las empresas españolas puedan ofrecer complementariedades tecnológicas a las capacidades centrales de las EMN.

Esperamos, por tanto, que la actividad de las EMN tienda a reforzar la especialización internacional del sistema español de innovación, mientras que su comportamiento sea más pasivo en los sectores en los que nuestro sistema presenta desventajas tecnológicas. No esperamos

una contribución determinante de las EMN a un hipotético proceso de *catching-up*.

### 3.4 Método de trabajo

Nuestro método de investigación se basa en la comparación sistemática del comportamiento innovador de las empresas extranjeras (EMN) y nacionales, distinguiendo entre las que pertenecen a un grupo (GN) y las que son individuales (EIN), lo que nos permite evaluar el impacto diferencial en el sistema español de innovación de las empresas extranjeras respecto a las nacionales<sup>5</sup>. En una primera etapa, realizaremos un análisis factorial con el doble objetivo de comprobar cómo interactúan y se agrupan las diferentes variables que definen el comportamiento innovador, y de reducir la información. En una segunda etapa, llevaremos a cabo sucesivos análisis de regresión utilizando los factores previamente extraídos como variables explicativas.

Hemos realizado una serie de regresiones probit siguiendo los pasos que detallamos a continuación. Siempre hemos utilizado como variable dependiente el hecho de ser una GMN innovadora, por lo que estamos analizando qué factores incrementan la probabilidad de que estemos ante una GMN y qué otros la reducen. Primero hemos estimado sin distinguir entre GN ni EIN, ni tampoco el tipo de sector (aunque lo introducimos como variable explicativa para detectar posibles influencias) para estudiar hasta qué punto las GMN son diferentes de las empresas españolas en su conjunto. Completamos este análisis con comparaciones equivalentes en las que controlamos el hecho de ser GN o EIN para comparar exclusivamente las GMN con cada tipo de empresa de origen español, sin interferencias ni distorsiones derivadas del otro tipo de empresa nacional. Por último, para detectar efectos sectoriales en las diferencias entre tipos de empresas, hemos replicado las estimaciones anteriores, seccionando la muestra, para cada una de las cuatro tipologías de sector que se derivan de nuestra taxonomía. La tabla 18.3 sintetiza cada uno de estos pasos.

Para interpretar correctamente los resultados, es necesario tener presente la forma en que hemos construido nuestros modelos. Un elevado valor de la  $R^2$  de McFadden apunta importantes diferencias en los factores que definen las variables de innovación entre las empresas

**Nota 5.** En Molero y García [22], pp. 745-746, puede verse cómo en un análisis preliminar y puramente descriptivo, sin distinguir entre tipos de sectores, las diferencias más claras se dan entre GMN y EIN.

GMN y el grupo con el que son comparadas. Por el contrario, valores reducidos apuntan a que las diferencias entre tipos de empresas dependen de factores distintos de los de innovación, en muchos casos estructurales, como el tamaño o el hecho de pertenecer a un grupo.

> **Tabla 18.3.** Factores extraídos

Factor	Descripción	Descripción	Varianza Explicada (%)	
			Cada factor	Acumulada
1	Innovación organizativa (ORGINNV)	Innovaciones no tecnológicas (estratégica, de gestión, organizativa, de mercado-tecnia, cambios estéticos y similares). A medida que el factor se incrementa, dichas actividades también	10,53	10,53
2	Gastos en innovación distintos de la I+D (NRDEXPEND)	Gastos en actividades de innovación tecnológica distintas de la I+D (maquinaria y equipo, adquisición de conocimiento, formación y similares). A medida que el factor se incrementa, las actividades también	10,42	20,95
3	I+D propia y resultados (RD&PAT)	Fondos propios dedicados a la innovación a través de I+D interna y a las actividades de patentado. A medida que el factor se incrementa, también lo hacen los fondos propios destinados a la I+D interna y el número de patentes	7,5	28,45
4	Innovación de producto con esfuerzo interno (PRODINNER)	Combina el hecho de introducir innovaciones de producto con la gestión de estas innovaciones a través de esfuerzo propio interno. A medida que este factor crece, más importante se vuelve el esfuerzo interno para la innovación de producto	7,15	35,6
5	Recursos humanos y fondos públicos (HUMCAP&FUNDS)	Combina los recursos humanos destinados a la innovación y los fondos públicos obtenidos, de forma que indica el grado de dependencia de dichos fondos para mantener los recursos humanos en innovación. A medida que el factor crece, también lo hace la dependencia	6,15	41,75

Tabla 18.3. (Continuación)

Factor	Descripción	Descripción	Varianza Explicada (%)	
			Cada factor	Acumulado
6	Tamaño e integración de conocimiento externo (SIZE&INTEGRATION)	Incluye el tamaño de la empresa, los gastos en I+D externa. A medida que el factor crece, se trata de empresas de mayor tamaño y con mayor capacidad para integrar el conocimiento externo en sus actividades innovadoras	6,05	47,8
7	Atracción de fondos de la UE (UEFUNDS)	La capacidad para atraer fondos de la UE indica una calidad mínima (suelo o masa crítica), que ha sido superada	5,81	53,61
8	Investigación básica y cooperación (BASICR&COOP)	A medida que este factor se incrementa, las actividades cooperativas son más importantes en la innovación	4,82	58,43
9	Innovación de proceso por fuentes externas (PROCEXTER)	A medida que este factor crece las fuentes externas de conocimiento son más importantes para la innovación de proceso	4,81	63,24

Fuente: elaboración propia a partir del PITEC; método de componentes principales.

Por otro lado, al ser nuestro objetivo clasificatorio, no calculamos efectos marginales, sino que centramos nuestra atención en el signo y la magnitud relativa. Detectamos así qué factores aumentan o reducen la probabilidad de que estemos ante una GMN y la intensidad relativa de la influencia de cada factor significativo.

De esta forma pretendemos determinar hasta qué punto existen diferencias en el comportamiento innovador entre tipos de empresas, cuáles son los factores que mejor explican esas diferencias y hasta qué punto estas diferencias se mantienen o desaparecen al controlar por la taxonomía sectorial que acabamos de presentar más arriba. En las regresiones hemos añadido las variables sobre porcentaje de ventas debido a productos nuevos para la empresa (*NEWEMP*) y productos nuevos para el mercado (*NEWMER*) para detectar orientaciones destinadas a la explotación del mercado frente a otras dirigidas a incrementar la base tecnológica de las empresas.

## 4. Resultados

### 4.1 Análisis factorial

Como primer paso de la fase explicativa, hemos realizado una serie de análisis factoriales sobre las variables proporcionadas por el PITEC, utilizando como criterios para rechazar variables los tradicionales valores de KMO y MSA, tests habituales en este tipo de análisis que nos dan, respectivamente, una medida de la idoneidad del análisis en su conjunto y de cada una de las variables incluidas<sup>6</sup>. En este proceso encontramos una estructura factorial que se mantiene muy estable y que finalmente nos permite trabajar con nueve factores, que podemos ordenar de acuerdo con la varianza que cada uno explica en cuatro niveles. Un primer nivel por encima del 10% (dos factores), un segundo nivel por encima del 7% (dos factores), un tercer nivel alrededor del 6% (tres factores) y un cuarto nivel ligeramente por debajo del 5% (dos factores).

La estructura factorial seleccionada se muestra en la tabla 18.4 y es razonablemente posible explicarla en términos económicos, además de ser coherente en términos de comportamiento innovador. Entre paréntesis figura el acrónimo con el que trabajaremos para las regresiones.

> **Tabla 18.4.** Método de trabajo

Tabla	Grupo de referencia	Control por tipo de sector	Interpretación de los coeficientes
TODAS (4 a 7)			Factores significativos para explicar la probabilidad de que la empresa analizada sea una GMN, lo que implica diferencias en el comportamiento respecto a las empresas españolas de referencia Las GMN presentan más intensidad (coeficiente positivo) o menos (coeficiente negativo) que las españolas en estos factores o variables En los factores no significativos no hay diferencias en el comportamiento entre GMN y empresas españolas
4	Cualquier empresa española	NO	Diferencias en el comportamiento entre GMN y empresas españolas (sin distinguir que sean individuales o pertenezcan a un grupo)

**Nota 6.** Nos remitimos a García, Gil y Rodríguez [14] y Uriel y Aldás [39] para una explicación más detallada sobre las técnicas de análisis factorial.

Tabla 18.4. (Continuación)

Tabla	Grupo de referencia	Control por tipo de sector	Interpretación de los coeficientes
5	Cualquier empresa española	SÍ	Diferencias en el comportamiento entre GMN y empresas españolas en cada tipo de sector de nuestra taxonomía (sin distinguir que sean individuales o pertenezcan a un grupo) Los diferentes valores de la $R^2$ de McFadden indican mayores o menores diferencias en el comportamiento en cada tipo de sector Las diferencias en los factores significativos en cada tipo de sector indican los elementos que definen las diferencias en cada uno de ellos
6	Empresas españolas individuales (EIN)	SÍ	Diferencias en el comportamiento entre GMN y empresas españolas individuales en cada tipo de sector de nuestra taxonomía Las diferencias en valores de la $R^2$ de McFadden y en los factores significativos entre sectores se interpretan de forma equivalente a la tabla 18.6
7	Empresas pertenecientes a un Grupo español (GN)	SÍ	Diferencias en el comportamiento entre GMN y empresas pertenecientes a un grupo de nacionalidad española individuales en cada tipo de sector de nuestra taxonomía Las diferencias en valores de la $R^2$ de McFadden y en los factores significativos entre sectores se interpretan de forma equivalente a las tablas 18.6 y 18.7

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2 Análisis probit

En términos generales, debemos destacar en primer lugar que las similitudes predominan sobre las diferencias, como se deduce de los reducidos valores de la  $R^2$  de McFadden, con una notable excepción al comparar las GMN con las EIN. Las similitudes son mayores aún entre las empresas que implementan las innovaciones de forma efectiva (valores más reducidos de la  $R^2$  de McFadden y menos factores significativos) y se centran fundamentalmente en cuestiones que tienen que ver con el tamaño y la capacidad para integrar conocimiento.

La tabla 18.5 resume los resultados de las estimaciones sin segmentar la muestra por taxonomía de sectores: la primera columna presenta la comparación global entre GMN y empresas españolas, la segunda las compara con EIN (excluidas las que pertenecen a grupos nacionales) y la tercera, con GN (excluidas las empresas individuales).



> **Tabla 18.5.** *GMN frente a empresas españolas (innovadores efectivos)*

Variable dependiente: GMN						
Probabilidad de que se trate de una GMN	Respecto a todas las empresas españolas en su conjunto		Respecto a las empresas individuales españolas (EIN)		Respecto a las empresas españolas que pertenecen a un grupo nacional (GN)	
Nº de empresas	2.816		2.152		1.165	
Variable	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.
C	-0,791478	0,0000	-0,466965	0,0000	-0,030533	0,5690
BASICR_COOP						
HUMCAP_FUNDS	-0,142766	0,0000				
NRDEXPEND	0,156883	0,0001	1,235972	0,0000		
ORGINNV			0,077723	0,0234		
PROCEXTER			0,078631	0,0300		
PRODINNER						
RD_PAT	0,116444	0,0000	0,763876	0,0000		
SIZE_INTEGR	0,217491	0,0000	0,933043	0,0000	0,091134	0,0185
UEFUNDS	0,099692	0,0005	0,777949	0,0000		
DYNAMIC	-0,226781	0,0017	-0,235605	0,0050	-0,177574	0,0649
LOST_OPP						
RETREAT	-0,389816	0,0002	-0,338692	0,0078	-0,474623	0,0004
NEWEMP	-0,003055	0,0020	-0,003683	0,0024	-0,003224	0,0115
NEWMER						
R² de McFadden	0,066929		0,212059		0,019697	
Probabilidad (LR stat)	0,000000		0,000000		2,58E-06	

Fuente: elaboración propia.

Una primera comparación general no muestra grandes diferencias entre empresas nacionales y extranjeras. La mayor parte de los factores aumentan la probabilidad de pertenecer a un GMN, a excepción de *HUMANCAP&FUNDS*, que la reduce. Como veremos más adelante, es un resultado recurrente, que indica una mayor dependencia de las empresas nacionales de la captación de fondos públicos para mantener recursos humanos cualificados y desarrollar sus actividades innovadoras.

Sin embargo, al distinguir entre el tipo de empresas nacionales, aparecen dos situaciones claramente diferenciadas. Las similitudes son mucho más importantes cuando comparamos las GMN con empresas nacionales pertenecientes a un grupo (GN), eliminando las distorsiones de las empresas individuales: bajos valores para la  $R^2$  de McFadden y menos factores significativos. Destaca el que recoge el tamaño y la capacidad para integrar diversas fuentes de conocimiento, mayor entre las empresas que pertenecen a un GMN. Muy al contrario, al comparar las GMN con las empresas nacionales individuales (EIN), eliminando el efecto de las que pertenecen a un grupo nacional, las diferencias son mucho mayores (la  $R^2$  de McFadden es diez veces mayor que en el caso anterior) al tiempo que son muchos más los factores significativos que, por lo general, incrementan la probabilidad de que sea una GMN la que los está implementando.

Desde otra perspectiva, queremos destacar que el tamaño de la empresa y los aspectos con él relacionados (en especial la capacidad para integrar el conocimiento y las habilidades externas a la empresa con el conocimiento y las habilidades internas y la disponibilidad de fondos propios) tienen un papel central para explicar las diferencias entre las GMN y las demás empresas, especialmente en el caso de las GN que efectivamente implementan innovaciones; de hecho, como veremos más adelante, son la única diferencia plausible entre este tipo de empresas en sectores de especialización dinámica. Es decir, volvemos a los elementos estructurales como principal diferencia, si bien el signo negativo de *NEWEMP* (que reduce la probabilidad de que se trate de una GMN cuanto mayor es el porcentaje de ventas debido a productos nuevos para la empresa, pero no para el mercado) apunta a que las EIN tienden a innovar con más frecuencia mediante la introducción en su sistema productivo de productos previamente existentes en el mercado.

En cuanto a la tipología de sectores, en la estimación establecemos como sector de referencia la especialización estacionaria, por lo que los signos negativos de las variables de control sectorial indican que la presencia de GMN entre las empresas innovadoras es proporcionalmente menor en sectores de especialización dinámica y de oportunidades perdidas. En otras palabras, esto apunta a que esas empresas vienen buscando activos y capacidades complementarias en sectores en retroceso, en los que el sistema español de innovación presenta ventajas (especialización estacionaria), pero no contribuyen a mejorar las deficiencias en sectores de oportunidades perdidas,

al igual que tampoco refuerzan de forma sustancial las ventajas en especialización dinámica.

Para profundizar en la influencia de la tipología sectorial, hemos replicado el análisis anterior, segmentando la muestra en cuatro submuestras, una para cada sector: los resultados se muestran en la tabla 18.6.

> **Tabla 18.6.** *GMN frente a empresas españolas (innovadoras efectivas, muestra segmentada por taxonomía de sectores)*

Variable dependiente GMN								
Probabilidad de que se trate de una GMN	Sectores de especialización dinámica		Sectores en retirada		Sectores de oportunidades perdidas		Sectores de especialización estacionaria	
	Nº de empresas	641		318		831		1.026
Variable	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.
C	-1,116322	0,0000	-1,410934	0,0000	-0,914763	0,0000	-0,711739	0,0000
BASICR_COOP								
HUMCAP_FUNDS	-0,595906	0,0000	-0,942977	0,0000	-0,091174	0,0083		
NRDEXPEND					0,108366	0,0241	0,313463	0,0111
ORGINNV			-0,216886	0,0565				
PROCEXTER								
PRODINNER								
RD_PAT	0,250949	0,0164			0,095954	0,0129	0,129841	0,0008
SIZE_INTEGR	1,086511	0,0000	0,577904	0,1140	0,283686	0,0008	0,133250	0,0292
UEFUNDS					0,076182	0,0302		
NEWEMP								
NEWMER							-0,003972	0,0159
R <sup>2</sup> de McFadden	0,10724		0,149648		0,063668		0,037509	
Probabilidad (LR stat)	0,000000		8,21E-07		0,000000		3,76E-08	

Fuente: elaboración propia.

El primer hecho que hay que destacar es la reducción de las diferencias entre empresas extranjeras y nacionales, tanto por el re-

ducido valor de la  $R^2$  de McFadden (especialmente en especialización estacionaria y también en oportunidades perdidas), como por el menor número de factores significativos. Sin embargo, si en la que hemos llamado diagonal de desajuste las diferencias son mínimas, en la diagonal de ajuste a la dinámica internacional las diferencias entre empresas nacionales y extranjeras son mayores, aunque se centran en dos o tres aspectos, el tamaño y otros relacionados directa o indirectamente con él: las capacidades para integrar conocimientos, para apropiarse de los resultados de la I+D a través de patentes y la (in)dependencia de los recursos públicos para mantener personal cualificado en innovación.

En este sentido, el factor que relaciona la dependencia de fondos públicos con la disponibilidad de recursos humanos cualificados para la innovación reduce, con carácter general, la probabilidad de que se trate de una GMN. Esto confirma la dependencia de las empresas españolas, el carácter no estructural o permanente de sus actividades innovadoras (táctico antes que estratégico) y constituye un elemento que dificulta su adaptación a la dinámica internacional. Al mismo tiempo, el que no marque diferencias en los sectores de especialización estacionaria, no debe entenderse como un aspecto demasiado positivo: a pesar de que indica cierta capacidad para establecer planteamientos de mayor calado estratégico en el sistema español de innovación, éstos se hacen en sectores en retroceso dentro de la dinámica tecnológica internacional.

Centrémonos ahora en los sectores de especialización estacionaria y prestemos atención a los signos de *NRDEXPEND* (positivo) y *NEWMER* (negativo), que nos dan una idea del objetivo de las GMN en el sistema español de innovación en estos sectores. Las GMN realizan más actividades distintas de la I+D y los productos nuevos para el mercado son menos importantes en sus cifras de ventas. Es decir, en estos sectores en retroceso, el esfuerzo en innovación y en generación de competencias, habilidades y nuevos productos o procesos depende de las empresas nacionales especializadas, mientras que, con las debidas cautelas, podemos apuntar que las GMN vienen en mayor medida a adquirir y aprovechar las habilidades de las empresas nacionales, sin generar nuevos activos en el sistema español.

El último grupo de comparaciones consiste en réplicas de los análisis anteriores, segmentando la muestra por sectores y controlando el tipo de empresa nacional. De esta forma, podemos comparar las di-

ferencias en cada tipo de sector entre GMN y EIN (tabla 18.7) y entre GMN y GN (tabla 18.8), sin las distorsiones que puedan derivarse de las notables diferencias entre las empresas nacionales individuales y las que pertenecen a un grupo.

> **Tabla 18.7.** *GMN frente a empresas individuales (EIN) (innovadoras efectivas, muestra segmentada por taxonomía de sectores)*

Variable dependiente GMN								
Probabilidad de que se trate de una GMN	Sectores de especialización dinámica		Sectores en retirada		Sectores de oportu- nidades perdidas		Sectores de especializa- ción esta- cionaria	
	Nº de empresas	502		236		639		775
Variable	Coefi- ciente	Prob.	Coefi- ciente	Prob.	Coefi- ciente	Prob.	Coefi- ciente	Prob.
C	-0,830609	0,0000	-0,725764	0.0001	-0,332865	0,0000	-0,391959	0,0000
BASICR_COOP								
HUMCAP_ FUNDS	-1,009768	0,0000	-1,198090	0.0001				
NRDEXPEND					2,627822	0,0000	0,878636	0,0014
ORGINNV							0,141888	0,0050
PROCEXTER								
PRODINNER								
RD_PAT	0,508365	0,0008	1,315718	0.0007	1,692760	0,0000	0,583088	0,0000
SIZE_INTEGR	2,321126	0,0000	2,517453	0.0001	3,358377	0,0000	0,681079	0,0000
UEFUNDS					1,019423	0,0000	0,714860	0,0000
NEWEMP			-0,009123	0.0667			-0,005771	0,0025
NEWMER								
R <sup>2</sup> de McFadden	0,192465		0,311095		0,386194		0,160237	
Probabi- lidad (LR stat)	0,000000		6,67E-12		0,000000		0,000000	

Fuente: elaboración propia.

Los mayores valores de la R<sup>2</sup> de McFadden confirman definitivamente que las diferencias son mucho más importantes respecto a las empresas individuales. En otras palabras, el elemento determinante de las

diferencias es la pertenencia o no a un grupo de empresas, siendo poco relevante la nacionalidad de la empresa matriz de dicho grupo. Y esto es extensible a todos los tipos de sectores.

> **Tabla 18.8.** *GMN frente a empresas pertenecientes a un grupo nacional (GN) (innovadoras efectivas, muestra segmentada por taxonomía de sectores)*

Variable dependiente GMN								
Probabilidad de que se trate de una GMN	Sectores de especialización dinámica		Sectores en retirada		Sectores de oportunidad-des perdidas		Sectores de especialización estacionaria	
	Nº de empresas							
Variable	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.	Coeficiente	Prob.
C	-0,371003	0,0000	-0,756132	0,0000	-0,197679	0,0106		
BASICR_COOP								
HUMCAP_FUNDS	-0,371019	0,0148	-0,631986	0,0054				
NRDEXPEND								
ORGINNV			-0,331722	0,0172				
PROCEXTER								
PRODINNER					0,242548	0,0252		
RD_PAT								
SIZE_INTEGR	0,463311	0,0396						
UEFUNDS								
NEWEMP								
NEWMER								
R <sup>2</sup> de McFadden	0,041764		0,105255		0,010669		0,018438	
Probabilidad (LR stat)	0,002693		0,000806		0,022911		0,357268	

Fuente: elaboración propia.

Las diferencias respecto a las empresas individuales son menores en sectores con ventaja tecnológica en el sistema español de innovación (tanto de especialización dinámica como estacionaria) y claramente mayor en sectores con desventaja (en retirada y de oportunidades

perdidas). Esto apunta a una mejor integración con el sistema español en sectores con especialización y ventajas tecnológicas, y un comportamiento más aislado en sectores con desventajas. En el caso de las empresas pertenecientes a un grupo español, las diferencias no sólo se reducen drásticamente, sino que desaparecen en el caso de la especialización estacionaria.

También son destacables las diferencias encontradas en cuanto a los factores que discriminan entre GMN y EIN de unos sectores a otros. El tamaño y la capacidad de integración de conocimientos y fuentes de innovación es significativo en todas las estimaciones sectoriales y aumenta la probabilidad de que se trate de una GMN. Es decir, el principal factor fijo, el tamaño, y los demás factores a él asociados, determinan las principales diferencias entre estos tipos de empresas.

En los sectores de la diagonal de ajuste positivo a la dinámica internacional se detecta, en el caso de las empresas individuales, una mayor dependencia de los fondos públicos para mantener recursos humanos en actividades de innovación, lo que se puede interpretar como una consecuencia derivada de su menor tamaño.

En los sectores de la diagonal de desajuste a la dinámica internacional (oportunidades perdidas y especialización estacionaria) los gastos en actividades distintas de la I+D marcan claramente la diferencia (además del ya mencionado tamaño y factores relacionados) entre las EIN y las GMN, que realizan este tipo de gastos en mayor medida. Adicionalmente, en los sectores de especialización estacionaria las GMN realizan más innovaciones organizativas que las EIN, mientras que son estas empresas individuales las que innovan en mayor medida, con productos nuevos para la empresa pero no para el mercado. Es decir, las empresas individuales tienden a imitar las innovaciones realizadas por otras empresas, especialmente grupos nacionales, como señalamos más arriba.

Queremos concluir con una reflexión sobre la comparación entre las empresas pertenecientes a un grupo multinacional (GMN) y aquellas que pertenecen a un grupo nacional (GN) a la vista de los datos de la tabla 18.8. Una vez más, debemos insistir en que el hecho de pertenecer a un grupo homogeneiza el comportamiento innovador en el sistema español de innovación (se reducen extraordinariamente los valores de la  $R^2$  de McFadden), por lo que las GMN convergen con el comportamiento de los GN, con pequeñas diferencias, por lo general asociadas al efecto tamaño. Tanto es así que en los sectores de especialización esta-

cionaria no hay diferencias significativas entre grupos nacionales y multinacionales (aceptamos la hipótesis de igualdad): las GMN se adaptan a las pautas de comportamiento fijadas por las empresas pertenecientes a grupos nacionales. Las diferencias son también prácticamente inexistentes en el otro sector de la diagonal de desajuste (oportunidades perdidas).

Sin embargo, en los sectores de la diagonal de ajuste a la dinámica internacional (el de especialización dinámica y, en mayor medida, el de retirada), las diferencias son mayores entre GMN y GN, aunque siempre en menor medida que las que anteriormente hemos visto entre GMN y EIN. Estas diferencias se pueden resumir insistiendo en dos constantes: el mayor tamaño de las GMN (especialmente en especialización dinámica) y la mayor dependencia de los fondos públicos para financiar el personal cualificado en tareas de innovación (tanto en especialización dinámica como en retirada), efecto ligado al tamaño, como ya hemos apuntado anteriormente. Es necesario añadir que, en los sectores en retirada, las empresas de grupos nacionales (GN) realizan más actividades de innovación organizativa, lo que apunta a una mayor implicación en la salida ordenada del sector.

Un último apunte: el signo positivo de *PRODINNER* indica que las GMN realizan más innovaciones de producto desarrolladas internamente en sectores de oportunidades perdidas y apunta hacia una fuerte dependencia de los recursos propios (empresa matriz) y, por tanto, hacia una muy escasa integración en el sistema español de innovación y los recursos nacionales. De ahí que no contribuyan a mejorar la posición internacional en estos sectores.

En resumen, los factores relacionados con el tamaño son favorables a las GMN, mientras que aquellos relacionados con la actividad puramente innovadora son, por lo general, favorables a las GN. Con las lógicas cautelas, podemos apuntar la hipótesis de que las empresas pertenecientes a grupos multinacionales muestran dificultades para convertirse en locomotoras para la actualización y mejora de la especialización tecnológica del sistema español de innovación. En otras palabras, los hipotéticos *spillovers* no parecen ser suficientes para cambiar la posición internacional establecida en España como país intermedio.



## 5. Conclusiones

En términos generales, las líneas teóricas que hemos propuesto son respaldadas por la evidencia empírica, siendo especialmente destacables los siguientes aspectos.

En primer lugar, las coincidencias de las filiales de GMN con las empresas nacionales (en especial las pertenecientes a un grupo, GN) en la forma de organizar las actividades de innovación, una vez que se controlan los principales efectos fijos. La importancia de la pertenencia a un grupo, independientemente de la nacionalidad de su matriz, resulta clara a la vista de las similitudes entre GMN y GN, al tiempo que existen considerables diferencias entre GMN y EIN.

En cuanto a los factores que explican las diferencias entre unas empresas y otras, debe destacarse el papel fundamental del tamaño y de los diversos aspectos con él relacionados, en especial la capacidad para integrar fuentes internas y externas de conocimiento y la disponibilidad de recursos humanos y fondos propios. Sin embargo, los factores *a priori* más directamente relacionados con la organización de la innovación en sentido estricto son menos significativos para diferenciar el posible impacto de las GMN en el sistema de innovación.

La importancia de las cuatro categorías de nuestra taxonomía sectorial, y su influencia en las diferencias encontradas en diversas estimaciones, valida nuestra propuesta de aproximación a través del sistema español de innovación. Las diferencias son menores en sectores con ventajas tecnológicas reveladas, en especial en el caso de la especialización estacionaria, que agrupa los sectores más importantes para la economía española en términos absolutos; de hecho, no existen diferencias significativas en este tipo de sectores entre GMN y GN. Por el contrario, las diferencias crecen sustancialmente en los sectores con desventajas tecnológicas reveladas.

Las empresas independientes tienden a innovar en mayor medida a través de la adopción de productos y procesos previamente existentes, especialmente en sectores de especialización estacionaria. En estos sectores, las empresas pertenecientes a grupos nacionales marcan las pautas de innovación, a las que se adaptan las GMN y que son copiadas por las EIN. Si a la mayor adaptación (y hasta cierto punto integración) de las GMN en los sectores con ventaja tecnológica revelada positiva añadimos su menor presencia relativa en I+D respecto a su presencia innovadora general en estos sectores (tabla 18.1), puede

atribuirseles un papel pasivo que contribuye a que se mantengan las dificultades del sistema español de innovación para generar ventajas tecnológicas en determinados sectores internacionalmente dinámicos.

De esta forma, no cabe esperar que las estrategias de las GMN vayan a generar un cambio sustancial en la trayectoria de especialización tecnológica internacional de España; más bien al contrario, puede presentárselas como corresponsables de la actual situación, en estrecha relación con las empresas nacionales.

En un contexto de competencia por la IDE entre diferentes países intermedios y de fomento de las capacidades para atraerlas, debemos señalar que estas inversiones en muy pocos casos conllevan actividades de innovación por parte de las GMN de carácter central, con el objetivo de mejorar su posición competitiva estratégica. Más bien al contrario, tienden a integrarse o adaptarse a las circunstancias del sistema nacional de innovación de acogida, aprovechando sus ventajas pero sin corregir sus desventajas. Es lo que ya hemos llamado adaptación pasiva.

Cambiar esta situación (en España y, de forma general, en los países intermedios) requiere determinadas políticas públicas. En primer lugar, mejorar las capacidades nacionales mediante la actualización y mejora de las investigaciones universitarias y las capacidades formativas, de forma que se consoliden nuevas ventajas tecnológicas reveladas que, en el caso de España, parece que deban girar alrededor de las nuevas fuentes de energía y determinadas industrias de biotecnología. En segundo, cambiar la estrategia de atracción de IDE alejándose de los aspectos cuantitativos (más IDE) a favor de los aspectos cualitativos (mayores actividades de I+D e innovación y mayor cooperación e integración con el sistema nacional de innovación). Tercero, mejorar y actualizar el nivel tecnológico de las PYMEs nacionales, de forma que puedan participar en colaboración con los GMN y también con los GN. De esta forma, se eliminarían los incentivos para determinadas decisiones recientes de deslocalización basadas en la falta de proveedores locales cualificados. Por último, deberían reforzarse las acciones orientadas a incrementar la participación de las PYMEs en redes y consorcios en los programas internacionales de I+D e innovación, así como la promoción de la internacionalización de las actividades de las empresas españolas, incluidas las actividades de búsqueda internacional de activos y competencias en innovación.

## Referencias

- [1] Álvarez, I.; Molero, J. (2004): «Fundamentos y evidencia empírica de la relación entre empresas multinacionales y sistemas nacionales de innovación», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 20, julio-septiembre.
- [2] Álvarez, I.; Molero, J. (2005): «Technology and the generation of international spillovers: an application to Spanish manufacturing firms», *Research Policy*, 34, pp. 1.440-1.452.
- [3] Ambos, B. (2005): «Foreign direct investment in industrial research and development: a study of German MNCs», *Research Policy*, 34, pp. 395-410
- [4] Archibugi, D.; Michie, J. (1995): «The Globalisation of Technology: A new Taxonomy», *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 121-140.
- [5] Balcet, G.; Evangelista, R. (2005): «Global technology: innovation strategies of foreign affiliates in Italy», *Transnational Corporations*, 14 (2), pp. 51-92.
- [6] Cantwell, J. (1989): *Technological Innovation and Multinational Corporations*, Basil Blackwell, Oxford.
- [7] Cantwell, J.; Glac, K. (2004): «MNC Technology Strategy and the Development of Local Technological Capabilities», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 20, julio-septiembre.
- [8] Cantwell, J.; Molero, J. (eds.) (2003): *Multinational Enterprises, Innovative Strategies and Systems of Innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [9] Cantwell, J.; Mudambi, R. (2001): *MNE Competence-Creating Subsidiary Mandates: An Empirical Investigation*, ICEI Working Paper DT 06/2001.
- [10] Castellani, D.; Zanfei, A. (2006): *Multinational firms, innovation and productivity*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [11] Comisión Europea (1998): *Internationalisation of Research and Technology: Trends, Issues and Implications for S&T Policies in Europe*, ETAN Working Paper, Bruselas.
- [12] Crespi, B.; Pianta, M. (2008): «Diversity in Innovation and productivity in Europe», *Journal of Evolutionary Economics*, 18(3).
- [13] Ernst, D. y Kim, L. (2002): «Global production networks, knowledge diffusion and local capability formation», *Research Policy*, 31, pp. 1.417-1.429.
- [14] García, E.; Gil, J.; Rodríguez, G. (2000): *Análisis Factorial*, La Muralla, Madrid.
- [15] Lundvall, B. A. (1998): «Technology Policy in the Learning Economy», en Archibugi, D.; Michie, J. (eds.), *Innovation Systems in a Global Economy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [16] Malerba, F. (2004): «Sectoral Systems: how and why Innovation differs across sectors», en Fagerberg, J, Mowery, D.; Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press.
- [17] Meyer-Krahmer, J.; Reguer, G. (2000): «Política tecnológica europea e internacionalización: un análisis contra los antecedentes de las estrate-

- gias de innovación de las empresas multinacionales», en Molero, J. (ed.), *Competencia Global y Cambio Tecnológico*, Pirámide, Madrid.
- [18] Molero, J. (2000): «Las empresas multinacionales y el sistema español de innovación», en Molero, J. (ed.), *Competencia Global y Cambio Tecnológico*, Pirámide, Madrid.
- [19] Molero, J. (2002): «The innovative behaviour of MNC subsidiaries in uneven systems of integration: a comparative analysis of the German and Irish cases», *The Journal of Interdisciplinary Economics*, 13.
- [20] Molero, J. (2005): «Industrialisation and internationalisation in the Spanish economy», en McGowan, F.; Radosevic, S.; Von Tunzelmann, N. (eds.), *The Emerging Industrial Structure of the Wider Europe*, Routledge, Londres.
- [21] Molero, J.; Buesa, M. (1993): «Multinational companies and technological change: basic traits and taxonomy of the behaviour of German industrial companies in Spain», *Research Policy*, 22, pp. 265-278.
- [22] Molero, J.; García, A. (2008): «The innovative activity of foreign subsidiaries in the Spanish Innovation System: An evaluation of their impact from a sectoral taxonomy approach», *Technovation*, 28, pp.739-757.
- [23] Narula, R. (1996): *Multinational Investment and Economic Structure*, Routledge, Londres.
- [24] Narula, R. (2003): *Globalization and Technology*, Polity Press, Cambridge.
- [25] Narula, R. (2004): *Understanding absorptive capacities in an "innovation system" context: consequences for economic and employment growth*, MERIT-Infonomics, Memorandum Series, 2004-003, Maastricht.
- [26] Narula, R.; Portelli, B. (2004): «Foreign direct investment and economic development: Opportunities and limitations from a developing country perspective», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 20, julio-septiembre.
- [27] OCDE (1997): *Internationalisation of Industrial R&D: Patterns and Trends*, Group of National Experts on Science and Technology Indicators, OCDE, París.
- [28] Patel, P. (1995): «The Localised Production of Global Technology», *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 141-153.
- [29] Patel, P.; Pavitt, K. (1991): «Large firms in the production of the world's technology: an important case of "non-globalisation"», *Journal of International Business Studies*, 22, pp. 1-22.
- [30] Patel, P.; Pavitt, K. (1992): «The innovative performance of the world's largest firms: some new evidence», *The economics of innovation and new technology*, 2, pp. 77-95.
- [31] Patel, P.; Pavitt, K. (2000): *National System of Innovation Under Strain: The Internationalisation of Corporate R&D*, en Barrell, R.; Mason, G.; O'Mahoney (eds.), *Productivity, Innovation and Economic Performance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [32] Patel, P.; Vega, M. (1999): «Patterns of internalisation corporate technology: location vs. home countries advantages», *Research Policy*, 28, pp. 145-155.

- [33] Pavitt, K. (2001): «Public Policies to Support Basic Research: What Can the Rest of the World Learn from US Theory and Practice? (And What They Should Not Learn)», *Industrial & Corporate Change*, 10, pp. 761-779.
- [34] Pearce, R. (1999): «Decentralised R&D and strategic competitiveness: globalised approaches to generation and use of technology in multinational enterprises (MNEs)», *Research Policy*, 28, pp. 157-178.
- [35] Pérez, T. (1998): *Multinational enterprises and technological spillovers*, Hardwood, Ámsterdam.
- [36] Sadowsky, B. M.; Sadowski-Rasters, G. (2006): «On the innovativeness of foreign affiliates: evidence from companies in The Netherlands», *Research Policy*, 35, pp. 447-462.
- [37] Sanna-Randaccio, F.; Veugleers, R. (2003): «Global innovation strategies of MNEs: implications for host economies», en Cantwell, J.; Molero, J. (eds.), *Multinational Enterprises, Innovative Strategies and Systems of Innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [38] Simões, V. C. (2003): «Networks and learning processes: a case study of the automotive industry in Portugal», en Cantwell, J.; Molero, J. (eds.), *Multinational Enterprises, Innovative Strategies and Systems of Innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [39] Uriel, E. (2005): *Análisis Multivariante aplicado. Aplicaciones al marketing, investigación de mercados, economía, dirección de empresas y turismo*, Thomson, Madrid.
- [40] Verspagen, B. (1997): «Estimating International Technology Spillovers using Technology Flows Matrixes», *Weltwirtschaftliches Archiv*, 133 (2), pp. 26-242.

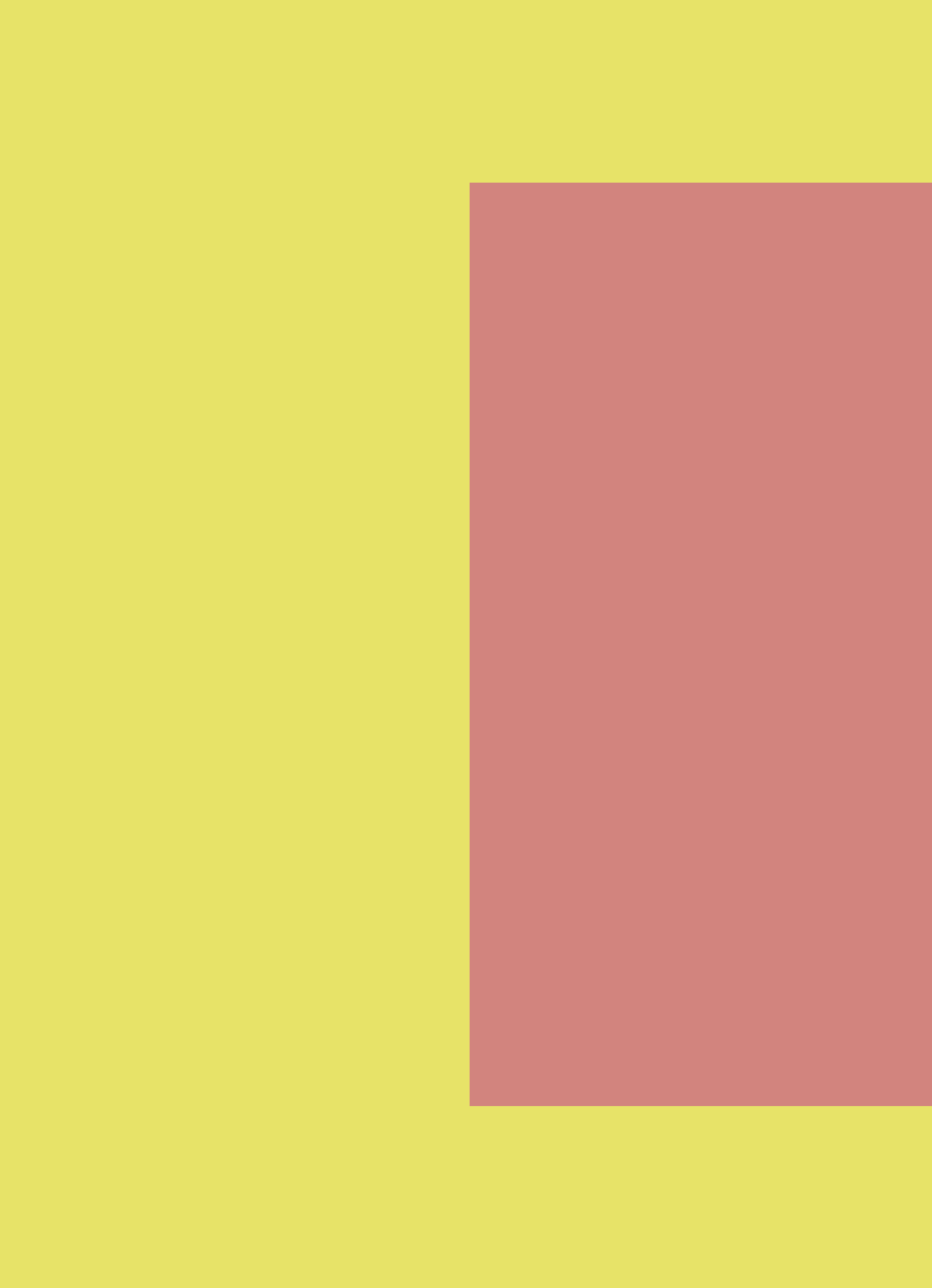
## Anexo: clasificación sectorial según la taxonomía propuesta

> **Tabla 18.9.** *Clasificación sectorial*

Sectorios de oportunidades perdidas	Sectorios de especialización dinámica
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curtido, confecciones de piel</li> <li>- Productos metálicos, excepto maquinaria y equipo</li> <li>- Maquinaria de oficina y ordenadores</li> <li>- Motores eléctricos, generadores y transformadores</li> <li>- Acumuladores de energía y baterías</li> <li>- Equipo de iluminación y lámparas eléctricas</li> <li>- Equipamiento eléctrico (n.c.o.p.)</li> <li>- Válvulas electrónicas y otros componentes electrónicos</li> <li>- Aparatos de transmisión de TV, radio, telefonía y telegrafía</li> <li>- Aparatos de recepción de TV y radio, reproductores y grabadores de sonido o video y bienes asociados</li> <li>- Equipamiento de control de procesos industriales</li> <li>- Instrumentos ópticos, de relojería y equipo fotográfico</li> <li>- Vehículos a motor</li> <li>- Otro material de transporte</li> <li>- Fabricación de muebles</li> <li>- Otra manufacturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manufacturas textiles y vestido y ropa de piel</li> <li>- Productos metálicos básicos</li> <li>- Maquinaria y equipo mecánico, excepto aviones, automóviles y ciclomotores</li> <li>- Maquinaria para agricultura, silvicultura y de uso general</li> <li>- Fabricación de máquina-herramientas (epígrafes DK2941, DK2942 y DK2943 en Rev. 1.1 NACE)</li> <li>- Fabricación de otra maquinaria específico</li> <li>- Fabricación de utensilios domésticos (n.c.o.p.)</li> <li>- Fabricación de aparato de control y distribución de electricidad, y cable</li> </ul>
Sectorios en retirada	Sectorios de especialización estacionaria
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manufacturas de tabaco</li> <li>- Manufacturas y productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y materiales de trenzado</li> <li>- Otros productos minerales no metálicos</li> <li>- Equipamiento médico y quirúrgico y aplicaciones ortopédicas</li> <li>- Instrumentos de medida, comprobación, y otros propósitos, excepto el equipo de control de procesos industriales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentos y bebidas</li> <li>- Papel, pasta de papel y productos de papel</li> <li>- Impresión y artes gráficas</li> <li>- Carbón, refinado de petróleo y sus derivados y combustible nuclear</li> <li>- Química básica</li> <li>- Pesticidas y productos agro-químicos</li> <li>- Fabricación de pinturas, barnices y similares, tinta de impresión y masilla</li> <li>- Productos farmacéuticos, química medicinal y botánica</li> <li>- Fabricación de jabón, detergentes y productos de limpieza y pulimento</li> <li>- Otros productos químicos</li> <li>- Fabricación de fibras artificiales</li> <li>- Productos de caucho y plástico</li> <li>- Fabricación de armas y municiones</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.







# *Innovación, exportaciones y productividad*

> **Bruno Cassiman**

IESE Business School y K.U. Leuven

> **Elena Golovko**

Tilburg University

> **Ester Martínez Ros**

Universidad Carlos III de Madrid

## ***1. Introducción***

Una de las preguntas importantes que los gobiernos se plantean es hacia dónde deben dirigir sus esfuerzos de estímulo y promoción para incrementar los niveles de productividad. España está particularmente interesada en esta cuestión, dadas sus bajas cifras en productividad en comparación con los países avanzados de la Unión Europea. Por ejemplo, Eurostat para 2008, señaló que la productividad del trabajo por persona ocupada (como el PIB en poder de paridad de compra) con relación a la media de la UE-27 (UE-27 = 100), para España fue del 103,6,;sin embargo los valores del conjunto de países de la zona euro era 109,7, o el de otro países avanzados, como Francia 121,7 o Alemania 107, e incluso Italia estaba en la media de los países de la zona euro. En este ámbito, tradicionalmente, se ha partido del supuesto de que las políticas de estímulo a la exportación llevarían consigo mejoras en la competitividad de las empresas y, por tanto, mejoras en la productividad. De ahí que los programas de incentivos a la exportación hayan sido ampliamente utilizados por todos los

agentes económicos. Sin embargo, la evidencia empírica nos demuestra que dichos incentivos no han contribuido a mejorar sustancialmente la productividad española. Es por ello que con este estudio nos planteamos constatar que el papel de la innovación en las mejoras de competitividad y productividad de las empresas españolas es crucial y, en consecuencia, abogar por seguir ofreciendo estímulos e incentivos con políticas activas hacia la actividad innovadora privada.

En este capítulo se presentan algunos de los resultados de Cassiman y Martínez [10], y de Cassiman y Golovko [9], que analizan básicamente el proceso dinámico en la toma de decisiones y sus efectos en los resultados de las empresas. En concreto, en Cassiman y Martínez [10] se estudia la conexión entre decisión de exportar y actividad innovadora, mientras que en Cassiman y Golovko [9] se investiga la relación entre productividad observada y exportación. Nuestro argumento central es que existe un potencial mecanismo subyacente en la selección de las empresas más productivas que entran a exportar, que está relacionado con decisiones previas de inversión [24]. Además, la exportación mejora el retorno de tales inversiones y, a su vez y de forma complementaria, la productividad mejora las decisiones de inversión. En particular, queremos verificar si el efecto de la innovación, como una decisión de inversión, mejora la productividad y si esa mejora en la productividad confiere a las empresas mejores bases para la entrada al mercado exterior.

Este estudio se desarrolla en dos partes: primero analizaremos la innovación, la productividad y la exportación empresarial comparando las distribuciones de productividad por empresa cuando éstas realizan diferentes decisiones de inversión; en segundo lugar y más específicamente, nos centraremos en la relación directa entre decisiones de innovación y decisiones de exportación, dejando de lado el efecto intermedio de la productividad.

Los resultados aportados demuestran que realmente existe una asociación positiva entre productividad e internacionalización, pero que para conseguir ese mayor nivel de productividad es necesario haber invertido previamente en conocimiento, investigación y desarrollo. Más concretamente, se constata que la inversión en innovación de producto es más efectiva para la entrada al mercado exterior que la inversión en innovación de proceso, confirmando la hipótesis de que los cambios en la demanda de productos nuevos o mejorados son un incentivo para las empresas para llevar a cabo inversiones en I+D

que a su vez les permite ser más productivas y penetrar en el mercado internacional.

## ***2. Marco teórico***

Las empresas nacen, toman decisiones, prosperan o mueren. Este proceso dinámico de su ciclo de vida genera una gran heterogeneidad no sólo entre industrias, sino entre empresas de una misma industria [4]. La mayoría de los modelos teóricos de organización industrial dinámicos presuponen que las empresas nacen con una capacidad inherente, su productividad. Las eficientes sobrevivirían y crecerían en el mercado, mientras que las ineficientes con productividades por debajo de un umbral desaparecerían [22, 19, 3]. Estos modelos dan por sentado que la distribución de la productividad entre empresas es exógena, lo que implica que el factor que determinaría si una empresa sobrevive sería el mero azar. Las empresas con baja productividad saldrían del mercado mientras que las empresas con suerte y alta productividad continuarían prosperando y creciendo, quedando así poco espacio para las decisiones empresariales.

Mientras que el tratamiento teórico de esta heterogeneidad y dinámica de las organizaciones resulta complicado, el desarrollo empírico de este tema no lo es tanto al disponer de abundante información. Hasta el momento, la evidencia empírica sobre el proceso dinámico de la toma de decisiones de innovación o exportación y sus consecuencias en los resultados empresariales es escasa. Algunos trabajos realizados revelan que la productividad y la actividad exportadora tienen una fuerte asociación positiva [9]. La mayoría de los estudios demuestran la existencia de un patrón de comportamiento en aquellas empresas que entran en el mercado exterior [12, 6, 14]. La idea es que se produce una autoselección de empresas, pues sólo sobreviven a la entrada aquellas que consiguen tener mejor productividad y compensan el coste hundido de la inversión de penetración en el mercado extranjero. Es decir, sólo aquellas empresas que son lo bastante productivas como para soportar los costes de entrada y la intensa competencia van a poder entrar en los mercados exteriores vía exportación. Esto sugiere la necesidad de un examen más detallado de las decisiones empresariales tomadas con anterioridad a la actividad de exportación, examen que permita entender la importancia de esta autoselección de las

empresas más productivas y proporcione herramientas para un mejor posicionamiento en el mercado internacional.

Una importante fuente de heterogeneidad en la productividad empresarial está relacionada con las actividades de I+D+i [17]. Tradicionalmente, la innovación de producto se ha asociado con los cambios exigidos por la propia demanda del mercado y la innovación de proceso, con la obtención de mejoras en el sistema productivo [2, 1]. En la literatura más reciente sobre productividad se encuentra evidencia de que las variaciones específicas de demanda de las empresas son el factor dominante de su supervivencia y, por lo tanto, favorecen mejoras en la productividad, siendo la eficiencia técnica de menor importancia [15]. Esto sugiere que la innovación de producto, que conlleva *shocks* de demanda, puede ser la responsable de los incrementos de productividad y, en consecuencia, de una mayor exportación por parte de las empresas, en detrimento de la innovación de proceso, más relacionada con la eficiencia de la producción.

Al mismo tiempo, la I+D+i parece desempeñar un papel relevante en la explicación de las decisiones sobre la exportación y el volumen de exportaciones a realizar. Muchos estudios asocian innovación y exportación [5, 7]. Vernon [28], en su influyente artículo sobre la internacionalización de las empresas americanas, presupuso que en la fase inicial del proceso de internacionalización la innovación de producto orientada al mercado interior era el motor que llevaba a la exportación. Las empresas jóvenes poseen un nuevo producto en la etapa inicial del ciclo de vida basado en la propiedad del conocimiento. Dado que el mercado doméstico es limitado en su fase inicial, la empresa debe moverse y tratar de entrar en el mercado exterior explotando su poder de mercado [18]. Iacovone y Javorcik [21], Kugler y Verhoogen [23] muestran que los productos de las empresas exportadoras tienen precios más altos, lo que sugiere que los productos de mayor calidad son los que se exportan.

Siguiendo la lógica del ciclo de vida del producto, podemos afirmar que las innovaciones de producto exitosas son las que inducen a la empresa a exportar y entrar en el mercado exterior. Parece existir un mecanismo subyacente en aquellas empresas más productivas que entran en el mercado exterior, que consiste en que las innovaciones de producto con éxito mejoran la productividad, y esto a su vez funciona de mecanismo de selección, provocando que dichas empresas más productivas exporten.

### 3. Análisis empírico

#### 3.1. Los datos

Para llevar a cabo el análisis empírico de nuestro principal objetivo, es decir, una descripción de las relaciones existentes entre niveles de productividad y actividades de innovación y exportación, utilizaremos una amplia muestra de compañías representativa del sector manufacturero español<sup>1</sup>. La información utilizada en este estudio proviene de la base de datos Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE), realizada a empresas españolas manufactureras, iniciada en el año 1990 y desarrollada con una cadencia anual. En concreto, vamos a utilizar el periodo 1990-1998 y la submuestra de empresas pequeñas y medianas (menos de 200 empleados), siguiendo la definición utilizada en la ESEE. La muestra original incluye 1.478 empresas en 1990 y 1.256 empresas en 1998, distribuidas en 20 sectores. La muestra resultante, tras filtrar los datos de valores erróneos y/o inconsistentes, es de un panel incompleto con 9.300 observaciones que resultan aproximadamente en 1.300 empresas por año.

Esta base de datos nos proporciona suficiente información para comprobar nuestra hipótesis de partida por varias razones. Primero, porque nos permite seguir la trayectoria de las empresas en sus decisiones de innovación y exportación. Segundo, porque tenemos un volumen considerable de empresas exportadoras en la muestra, lo que implica disponer de una variación en el tiempo. Tercero, al existir muy pocas empresas con inversión externa directa (menos del 3%), nos permite centrarnos en la actividad de exportación, obviando sin problemas los efectos de otras estrategias de internacionalización. Finalmente, durante el periodo 1990-1998 España ha completado un ciclo económico, es decir, en 1990 hubo un fuerte crecimiento en la economía, seguido de una fuerte recesión en 1993, y a finales de la década de los noventa se produjo una recuperación [27]. Esta trayectoria nos resulta útil a la hora de examinar la dinámica de la productividad en ese ciclo económico de los años noventa.

**Nota 1.** Esta encuesta incluye la población de empresas con más de 200 trabajadores y una muestra estratificada de las empresas con menos de 200 trabajadores, que representa un 4% de la población de este segmento del tejido empresarial. Trabajos anteriores avalan el uso de esta base de datos representativa del sector manufacturero español ([14, 8, 20,26], entre otros).

### 3.2 Definición de las principales variables

Esta encuesta contiene información detallada para cada año sobre las actividades de exportación e innovación, y muestra además información sobre el estado de la exportación y sobre si se realiza innovación de producto y/o de proceso en la empresa. La actividad de exportación se define a través del análisis de aquellas empresas exportadoras que cuentan con ventas positivas realizadas fuera del mercado español en el año en curso. Para medir la productividad se construye un índice relativo de la productividad de la empresa en el momento  $t$  respecto de la productividad de una empresa hipotética perteneciente a la industria. Este índice se computa como una desviación de cada *input* y *output* de las empresas con respecto a una empresa de referencia. La empresa de referencia es una media teórica de la variación a través de los sectores. Es decir, el *output*, el *input* y la productividad de cada empresa en cada año se miden en relación con la empresa de referencia de esa misma industria. Ello implica que empresas con residuos positivos (negativos) son relativamente más (menos) productivas.

> **Tabla 19.1.** *Medición de las variables*

Variable	Descripción
Nivel de productividad (TFP)	Índice de <i>Total Factor Productivity</i> específico para cada empresa y computado como un índice multilateral que mide la diferencia proporcional en productividad para una empresa en el año $t$ , relativa a la productividad de una hipotética empresa de la misma industria. Se calcula como el logaritmo del valor de la producción de la empresa menos la suma ponderada de los costes de producción: capital, trabajo y materia prima
Exportación	Actividad de exportación, variable ficticia (0/1) que indica si la empresa realizó exportaciones en el año $t$
Innovación de producto	Variable ficticia (0/1) que indica si la empresa realizó exclusivamente innovación de producto en el año $t$
Innovación de proceso	Variable ficticia (0/1) que indica si la empresa realizó exclusivamente innovación de proceso en el año $t$
Innovación	Variable ficticia (0/1) que indica si la empresa realizó innovación de proceso o producto en el año $t$

Fuente: elaboración propia.

La actividad innovadora se mide mediante la distinción entre innovación de producto y de proceso utilizando la definición que nos proporciona la ESEE, que consiste en preguntar a las empresas en los siguientes términos: para la innovación de producto, «Indique si la empresa ha obtenido innovaciones de producto –productos completamente nuevos o con modificaciones tan importantes que los hacen diferentes de los que venía produciendo con anterioridad–»; para la innovación de proceso, «Indique si se introdujo en la empresa alguna modificación importante en el proceso de producción». Por último, también definimos una variable de innovación conjunta que nos indica si una empresa ha realizado alguna actividad innovadora (sea de producto o de proceso, indistintamente). En la tabla 19.1 presentamos la construcción de las variables utilizadas para la realización del estudio.

### 3.3. Metodología de análisis

Tanto la variable de exportación como las variables de innovaciones son variables binarias que toman dos valores (1/0), según la respuesta aportada por la empresa. Esto significa que este tratamiento nos permite estudiar el comportamiento de dichas variables como si se tratara de decisiones empresariales y, por lo tanto, se le puede asociar una probabilidad de ocurrencia o no de la actividad en cuestión. Para una primera descripción del comportamiento de la productividad, simplemente utilizaremos la información binaria de exportación e innovación para segmentar la muestra entre empresas que exportan o no, empresas que innovan o no, etc. La metodología utilizada consiste en una adaptación del test de equidad Kolmogorov-Smirnov para las distribuciones, utilizado recientemente por Delgado *et al.* [14], o Cassiman y Golovko [9]. Nuestra medida de productividad –*Total Factor Productivity* (TFP)– se ha construido como un índice, utilizando un índice multilateral desarrollado por Caves *et al.* [11], reformulado por Good *et al.* [16]. Básicamente, no se impone *a priori* ninguna restricción a las distintas distribuciones de las principales variables que vamos a estudiar: innovación, exportación y productividad.

Para el segundo tipo de análisis, donde se analizan las relaciones entre las decisiones de exportar e innovar, se utilizarán probabilidades de transición de un estadio a otro. Éstas suponen una forma sencilla de relacionar ambas decisiones utilizando probabilidades condicionadas en el tiempo. Es decir, analizaremos la probabilidad de pasar de un escenario en que la empresa no exporta a otro escenario

en que sí lo hace, condicionado por haber llevado a cabo algún tipo de innovación en el pasado.

## 4. Resultados

En este apartado, expondremos, en primer lugar, los principales resultados derivados del estudio de las conexiones entre los niveles de productividad de las empresas y las actividades de innovación y exportación. En segundo lugar, presentaremos la relación causa-efecto en el tiempo entre la decisión de exportar y la decisión de innovar.

### 4.1. Innovación, productividad y exportación.

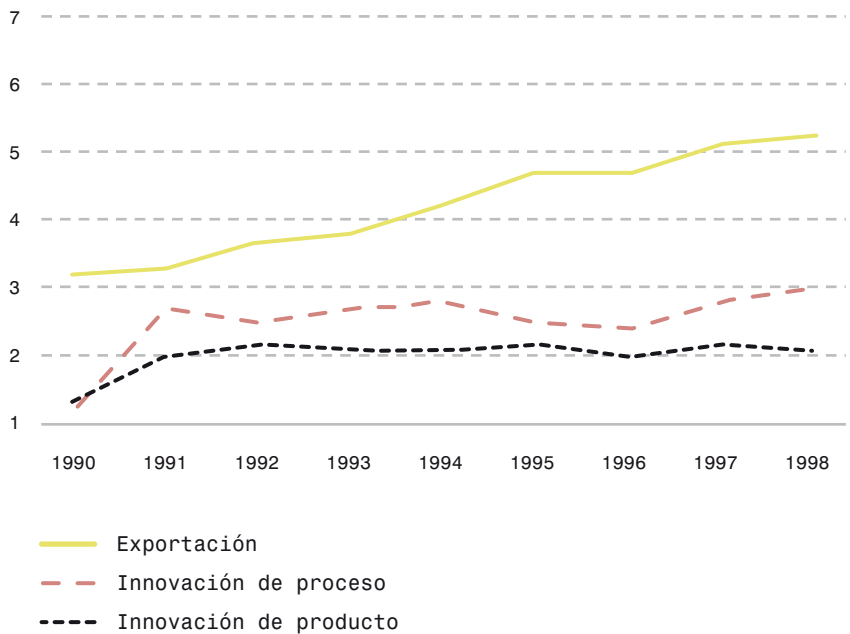
Para una primera descripción de las variables de exportación e innovación, presentamos el gráfico 19.1. En este gráfico básicamente se resume la evolución en el tiempo de las decisiones de exportación e innovación para el periodo considerado, distinguiendo entre innovación de producto y de proceso. Los valores de las variables del eje de ordenadas son las medias anuales de las empresas que realizan algún tipo de actividad exportadora o innovadora. Al tratarse de variables de tipo binario, nos están informando del porcentaje de empresas que por término medio realizan innovaciones de producto, de proceso o exportan. Tal y como se muestra, aproximadamente un 43% de las PYMES son exportadoras, con un trayectoria creciente que empieza con un 32% en 1990 y llega al 52% en 1998. Además, por término medio, cerca del 21% de las empresas de la muestra realizan innovaciones de producto y un 27%, innovaciones de proceso. En ambos tipos de innovación se observa que en el periodo estudiado existe una tendencia creciente, con un pequeño descenso de la actividad entre principios de 1995 y finales de 1996.

Una vez situados en el contexto de la actividad exportadora e innovadora de las empresas de nuestra muestra, pretendemos ilustrar también el comportamiento de la productividad, distinguiendo, por un lado, entre las empresas que entran en el mercado extranjero y las que no lo hacen, y, por otro, las diferencias en productividad entre las empresas innovadoras y las no innovadoras. Todo ello se presenta en los gráficos 19.2, 19.3 y 19.4, que representan los valores acumulados de productividad para cada una de las submuestras estudiadas. El eje horizontal es el rango de valores del índice de productividad y el



vertical representa la probabilidad de que la variable tome un valor menor o igual a un valor particular del índice TFP. Por ejemplo, en el gráfico 19.2 se observa la distribución del TFP en la submuestra de empresas exportadoras y no exportadoras; lo mismo sirve para los gráficos 19.3 y 19.4.

> **Gráfico 19.1.** *Evolución de la exportación y de los tipos de innovación*

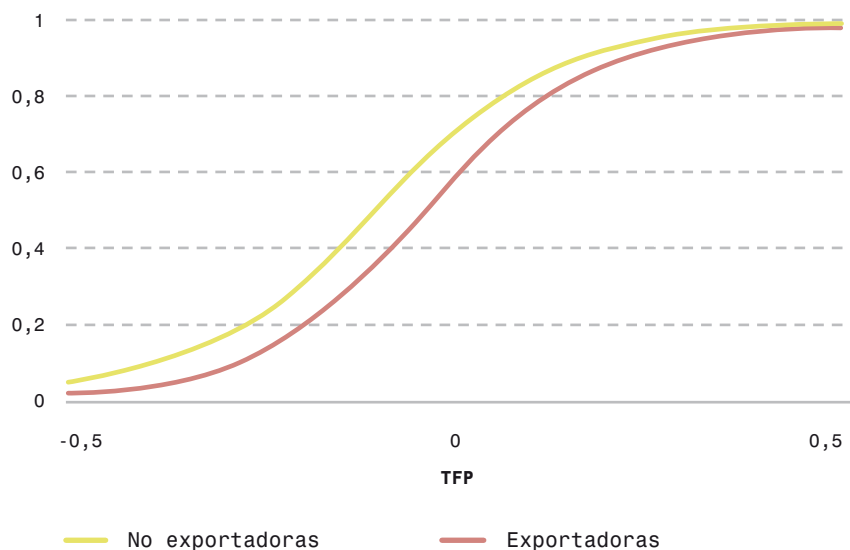


**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales.

Tal y como se refleja en el gráfico 19.2, las empresas exportadoras muestran mayores niveles de productividad y un rápido crecimiento que las empresas no exportadoras. Al mismo tiempo, las empresas exportadoras tienen mayor probabilidad de ser innovadoras que las que no realizan ninguna actividad de exportación. Desde un punto de vista metodológico, el obviar la actividad innovadora en la relación productividad-exportación podría llevarnos a resultados poco fiables; es por ello que observamos una menor variación en la productividad cuando comparamos empresas exportadoras y no exportadoras pero con una actividad innovadora activa. Para comprobar la idea central del capítulo, es decir, si existe algún tipo de mecanismo de autoselección de las empresas más eficientes que entran en el mercado exterior

derivado de una actividad innovadora en el pasado, utilizaremos una metodología desarrollada recientemente que permite chequear diferencias entre distribuciones: el test de equidad Kolmogorov-Smirnov, tal y como se ha comentado en el apartado anterior.

> **Gráfico 19.2.** Distribución acumulada de los niveles de productividad (TFP), empresas exportadoras frente a no exportadoras. 1991-1998



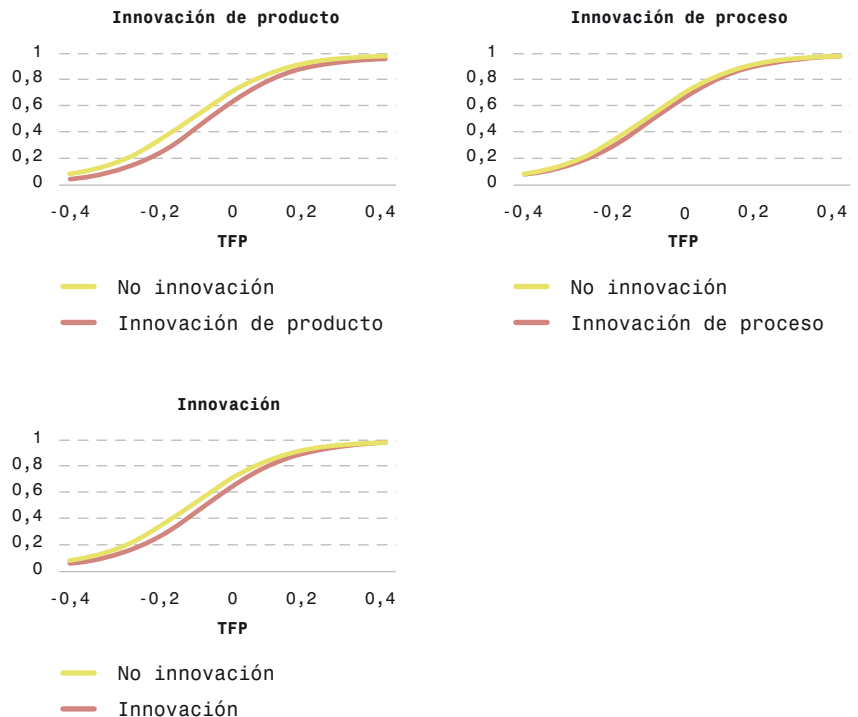
Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales.

Dado que este tipo de decisiones entraña mucha incerteza, el uso de dicha metodología nos permite profundizar en la propia naturaleza de los resultados. La propuesta es estudiar el proceso estocástico de las decisiones de innovación y exportación, y su distribución, a diferencia de los análisis tradicionales donde el énfasis radicaba en estudiar la media de la distribución. La principal ventaja de esta medida de la productividad es que los parámetros de la función de producción no necesitan ser estimados previamente [14].

En el gráfico 19.3 se observa cómo la distribución de productividad de las empresas innovadoras –al igual que en las empresas exportadoras– queda a la derecha de la distribución de las empresas que no innovan, sugiriendo la existencia de un efecto importante entre innovación y productividad. Excepción para el caso de la innovación de proceso,

donde la productividad (TFP) en empresas innovadoras y no innovadoras parece coincidir. Este resultado necesita cierta explicación. La innovación de proceso normalmente comporta cambios en el proceso de producción que suponen incrementos en la eficiencia productiva, con un efecto directo en la productividad. Este efecto directo de la innovación de proceso no es captado con nuestros datos, lo que puede deberse a que muchas veces dicha innovación está incorporada en la inversión en capital, tal como muestran Crespi et al. [13] en su trabajo<sup>2</sup>. Como realizamos el control a través de la inversión en capital en nuestra medida de TFP, no deberíamos esperar un efecto significativo de la innovación de proceso sobre la productividad.

> **Gráfico 19.3.** Distribución acumulada de los niveles de productividad, empresas innovadoras frente a no innovadoras. 1991-1998

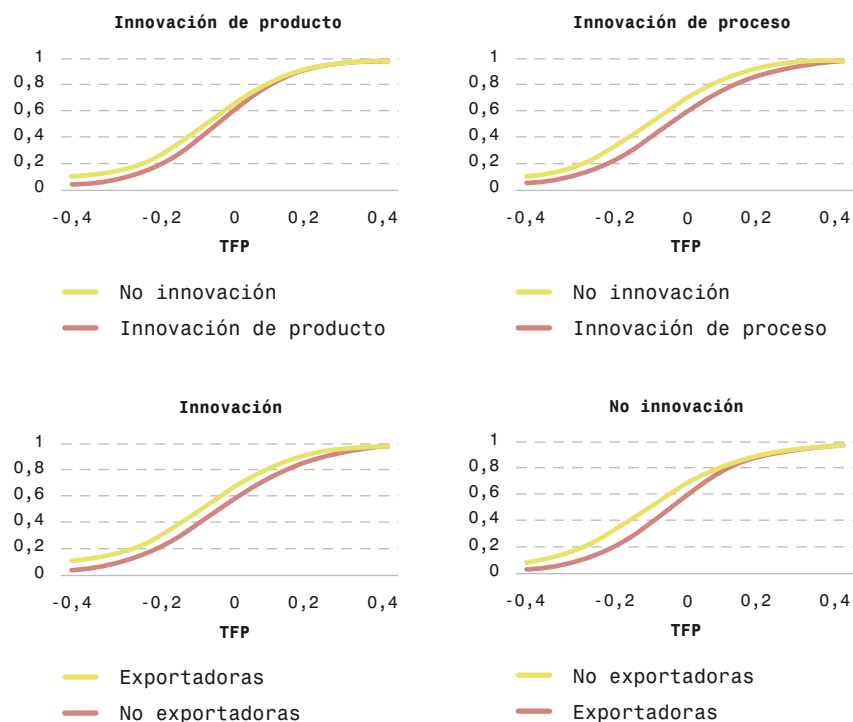


**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales.

**Nota 2.** Citando literalmente: «La innovación de proceso es una combinación de inversión avanzada de capital y de cambio organizacional».

El gráfico 19.4 considera conjuntamente exportación e innovación, y compara las distribuciones de productividad entre exportadoras y no exportadoras en los grupos de empresas innovadoras y no innovadoras, y en cada tipo de innovación. Los resultados indican que dentro de las empresas no innovadoras la productividad de las exportadoras es claramente superior a la de las no exportadoras. En el grupo de las innovadoras, los niveles de productividad son parecidos, especialmente en el caso de la innovación de producto.

> **Gráfico 19.4.** Distribución acumulada de los niveles de productividad (TFP), empresas exportadoras frente a no exportadoras y condicionadas por la situación de innovación previa. 1991-1998



Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales.

En general, y como conclusión de este análisis, podemos afirmar que los resultados observados en las distribuciones de la productividad demuestran mayores niveles en las empresas exportadoras que en las no exportadoras. En el caso de las empresas innovadoras, sin embargo, se extraen conclusiones distintas, dado que las diferencias en

los niveles de productividad son menos pronunciadas para el tipo de innovación de producto, sugiriendo la existencia de un efecto moderador de la innovación de producto en la relación entre productividad y exportación. Según Cassiman y Golovko [9], los tests realizados confirman que estas diferencias de productividad no son significativas en el caso de la innovación de producto. Esto sugiere que la relación entre productividad y exportaciones pasa por llevar a cabo innovación de producto, es decir, aquellas empresas que innovan en producto logran ser más productivas y, por lo tanto, tienen mayor capacidad para salir al mercado exterior.

#### 4.2. Innovación y decisión de exportar

Lo que estudiaremos a continuación es una forma reducida de la anterior hipótesis, que intenta relacionar la decisión de entrar en el mercado exterior con las decisiones de innovación previas a la entrada. En este contexto, la dicotomía exportar/no exportar nos permite observar y, por consiguiente, evaluar los comportamientos de ambos tipos de empresa, con el fin de evidenciar cuáles son las características distintivas de las compañías que exportan frente a las que no lo hacen. Además, podemos también examinar la probabilidad de exportar de aquellas empresas que, no haciéndolo actualmente, podrían hacerlo en el futuro.

> **Tabla 19.2.** Probabilidades de transición a la actividad de exportación de las empresas pequeñas

		Exportación en t		
		0	1	Total
Exportación en t-1	0	3.077 (91,2%)	295 (8,8%)	3.372 (100%)
	1	184 (7,2%)	2.384 (92,8%)	2.568 (100%)
	Total	3.261	2.679	5.940

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales.

Para ello, y volviendo a la relación entre innovación y exportaciones, una variable clave de control del comportamiento exportador de una empresa es la actividad exportadora en el pasado, variable

explicativa que capta el efecto de coste hundido que supone haber realizado dicha inversión en el pasado [25]. La tabla 19.2 aporta información sobre las probabilidades de transición para distintos estadios de exportación en las PYMEs. El 92% de las empresas permanece en el mismo estadio, es decir, las exportadoras siguen exportando y las no exportadoras continúan sin exportar. Sólo cerca de un 8% de empresas no exportadoras pasan a ser exportadoras. Nuestro foco de interés reside en entender qué es lo que provoca que una empresa pase de no exportar a exportar (y viceversa), y si la transición a la exportación puede deberse a haber innovado en producto en el pasado.

> **Tabla 19.3.** Probabilidades de transición condicionada por innovaciones de producto o proceso en pequeñas y medianas empresas

			Exportación en t	
			0	1
Exportación en t-1	0	Producto 0	3.592 (91,9%)	318 (8,1%)
		1	536 (86,9%)	81 (13,1%)
		Proceso 0	3.305 (91,8%)	297 (8,2%)
		1	823 (89,0%)	102 (11,0%)
	1	Producto 0	201 (8,9%)	2.077 (91,1%)
		1	51 (5,1%)	955 (94,9%)
		Proceso 0	188 (8,4%)	2.067 (91,6%)
		1	64 (6,3%)	965 (93,7%)

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales.

La tabla 19.3 examina el efecto de ambas actividades innovadoras (producto y proceso) sobre la probabilidad de pasar de no exportar a exportar. En el caso de las PYMEs, el 13% de las empresas innovadoras en producto realizan esa transición, frente a un 11% de empresas innovadoras en proceso. Esto significa que la innovación de producto mejora de un 8% a un 13% la probabilidad de que una empresa exporte,

es decir, nos permite cuantificar la probabilidad de entrada en el mercado exterior en un 62,5%  $((13-8)/8)$ . Es también relevante observar que la innovación de producto afecta a la transición al revés, es decir, que empresas exportadoras dejan de exportar: es menos probable que las empresas exportadoras que realizan innovación de producto regresen a una situación de no exportación, especialmente las empresas pequeñas. Estos análisis descriptivos sugieren que la innovación –en particular la de producto– afecta a la decisión de empezar a exportar. En Cassiman y Martínez-Ros [10] se intenta corroborar esta evidencia haciendo el control por otras variables y teniendo en cuenta la posible endogeneidad de la innovación. Los resultados sugieren un fuerte efecto de la innovación de producto en la decisión de exportar pero, en cambio, no aparece ningún efecto de la innovación de proceso.

## 5. Conclusiones

En este capítulo se han presentado las principales conclusiones del estudio de la influencia de las decisiones de exportación e innovación en los resultados empresariales, con una muestra de empresas representativas del sector manufacturero español para un periodo comprendido entre 1990 y 1998. El análisis anterior nos permite evidenciar interesantes resultados. La innovación de producto –no la innovación de proceso– induce a que las empresas pequeñas no exportadoras lleguen a ser más productivas y entren en el mercado exterior.

Estos resultados entrañan importantes implicaciones en materia de política económica. En primer lugar porque ilustran que importantes ganancias de productividad de las empresas manufactureras españolas en el periodo estudiado se deben principalmente al papel clave de la innovación. En segundo lugar porque descubrimos un mecanismo de autoselección en el que sólo las empresas más productivas entran en el mercado exterior. Finalmente, se evidencia que ciertos *shocks* de demanda motivan la decisión de las empresas de innovar en el producto y que ello las posiciona mejor para la entrada al mercado exterior.

Dichas conclusiones minusvaloran en cierta medida los argumentos a favor de políticas activas hacia las actividades de exportación y ponen de relieve, la necesidad de dirigir los esfuerzos en materia de incentivación por parte de los Gobiernos hacia políticas de promoción

de la actividad innovadora, puesto que proporcionan a la inversión privada un empuje en términos de eficiencia y mejor posicionamiento frente a los competidores internacionales.

## Referencias

- [1] Abernathy, W. J.; Townsend, P. L. (1985): «Technology, productivity and process change», *Technological Forecasting and Social Change*, VIII (4), pp. 379-396.
- [2] Abernathy, W. J.; Utterback, J. M. (1978): «Patterns of industrial innovation», *Technology Review*, 50, pp. 41-47.
- [3] Aw, B. Y.; Roberts, M. J.; Winston, T. (2007): «Export Market Participation, Investments in R&D and Worker Training, and the Evolution of Firm Productivity», *The World Economy*, 30 (1), pp. 83-104.
- [4] Bartelsman, E. J.; Doms, M. (2000): «Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata», *Journal of Economic Literature*, 38 (3), pp. 569-594.
- [5] Basile, R. (2001): «Export behaviour of Italian manufacturing firms over the nineties: the role of innovation», *Research Policy*, 30 (8), pp. 1185-1201.
- [6] Bernard, A.; Jensen, J. (1999): «Exceptional exporter performance: cause, effect or both?», *Journal of International Economics*, 47 (1), pp. 1-25.
- [7] Bernard, A.; Jensen, J. (2004): «Why some firms export», *The Review of Economics and Statistics*, 86 (2), pp. 561-569.
- [8] Campa, J. M. (2004): «Exchange Rates and Trade: How Important is Hysteresis in Trade?», *European Economic Review*, 48 (3), pp. 527-548.
- [9] Cassiman, B.; Golovko, E. (2009): «Innovation and Internationalization», *IESE Working Paper*, Mimeo.
- [10] Cassiman, B.; Martinez-Ros, E. (2007): «Product Innovation and Exports: Evidence from Spanish Manufacturing», *IESE Working Paper*, Mimeo.
- [11] Caves, D.; Christensen, L.; Diewert, E. (1982): «Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers», *Economic Journal*, 92 (365), pp. 73-86.
- [12] Clerides, S.; Lach, S.; Tybout, J. (1998): «Is learning by exporting important? Micro-dynamic evidence from Colombia, Mexico, and Morocco», *The Quarterly Journal of Economics*, 113 (3), pp. 903-947.
- [13] Crespi, G.; Criscuolo, C.; Haskel, J. (2006): «Information Technology, Organisational Change and Productivity Growth: Evidence from UK Firms», *Working Paper*, 558, Queen Mary, University of London.
- [14] Delgado, M.; Farinas, J.; Ruano, S. (2002): «Firm productivity and export markets: a non-parametric approach», *Journal of International Economics*, 57 (2), pp. 397-422.
- [15] Foster, L.; Haltiwanger, J.; Syverson, C. (2008): «Reallocation, Firm



- Turnover, and Efficiency: Selection on Productivity or Profitability?», *American Economic Review*, 98 (1), pp. 394-425
- [16] Good, D.; Nadiri, M.; Sickles, R. (1997): «Index Number and Factor Demand Approaches to the Estimation of Productivity», en Pesaran, M.; Schmidt, P. (eds.), *Handbook of Applied Econometrics*, 2, *Microeconometrics*, Basil Blackwell.
- [17] Griliches, Z. (1998): *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, The University of Chicago Press, Chicago.
- [18] Hirsch, S.; Bijaoui, I. (1985): «R&D intensity and export performance: a micro view», *Weltwirtschaftliches Archiv*, 121 (2), pp. 238-251.
- [19] Hopenhayn, H. (1992): «Entry, Exit and Firm Dynamics in Long Run Equilibrium», *Econometrica*, 60 (5), pp. 1.127-1.150.
- [20] Huergo E.; Jaumandreu, J. (2004): «Firms' age, process innovation and productivity growth», *International Journal of Industrial Organization*, 22, pp. 541-559.
- [21] Iacovone, L.; Javorcik, B. (2008): *Shipping Good Tequila Out: Investment, Domestic Unit Value and Entry of Multi-Product Plants into Export Markets*, Mimeo, University of Sussex.
- [22] Jovanovic, B. (1982): «Selection and the Evolution of Industry», *Econometrica*, 50 (3), pp. 649-670.
- [23] Kugler, M.; Verhoogen, E. (2008): «The Quality-Complementarity Hypothesis: Theory and Evidence from Colombia», *NBER Working Paper*, 14418.
- [24] Lileeva, A.; Trefler, D. (2007): «Improved Access to Foreign Markets Raises Plant-Level Productivity... For Some Plants», *NBER Working Paper*, W13297.
- [25] Roberts, M.; Tybout, R. (1997): «The Decision to Export in Colombia: An Empirical Model of Entry with Sunk Costs», *American Economic Review*, 87 (4), pp. 545-564.
- [26] Salomon, R.; Shaver, J. M. (2005): «Learning-by-exporting: New Insights from Examining Firm Innovation», *Journal of Economics and Management Strategy*, 14 (2), pp. 431-461.
- [27] Shaver, J. M. (2007): «The benefits of geographic sales diversification: How exporting facilitates capital investment», *Working Paper*, Carlson School of Management.
- [28] Vernon, R. (1966): «International investment and international trade in the product cycle», *Quarterly Journal of Economics*, LXXX, pp. 190-207.



# *Políticas de I+D e innovación*





El año 2008 finalizó con el nivel más alto de la historia de España en materia de esfuerzo en investigación y desarrollo. El gasto interno total en I+D alcanzó la cifra de 14.700 millones de euros, lo que representó un 1,35% del producto interior bruto. El año culmina una década prodigiosa de crecimiento del gasto en I+D y de su peso en la economía española. Solamente hay que recordar que hace 10 años, en 1999, el peso del gasto en I+D sobre el PIB apenas llegó al 0,88% y en 2002, aún estaba en el 0,99% del mismo; en estos diez años el crecimiento de la economía española ha sido extraordinario, alcanzando también los niveles de convergencia con la media de la Unión Europea y, aunque en materia de renta *per cápita* España se encuentra prácticamente en la media de la UE, en materia de esfuerzo en I+D aún estamos al 75% de la media de la UE y muy lejos de los objetivos políticos definidos en la denominada agenda de Lisboa para 2010.

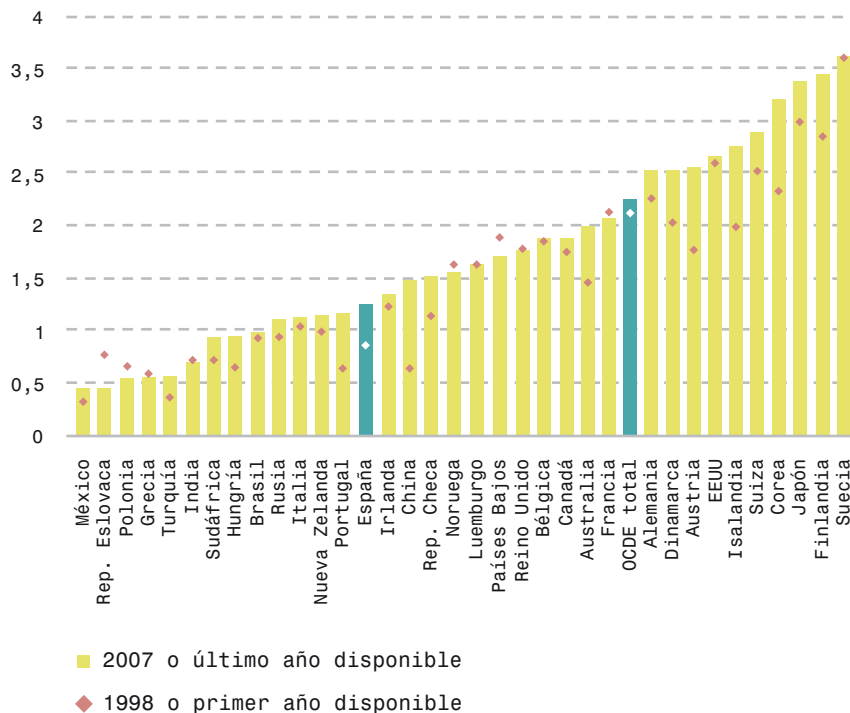
Este importante crecimiento hay que ponerlo en perspectiva; desde una óptica internacional, este crecimiento no parece tan sustancial: España ha sido superada en el crecimiento porcentual del gasto en I+D sobre el PIB por otras economías de tamaño grande, como Japón o China, de tamaño medio, como Corea o Australia, y por muchas economías de menor tamaño, como Austria, Dinamarca, Finlandia e incluso Portugal. Así pues, sólo el mantener la posición de España en relación con otros países industrializados requiere un incremento sustancial del esfuerzo en I+D (ver el gráfico IV.1).

Esta satisfactoria evolución aún se caracteriza por desequilibrios, como es el limitado papel del gasto y de la financiación privada de la I+D, el reducido peso del personal investigador en el sector privado o el todavía bajo impacto medio de la producción científica española cuando se la compara internacionalmente, asuntos todos ellos tratados en secciones anteriores de este volumen.

Lo cierto es que esta evolución, con tasas de crecimiento real anual en torno al 10% de media a lo largo del último lustro, no puede entenderse sin el extraordinario esfuerzo realizado por el sector de las administraciones públicas (el gobierno nacional y las comunidades autónomas) en la promoción y financiación de las actividades de I+D.

Es imprescindible contar con una cierta cuantificación para comprender la relevancia del crecimiento extraordinario de los presupuestos públicos destinados a I+D e innovación que se ha producido en los últimos años, aunque este se haya detenido recientemente.

> **Gráfico IV.1.** Evolución del gasto en I+D como porcentaje del PIB. 1998-2007



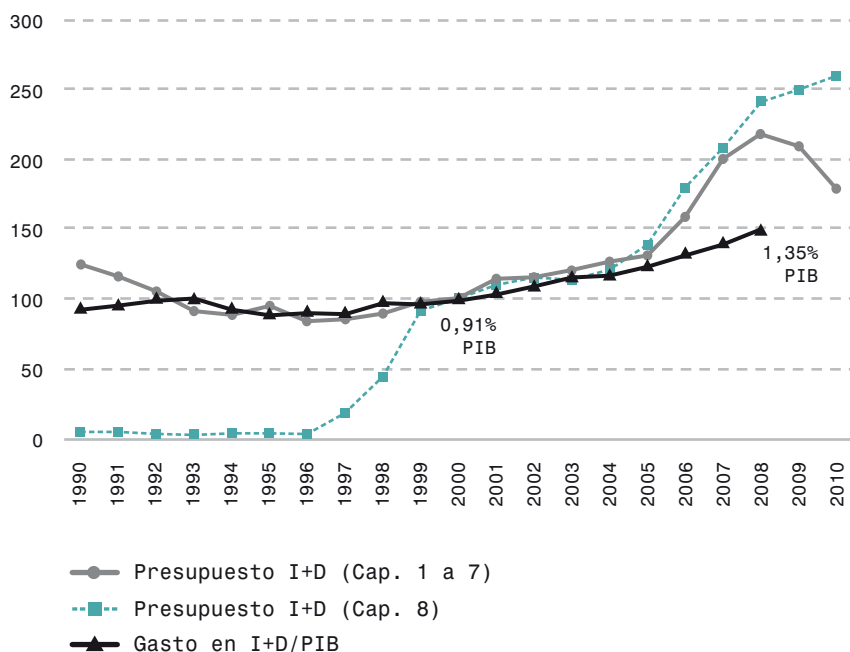
Fuente: OCDE, *Main Science and Technology Indicators*, 2009/1.

Es relativamente conocido el esfuerzo que la administración general del Estado ha realizado en los últimos años, duplicando el montante de los fondos destinados a I+D e innovación; tanto los gastos a fondo perdido (capítulos 1 a 7 del presupuesto) como los activos financieros o anticipos reembolsables (capítulo 8) han crecido de forma significativa (gráfico IV.2).

Sin embargo, los presupuestos de las CCAA dedicados específicamente a I+D e innovación –de forma agregada y aun manteniendo diferencias importantes entre las CCAA- también han aumentado de forma extraordinaria, incluso por encima del crecimiento de los recursos

no financieros facilitados por la AGE. En el gráfico IV.3 se presenta la evolución 2002-2009 y se observa un aumento triple, en términos reales, sobre 2002, mientras que la AGE (capítulos 1-7 para poder comparar) apenas duplicó sus presupuestos en el mismo periodo temporal; asimismo la prioridad política de la I+D e innovación para las CCAA se evidencia cuando se constata que su peso en los presupuestos autonómicos se ha duplicado.

> **Gráfico IV.2.** *Evolución de los presupuestos generales del Estado en términos reales (euros año 2000) y del gasto en I+D sobre el PIB como porcentaje del PIB. Números índices (100= año 2000). 1990-2010*



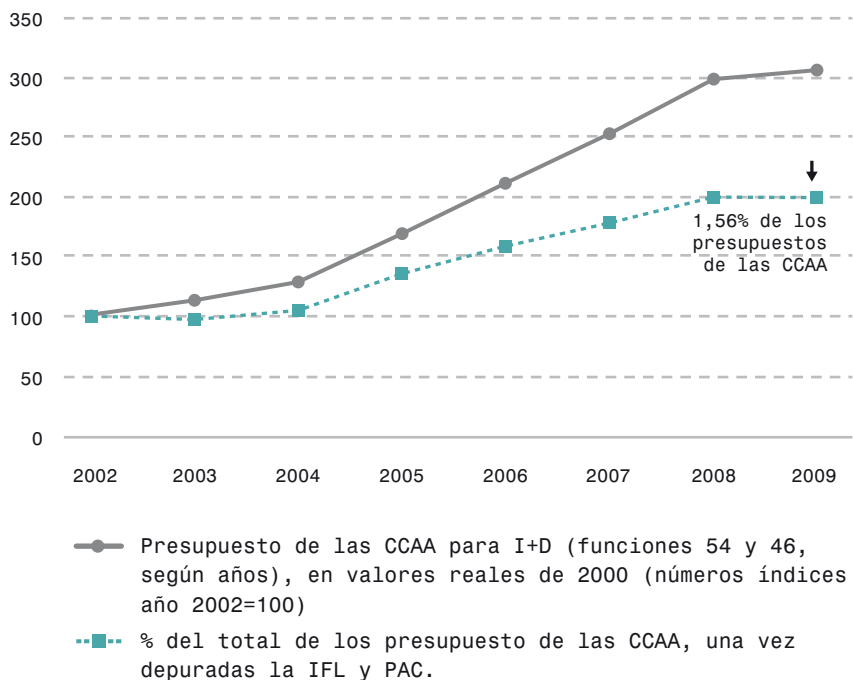
**Nota:** los presupuestos en valores reales (euros año 2000) con el deflactor del PIB, transformados en números índices (año 2000 = 100).

**Fuente:** presupuestos iniciales para I+D (Función 46 o 54), Ministerio de Economía y Hacienda (PGE) y Gasto en I+D sobre el PIB (INE).

De hecho, cuando, en las estadísticas de I+D, se analiza el origen de los fondos, se observa que las CCAA son en conjunto, desde hace ya algunos años, mayores contribuyentes a la financiación de las actividades de I+D que la administración general del Estado; bien es verdad que esta evolución es en parte el efecto de un «artificio

competencial» generado por la titularidad autonómica de las universidades públicas, pero lo cierto es que, en materia de financiación a las empresas, la contribución de las CCAA también es casi superior a la contribución de la AGE.

> **Gráfico IV.3.** Presupuestos de las comunidades autónomas para I+D en términos reales (euros año 2000) y porcentaje en los presupuestos totales. Números índices (100= año 2002). 2002-2009



**Nota:** presupuestos en valores reales (euros año 2000) con el deflactor del PIB, transformados en números índices (año 2002 = 100).

**Fuente:** estadísticas presupuestarias de las comunidades autónomas. Ministerio de Economía y Hacienda.

Resulta innegable que todos estos análisis no incorporan los activos financieros que moviliza la AGE (capítulo 8) y que permiten financiar a bajo coste muchas actividades, que, sin embargo, aparecen en las estadísticas como recursos propios de las empresas, dado que son préstamos que hay que devolver. En estos casos, tampoco se computan las desgravaciones fiscales a la I+D+i del impuesto de sociedades.

En todo caso, cuando se computan las aportaciones de todas las AAPP nacionales (y europeas), los niveles de financiación (a fondo perdido,



a través de subvenciones) de las actividades privadas empresariales están alcanzando umbrales que superan el 20% del gasto ejecutado.

La presencia de las CCAA y de algunos entes locales en la política de I+D no es solamente un asunto que concierna a las estructuras presupuestarias y a la estimación del esfuerzo público en este campo, sino que es una característica fundamental de nuestro sistema nacional de innovación: la diversidad de fuentes de apoyo público a la I+D y la innovación y de los instrumentos y mecanismos a través de los cuales se ofrecen estos apoyos. A los organismos de carácter nacional deben añadirse los internacionales, principalmente la Unión Europea. Tanto la Comisión, como la AGE y muchas CCAA han desarrollado programas de apoyo a la I+D, a través de los cuales se financian proyectos específicos, tanto académicos como empresariales. Este tipo de intervención pública, que gira en torno a la financiación de proyectos de investigación y desarrollo concretos, con objetivos específicos y delimitados en el tiempo, concentra a menudo la atención de los analistas y comentaristas de la política científica y tecnológica. De esta forma podría llegarse a equiparar el Programa Marco Europeo de Investigación y Desarrollo a la política científica y tecnológica de la Comisión Europea, o el Plan Nacional a la política científica y tecnológica española. Es importante no caer en semejante reduccionismo. Existen muchos más instrumentos de intervención pública mediante los que se puede y se podría pretender apoyar y estimular la investigación y la innovación.

Se ha argumentado, por ejemplo, que las políticas de innovación surgen como resultado de una evolución en la que se acumulan instrumentos de actuación: en una primera etapa, la política científica se focaliza en las actividades e infraestructuras de investigación y en la educación científica. A estos instrumentos se añaden políticas de compras públicas, estandarización, transferencia de conocimiento y de apoyo a industrias estratégicas para configurar una política tecnológica. Si a la política tecnológica se le añaden políticas orientadas a la construcción de capacidades de tipo más sistémico, estrategias de derechos de propiedad intelectual, políticas orientadas a la reducción de disparidades, de apoyo a las PYMEs, etc., se configura una política de innovación. Aunque este proceso no tiene por qué darse siempre de la misma forma y puede seguir caminos diferentes, y la caracterización detallada de los elementos que constituyen una política tecnológica o una política de innovación son debatibles,

el argumento que nos interesa retener aquí es la multitud de instrumentos que configuran estas políticas y la creciente complejidad y diversidad de las mismas.

De la diversidad de instrumentos se desprende una mayor diversidad de actores involucrados en la política de innovación. Por ejemplo, a partir del momento en que las compras públicas se conceptualizan como un posible instrumento de apoyo a la innovación, prácticamente todos los ministerios de la administración central y muchos organismos autónomos y agencias del Estado, gobiernos regionales, etc., se constituyen como actores de la política de innovación. Las empresas públicas también pueden jugar un papel relevante como agentes de innovación.

La diversidad de actores e instrumentos hace más difícil el análisis y evaluación de las políticas de innovación. En algunos casos, existen flujos financieros claramente definidos, como los que acabamos de discutir al inicio de esta sección, pero en otros casos la inversión realizada es difícil de estimar y la propia política puede venir definida de forma ambigua, muy genérica, o ser incluso implícita sin una definición formal de instrumentos y objetivos. Por ejemplo, el uso de las compras públicas como instrumento de apoyo a la innovación es un tema al que se está prestando atención creciente: al ser el sector público un cliente muy importante, dominante en algunos sectores (salud) o incluso único (defensa), puede usar su fuerza de mercado para exigir de sus proveedores productos y servicios con contenidos innovadores y estimular de esta forma la innovación y el desarrollo tecnológico. Para que las capacidades innovadoras que surjan para dar respuesta a estas demandas públicas reviertan directamente en el potencial tecnológico del país o la región que las impulsa, las empresas proveedoras deben ser empresas locales. Sin embargo, la legislación europea impide en la mayoría de los casos (el sector de defensa es una importante excepción) que las administraciones públicas dispensen un trato de favor en sus políticas de compras a las empresas locales. Esto impone fuertes limitaciones a cualquier política explícita que persiga la instrumentalización de la demanda del sector público para apoyar la innovación de las empresas del país o región del comprador, aunque, en la práctica, el comprador puede favorecer las ofertas que parezcan más prometedoras desde esta perspectiva e implementar así una política tácita de apoyo a la innovación a través de la demanda pública. Se puede, por tanto, implementar una política sin una definición formal de sus objetivos e instrumentos. Ello nos advierte de

otro problema para tener en cuenta en el análisis de las políticas públicas: las posibles divergencias entre la definición formal de una política y su implementación. Políticas como las de apoyo a los parques científicos y tecnológicos resultan un buen ejemplo de cómo una definición genérica y, en su inicio, poco detallada de objetivos ha dado lugar a un amplio abanico de implementaciones y de resultados igualmente muy diferentes: un mismo instrumento puede implementarse de formas muy diferentes.

Incluso en el caso de que una política se use de forma explícita y clara como instrumento de apoyo a la innovación (como es el caso de la política de compras en el sector de la defensa), la estimación de su coste y efecto resulta muy difícil. Por ejemplo, los créditos reembolsables del capítulo 8 a los que nos hemos referido más arriba no pueden interpretarse, en todos los casos, como un esfuerzo neto de apoyo a la innovación; en el caso de los créditos para el desarrollo y producción de sistemas de defensa, la decisión de abordar una inversión de este tipo no depende únicamente (ni quizá principalmente) de consideraciones relacionadas con el impulso a la innovación e incluyen actividades necesarias para la producción, pero que no son estrictamente de I+D. De no haberse definido como inversiones en I+D+i, incluidas primero en la función 54 y actualmente en el programa de gasto 46, hubieran podido aparecer como gastos incluidos en programas correspondientes a otras funciones presupuestarias. Así pues, cuando las compras públicas se utilizan para estimular la innovación, se hace difícil distinguir la inversión adicional realizada para ofrecer este estímulo de la inversión necesaria para adquirir un producto que cubriese las necesidades del comprador público. De forma paralela, la estimación del efecto total de estos esfuerzos y de su impacto sobre la economía es también muy difícil debido a su carácter difuso y a largo plazo.

Por lo tanto, la diversidad de instrumentos plantea dificultades a la hora de estimar y evaluar el impacto de las políticas públicas, pero generalmente se interpreta como una respuesta necesaria a la complejidad y diversidad de los procesos de innovación. Por el contrario, la diversidad de agentes públicos que operan a diferentes niveles se puede interpretar igual como una fortaleza que como una debilidad del sistema. La relación entre diferentes niveles de definición e implementación de políticas puede resultar problemática si, por ejemplo, las empresas reciben distintas señales desde diferentes entes públicos,

o si se acumulan apoyos para el mismo tipo de actividades, sin que los poderes públicos que las financien aprecien la existencia de duplicaciones. La relación y complementariedad entre diferentes fuentes públicas de apoyo a la I+D son uno de los temas que se aborda en esta sección. Adicionalmente, en un sistema como el español, donde los niveles de inversión total en I+D son relativamente bajos, la existencia de múltiples fuentes de financiación puede venir asociada a una distribución de recursos muy fragmentada, con las dificultades que ello plantea para conseguir una aplicación eficiente y efectiva de los mismos.

Sin embargo, la diversidad de fuentes de apoyo puede también interpretarse como una fortaleza del sistema, permitiendo así ajustar las políticas de innovación a la complejidad de factores que influyen en la innovación y a las diferencias entre sectores, tipos de innovación y tipos de empresa que la sección anterior ha reflejado. Un panorama diverso y complejo, referente a cómo las empresas realizan actividades innovadoras y las transforman en riqueza, requiere flexibilidad en los instrumentos de apoyo público: esta flexibilidad puede conseguirse a través de la diversidad de actores públicos involucrados en el diseño e implementación de políticas. Aunque los instrumentos puedan resultar similares, el hecho de que vengan definidos por organizaciones públicas que operan en diferentes niveles puede ocasionar resultados diferenciados: algunos de los trabajos que presentamos en esta sección muestran de hecho que los efectos de las políticas implementadas en diferentes niveles son distintos.

Los capítulos presentados en esta sección analizan tanto la diversidad de actores como la diversidad de instrumentos, dentro de ámbitos muy específicos y claramente delimitados. Varios capítulos en esta sección analizan de forma específica diferentes instrumentos o comparan los efectos de diferentes tipos de actuación, y en este sentido ofrecen una contribución importante al desarrollo del análisis de políticas de I+D+i.

## ***El contenido de los capítulos***

Esta sección engloba siete capítulos que analizan, desde diversas perspectivas, pero con un enfoque de investigación fundamentalmente económico y cuantitativo, las políticas de I+D e innovación y sus efectos. La sección tiene su foco principal en el ámbito de las po-

líticas dirigidas al sector privado, y cuatro de los capítulos se centran fundamentalmente en las empresas. Varios de ellos utilizan además la información empírica proveniente de la Encuesta de Estrategias Empresariales de la Fundación SEPI o de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en la Empresas del INE. Otro de los capítulos analiza, de modo más general, la cuestión de los incentivos que las políticas de investigación crean en el sistema público de I+D a partir del estudio de uno de los programas más importantes de apoyo a la demanda de doctores en el sistema público de investigación. La sección incluye también un trabajo sobre los centros tecnológicos en España como instrumentos de las políticas de innovación y concluye con un capítulo que cuantifica los efectos y el impacto de las inversiones en I+D sobre la productividad en nuestra economía.

**En el capítulo 20, González y Pazó** evalúan la efectividad de las ayudas públicas directas a la I+D en forma de subvenciones concedidas a las empresas manufactureras españolas durante la década de los noventa. La cuestión central que se plantean es si la financiación pública estimula el gasto privado en I+D o, por el contrario, provoca que las empresas sustituyan parte de su gasto por la financiación recibida. Su enfoque consiste en analizar tanto el efecto de las subvenciones sobre las empresas que las han recibido, como el efecto que habría tenido conceder subvenciones a empresas que no disfrutaran de este tipo de ayudas. Las conclusiones del trabajo inciden en la ausencia de sustitución total o parcial de la financiación privada por la pública, aunque es destacable como resultado que la presencia de subvenciones apenas estimule el esfuerzo privado en I+D de las empresas innovadoras que en cualquier caso realizarían estas actividades. Es decir, las empresas añaden la ayuda pública a su gasto privado, pero estos fondos no inducen un esfuerzo privado adicional. Sin embargo, las autoras destacan entre sus resultados que la financiación pública parece más efectiva en empresas que operan en sectores de baja tecnología y en empresas de tamaño intermedio o pequeño, ya que éstas no habrían incurrido en actividades de I+D en ausencia de subsidios, lo cual no implica, tal y como advierten las propias autoras, que haya que dirigir sin más las ayudas hacia este tipo de empresas.

**En el capítulo 21, Busom, Corchuelo y Martínez** parten de la constatación de que el volumen de recursos públicos dedicados al estímulo de

la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de las empresas es creciente, tanto en el ámbito español como en el europeo, y de que el éxito a medio y largo plazo de estas políticas se basa tanto en un buen diseño del conjunto de instrumentos disponibles, como en la capacidad de revisarlos a partir de una evaluación ex-post de las respuestas de las empresas a los mismos. En este trabajo, además de analizar los efectos de las ayudas directas (subvenciones y créditos subvencionados o reembolsables), se aborda también el análisis del impacto de los incentivos fiscales a la I+D e innovación en las empresas. Los resultados muestran que, en general, los incentivos fiscales a la I+D inducen un incremento del esfuerzo inversor privado y que las ayudas directas inducen una mayor propensión de las empresas a cooperar con otras entidades, especialmente públicas. Tal y como subrayan las autoras, España destaca como el país más generoso en el tratamiento fiscal de la inversión empresarial en I+D e innovación. Los datos presentados indican que los incentivos fiscales contribuyen a aumentar la probabilidad de que una empresa realice actividades de I+D+i, especialmente si se trata de PYMEs, así como el esfuerzo tecnológico de las que ya las desarrollaban, siendo en este caso mayor el efecto en las empresas grandes. Redundando en los resultados del capítulo anterior, también las conclusiones de esta investigación descartan la existencia de un efecto indeseado de sustitución total de los recursos privados por los públicos. El capítulo concluye con una serie de apreciaciones interesantes acerca de algunos obstáculos cuya eliminación favorecería la efectividad de los incentivos en las empresas.

Los siguientes dos capítulos, sin abandonar el foco de las empresas, introducen en el análisis el nivel geográfico e institucional de las políticas como dimensiones clave. **En el capítulo 22, Herrera y Nieto** analizan la diferenciación territorial del efecto de las subvenciones nacionales a la I+D empresarial. Su enfoque se fundamenta en la corriente de investigación que considera que la actividad innovadora se encuentra fuertemente condicionada por factores del entorno geográfico e institucional, muy especialmente por el grado de cooperación entre actores locales y por la existencia de recursos específicos difícilmente transferibles. A partir de esta premisa, los autores contrastan la hipótesis de que la distribución y el efecto de las subvenciones nacionales a la I+D difieren entre regiones según su mayor o menor nivel de intensidad de las actividades de I+D. Para

ello utilizan datos de empresas localizadas en distintas comunidades autónomas. Entre otros resultados, el trabajo concluye, en consonancia con la literatura, que independientemente de su localización las empresas que demuestran tener una mayor experiencia en la realización de actividades de I+D y una mayor capacidad innovadora son las que tienen mayor probabilidad de acceder a las ayudas públicas. También con independencia de su localización, la financiación pública tiene un efecto positivo y significativo sobre el esfuerzo en I+D de las empresas españolas analizadas. Sin embargo, los autores señalan que la región juega un papel diferenciador en la distribución y resultado final de las subvenciones, ya que la magnitud del efecto es mayor en las regiones centrales del sistema y que las ayudas tuvieron un menor efecto en el esfuerzo en I+D de las empresas de regiones periféricas. En el terreno de las investigaciones futuras interesantes para evaluar la efectividad de las políticas de las distintas administraciones, el trabajo aboga por la necesidad de estudios comparativos que analicen los efectos de las ayudas según su origen, algo que se aborda parcialmente en el trabajo siguiente.

**En el capítulo 23, Fernández y Catalán** parten de señalar la existencia de un conocimiento limitado acerca de las complementariedades, sinergias y solapamientos entre las iniciativas públicas en materia de I+D e innovación de las diferentes administraciones. El objetivo de su trabajo es precisamente explorar las interacciones entre distintos niveles políticos en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación. En particular, se estudian las relaciones ex-post entre los programas de apoyo a la innovación empresarial de la administración central, autonómica y europea para el caso de Cataluña, que representa un caso de estudio interesante por diversas razones. Con tal fin, los autores investigan cuál es el perfil de las empresas participantes en cada programa y si cada nivel de gobierno apoya un tipo de empresa distinta, así como la incidencia de las ayudas públicas en los resultados económicos de la innovación tecnológica y en las decisiones privadas de innovar y de cooperar. Los resultados destacan la limitada combinación y escasa sinergia de fondos públicos de dos o más administraciones por parte de las empresas e indican que las ayudas de las distintas administraciones no influyen en el mismo grado en las decisiones empresariales de comenzar innovaciones o colaborar con el sector público, y que esta influencia es mayor en el caso de

las ayudas de administraciones regionales o estatales que en el de las europeas. Los autores concluyen que existen ciertas complementariedades entre programas de distintos niveles gubernamentales, pero también advierten de la presencia de algunas disfuncionalidades, tales como la falta de un patrón claro de ayudas a las empresas más pequeñas y a sectores industriales estratégicos.

Las políticas de fomento de la I+D e innovación empresarial no siempre tienen como objeto a las propias empresas. Tal y como señalan **Barge y Modrego en el capítulo 24**, en las pasadas décadas una parte considerable de los esfuerzos públicos en política de innovación de un gran número de países se ha dirigido a la creación y desarrollo de organizaciones orientadas a fomentar la innovación de las empresas (especialmente pequeñas y medianas) y a fomentar la mejora de sus capacidades tecnológicas. Su trabajo se centra en el caso de los centros tecnológicos, un tipo de organizaciones especialmente relevantes desde el punto de vista de las políticas de innovación. En el caso español, los centros tecnológicos han sido una herramienta clave en la modernización del sector productivo de algunas comunidades autónomas. El trabajo presenta los resultados de un análisis de la actuación de los centros tecnológicos españoles como instrumentos de política de innovación de acuerdo con las dos visiones teóricas predominantes: la neoclásica y la evolucionista. Los resultados obtenidos muestran la capacidad de los centros tecnológicos para contribuir a corregir los fallos de mercado reseñados por los autores neoclásicos y para fomentar los diversos objetivos de la política de innovación recomendados por los autores evolucionistas. Para ello, los autores presentan una extensa serie de indicadores comparativos que utilizan para evaluar si los centros tecnológicos cumplen los objetivos de las políticas de innovación que sustentarían ambos enfoques, prestando especial atención en su análisis a la diversa ubicación geográfica de los centros. De esta manera, y con carácter general, el trabajo muestra que los centros son una herramienta de política de innovación satisfactoria de acuerdo con ambas visiones, a pesar de las notables diferencias existentes entre regiones, debidas, en gran parte, a las distintas orientaciones de sus propias políticas de innovación.

**El capítulo 25** difiere de los anteriores en que su foco no son las políticas orientadas a las empresas, sino un programa de apoyo a la



demanda de doctores en el que han participado fundamentalmente universidades y centros públicos de investigación: el programa Ramón y Cajal. **Alonso y Romero** abordan la cuestión de los incentivos en el sistema de I+D a partir del análisis de este instrumento de política pública. El Programa Ramón y Cajal se instituyó en 2001 para incrementar el número de recursos humanos cualificados y fomentar la inserción de los mejores investigadores en las universidades y centros públicos de I+D, así como fomentar la movilidad; el instrumento consistía en subsidios a los centros y universidades para ofrecer contratos de cinco años a investigadores doctores. En muy poco tiempo, y tras diversos cambios en su estructura, se ha consolidado como una puerta de entrada para los investigadores al sistema nacional de I+D. En el trabajo se analiza el diseño del programa y se extrae una serie de conclusiones críticas, entre las que destaca la limitada capacidad del mecanismo del programa para garantizar una asignación meritocrática o para evitar la endogamia, aunque ello no implica un cuestionamiento de la calidad del proceso de selección o de los propios candidatos. Los autores subrayan la necesidad de que los incentivos que las políticas generan sean estables en el tiempo y eviten en lo posible la «búsqueda de rentas».

Dado que el aumento del gasto empresarial en I+D ha sido uno de los objetivos centrales de muchas de las estrategias políticas en este ámbito en los países de nuestro entorno, resulta interesante y pertinente preguntarse qué efectos produce en la economía este tipo de gasto. **En el último capítulo de la sección, Maté y Rodríguez** utilizan un modelo que relaciona el crecimiento de la productividad del trabajo con los gastos en I+D y analizan empíricamente esta relación en las empresas manufactureras españolas durante los años noventa, con el objetivo de estimar los efectos agregados de las inversiones en I+D. Sus resultados muestran que los gastos en I+D tienen un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento de la productividad del trabajo. La tasa de rendimiento de los gastos en I+D se sitúa en un 26,6%, nivel similar al estimado en estudios hechos en otros países. Los autores estudian también el rendimiento obtenido por las empresas en su esfuerzo tecnológico, para contrastar si el hecho de realizar gastos en I+D de forma continuada genera efectos positivos crecientes sobre la productividad del trabajo. El análisis muestra que la tasa de rendimiento de la inversión en I+D es superior en las empresas que

invierten en la misma de un modo continuado. La evidencia sobre los efectos positivos de este tipo de gasto parece por tanto contundente. Los autores concluyen llamando la atención sobre la debilidad de las inversiones en I+D de las empresas españolas y señalando una serie de instrumentos de política activa que pueden resultar efectivos para el fortalecimiento de tales inversiones, algunos de los cuales son precisamente objeto de los capítulos anteriores –subvenciones públicas, ayudas fiscales, impulso a los centros tecnológicos–, y a los que se añaden otros más específicos, como las líneas de capital-riesgo, o más generales en relación con otras políticas públicas.

En definitiva, esta sección contiene diversos trabajos que analizan las políticas de I+D e innovación y sus efectos en las empresas. Los efectos macroeconómicos en la mejora de la productividad del trabajo de las inversiones en I+D e innovación son razonablemente grandes y parecerían, por tanto, justificar las políticas públicas de promoción de la I+D y de la innovación. Otro aspecto, que debe ser analizado de forma comparativa, es la determinación de los instrumentos más adecuados para aumentar la eficacia y eficiencia de las actuaciones y de los recursos públicos dedicados a la I+D.





# *Subvenciones públicas a la I+D y esfuerzo tecnológico privado*

> **Xulia González y Consuelo Pazó**

Universidad de Vigo

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

## *1. Introducción*

Los fallos de mercado asociados a las actividades de I+D dan lugar a la existencia de un *gap* entre la rentabilidad social y privada de estas actividades [5]. En particular, es bien conocido que la presencia de externalidades provoca que las empresas no sean capaces de apropiarse totalmente de los beneficios de la innovación y, por tanto, tienden a incurrir en gastos en I+D inferiores al óptimo social.

La intervención pública trata de solventar este problema. De hecho, uno de los objetivos de la política económica europea a principios de esta década era incrementar el esfuerzo europeo en I+D (porcentaje del PIB dedicado a gasto en I+D) del 1,9% en 1999 a un 3% en 2010<sup>1</sup>. En España, partiendo de una situación considerablemente desfavorable, en los últimos años el incremento del gasto en I+D ha sido notable<sup>2</sup>.

**Nota 1.** Este objetivo se recoge en la Comunicación de la Comisión (2002): *More Research for Europe: towards 3% of GDP* ([http://europa.eu.int/comm/research/era/listcom\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/era/listcom_en.html)), que fue asumida por la reunión de líderes europeos de la UE-15 celebrada en Barcelona en marzo de 2003.

**Nota 2.** En España, el gasto total en I+D en relación con el PIB se situaba en el año 2000 en un 0,98% siendo la media de la UE-15 de 1,93% –la media de la UE-25 era de 1,88%– (Eurostat).

Según los datos del INE, en el año 2008 el gasto en I+D de España fue de 14.701 millones de euros; un 10,2 % más que el año anterior en términos nominales, lo que en términos reales supone un crecimiento en torno al 8%. Desde el año 2000, la tasa de crecimiento del gasto en I+D en España ha sido ininterrumpidamente superior a la del PIB. De este modo, el esfuerzo en I+D ha alcanzado el 1,35% del PIB en el año 2008. Sin embargo, aunque el incremento ha sido considerable, se sitúa aún muy lejos del objetivo establecido por el Gobierno para el año 2010 con el fin de contribuir al cumplimiento de la Estrategia de Lisboa [8].

La I+D realizada por las empresas constituye una parte importante de la I+D total, aunque en España su peso es inferior a la media de la UE-27 (un 55,5% frente a un 63,1% en el año 2006, según datos de la OCDE), por lo que su estímulo es un objetivo fundamental de la política tecnológica. Los incentivos de carácter financiero a la I+D (subvenciones, desgravaciones fiscales y/o créditos blandos) tienen como objetivo reducir el coste efectivo de la innovación y, por tanto, incrementar el gasto realizado por las empresas. Este tipo de incentivos es utilizado en mayor o menor medida en la mayoría de los países de la OCDE; en particular, España se ha situado entre los países que han utilizado con mayor generosidad este tipo de ayudas [25, 26]<sup>3</sup>. Es por ello que la evaluación de los efectos de este tipo de políticas se hace especialmente relevante en España.

El objetivo de este capítulo es aportar evidencia empírica sobre la efectividad de las ayudas públicas a la I+D concedidas a las empresas manufactureras españolas durante la década de los noventa. La primera cuestión que abordaremos es si los fondos públicos sustituyen o no a la financiación privada de la I+D empresarial, es decir, si existe o no lo que en la literatura se denomina efecto *crowding-out*. Esta sustitución puede ser total, en cuyo caso las empresas destinarían los mismos recursos totales a I+D que si no hubiesen recibido subvención, reduciendo su propia aportación en la cuantía de la subvención; o parcial, en cuyo caso las empresas incrementarían el gasto en I+D, pero en una cuantía inferior a la de la subvención recibida. En ambos

**Nota 3.** En el trabajo de la OCDE [26], se realiza una comparación entre países de la OCDE en cuanto a la importancia de las ayudas directas y fiscales a la I+D empresarial. Se analiza el porcentaje de la I+D empresarial que es financiada públicamente en cada país objeto de estudio y un índice de generosidad fiscal (beta-index). La posición relativa de España en ambos tipos de ayudas está por encima de la media y destaca considerablemente el crecimiento del recurso a ambos tipos de incentivos financieros desde 1981 (pp. 173-174).

casos, lejos de alcanzar el objetivo de aumentar el gasto privado en I+D, la financiación pública tendría el efecto contrario.

Un segundo objetivo del capítulo es discutir algunos aspectos que contribuyen a obtener resultados más precisos sobre la efectividad de las políticas públicas cuando se aplican técnicas *matching*. Para ello, compararemos los resultados de González y Pazó [14], que se detallan en este capítulo, con los obtenidos en otros artículos que aplican la misma metodología y con los obtenidos por González, Jaumandreu y Pazó [13], utilizando un enfoque econométrico semiestructural con la misma base de datos.

La aplicación de técnicas *matching* ha sido frecuente en la evaluación de políticas públicas<sup>4</sup>. El método es muy intuitivo y se basa en la comparación de los resultados obtenidos por los participantes en un programa (subvenciones, en nuestro caso) con los que obtienen los de un grupo de control «comparable» que no ha participado en el programa. Su principal ventaja es que la estimación no requiere la especificación de una forma funcional concreta. Su principal desventaja es que no es posible incorporar elementos inobservables que afecten a los resultados y que pueden estar correlacionados con las características observadas. Este supuesto es especialmente restrictivo cuando estudiamos políticas de I+D, ya que es muy complejo llegar a controlar todos los elementos que están detrás de la decisión de conceder una ayuda pública. Por tanto, la aplicación de estos métodos debe ser especialmente cuidadosa. En otro caso, como se discutirá más adelante, los resultados obtenidos podrían sobrevalorar la efectividad de las subvenciones. Es por ello que la utilización de esta metodología puede considerarse un buen punto de partida para la evaluación de cualquier política<sup>5</sup>, pero son los modelos estructurales los que aportarán un análisis de causalidad entre la política y los resultados más creíble y riguroso.

Los datos empleados en este trabajo proceden de un panel incompleto de empresas manufactureras españolas observadas desde 1990 hasta 1999 que proviene de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales de la Fundación SEPI. Esta muestra ofrece una amplia información sobre características de las empresas, incluidos los gastos en I+D y las subvenciones recibidas.

**Nota 4.** En particular en la evaluación de las políticas de empleo (véase [17]).

**Nota 5.** Imbens [21] afirma que estos métodos son un punto de partida natural en la evaluación de políticas.

Los resultados obtenidos sugieren la ausencia de efecto *crowding-out* total o parcial entre los fondos públicos y privados destinados a financiar I+D, aunque los subsidios apenas estimulan el esfuerzo privado de las empresas que en cualquier caso realizarían actividades de I+D. Además, se detecta que la financiación pública parece más efectiva en empresas que operan en sectores de baja tecnología y en empresas de tamaño intermedio o pequeño. Este resultado se debe principalmente al efecto de inducción de los subsidios sobre la realización de I+D en algunas de estas empresas. Se mostrará también que, si no se tuviese en cuenta el efecto de la persistencia de las actividades de I+D, el efecto asignado a las subvenciones sería considerablemente más alto.

El capítulo se estructura de la siguiente manera. En el apartado 2 se revisan los resultados de una selección de artículos que analizan el efecto de las subvenciones a la I+D sobre las decisiones de I+D de las empresas. El apartado 3 introduce la metodología empleada y presenta los datos y variables utilizadas en el análisis. El apartado 4 muestra algunas evidencias sobre gastos en I+D y subvenciones en las empresas manufactureras españolas y los resultados sobre efectividad de las subvenciones obtenidos en González y Pazó [14]. Finalmente, el apartado 5 resume las principales conclusiones. Se incluye un anexo de definición de variables.

## ***2. I+D e incentivos públicos: literatura empírica***

Los principales instrumentos públicos para incentivar las actividades de I+D privadas son los incentivos fiscales y las ayudas directas a la I+D. Algunos artículos se han centrado en el análisis del papel de los incentivos fiscales a la I+D (véase, por ejemplo, la revisión de la literatura de Hall y Van Reenen [16]). Un mayor número se ha ocupado de los efectos de las ayudas financieras directas a la I+D, tratando de dar respuesta a la pregunta de si dichas ayudas incentivan o no los gastos privados de las empresas en este tipo de actividades. En particular, la cuestión que ha recibido mayor atención es la de si existe complementariedad entre financiación pública y privada, o si, por el contrario, existe un efecto de sustitución del gasto privado cuando las empresas obtienen fondos públicos (efecto *crowding-out*). David, Hall y Toole [10] realizan una extensa revisión de esta lite-



ratura, encontrando en un tercio de los trabajos analizados un efecto de sustitución entre la I+D pública y privada<sup>6</sup>.

Los estudios realizados posteriormente también muestran respuestas controvertidas al evaluar la efectividad de las ayudas públicas. En particular, Wallsten [28] considera un modelo simultáneo de gasto y subvenciones para una muestra de empresas norteamericanas y obtiene un importante efecto *crowding-out*. Por el contrario, Lach [24] y Hussinger [20] obtienen resultados menos desfavorables. Lach [24] utiliza un panel de datos de empresas israelíes e identifica un efecto positivo y significativo en el grupo de empresas de menor tamaño. Hussinger [20] utiliza un modelo semiparamétrico de selección muestral para analizar el efecto de las subvenciones públicas a la I+D con una muestra de empresas manufactureras alemanas, y también obtiene un impacto positivo sobre el gasto total en I+D.

Cierto número de trabajos han utilizado en los últimos años estimadores de tipo *matching* para identificar la existencia de complementariedad o sustitución entre la financiación pública y privada de la I+D. En particular, destacamos los trabajos de Almus y Czarnitzki [4] y Czarnitzki y Licht [9], que utilizan datos de una muestra de empresas manufactureras alemanas; el trabajo de Duguet [11], que analiza el efecto de las subvenciones a la I+D sobre la I+D privada con un *pool* de empresas francesas de 1985 a 1997; y el trabajo de Kaiser [22], aplicado a una muestra de empresas exportadoras danesas en el sector industrial y servicios. Ninguno de estos trabajos detecta la existencia de efectos *crowding-out*, pero sus conclusiones son dispares en lo que respecta a la magnitud del efecto estimado. Por otra parte, en los dos primeros no es posible descartar la presencia de *crowding-out* parcial, al no disponer de información sobre la magnitud de las subvenciones.

Los artículos más recientes que abordan esta cuestión utilizan una metodología que combina estimadores *matching* con los llamados *difference in differences*. En particular, Görg y Strobl [15], utilizando una base de datos a nivel de planta de empresas irlandesas, analizan si el efecto de las subvenciones depende de la magnitud de las mismas y obtienen conclusiones diferentes dependiendo de que las empresas sean nacionales o extranjeras. En el primer caso, las subvenciones de

**Nota 6.** Otro trabajo interesante es el de Klette, Moen y Griliches [23], que centra su atención en los resultados de cuatro casos que evalúan el impacto de programas estatales de apoyo a proyectos de I+D relacionados con sectores de alta tecnología.

menor cuantía sirven para incrementar el gasto privado, mientras que las más elevadas pueden expulsar el gasto privado. Por el contrario, las ayudas concedidas a empresas extranjeras no generan ni adicionalidad ni *crowding-out* sobre el gasto privado, independientemente del tamaño del subsidio. Por último, el trabajo de Aerts y Schmidt [3], con datos de empresas flamencas y alemanas, rechaza también la existencia de *crowding-out*.

La evidencia sobre la efectividad de las subvenciones que utiliza datos españoles es más limitada. Busom [6], aplicando un modelo econométrico de selección muestral en dos etapas a una submuestra de 154 empresas que recibieron ayudas financieras del CDTI en 1988, obtiene que el efecto de las subvenciones es en media positivo, aunque en un 30% de las empresas no se rechaza la existencia de efecto *crowding-out*.

Los trabajos de Herrera y Heijs [19] y González y Pazó [14] son dos estudios recientes que tratan esta cuestión empleando técnicas *matching* y datos procedentes de la misma encuesta (la Encuesta Sobre Estrategias Empresariales). En ambos casos, se rechaza la existencia de *crowding-out*, aunque el efecto de la subvención es de magnitud muy diferente, lo cual puede deberse en parte a diferencias en la consideración de la persistencia en las actividades de I+D<sup>7</sup>.

Los resultados que se pueden obtener con técnicas *matching* tradicionales son limitados, ya que se centran en el efecto de la concesión de la subvención, pero no son capaces de medir cuál es el efecto de la cuantía recibida por las empresas. Para llevar a cabo un análisis más exhaustivo sobre el efecto de los subsidios, es preciso recurrir a trabajos más estructurales. Destacamos en este ámbito el trabajo de González, Jaumandreu y Pazó [13], en el que se explora el efecto de los subsidios tanto sobre la decisión de realizar o no actividades de I+D como sobre el esfuerzo realizado. Este trabajo –que utiliza la misma muestra de las empresas manufactureras españolas que González y Pazó [14]– aborda los problemas de selección muestral y endogeneidad de las subvenciones proponiendo un marco teórico en el que las empresas toman sus decisiones de I+D teniendo en cuenta, entre otros factores, su expectativa *ex ante* con respecto a recibir

**Nota 7.** En relación con otro tipo de instrumentos financieros, el trabajo de Heijs [18] analiza el efecto de los créditos blandos concedidos por el CDTI sobre los proyectos de investigación. El análisis cualitativo que lleva a cabo, basado en encuestas a empresas, muestra que el 84% de las empresas declaran incrementar su gasto total en I+D en la cantidad obtenida por el CDTI, mientras que el 16% de las empresas declaran sustituir aportación privada por fondos públicos.

o no financiación pública y la cuantía esperada de la subvención. Los resultados principales indican una ausencia de efecto de sustitución de los gastos privados por fondos públicos, aunque los subsidios se conceden fundamentalmente a empresas que en cualquier caso realizarían actividades de I+D.

Por último, el reciente trabajo de Gelabert, Fosfuri y Tribó [12] utiliza la Encuesta de Innovación (*Spanish Community Innovation Survey*, CIS) de los años 2000 y 2002 para analizar la relación entre el efecto de las subvenciones y el grado de apropiabilidad, aplicando un modelo de selección muestral en dos etapas con variables instrumentales. El resultado obtenido sugiere un efecto positivo de las ayudas públicas sobre el gasto privado en I+D que decrece con el nivel de apropiabilidad<sup>8</sup>.

### 3. Metodología y datos

El uso de estimadores *matching* en los trabajos que tratan de evaluar los resultados de diversas políticas económicas es cada vez más frecuente. Estos estimadores son útiles en aquellos casos en los que la participación en un programa (un tratamiento médico, la participación en un curso de formación, recibir una subvención, o, en general, una intervención pública concreta) no se realiza de forma aleatoria. La idea de esta metodología es simple e intuitiva, se trata de comparar los resultados de los participantes en un programa con los resultados de los no participantes «comparables». Si se cumplen determinadas hipótesis, las diferencias en los resultados de estos dos grupos se podrán atribuir al programa o tratamiento.

En este capítulo se analiza la aplicación de esta metodología para evaluar la efectividad de las subvenciones a la I+D sobre el esfuerzo privado en I+D de las empresas. A estos efectos, el esfuerzo privado en I+D se define como la ratio entre el gasto en I+D (neto de subvenciones) sobre las ventas.

Dos son las preguntas fundamentales para las que debe buscarse una respuesta. Por una parte, cuál habría sido el comportamiento de las empresas que han recibido subvenciones si no las hubiesen recibido.

**Nota 8.** En Callejón y García-Quevedo [7] también se analiza el efecto de las subvenciones sobre el gasto privado en I+D utilizando, a diferencia de los trabajos anteriores, datos agregados a nivel sectorial. Estos autores también obtienen ausencia de efecto *crowding-out* y encuentran un efecto no uniforme, dependiendo del nivel tecnológico del sector.

Por otra, qué efecto habrían tenido las subvenciones sobre las empresas que no las han recibido. En definitiva, para cada una de las empresas observamos su comportamiento bajo determinadas circunstancias, que se corresponden con que hayan recibido o no el «tratamiento» (subvenciones), y es necesario determinar cuál habría sido su actuación en la situación contraria.

Si la participación en el programa de tratamiento fuese puramente aleatoria, se podría estimar el resultado no observable a partir de los resultados obtenidos por las empresas con la situación contraria. En ese caso, la eficacia de las subvenciones podría evaluarse simplemente calculando la media del esfuerzo en I+D en las dos subpoblaciones de interés: el grupo de empresas que ha recibido subvención (el grupo de «tratados») y el conjunto de empresas que no las han recibido (grupo de «controles»). Las diferencias entre el esfuerzo tecnológico de los dos grupos podrían ser imputadas a la subvención. Sin embargo, si la participación no es aleatoria, la mera comparación de las medias del esfuerzo entre los dos grupos dará lugar a sesgos. En ese caso, quizás no pueda aceptarse la aleatoriedad incondicional en el tratamiento, pero sí se pueda aceptar que la participación es aleatoria entre empresas similares en un determinado conjunto de características. En ese caso, podría utilizarse esa submuestra de empresas similares para estimar el resultado no observable.

Para que este procedimiento sea válido es preciso que se cumplan las siguientes condiciones:

1. Para empresas con el mismo vector de características, la obtención de subvenciones debe ser aleatoria.
2. Dadas unas características determinadas, la probabilidad de obtener subvención debe estar comprendida entre 0 y 1, de modo que para cada vector de características existan empresas que reciben subvención y otras que no lo hacen. En otro caso, si todas las empresas con determinadas características recibiesen (o no) subvenciones, la identificación no sería posible.

Si los dos supuestos anteriores se cumplen, será posible estimar los resultados inobservables y cuantificar el efecto de las subvenciones sobre las distintas subpoblaciones de interés. Para garantizar que se pueda aceptar razonablemente el cumplimiento de estas hipótesis —la primera de ellas no puede ser directamente contrastada—, será importante seleccionar adecuadamente las variables en las que se va a

condicionar la búsqueda de individuos semejantes con el tratamiento contrario, de modo que podamos identificar a individuos cuya participación o no participación en el tratamiento pueda considerarse aleatoria. De forma natural, entre esas variables deben incluirse las variables que determinan la probabilidad de obtener una subvención, o directamente dicha probabilidad (véase Rosenbaum y Rubin [27]). Adicionalmente, algunos autores (Imbens [21]) señalan el interés de introducir la variable de resultado retardada.

Una dificultad que debe abordarse es que si una o varias de las variables que se van a utilizar para condicionar la búsqueda de las observaciones semejantes es continua, la probabilidad de disponer de dos observaciones con exactamente el mismo vector de características será nula. El procedimiento estándar de este tipo de estimadores no tiene en cuenta este problema. Así, por ejemplo, el estimador *matching* tipo *nearest-neighbor* consiste en que para cada observación de la muestra se busca la observación u observaciones con el tratamiento contrario más parecida(s) y se utiliza la media de los resultados de esas observaciones para estimar el resultado no observado correspondiente. En cambio, el estimador propuesto por Abadie e Imbens [1] –que es el utilizado en este trabajo–, en lugar de utilizar directamente el resultado de las observaciones más similares seleccionadas, ajusta esos resultados teniendo en cuenta la diferencia entre las características de cada observación y las de la observación u observaciones con el tratamiento contrario que se ha encontrado como la más parecida a ella<sup>9</sup>.

La aplicación de este estimador para determinar el efecto medio de la subvención sobre las empresas con subvenciones supone obtener para cada observación con subvención la diferencia entre el esfuerzo realizado y el esfuerzo que se estima que se habría efectuado en ausencia de subvención. De este modo se obtendrá el estimador que denominaremos  $SATT^{10}$  como media de esas diferencias.

De forma similar, para identificar el efecto de conceder una subvención a las empresas que no la han recibido, se obtiene el estimador que denominaremos  $SATC^{11}$ , media de las diferencias entre el esfuerzo realizado por los controles y el esfuerzo asignado a cada uno de ellos

**Nota 9.** Para una explicación más detallada del procedimiento empleado y su implementación en STATA véase Abadie e Imbens [1] y Abadie et al. [2].

**Nota 10.** *Sample Average Treatment effect for the Treated.*

**Nota 11.** *Sample Average Treatment effect for the Controls.*

si hubiesen recibido la subvención a partir del estimador *matching* descrito anteriormente. Debe tenerse en cuenta que con este procedimiento sólo será posible identificar el efecto de las subvenciones sobre las empresas con I+D no subvencionadas. Calcular el cambio en el esfuerzo provocado por la subvención en empresas que parten de esfuerzo cero no es posible utilizando *matching*. Supondría asumir que todas las empresas que han decidido no hacer I+D pasarían a implicarse en esas actividades si recibiesen alguna subvención, y este supuesto no parece realista.

Los datos para llevar a cabo esta investigación proceden de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales. Se trata de un panel incompleto de empresas manufactureras españolas observadas durante el periodo 1990-1999. Después de eliminar las observaciones para las cuales no se dispone de toda la información necesaria, la muestra utilizada incluye un total de 2.214 empresas que totalizan 9.455 observaciones<sup>12</sup>.

Estos datos contienen información sobre el total de gastos en I+D realizados anualmente por las empresas. En este trabajo, los gastos en I+D se obtienen como la suma de gastos internos y externos en I+D y la importación de tecnología (pagos por licencias y asistencia técnica).

La base de datos empleada contiene también información sobre las ayudas públicas en forma de subvenciones que las empresas han recibido y que han contribuido a la financiación de sus actividades de I+D. Consideramos que una empresa está subvencionada en un determinado periodo si ha recibido algún tipo de ayuda financiera de cualquiera de los programas públicos disponibles<sup>13</sup>.

El conjunto de variables utilizadas para seleccionar los controles en el procedimiento de *matching* incluye la probabilidad estimada de obtener una subvención y la variable de resultado retardada, es decir, el esfuerzo privado retardado. Dada la persistencia que caracteriza las actividades de I+D, para que una empresa sin subvención sea un buen control para una empresa con subvención, ambas empresas deberían tener un comportamiento similar en términos de esfuerzo en el periodo anterior<sup>14</sup>. Además, para cada observación se busca la más

**Nota 12.** Después de construir algunas variables retardadas necesarias para realizar el análisis, la muestra abarca el periodo 1991-1999, y se han eliminado las observaciones de empresas que aparecen un solo año en la muestra.

**Nota 13.** La encuesta recoge información respecto a la financiación recibida por las empresas procedente de tres fuentes: la administración central, las CCAA y otros organismos.

**Nota 14.** En el apartado 4 de este capítulo, se proporcionan algunos indicadores de la persistencia de las actividades de I+D en la muestra utilizada.

parecida dentro del mismo tramo de tamaño y sector de actividad. Consideramos 12 sectores y 2 tamaños (menos y más de 200 trabajadores) y dos intervalos de tiempo<sup>15</sup>.

Por último, se incluye también una variable dicotómica que toma el valor 1 si la empresa recibió subvención en el periodo anterior. De este modo, para una empresa subvencionada que haya recibido subvenciones también en el periodo anterior, se busca un control sin subvenciones en ese periodo pero con subvenciones en el anterior. La incorporación de esta variable no es habitual en los trabajos que utilizan *matching* para analizar el efecto de las subvenciones. Incluso en algún caso, como en Almus y Czarnitzki [4], se eliminan de entre los posibles controles las empresas que recibieron subvenciones en el pasado. El efecto que se mide en este caso es el incremento en el nivel de esfuerzo con respecto a una situación en la que la empresa nunca hubiese recibido subvenciones. Ello podría explicar la elevada magnitud del efecto que estos autores obtienen. Sin embargo, si la empresa ha estado recibiendo subvenciones repetidamente, la supresión de la subvención no devolvería necesariamente a la empresa a la situación inicial sin subvenciones, por lo que la consideración de esa variable parece relevante.

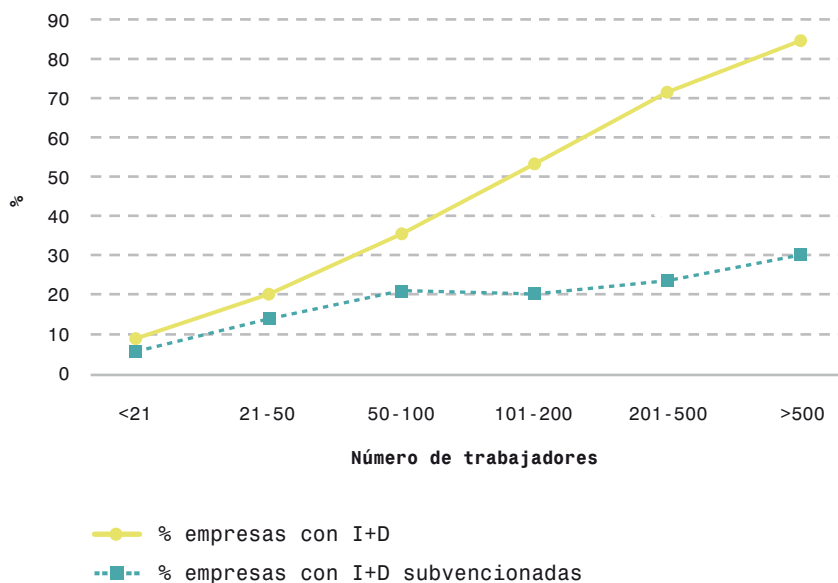
Entre las variables utilizadas para la selección de controles hay variables discretas y continuas. La selección de observaciones similares se realiza, en la medida de lo posible, dentro del conjunto de empresas que pertenezcan al mismo tramo de tamaño, sector de actividad, intervalo temporal y que estén en la misma situación con respecto a haber recibido subvención en el periodo anterior. Dado que no es posible elegir observaciones que tomen valores idénticos en las variables continuas consideradas (probabilidad estimada y esfuerzo privado en I+D retardado), se busca aquella observación con el tratamiento contrario cuyo vector de características se encuentre más próximo al vector de características de la observación considerada.

**Nota 15.** La escasez de datos en algunos de los 18 sectores inicialmente considerados obliga a agregar algunos de ellos al aplicar el procedimiento *matching*. La agregación se realizó de acuerdo con la clasificación industrial estándar del INE (sectores 1+4, 6+7, 8+9, 10+11+12, 13+14). Se consideran 2 intervalos de tiempo 1991-1995 y 1996-1999, dependiendo de los programas plurianuales de I+D. Para el estimador SATC, en lugar de 12 sectores, se utilizan 2 grupos: sectores de tecnología baja y media-baja y sectores de tecnología alta y media-alta. Véase el anexo de definición de variables.

## 4. Resultados

En esta sección se realiza, en primer lugar, un análisis descriptivo en el que se presentan las principales regularidades empíricas relativas al gasto en I+D y a las subvenciones, haciendo especial hincapié en las heterogeneidades que se observan por tramos de tamaño y sector de actividad<sup>16</sup>. En segundo lugar, se detallan los resultados obtenidos en González y Pazó [14] aplicando el estimador propuesto por Abadie e Imbens [1].

> **Gráfico 20.1.** *Empresas con I+D y empresas con subvenciones*



**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

El gráfico 20.1 muestra las disparidades en la implicación en actividades de I+D y en la obtención de subvenciones dependiendo del tramo de tamaño al que la empresa pertenece. La proporción de empresas que realizan actividades de I+D, que es de un 9% para las empresas más pequeñas, se incrementa sistemáticamente con el tamaño empresarial

**Nota 16.** Las proporciones y medias que se presentan en las tablas y se discuten a continuación se obtienen tratando cada observación como si procediese de una empresa diferente.



hasta alcanzar la cifra del 85% en el grupo de empresas de mayor tamaño. Por su parte, seleccionando el conjunto de empresas que realizan actividades de I+D, la concesión de subvenciones no parece ser aleatoria por tamaños. Mientras que sólo un 6% de las empresas con I+D más pequeñas recibe algún tipo de subvención, este porcentaje se eleva hasta el 30% en las empresas de mayor tamaño.

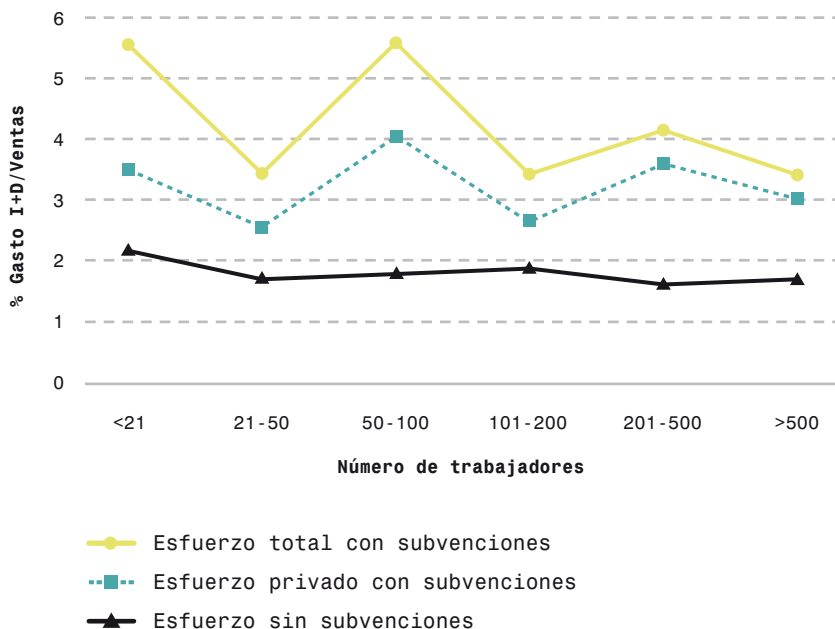
La tabla 20.1 recoge la evolución temporal que ha experimentado la proporción de empresas que hacen I+D y la de empresas que reciben subvenciones a lo largo de la década de los 90, distinguiendo entre empresas pequeñas (hasta 200 trabajadores) y empresas grandes (más de 200 trabajadores). La proporción de empresas grandes implicadas en actividades de I+D es más de tres veces superior a la de las empresas pequeñas, llegando en algunos años a ser más de 4 veces superior. En la primera parte de la década, se observa cierta tendencia decreciente en la participación en este tipo de actividades por parte de las empresas grandes, que se revierte a partir de 1995. Por su parte, la tendencia para las empresas pequeñas parece haber sido más estable, observándose un crecimiento significativo en la participación en los dos últimos años de la década.

> **Tabla 20.1.** *Empresas con I+D y empresas subvencionadas*

Año	Nº Observaciones		% Empresas con I+D		% Empresas con I+D subvencionadas	
	Nº trabajadores		Nº trabajadores		Nº trabajadores	
	≤200	>200	≤200	>200	≤200	>200
1991	483	227	18,22	78,41	11,36	21,35
1992	732	291	18,17	75,26	12,78	24,2
1993	797	264	20,2	73,11	12,42	21,76
1994	809	276	19,41	76,81	15,29	24,53
1995	818	298	21,27	70,13	17,82	27,75
1996	751	284	20,91	73,24	20,38	24,04
1997	788	307	20,18	74,27	21,38	27,63
1998	940	302	24,26	77,48	14,47	31,62
1999	816	272	24,39	81,25	16,08	28,96
<b>Total</b>	6.934	2.521	20,78	75,55	15,78	25,76

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

> **Gráfico 20.2.** Esfuerzo en I+D con y sin subvenciones (medias de esfuerzos positivos, 1991 a 1999)



Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

En cuanto a la proporción de empresas con I+D que reciben subvenciones, se observa que ésta también es siempre mayor en las empresas grandes que en las pequeñas. Mientras que aproximadamente una de cada cuatro empresas grandes que hacen I+D recibe subvenciones, sólo una de cada 7 empresas pequeñas con I+D logra obtenerlas. A lo largo del periodo, aunque con ciertas oscilaciones, se observa una tendencia creciente en la proporción de empresas subvencionadas.

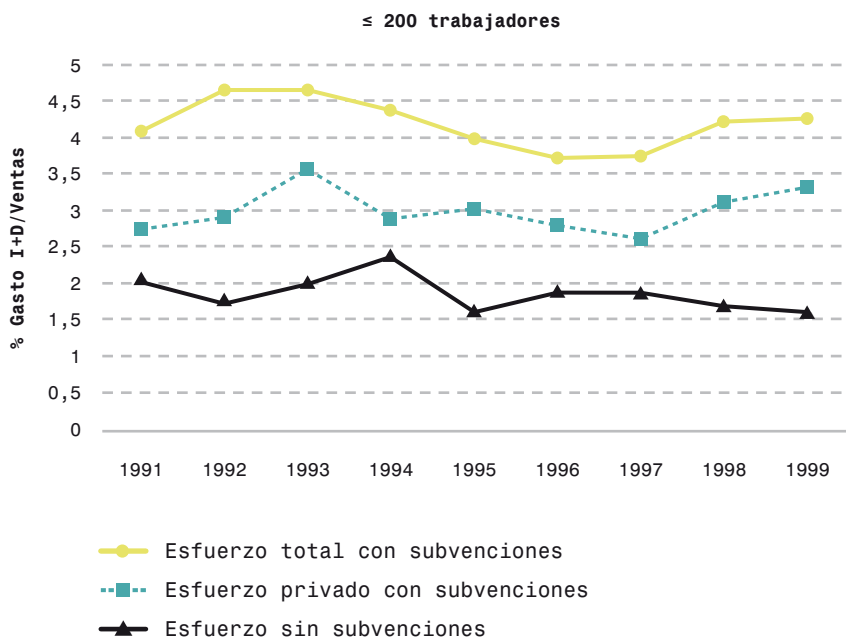
El gráfico 20.2 recoge el esfuerzo tecnológico (ratio entre el gasto en I+D y las ventas, en porcentaje) realizado por las empresas de distintos tramos de tamaño<sup>17</sup>. En el grupo de empresas que han recibido subvenciones es importante distinguir entre el esfuerzo total y el esfuerzo privado. Este último se obtiene deduciendo del gasto total

**Nota 17.** Todas las medias de esfuerzo se han calculado utilizando las observaciones con gastos en I+D positivos, eliminando observaciones atípicas correspondientes a empresas que declararon en  $t$  (33 observaciones) o en  $t-1$  (30 observaciones, de ellas 10 con subvención en el periodo  $t$ ) una cuantía de la subvención superior al gasto en I+D realizado. Probablemente estos casos atípicos se deben a imperfecciones contables en la asignación temporal de las subvenciones.

en I+D la cuantía recibida en concepto de subvenciones. Debe destacarse que las empresas que reciben subvenciones realizan un esfuerzo privado notablemente superior al correspondiente a las empresas que no han recibido subvención, la diferencia es, por término medio, de 1,5 puntos porcentuales. Esto, sin embargo, puede ser consecuencia del efecto de estímulo de las subvenciones o simplemente puede deberse a que las subvenciones se dirigen a empresas que ya sin subvenciones realizarían un esfuerzo tecnológico superior a la media. El objetivo de este trabajo es precisamente contribuir a esclarecer esta cuestión.

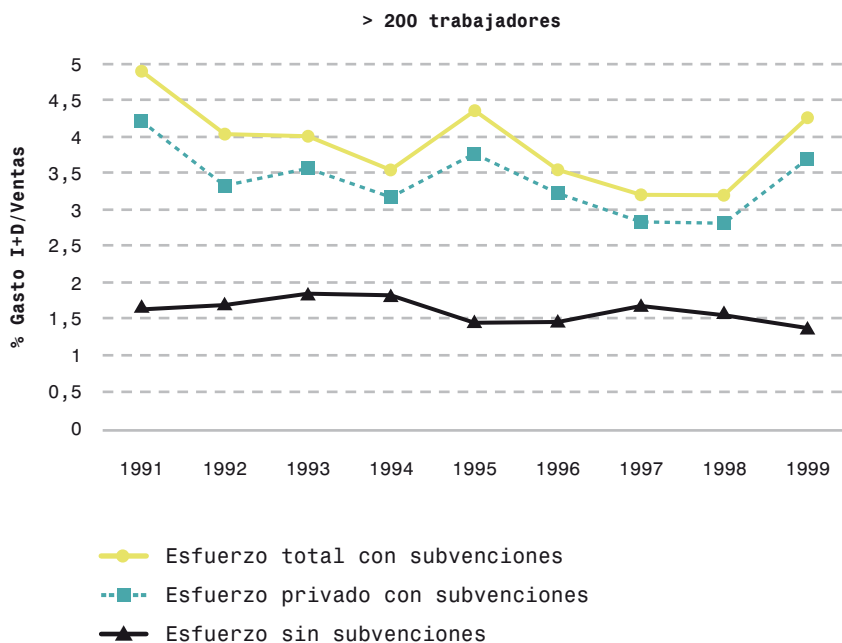
Los gráficos 20.3a y 20.3b muestran la evolución temporal del esfuerzo, distinguiendo entre empresas de menos y más de 200 trabajadores. A lo largo del periodo, las medias del esfuerzo total y el privado de las empresas que reciben subvenciones son respectivamente 4,19 y 3,01 para las empresas pequeñas; 3,91 y 3,41 para las empresas grandes. Por su parte, para las empresas que no han sido subvencionadas, la media de esfuerzo es 1,90 para las empresas pequeñas y 1,65 para las grandes.

> **Gráfico 20.3a.** Evolución temporal del esfuerzo en I+D con y sin subvenciones (medias de esfuerzos positivos)



Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

> **Gráfico 20.3b.** Evolución temporal del esfuerzo en I+D con y sin subvenciones (medias de esfuerzos positivos)



**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

Por tanto, el esfuerzo privado medio de las empresas con subvenciones es mayor que el esfuerzo de las empresas sin subvenciones, siendo la diferencia superior en las empresas grandes (1,76 frente a 1,11 puntos porcentuales). Podría concluirse que las subvenciones parecen más eficientes en las empresas grandes. Sin embargo, se hace necesario un análisis más profundo para determinar si las subvenciones realmente generan un mayor incremento de esfuerzo en las empresas grandes, o lo que sucede es que, incluso en ausencia de subvenciones, esas empresas tendrían un esfuerzo superior al de las empresas pequeñas que han sido subvencionadas.

En cualquier caso, la explicación no parece encontrarse en la magnitud de las subvenciones recibidas. Aunque la cuantía absoluta de las subvenciones es mayor en las empresas de mayor tamaño, la diferencia entre el esfuerzo total y el privado para las empresas con subvenciones es de 0,5 puntos porcentuales en las empresas grandes, mientras que en las pequeñas es más del doble. Es decir, la magnitud relativa

de las subvenciones –bastante estable a lo largo de la década– es menor en las empresas grandes.

> **Tabla 20.2.** *Empresas con I+D y subvencionadas por sectores. Esfuerzo en I+D con y sin subvenciones (% y medias de esfuerzos positivos)*

	Nº Observaciones	Con I+D (%)	Con subv. (%)	Con subvenciones		Sin subvenciones
				Esfuerzo total	Esfuerzo privado	Esfuerzo
Tecnología alta y media-alta	2.474	64,6	25,8	5,15	4,39	2,44
Productos químicos	631	73,4	32,8	6,98	6,52	2,42
Maquinaria agrícola e industrial	478	53,1	15,0	5,21	4,00	2,28
Maq. de oficina y proceso de datos	76	59,2	17,8	1,58	1,26	1,56
Productos eléctricos	695	70,1	25,5	4,37	3,22	2,66
Vehículos de motor	398	62,1	20,6	2,56	2,28	2,29
Otro material de transporte	196	52,0	39,2	4,53	3,43	2,75
Tecnología baja y media-baja	6.981	25,2	17,8	2,24	1,72	1,20
<b>Total</b>	<b>9.455</b>	<b>35,5</b>	<b>21,6</b>	<b>3,91</b>	<b>3,25</b>	<b>1,76</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

La tabla 20.2 recoge las diferencias por sectores en las proporciones de empresas con actividades de I+D y de empresas subvencionadas. La tabla proporciona información agregada de las observaciones correspondientes a tecnología alta y media-alta, por un lado, y las correspondientes a tecnología baja y media-baja, por otro<sup>18</sup>. Se observa que el porcentaje de empresas con I+D difiere considerablemente entre los dos grupos de sectores. Mientras que en la primera agrupación sectorial un 65% de las empresas realiza actividades de I+D,

**Nota 18.** Para clasificar los sectores en función de su nivel tecnológico se ha utilizado la clasificación estándar del INE. Para más información, véase: <http://www.ine.es/daco/daco42/daco4217/1stsectnae.doc>

este porcentaje se reduce a un 25% en la segunda. Por lo que respecta a la obtención de subvenciones, también hay diferencias notables. El porcentaje de empresas de tecnología alta o media-alta que han recibido algún tipo de subvención es del 26%, mientras que en tecnología baja o media-baja sólo lo han logrado el 18%. Así, cabe señalar que el 26% de las observaciones de la muestra empleada en este trabajo pertenecen a sectores de tecnología alta o media-alta, mientras que dentro de la submuestra de observaciones con I+D positiva ese porcentaje asciende al 47% y en la submuestra de observaciones con subvención alcanza el 57%.

La tabla 20.2 recoge también el esfuerzo tecnológico por sector de actividad. En primer lugar, cabe señalar que, por término medio, tanto el esfuerzo total como el esfuerzo privado de las empresas en sectores de tecnología alta o media-alta –reciban o no subvenciones– es superior al realizado en sectores de tecnología baja o media-baja. En segundo lugar, se constata que la diferencia entre el esfuerzo total y privado es mayor en el grupo de empresas de mayor tecnología: 0,76 puntos porcentuales frente a 0,52 en los sectores de tecnología baja o media-baja. Por último, en ambos casos el esfuerzo privado realizado por las empresas con subvenciones es mayor que el esfuerzo realizado por las empresas que no reciben subvenciones. Esta diferencia es de casi 2 puntos porcentuales en el grupo de tecnología alta y de poco más de medio punto porcentual en los sectores de tecnología baja. Sin embargo, de nuevo se hace necesario un análisis detallado para detectar si ello es consecuencia o no de una mayor efectividad de las ayudas públicas.

Además, dicha tabla facilita información detallada de los seis sectores de tecnología alta o media-alta. Debe destacarse que el sector químico es el sector con mayor porcentaje de empresas implicadas en actividades de I+D, mientras que el sector que proporcionalmente recibe un mayor número de subvenciones es el de otro material de transporte.

La notable heterogeneidad por sector y tamaño detectada tanto en la obtención de subvenciones como en el nivel de esfuerzo en I+D aconseja que en el procedimiento de matching la selección de controles comparables para las empresas que han sido subvencionadas se realice dentro de cada tramo de tamaño y sector de actividad.

Por otra parte, también es necesario tener en cuenta la estabilidad que caracteriza las actividades de I+D. La tabla 20.3 muestra la estructura de las submuestras de observaciones con I+D y de observaciones con subvenciones. Se observa que, de las 684 observaciones con

subvenciones (que representan el 21% de las observaciones con I+D), el 81% pertenecen a empresas que realizan I+D de forma estable (hacen I+D todos los años en los que la empresa se encuentra en la muestra). Por su parte, de las 2.611 observaciones con I+D pero sin subvenciones, el 60% se corresponde con I+D estable. Estos datos apuntan a que las actividades de I+D muestran una persistencia notable. De hecho, el 86% de las observaciones con I+D (2.837 de las 3.295) proceden de empresas que también realizaron I+D en el periodo anterior.

> **Tabla 20.3.** *Correlación entre el esfuerzo privado en I+D en t y el esfuerzo privado en t-1*

	Observaciones con I+D en t		Observaciones con I+D en t y t-1	
	Nº Observaciones	Correlación	Nº Observaciones	Correlación
Sin subvenciones	2.611	0,71	2.201	0,77
I+D estable	1.539	0,80	1.539	0,80
I+D ocasional	1.072	0,41	662	0,65
Con subvenciones	684	0,82	636	0,82
I+D estable	554	0,83	554	0,83
I+D ocasional	130	0,65	82	0,71
<b>Total</b>	<b>3.295</b>	<b>0,77</b>	<b>2.837</b>	<b>0,80</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

Además, la tabla 20.3 proporciona otro indicador de esa persistencia: la correlación entre el esfuerzo en I+D contemporáneo y el realizado en el periodo anterior, constatándose que esa correlación es elevada en todos los subgrupos de observaciones relevantes. Así, para las observaciones con subvenciones correspondientes a I+D estable, la correlación es de 0,83; para las subvencionadas con I+D ocasional, es 0,65, llegando a 0,71 en el subconjunto de las que tienen I+D dos años consecutivos.

En consecuencia, la persistencia de las actividades de I+D, especialmente acusada en las empresas subvencionadas, debe ser tenida en cuenta en la selección de controles para estas empresas en el procedimiento de *matching* para predecir razonablemente cuál habría sido su comportamiento en ausencia de subvención.

> **Tabla 20.4.** Estimación de la probabilidad de recibir subvenciones (variable dependiente: indicador de recibir subvenciones)

	<b>Coefficientes (t-ratios)</b>
Constante	-2,83 (-12,7)
Empresa con subvenciones en t-1	1,89 (23,9)
Número de trabajadores en t-1	0,04 (4,3)
Crecimiento del capital	0,18 (3,3)
Edad	0,04 (2,6)
Empresa con tecnología avanzada	2,48 (5,7)
Empresa con capital extranjero	0,17 (2,3)
Empresa nacional exportadora en t-1	0,47 (7,8)
Empresa con poder de mercado en t-1	0,03 (0,5)
Subvenciones atípicas <sup>a</sup>	-0,79 (-3,8)
VARIABLES BINARIAS DE SECTOR, REGIÓN Y AÑO <sup>b</sup>	Incluidas
Método de estimación	Probit
Nº de empresas	2.214
Nº de observaciones	9.455
Observaciones correctamente predichas <sup>c</sup>	
Ceros	0,84
Unos	0,83

<sup>a</sup> Variable binaria para 33 observaciones atípicas con subvenciones superiores al gasto en I+D. <sup>b</sup> 17 variables binarias de sector, 2 de región (Navarra y el País Vasco) y 8 de año (1992 a 1999). <sup>c</sup> Utilizando 0,055 como valor crítico.

**Fuente:** González, Jaumandreu y Pazó [13].

Por último, para aplicar esta metodología es fundamental disponer de una buena estimación de la probabilidad de recibir financiación pública. En este caso, esta variable se obtiene a partir de la estimación de un modelo probit cuya especificación sigue la propuesta por González, Jaumandreu y Pazó [13]. La variable dependiente toma el valor 1 si la empresa ha recibido financiación pública en el periodo y 0 en otro caso. El vector de variables explicativas recoge características de la empresa que inciden en la probabilidad de atraer fondos públicos –tamaño (número de trabajadores), crecimiento del capital, experiencia (edad), utilización de tecnologías sofisticadas, presencia de capital extranjero, carácter exportador–, además de variables binarias de sector, comunidad autónoma y año. Se incluye también un indicador de poder de mercado y una variable que toma el valor 1 si la



empresa recibió subsidios en el periodo anterior. Con esta variable se pretende captar la estabilidad en la concesión de ayudas públicas<sup>19</sup>.

La tabla 20.4 muestra el resultado de la estimación. Los resultados indican que el proceso de concesión parece favorecer más a las empresas de mayor tamaño, que han experimentado crecimientos del capital, con más experiencia, con tecnologías avanzadas y abiertas al exterior. Además, se aprecia que la persistencia en la obtención de ayudas es significativa. Sin embargo, tener un poder de mercado significativo no implica una clara diferencia a la hora de percibir subvenciones. Las variables binarias sectoriales revelan la existencia de heterogeneidad entre industrias, mientras que las de región muestran una mayor probabilidad de recibir subsidios en dos CCAA. Los parámetros estimados se utilizan para obtener la predicción de la probabilidad para todas las observaciones de la muestra.

#### 4.1. Efectividad de las subvenciones

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método de estimación propuesto.

La tabla 20.5 resume la información de las variables incluidas en la estimación de la probabilidad de recibir subvenciones y de las variables continuas utilizadas en el *matching* (el esfuerzo privado retardado y la probabilidad estimada). La tabla incluye los valores medios de las variables en diferentes submuestras: el grupo de empresas subvencionadas o grupo de tratados (primera columna), los grupos de empresas no subvencionadas que se utilizan como controles potenciales (columnas 2 y 4), y los grupos de control finalmente seleccionados después de aplicar el procedimiento *matching* (columnas 3 y 5). Para cada variable, se contrasta la igualdad de la media para el grupo de tratados con las medias en el resto de las submuestras. La tabla muestra que las características de las empresas con y sin subvenciones son diferentes pero, una vez aplicado el procedimiento *matching*, los grupos de control seleccionados son razonablemente similares.

La tabla 20.6 presenta el efecto de la subvención sobre el esfuerzo en I+D de las empresas subvencionadas (estimador *SATT*)<sup>20</sup>. En la tabla se indica el número de observaciones incluidas en el grupo de tra-

**Nota 19.** Las variables incluidas se refieren tanto a la probabilidad de solicitar ayudas públicas como a la probabilidad de obtenerlas.

**Nota 20.** Se ha replicado el análisis considerando la variable gasto en lugar de esfuerzo y las conclusiones generales con las mismas, véase González y Pazó [14].

tados y el número de observaciones incluidas en el grupo de control potencial que se ha utilizado en la obtención de cada estimador, el porcentaje de emparejamientos exactos para las variables discretas utilizadas en el procedimiento de *matching*<sup>21</sup>, y el nivel de significatividad de la aceptación del test de igualdad de medias de las dos variables continuas entre el grupo de tratados y el grupo de observaciones finalmente seleccionadas como controles.

> **Tabla 20.5.** Comparación de medias entre tratados y controles (potenciales y seleccionados)

	Empresas con subv.	Empresas con I+D		Todas las empresas	
		Empresas sin subv.	Controles seleccionados	Empresas sin subv.	Controles seleccionados
Número de trabajadores en t-1	448,39	295,95	438,48**	148,03	424,09**
Crecimiento del capital	0,10	0,10**	0,08**	0,09**	0,08**
Edad	9,39	6,49	10,14**	0,48	9,57**
Empresa con tecnología avanzada	0,05	0,04	0,05*	0,02	0,05*
Empresa con capital extranjero	0,33	0,42	0,45	0,19	0,42
Empresa nacional exportadora en t-1	0,65	0,50	0,57	0,39	0,58*
Empresa con poder de mercado en t-1	0,53	0,59*	0,62	0,38	0,61
Empresa con subvenciones en t-1	0,63	0,07	0,62**	0,03	0,63**
Esfuerzo privado en t-1	2,39	1,43	2,06*	0,51	2,07*
Probabilidad de recibir subvenciones	0,45	0,09	0,44**	0,04	0,44**
Nº de observaciones	630	2569	630	8241	630

\*\*(\*) Indica que no se rechaza la hipótesis nula (igualdad de medias) con un test t (dos colas) al 5% (1%) de significatividad entre las empresas subvencionadas y la submuestra de empresas indicada en cada columna.

Fuente: González y Pazó [14].

**Nota 21.** El ajuste no es del 100% porque en algunos no se encuentran empresas similares en el mismo sector de actividad y tramo de tamaño. Por otra parte, para un reducido número de observaciones con subvención no fue posible encontrar otras con el tratamiento contrario aceptablemente similares, por lo que la estimación se realizó eliminando esas observaciones (es decir, se restringió la estimación a la región del *common support*, entre controles y tratados, tal como sugiere Imbens [21]). El grupo de tratados incluye finalmente 630 observaciones.

La parte superior de la tabla 20.6 muestra el estimador que se obtiene cuando el grupo de control potencial sólo incluye observaciones con I+D. En este caso, se evalúa el efecto de los subsidios sobre el esfuerzo, considerando que todas las empresas subsidiadas harían actividades de I+D en ausencia de subsidios. El primer resultado destacable es que las subvenciones no estimulan el esfuerzo privado en I+D de las empresas que hacen I+D<sup>22</sup>, pero el efecto sobre el esfuerzo total es positivo y significativo. Este resultado indica que no hay efecto *crowding-out*, es decir, las empresas añaden la subvención recibida al gasto privado realizado, pero los fondos públicos no inducen un esfuerzo privado adicional de forma significativa. Esto implica que los subsidios no se asignan de forma aleatoria, sino que se conceden a las empresas que ya realizan un mayor esfuerzo en I+D. Las conclusiones son similares cuando se analizan por separado las submuestras de pequeñas y grandes empresas, o los sectores de alta y baja tecnología.

> **Tabla 20.6.** Efectos de la subvención. Efecto medio de las subvenciones sobre las empresas subvencionadas

	Total	≤200 trabajadores	>200 trabajadores	Tecnología baja y media-baja	Tecnología alta y media-alta
<b>&gt; Grupo de control observaciones con I+D</b>					
Esfuerzo privado <sup>a</sup>	0,09 (0,7)	-0,07 (-0,3)	0,17 (1,0)	0,06 (0,4)	0,19 (0,8)
Esfuerzo total <sup>a</sup>	0,72 (4,5)	0,92 (3,0)	0,62 (3,4)	0,59 (3,3)	0,90 (3,5)
<b>&gt; t tests de igualdad de medias <sup>b</sup></b>					
Probabilidad	**	**	**	**	**
esfuerzo privado <sub>t-1</sub>	*	*	**	**	**
% emparejamiento exacto (recibir subv. en t-1)	99%	100%	98%	96%	100%
Controles potenciales (nº de observaciones)	2569	1182	1387	1418	1151
Tratados (nº de observaciones con subv.)	630	205	425	287	343

**Nota 22.** La simple comparación de las medias del esfuerzo privado de las empresas con y sin subvención llevaría a una conclusión diferente, ya que la diferencia es de 1,5 puntos porcentuales, como se comentó anteriormente.

Tabla 20.6. (Continuación)

	Total	≤200 trabajadores	>200 trabajadores	Tecnología baja y media-baja	Tecnología alta y media-alta
<b>&gt; Grupo de control: todas las observaciones</b>					
Esfuerzo privado <sup>a</sup>	0,35 (2,4)	0,59 (2,3)	0,24 (1,5)	0,55 (3,5)	0,29 (1,2)
Esfuerzo total <sup>a</sup>	0,98 (6,0)	1,58 (5,4)	0,70 (3,8)	1,07 (5,5)	1,01 (3,9)
<b>&gt; t tests de igualdad de medias <sup>b</sup></b>					
Probabilidad	**	**	**	**	**
esfuerzo privado <sub>t-1</sub>	*	**	**	*	**
% emparejamiento exacto (recibir subv. en t-1)	100%	100%	100%	100%	100%
Controles potenciales (nº de observaciones)	8.241	6.236	2.005	6.218	2.023
Tratados (nº de observaciones con subv.)	630	205	425	287	343

<sup>a</sup> Coeficientes y t-ratios. <sup>b</sup> \*\*(\*) Indica que no se rechaza la hipótesis nula (igualdad de medias) con un test t (dos colas) al 5% (1%) de significatividad entre las

Este resultado general es similar al de González, Jaumandreu y Pazó [13], que obtienen que los subsidios generan un modesto incremento del esfuerzo privado en aquellas empresas que en cualquier caso realizarían actividades de I+D, y que dicho efecto aumenta con la cuantía de la subvención. En particular, muestran que el esfuerzo privado aumentaría entre un 2% y un 7%, dependiendo de la magnitud de la subvención. En este caso, la tabla 20.6 indica que el incremento estimado del esfuerzo es de 0,09 puntos porcentuales (no significativo), lo que implica un incremento medio del 4%.

Es necesario destacar que si no se incluye el esfuerzo retardado en la estimación –es decir, si al seleccionar las empresas comparables no se tiene en cuenta la similitud en el esfuerzo realizado antes de recibir la subvención–, el efecto de los subsidios sobre el esfuerzo privado sería significativamente más alto (el valor del estimador SATT sería 0,65 con una t-ratio de 3,3). Este resultado sugiere que, cuando no se considera la persistencia en la innovación, los estimadores *matching* tienden a sobreestimar el efecto de las subvenciones.

La tabla 20.6 muestra también que los subsidios son responsables de un incremento medio del esfuerzo total de 0,72 puntos porcentuales, y que este efecto es ligeramente mayor en las empresas con menos de 200 trabajadores y que operan en sectores de alta tecnología, es decir, en los grupos de empresas que reciben subvenciones de mayor magnitud relativa. Comparando este resultado con el de Herrera y Heijs [19], que tratan esta cuestión empleado técnicas *matching* con datos que proceden de la misma encuesta, se observa que los efectos estimados son de magnitud muy diferente. Herrera y Heijs [19] seleccionaron una muestra de empresas con I+D que contestaron consecutivamente la encuesta durante los años 1998 a 2000. Con esta muestra obtienen un efecto adicional de 1,85 puntos porcentuales. Esta sobrevaloración del efecto de los subsidios podría ser debida en parte a la no consideración del esfuerzo retardado<sup>23</sup>.

La parte inferior de la tabla 20.6 presenta el efecto de la subvención sobre el esfuerzo total y el esfuerzo privado de las empresas subvencionadas, considerando como grupo de control potencial todas las observaciones sin subvención, con independencia de que se trate de observaciones con o sin actividades de I+D. Incluir observaciones sin I+D en el conjunto del cual se extraen las observaciones comparables permite tener en cuenta que las subvenciones pueden generar un efecto de inducción a hacer I+D. La mayor parte de los trabajos utilizan como grupo de control potencial empresas con actividades de I+D, por lo que no consideran este efecto.

El primer resultado destacable es que el efecto de las subvenciones sobre el esfuerzo privado es positivo y significativo. En particular, las empresas subsidiadas presentan un esfuerzo privado 0,35 puntos porcentuales mayor que las no subvencionadas. El efecto es significativo en el grupo de empresas pequeñas y en sectores de baja tecnología, pero no lo es en las empresas grandes y de alta tecnología. Esto puede ser debido a que para las empresas pequeñas y de baja tecnología la financiación pública desempeña un papel más importante en la decisión de llevar a cabo actividades de I+D.

Una explicación podría ser la existencia de costes hundidos asociados a las actividades de I+D, que dan lugar a que las empresas pequeñas encuentren más dificultades a la hora de realizar este tipo

**Nota 23.** En nuestro caso, si no se considerase el esfuerzo retardado, el incremento del esfuerzo total que se obtendría sería significativamente superior. Pasaría de 0,72 a 1,27 puntos porcentuales (t-ratio 5,88).

de actividades. Las subvenciones podrían contribuir a reducir los umbrales de rentabilidad de dichas actividades, provocando que algunas empresas pasasen a realizar I+D gracias a la concesión de una subvención. Esto explicaría la obtención de un efecto mayor de las subvenciones cuando no se restringe el grupo de control a las empresas que ya han superado este umbral mínimo e incurrir en actividades de I+D en ausencia de subvenciones.

Algo similar ocurre con las empresas en sectores de baja tecnología. Aunque la diferencia entre el esfuerzo privado en I+D con y sin subsidio es más importante en las empresas que operan en los sectores más tecnológicos (véase la tabla 20.2), el análisis efectuado muestra que el efecto de los subsidios sólo es significativo en el grupo de sectores de baja tecnología, y ello cuando se emplean todas las observaciones como grupo de control potencial. Este resultado sugiere, por una parte, que la agencia pública subsidia sobre todo a empresas que hacen un esfuerzo tecnológico superior a la media; por otra, que el efecto de inducción de los subsidios se percibe especialmente en las empresas en sectores de tecnología baja.

Dados los controles seleccionados, el efecto de inducción no es despreciable. Un 17% de las empresas con subvención<sup>24</sup>—que suponen un 4% de las observaciones con I+D— han sido emparejadas con empresas que no hacen I+D. Este porcentaje es algo inferior al 6% obtenido por González, Jaumandreu y Pazó [13] debido, en parte, a que la metodología permite en ese caso considerar que las subvenciones (la expectativa de recibirlas) afecten incluso a las empresas que no las han recibido.

El trabajo de Czarnitzki y Licht [9], utilizando una muestra de empresas alemanas, encuentra también que el efecto de los subsidios es mayor cuando se considera este efecto de inducción. Sin embargo, la magnitud del efecto sobre el esfuerzo total es mayor en su caso (especialmente en las empresas de Alemania del Este), tanto si se tiene en cuenta el efecto de inducción como si no. Este resultado podría reflejar una mayor efectividad de las ayudas alemanas o bien un sistema de incentivos más generoso.

Por último, la tabla 20.7 ilustra el efecto potencial de conceder ayudas públicas a las empresas que realizan actividades de I+D pero

**Nota 24.** Este porcentaje varía por tamaño y sector: llega hasta un 30% en el caso de las empresas pequeñas, mientras que para las grandes es de sólo un 10%. En sectores de baja y alta tecnología, los porcentajes son 28% y 7%, respectivamente.

no han recibido subvención. El efecto estimado sobre el esfuerzo privado no es significativo, es decir, las empresas con I+D que no han recibido subvención no habrían incrementado su esfuerzo privado de forma significativa en caso de haberlas recibido. Este resultado debe analizarse con cautela, ya que el número de observaciones disponibles con subvención para obtener observaciones comparables es muy reducido en relación con el número de observaciones sin subvención. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que la aplicación de técnicas *matching* no permite captar el efecto que puede tener conceder subvenciones en algunas empresas que no participan en actividades de I+D. Este efecto sí puede estudiarse utilizando un modelo econométrico más estructural, como lo hacen, por ejemplo, González, Jaumandreu y Pazó [13].

> **Tabla 20.7.** Efectos de la subvención. Efecto (potencial) medio de las subvenciones sobre las empresas con I+D no subvencionadas

	Total	≤200 tra- bajadores	>200 tra- bajadores	Tecnolo- gía baja y media-baja	Tecnología alta y media-alta
Esfuerzo privado <sup>a</sup>	-0,05 (-0,3)	-0,14 (-0,4)	0,01 (0,1)	0,14 (0,8)	-0,23 (-1,0)
Esfuerzo total <sup>a</sup>	0,40 (2,3)	0,58 (1,5)	0,25 (1,6)	0,45 (2,2)	0,38 (1,5)
<b>&gt; t tests de igualdad de medias <sup>b</sup></b>					
- Probabilidad	**	**	**	**	**
- esfuerzo privado <sub>t-1</sub>	**	**	**	**	**
% emparejamiento exacto (recibir subv. en t-1)	100%	100%	100%	100%	100%
Controles (nº de observaciones)	2.191	918	1.273	1.129	1.062
Tratados (nº de observaciones con subv.)	621	176	445	254	367

<sup>a</sup> Coeficientes y t-ratios. <sup>b</sup> \*\*(\*) Indica que no se rechaza la hipótesis nula (igualdad de medias) con un test t (dos colas) al 5% (1%) de significatividad entre las empresas subvencionadas y los controles elegidos.

Fuente: González y Pazó [14].

## 5. Conclusiones

Este capítulo pretende contribuir al análisis de la efectividad de las subvenciones públicas a la I+D. En particular, se plantea si los fondos públicos sustituyen o no al esfuerzo privado en I+D. Por una parte, se discute el efecto de los subsidios sobre las empresas que realizarían actividades de I+D en cualquier caso. Por otra, se evalúa el efecto que tendrían las ayudas públicas de haberse concedido a las empresas que no han sido subsidiadas.

El método de estimación está basado en la metodología *matching* y los datos empleados provienen de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE), que contiene información de empresas manufactureras españolas durante la década de los noventa.

En el trabajo se discuten algunos aspectos relevantes en la aplicación de este tipo de estimadores. En primer lugar, la necesidad de tener en cuenta la persistencia de la actividad de I+D, debido fundamentalmente a que el gasto en I+D en un periodo estará condicionado por la decisión adoptada por parte de la empresa sobre el gasto del periodo anterior. En segundo lugar, la importancia de considerar el gasto privado en I+D (neto de subvenciones) y no el gasto total –como se ha hecho en un número considerable de trabajos– para poder distinguir entre *crowding-out* total o parcial. Por último, la relevancia de utilizar información de las empresas que no realizan I+D para estimar el efecto de inducción de las ayudas públicas sobre las empresas subsidiadas.

Es interesante destacar el papel que desempeña en la estimación el esfuerzo en I+D retardado: si no se incluye esta variable en el procedimiento *matching*, es decir, si no se tiene en cuenta la persistencia de las actividades de I+D, el efecto estimado de los subsidios es significativamente más alto, lo que sugiere la presencia de un sesgo al alza. Sin embargo, no es habitual en los trabajos en que se utiliza esta metodología tener en cuenta explícitamente esta cuestión.

Los resultados obtenidos implican la ausencia de efecto *crowding-out*, tanto parcial como total. Es decir, las empresas no sustituyen inversión privada por fondos públicos, aunque las subvenciones contribuyen sólo marginalmente a aumentar el esfuerzo privado. El efecto estimado de los subsidios sobre el esfuerzo privado en I+D sugiere que las empresas que realizan I+D básicamente añaden la cuantía del subsidio al gasto privado que habrían realizado en cualquier caso.



La conclusión es distinta cuando se considera el efecto de inducción a realizar actividades de I+D. En este caso, el impacto de los subsidios sobre el esfuerzo privado se convierte en positivo y significativo. Por término medio, las empresas subsidiadas realizan un esfuerzo privado 0,35 puntos porcentuales más alto que las no subsidiadas. Este efecto no es despreciable, ya que el esfuerzo medio en I+D de las empresas no subsidiadas similares (los controles seleccionados) es 2,1. El efecto de inducción no ha sido considerado en la mayor parte de los trabajos que analizan la efectividad de los subsidios utilizando técnicas *matching*, debido principalmente a la ausencia de información sobre las empresas que no realizan I+D.

Por último, el efecto potencial de los subsidios sobre el esfuerzo privado de las empresas que no han recibido subvención no resulta significativo, es decir, si se le hubiesen concedido fondos públicos a estas empresas, no hubiesen incrementado significativamente su esfuerzo privado. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la metodología *matching* no permite captar el efecto de inducción potencial sobre empresas que no participan en actividades de I+D.

Se puede afirmar, de forma muy general, que encontramos un resultado claro a favor de la ausencia de efecto *crowding-out*, aunque las subvenciones contribuyen sólo marginalmente a aumentar el esfuerzo privado. Los resultados obtenidos reflejan además que la financiación pública es más efectiva en la inducción a realizar actividades de I+D en empresas de menos de 200 trabajadores y que operan en sectores de tecnología baja. Ello no implica, sin embargo, que deba recomendarse sin más dirigir las subvenciones hacia las empresas de estas características.

Para poder realizar recomendaciones útiles para el diseño de la política de I+D, además de analizar el efecto de las subvenciones sobre el gasto privado en I+D, sería preciso analizar el efecto sobre el número de innovaciones obtenidas, el número de patentes registradas o, directamente, el efecto sobre la productividad de las empresas. Aunque un primer objetivo de las ayudas públicas es el de estimular el gasto privado en I+D, no cabe duda de que lo que se pretende en última instancia es la introducción de innovaciones en el mercado y el aumento de la competitividad de las empresas. En consecuencia, una extensión interesante del trabajo sería evaluar el efecto de las ayudas públicas sobre los resultados de las empresas.

## Referencias

- [1] Abadie, A.; Imbens, G. W. (2006): «Large sample properties of matching estimators for Average Treatment Effects», *Econometrica*, 74 (1), pp. 235-267.
- [2] Abadie, A.; Drukker, D.; Herr, J. L.; Imbens, G. W. (2004): «Implementing matching estimators for average treatment effects in Stata», *The Stata Journal*, 4 (3), pp. 290-311.
- [3] Aerts, K.; Schmidt, T. (2008): «Two for the price of one? Additionality effects of R&D subsidies: a comparison between Flanders and Germany», *Research Policy*, 37, pp. 806-822.
- [4] Almus, M.; Czarnitzki, D. (2003): «The effects of public R&D subsidies on firms' innovation activities: The case of Eastern Germany», *Journal of Business and Economic Statistics*, 21 (2), pp. 226-236.
- [5] Arrow, K. (1962): «Economic welfare and the allocation of resources for inventions», en Nelson, R. (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press.
- [6] Busom, I. (2000): «An empirical evaluation of the effects of R&D subsidies», *Economics of Innovation and New Technology*, 9, pp. 111-148.
- [7] Callejón, M.; García-Quevedo, J. (2005): «Public subsidies to business R&D: do they stimulate private expenditures?», *Environment and Planning C: Government and Policy*, 23, pp. 279 -293.
- [8] COTEC (2009): «Tecnología e innovación en España», Informe COTEC 2009.
- [9] Czarnitzki, D.; Licht, G. (2005): «Additionality of Public R&D grants in a transition economy: the case of Eastern Germany», *The Economics of Transition*, 14 (1), pp. 101-131.
- [10] David, P.; Hall, B. H.; Toole, A. A. (2000): «Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the Econometric Evidence», *Research Policy*, 29, pp. 497-529.
- [11] Duguet, E. (2004): «Are R&D subsidies a substitute or a complement to privately funded R&D? Evidence from France using propensity score methods for non-experimental data», *Revue d'Économie Politique*, 114 (2), pp.263-292.
- [12] Gelabert, L.; Fosfuri, A.; Tribó, J. (2009): «Does the effect of public support for R&D depend on the degree of appropriability?», *Journal of Industrial Economics*, 57 (4), pp. 736-767.
- [13] González, X.; Jaumandreu, J.; Pazó, C. (2005): «Barriers to innovation and subsidy effectiveness», *The Rand Journal of Economics*, 36 (4), pp. 930-950.
- [14] González, X.; Pazó, C. (2008): «Do public subsidies stimulate private R&D spending?», *Research Policy*, 37, pp. 371-389.
- [15] Görg, H.; Strobl, E. (2007): «The effect of R&D subsidies on private R&D», *Economica*, 74, pp. 215-234.
- [16] Hall, B. H.; Van Reenen, J. (2000): «How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence», *Research Policy*, 29, pp. 449-469.

- [17] Heckman, J. J.; LaLonde, R. J.; Smith, A. J. (1999): «The economics and econometrics of active labor market programs», en Ashenfelter, O.; Card, D. (eds.), *Handbook of Labor Economics*, 3, Elsevier.
- [18] Heijs, J. (2003): «Freerider behaviour and the public finance of R&D activities in enterprises: the case of the Spanish low interest credits for R&D», *Research Policy*, 32 (3), pp. 225-461.
- [19] Herrera, L.; Heijs, J. (2007): «Difusión y adicionalidad de las ayudas públicas a la innovación», *Revista de Economía Aplicada*, 44, pp. 177-197.
- [20] Hussinger, K. (2008): «R&D and Subsidies at the Firm Level: An Application of Parametric and Semi-Parametric Two-Step Selection Models», *Journal of Applied Econometrics*, 23 (6), pp. 729-747.
- [21] Imbens, G. W. (2004): «Nonparametric estimation of average treatment effects under exogeneity: a review», *The Review of Economics and Statistics*, 86 (1), 4-29.
- [22] Kaiser, U. (2006): «Private R&D and public subsidies: microeconomic evidence from Denmark», *Danish Journal of Economics*, 144 (1), pp. 1-17.
- [23] Klette, T. J.; Moen, J.; Griliches, Z. (2000): «Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies», *Research Policy*, 29, pp. 471-495.
- [24] Lach, S. (2002): «Do R&D subsidies stimulate or displace private R&D? Evidence from Israel», *Journal of Industrial Economics*, 50, pp. 369-390.
- [25] Nezu, R. (1997): «Trends and patterns of public support to industry in the OECD area», *STI Review*, 21, pp. 13-24.
- [26] OCDE (1998): *Technology, productivity and job creation: best policy practices*.
- [27] Rosenbaum, P.; Rubin, D. (1983): «The central role of the propensity score in observational studies for casual effects», *Biometrica*, 70, pp. 41-55
- [28] Wallsten, S. (2000): «The effect of government-industry R&D programs on private R&D: the case of the small business innovation research program», *Rand Journal of Economics*, 31, pp. 82-100.

## **Anexo: definición de variables**

**Esfuerzo (total) en I+D:** ratio de los gastos totales en I+D sobre ventas. Los gastos totales en I+D incluyen los gastos internos y externos en I+D, y los gastos en importación de tecnología (patentes y pagos por asistencia técnica).

**Esfuerzo privado en I+D:** ratio de los gastos privados en I+D sobre ventas. Los gastos privados en I+D se computan restando las subvenciones recibidas a los gastos totales en I+D.

**Crecimiento del capital:** tasa de crecimiento real del capital de la empresa en bienes de equipo y maquinaria.

**Edad:** diferencia entre 1975 (año medio de constitución de las empresas) y el año de creación de la empresa. En la ecuación de probabilidad de recibir subvención, esta variable se incluye dividida por 10.

**Empresa con capital extranjero:** variable binaria que toma el valor 1 si la empresa tiene capital extranjero.

**Empresa con poder de mercado:** variable binaria que toma el valor 1 si la empresa declara que tiene un poder de mercado significativo y el mercado en el que opera cuenta con menos de 10 competidores.

**Empresa con tecnología avanzada:** variable binaria que toma el valor 1 si la empresa utiliza maquinaria automática, robots, CAD/CAM o alguna combinación de estos procedimientos, multiplicada por la ratio de ingenieros y licenciados sobre el total de personal de la empresa.

**Empresa nacional exportadora:** variable binaria que toma el valor 1 si la empresa es nacional (tiene menos del 50% de capital extranjero) y ha exportado durante el periodo.

**Empresa con subvención:** toma el valor 1 si la empresa recibe subvención en ese periodo.

**Número de trabajadores:** esta variable se incluye dividida por 100 en la ecuación de probabilidad de recibir subvención.

**Variables binarias de año:** conjunto de 9 variables binarias de año.

**Variables binarias de región:** conjunto de 17 variables binarias de comunidad autónoma.

**Variables binarias de sector:** conjunto de 18 variables binarias sectoriales: 1) Metales férreos y no férreos; 2) Productos minerales no metálicos; 3) Productos químicos; 4) Productos metálicos; 5) Maquinaria agrícola e industrial; 6) Maquinaria de oficina y proceso de datos; 7) Productos eléctricos; 8) Vehículos de motor; 9) Otro material de transporte; 10) Carne y preparados de carne; 11) Produc-

tos alimenticios y tabaco; 12) Bebidas; 13) Textiles y vestido; 14) Cuero, piel y calzado; 15) Madera y muebles de madera; 16) Papel y material de imprenta; 17) Productos de caucho y plástico; 18) Otros productos manufacturados.

**Variables binarias de tamaño:** conjunto de 6 variables binarias por tramos de tamaño: <20 trabajadores; 21-50 trabajadores; 51-100 trabajadores; 101-200 trabajadores; 201-500 trabajadores; >500 trabajadores.



# *Efectividad de los incentivos públicos a la investigación e innovación empresarial*

> **Isabel Busom**

Universidad Autónoma de Barcelona

> **Beatriz Corchuelo**

Universidad de Extremadura

> **Ester Martínez Ros**

Universidad Carlos III de Madrid

## ***1. Introducción***

El volumen de recursos públicos dedicados al estímulo de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en el ámbito empresarial es creciente, tanto en el entorno español como en el europeo. En España, según datos de la Estadística de I+D realizada por el INE, en el año 2008 alrededor del 18% del gasto en I+D ejecutado en las empresas fue financiado por el sector administraciones públicas<sup>1</sup>.

Ciertas peculiaridades de estas actividades, cuyo resultado es la creación de un activo intangible como es el conocimiento, justifican la intervención pública, pues sin la misma se produciría, en general, un nivel inferior al socialmente deseable. Entre las medidas dirigidas a promover las actividades de I+D+i en el sector empresarial, se hallan las ayudas directas (subvenciones y créditos subvencionados) y los incentivos fiscales. El éxito a medio y largo plazo de estas políticas se basa en un buen diseño de los instrumentos, la influencia

**Nota 1.** En la estadística se contempla exclusivamente la financiación pública que comporta transferencia directa de recursos.

de políticas complementarias y la capacidad de revisar los mismos a partir de la evaluación *ex post* de la respuesta de las empresas.

España, en el ámbito de la ciencia y la innovación, y en comparación con otros países miembros de la OCDE, muestra, a pesar de los progresos realizados recientemente, importantes debilidades tanto por los (aún) escasos recursos privados destinados a la I+D+i como por el bajo nivel de cooperación para innovar entre las empresas y los resultados derivados de dicho esfuerzo. Ello justifica investigar hasta qué punto las medidas de estímulo previamente señaladas son efectivas.

El objetivo del capítulo es exponer los resultados que las autoras han obtenido en sus investigaciones recientes [14, 16, 6, 7] sobre la influencia de estas medidas en el comportamiento de las empresas, a fin de evaluar estas políticas. En concreto, las dos primeras analizan el impacto que tienen los incentivos fiscales a la I+D+i sobre la decisión de emprender o intensificar las actividades de inversión privada y la participación de las empresas en el sistema, y la última estudia el impacto de las ayudas directas sobre la decisión de cooperar con otras entidades, públicas o privadas, con la finalidad de innovar<sup>2</sup>. En ambas líneas de investigación se estudian aspectos no abordados en la literatura previa, tanto a nivel de España como a nivel internacional.

Nuestras investigaciones aportan evidencia de que, durante el periodo analizado, ambos instrumentos afectan el comportamiento de las empresas en la dirección esperada, por lo que, en general, se puede descartar un efecto no deseado de sustitución total de recursos privados por públicos. Los incentivos fiscales contribuyen a aumentar la probabilidad de que una empresa realice actividades de I+D+i, especialmente en las pequeñas y medianas empresas (PYMES), así como el esfuerzo tecnológico de las que ya las emprendían, aunque en este último caso el efecto es mayor en las empresas grandes. Las ayudas directas, por su parte, contribuyen significativamente a incrementar la probabilidad de que las empresas cooperen con organismos públicos de investigación (OPIs), y, en ciertos casos, también estimulan la cooperación con proveedores o clientes.

El capítulo se organiza como sigue: en la segunda sección se describe la situación de España en cuanto a su capacidad innovadora, se comentan las diferencias en las políticas de ayudas públicas que se

**Nota 2.** A lo largo del texto se hará referencia al concepto I+D+i, y no sólo I+D, porque tanto los incentivos fiscales como los diversos programas de ayudas directas incluyen estímulos para actividades que no son I+D en sentido estricto, sino incorporación y adaptación de innovaciones existentes.



aplican para incentivar las actividades de I+D+i (ayudas directas e incentivos fiscales) y se plantean las principales preguntas que se pueden realizar para estudiar la efectividad de dichas políticas; en la tercera sección se presentan los datos y la metodología empleada en las investigaciones citadas; en la cuarta sección se exponen los principales resultados obtenidos y, finalmente, en la quinta sección se extraen algunas conclusiones.

## ***2. Análisis de situación y preguntas de investigación***

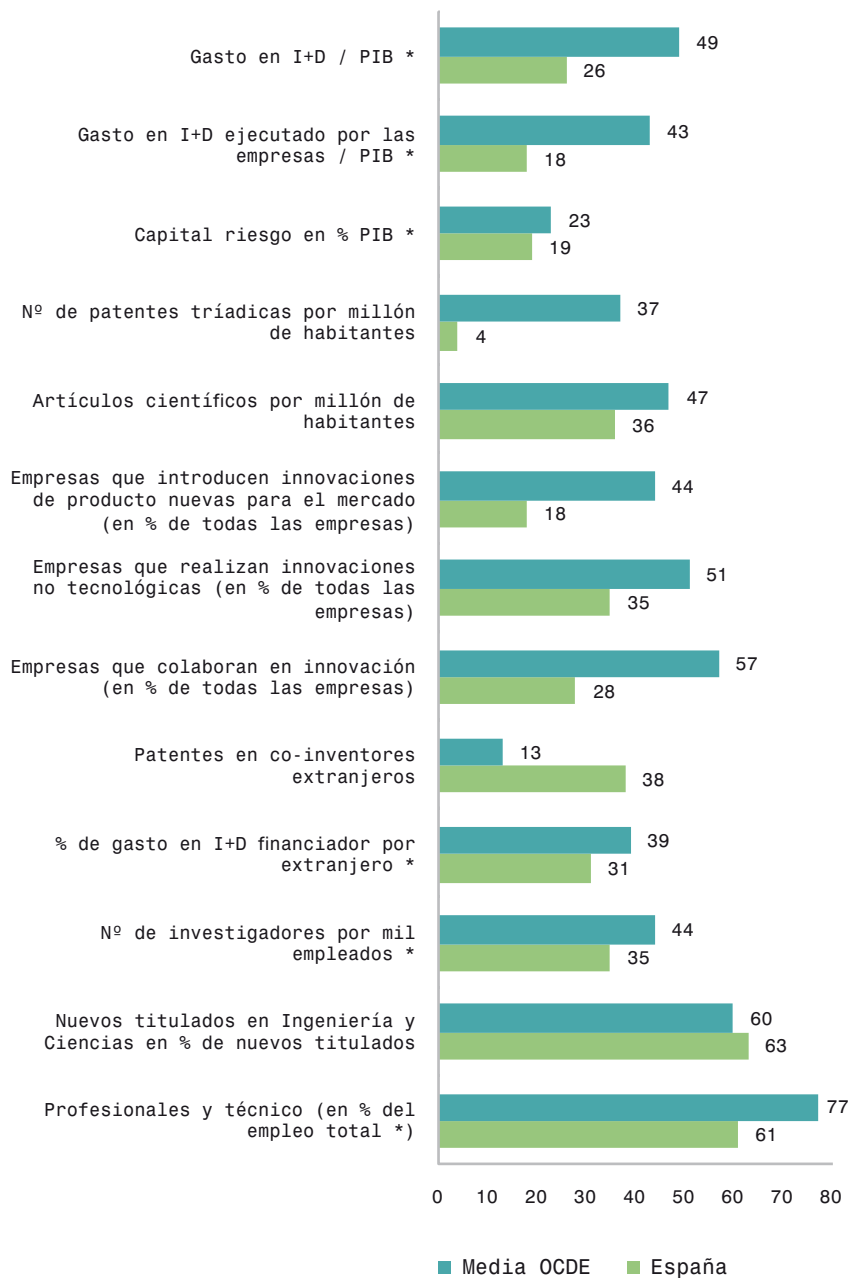
### **2.1. Situación de la capacidad de innovación en España**

Como se ha anticipado en la introducción, una de las debilidades más importantes del sistema español de ciencia e innovación se halla en los escasos recursos dedicados a I+D+i en el sector privado, el bajo nivel de cooperación para innovar que muestran las empresas y los reducidos resultados obtenidos. Tales debilidades se pueden observar en el gráfico 21.1, que muestra las diferencias entre España y la media de los países de la OCDE en los índices de gasto en I+D ejecutado por las empresas (la magnitud del esfuerzo inversor), de colaboración empresarial para innovar (cómo se innova) y de introducción de productos que representan una novedad para el mercado (el resultado).

Si bien las diferencias en la estructura sectorial o la distribución por tamaño de las empresas pueden contribuir a explicar en alguna medida las distancias, no lo hacen de forma completa. Si nos fijamos en el grado de cooperación empresarial en I+D+i, el gráfico 21.2 muestra las diferencias de las empresas manufactureras españolas con la media de la Unión Europea y Finlandia en el periodo 1998-2000 y 2004-2006 (último periodo disponible). En el primer periodo, y en relación con la UE, se constata que las diferencias afectan tanto a las empresas pequeñas como a las grandes. En el segundo periodo no se dispone de la media para la UE, pero se puede observar que se reduce sólo ligeramente la distancia entre las grandes y, de forma notable, la existente entre las empresas pequeñas. Aún así, es precisamente en este último segmento donde más aumenta la tasa de cooperación en Finlandia, lo que indica que el potencial de mejora sigue siendo importante<sup>3</sup>.

**Nota 3.** La mejora de la tasa de cooperación de las empresas pequeñas en España puede ser en parte consecuencia de mejoras en el muestreo de este grupo de empresas.

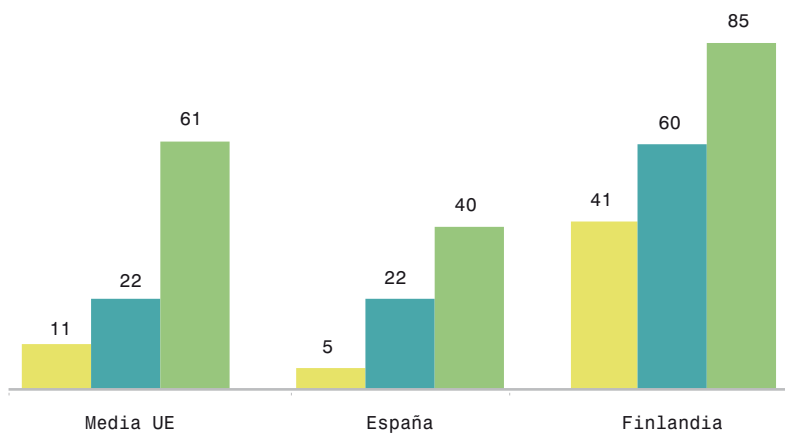
> **Gráfico 21.1.** Ciencia e innovación en España y en la OCDE: una medida de las distancias



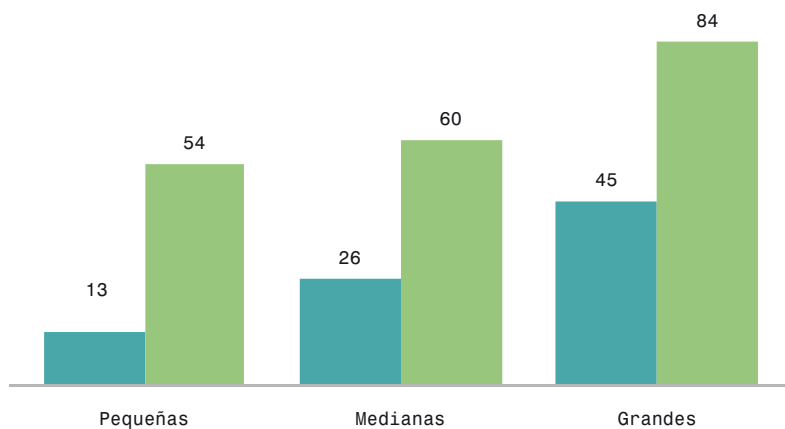
**Nota:** las variables originales se han transformado en un índice, tomando como referencia el país con el valor más elevado para cada variable. Los indicadores señalados con (\*) se refieren al año 2006. El resto, al año 2005 o al periodo 2002-2004.

**Fuente:** OCDE [35].

> **Gráfico 21.2.** Porcentaje de empresas innovadoras en el sector de manufacturas que cooperan para innovar según el tamaño



■ Pequeñas ■ Medianas ■ Grandes



■ España ■ Finlandia

**Nota:** la clasificación por tamaños es la siguiente: Pequeñas = de 10 y 49 empleados; Medianas = de 50 a 249 empleados; Grandes = 250 o más empleados. Para el periodo 2004-2006 no se muestra la media de la UE porque el número de países integrantes no es el mismo que en periodos anteriores.

**Fuente:** elaboración propia a partir de los datos de Eurostat.

Se pueden plantear diversas hipótesis para explicar la distancia existente en el grado de cooperación en I+D+i. Algunas de ellas son diferencias en factores como el apoyo público a la cooperación empresarial, las normas legales que condicionan las posibilidades de

cooperación entre empresas e instituciones públicas, una posible brecha entre el tipo de proyectos de innovación propuestos por las empresas y el nivel de conocimientos desarrollado en los centros de investigación<sup>4</sup>. En el caso de la cooperación entre entidades privadas, la facilidad para resolver posibles discrepancias o conflictos, por ejemplo, en torno a cuestiones de propiedad intelectual, también puede ser un factor relevante.

En resumen, parece adecuado que se articulen medidas que permitan incidir en el comportamiento empresarial en las tres dimensiones de generación de recursos, mayor cooperación y obtención de resultados de I+D+i. Éste es el objetivo de los incentivos fiscales y de las ayudas directas a la I+D+i en España, que son los dos instrumentos de la política de innovación que se comentan en el siguiente apartado.

## **2.2. Descripción y situación de las políticas analizadas**

Los incentivos fiscales a la I+D+i se introdujeron por primera vez en la Ley 61/1978 del Impuesto sobre Sociedades. Su objetivo es, al aminorar la deuda tributaria, reducir el coste de la inversión. Esto permite a la empresa incrementar la rentabilidad de los proyectos que lleve a cabo, posiblemente estimulando con ello la realización de nuevos proyectos o la ampliación de los existentes.

Desde la promulgación de la ley citada, la normativa fiscal ha experimentado notables modificaciones que han afectado a la definición fiscal de los gastos en I+D+i, la consideración fiscal de las actividades incentivadas, las reducciones en la base imponible, las deducciones en la cuota y los límites para aplicar las deducciones en la cuota [13]. También se han introducido y modificado medidas para aumentar la seguridad jurídica en su aplicación. Actualmente, constituyen la categoría de deducción más importante en el impuesto de sociedades, junto con los incentivos destinados al fomento de actividades de exportación.

Estos instrumentos presentan un carácter horizontal, pues pueden ser aplicados por cualquier empresa que desarrolle las actividades contempladas como tales en la legislación. A diferencia de las ayudas directas, su aplicación no requiere la presentación de propuestas ni la aprobación de las actividades de I+D+i de la empresa por parte de

**Nota 4.** Por ejemplo, si gran parte de las empresas de un país se halla por debajo de la frontera tecnológica, y las actividades de innovación están principalmente dirigidas a introducir en la empresa o en el país tecnologías o productos ya existentes en otros, lógicamente la demanda de los conocimientos generados en instituciones dedicadas al desarrollo de base científica de frontera será baja.

ninguna agencia pública, excepto el reconocimiento de los gastos por parte de la autoridad tributaria, siendo ésta su principal ventaja. Sin embargo, también es posible que las deducciones fiscales supongan simplemente una ganancia extraordinaria para las empresas que habrían desarrollado el proyecto aún sin incentivo, que simplemente se adelanten proyectos futuros de inversión o que, aunque lleven a cabo más proyectos, éstos tengan una baja rentabilidad privada y social. Por ello y por el coste recaudatorio que implican, es necesario proceder a una cuidadosa evaluación *ex post* de su impacto real.

Por otra parte, las ayudas directas, que engloban subvenciones y créditos blandos, se conceden a proyectos empresariales que satisfacen unas condiciones determinadas, entre las que se encuentran la calidad técnica, comercial, económica y financiera del proyecto y las repercusiones esperadas de los resultados del mismo sobre terceros. En España, gran parte de las ayudas públicas a los proyectos empresariales de I+D+i se gestionan a través del CDTI, creado en 1977. En el periodo estudiado, estaba vigente el III Plan Nacional de I+D+i. Entre los objetivos relacionados con el sector privado, se encontraban conseguir un aumento de la inversión empresarial en I+D+i, así como el número de investigadores en las empresas, la promoción de la cooperación entre empresas y OPIs o centros tecnológicos, y el impulso de la participación en programas internacionales de I+D+i. Para ello, se establecían distintos programas que proporcionaban financiación para varios tipos de proyectos: proyectos concertados y cooperativos, proyectos de desarrollo tecnológico y proyectos de innovación tecnológica.

Actualmente, se contemplan varias tipologías de proyectos: de desarrollo e innovación tecnológica (orientados al desarrollo y/o incorporación de nuevas tecnologías en la empresa), de investigación industrial concertada (investigación industrial liderada por una empresa y realizada en colaboración con universidades, centros tecnológicos o centros de investigación), proyectos NEOTEC (creación de empresas de base tecnológica), y proyectos CENIT (proyectos de investigación industrial llevados a cabo por consorcios constituidos por grandes empresas, PYMEs y centros de investigación). Las condiciones de las ayudas varían según el tipo de proyecto<sup>5</sup>.

**Nota 5.** En el caso de los dos primeros, la ayuda adopta la forma de un crédito a interés cero, que puede incluir un tramo no reembolsable si el proyecto reúne ciertos requisitos, como por ejemplo el de colaborar con centros de investigación. En los proyectos NEOTEC, la ayuda se concede para la fase inicial de la creación de empresas, con un importe máximo de

Con relación a ambos tipos de instrumentos, el primer hecho que cabe destacar es la magnitud que representan en España los recursos públicos dedicados a incentivos fiscales y ayudas directas a las empresas en los últimos años, información recogida en las tablas 21.1a y 21.1b.

Los datos que muestra la tabla 21.1a permiten realizar dos observaciones. La primera es que el número de empresas que disfrutaban de deducciones por inversiones en I+D+i es superior al número de proyectos aprobados por el CDTI. La segunda es que la magnitud económica de las deducciones fiscales es notable, ya que equivale aproximadamente al 40% del volumen de financiación comprometida por el CDTI a los proyectos señalados en la tabla 21.1b.

El segundo hecho que hay que subrayar es que España destaca como el país más generoso fiscalmente en el tratamiento a la inversión en I+D+i. En general, se observa que en muchos países los incentivos fiscales a la inversión en I+D empresarial se han incorporado progresivamente a la cartera de instrumentos utilizados para estimularla. Sólo Alemania y Finlandia constituyen la excepción a esta tendencia, puesto que han reducido o eliminado su aplicación.

A pesar de la expansión de su aplicación, el diseño específico de los incentivos fiscales a la inversión en I+D difiere considerablemente entre los países. Las diferencias se refieren a la figura impositiva en la cual se regulan (impuestos sobre beneficios empresariales o sobre rentas del trabajo), al grupo específico de beneficiarios potenciales (todas las empresas o sólo PYMEs), al tipo de gasto en I+D incluido en la definición fiscal (generalmente, investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental<sup>6</sup>, aunque se puede limitar solamente a la investigación básica y ordinaria o ampliar con otros conceptos, como el de innovación tecnológica), o al tipo de incentivo (aceleración de amortizaciones, deducciones especiales en la base imponible, crédito fiscal, etc.).

La diversidad de diseños dificulta la comparación internacional. Para facilitarla, se han desarrollado dos indicadores: el beta-index (o B-index<sup>7</sup>) y el cálculo de los tipos marginales efectivos (*marginal effective tax rate-METR*). El B-index es un índice que muestra el valor

350.000 euros, a un tipo de interés cero y sin garantías adicionales. En el caso de los proyectos CENIT, la ayuda consiste en una subvención de hasta el 50% del presupuesto del proyecto.

**Nota 6.** La definición de gasto en I+D se suele referir a las definiciones del Manual de Frascati [32].

**Nota 7.** Su diseño se debe a McFetridge y Warda [31].

presente de la renta antes de impuestos necesaria para cubrir el coste inicial de I+D y el impuesto empresarial de un proyecto marginal de inversión. Cuanto más pequeño es su valor al considerar los incentivos fiscales, más generoso es el tratamiento fiscal de la inversión.

> **Tabla 21.1a.** Las ayudas directas a la I+D+i empresarial administradas por el CDTI. 2006 y 2007

	Año 2006		Año 2007	
	Proyectos aprobados	Financiación comprometida por CDTI (miles de euros)	Proyectos aprobados	Financiación comprometida por CDTI (miles de euros)
Investigación industrial concertada	126	71.971	100	58.500
Desarrollo e innovación tecnológica	809	509.217	923	632.420
Iniciativa NEOTEC	51	17.694	57	19.120
Proyectos CENIT	16	200.000	31	380.000
Total	1.002	798.882	1.111	1.090.000

**Nota:** en 2006 también existía el Programa de Promoción Tecnológica (30 proyectos, 5.836.000 euros comprometidos). El año 2007 se presentaron 1.863 solicitudes, de las que se aprobaron 1.111.

**Fuente:** Memoria CDTI [8].

> **Tabla 21.1b.** Los incentivos fiscales. Deducciones por inversiones y creación de empleo. Categoría: investigación y desarrollo e innovación tecnológica. `Minoraciones en la cuota íntegra

	2003	2004	2005	2006
Número de declarantes	3.754	3.750	3.674	3.621
Importe de las deducciones (miles de euros)	250.911	299.781	347.836	317.149

**Fuente:** Impuesto sobre Sociedades en 2004, 2005 y 2006. Dirección General de Tributos. Secretaría General de Hacienda (2008).

De acuerdo con el B-index, España era, ya en el año 1996, el país con el tratamiento fiscal más favorable a la I+D. Más recientemente, la OCDE [33] ha calculado que, en España, por cada euro gastado en I+D las

empresas obtienen unos beneficios fiscales de 0,44 euros. La tabla 21.2 muestra el valor de este índice para diversos países miembros de la OCDE.

> **Tabla 21.2.** El incentivo fiscal en los países de la OCDE. El B-index en 1999/2000 y 2001/2002

Grandes empresas (B-index)			PYMES (B-index)		
País	1999/ 2000	2001/ 2002	País	1999/ 2000	2001/ 2002
España	0,687	0,559	Italia	0,552	0,557
Canadá	0,827	0,827	Holanda	0,613	0,647
Portugal	0,850	0,665	Canadá	0,678	0,678
Dinamarca (i. básica)	0,871	0,893	<b>España</b>	<b>0,689</b>	<b>0,559</b>
Corea	0,874	0,918	Corea	0,821	0,837
Austria	0,878	0,875	Portugal	0,850	0,665
Australia	0,890	0,801	Dinamarca (i. básica)	0,871	0,893
Holanda Francia	0,904 0,915	0,901 0,939	Austria	0,878	0,875
			Australia	0,890	0,801
EEUU	0,934	0,934	Reino Unido		
Irlanda	0,937	1,000	Francia	0,888	0,888
Méjico	0,969	0,969	EEUU	0,915 0,934	0,939 0,934
Japón	0,981	0,991	Irlanda	0,937	1,000
			Japón	0,937	0,879
			Méjico	0,969	0,969
Reino Unido	1,000	0,904	Bélgica	1,008	1,006
Finlandia	1,009	1,010	Finlandia	1,009	1,010
Bélgica	1,012	1,009	Grecia	1,015	1,015
Grecia	1,015	1,015	Noruega	1,018	0,768
Dinamarca (i. ordinaria)	1,018	1,015	Dinamarca (i. ordinaria)	1,018	1,015
Noruega	1,018	1,018	Alemania	1,041	1,025
Italia	1,027	1,026			
Alemania	1,041	1,025			

Fuente: Warda [37, 38] y elaboración propia.

En general, aunque en principio los incentivos fiscales y las ayudas directas tienen el mismo objetivo, existen diferencias en su diseño y aplicación que pueden dar lugar a que su efectividad no sea la misma. A continuación se plantean las preguntas relevantes que permitirían llevar a cabo la evaluación empírica de ambos instrumentos.



### 2.3. Las preguntas:

#### ¿cuáles son los impactos esperados y cómo medirlos?

Recibir ayudas directas mediante subvenciones o créditos blandos o bien indirectas a través de incentivos fiscales reduce el coste que supone a la empresa llevar a cabo actividades de I+D+i. Por tanto, es de esperar que cualquier empresa que ya estuviera haciendo I+D+i considere utilizar alguno de estos instrumentos o ambos, modificando o no la cantidad o características de sus proyectos de I+D+i. También es posible que algunas empresas que hasta el momento no realizaban actividades de innovación o que no colaboraban para innovar se planteen hacerlo.

De las empresas potencialmente interesadas en solicitar ayudas directas o en aplicar los incentivos fiscales, la agencia o agencias públicas deberían seleccionar idealmente aquellos proyectos que reunieran ciertas características, asociadas a una situación de fallos de mercado<sup>8</sup>. Por ejemplo, se debería proporcionar apoyo a una empresa que tenga proyectos de I+D+i rentables en cartera pero se encuentre con dificultades en su financiación (situación que se puede dar en el caso de empresas jóvenes basadas en nuevos productos), o a empresas que han considerado y descartado ciertos proyectos por insuficiente rentabilidad empresarial, resultado del nivel de riesgo y dificultad de apropiación de resultados, siendo posible mostrar, en cambio, que dichos proyectos tendrían una rentabilidad colectiva elevada.

Esta selección se puede realizar examinando las características de los proyectos que se presentan a convocatorias de ayudas directas o, en el caso de los incentivos fiscales, mediante un diseño que permita acotar las deducciones a través de la definición de los tipos de gastos deducibles, la diferenciación según el tamaño de la empresa y el carácter de la deducción (sobre el volumen total de gastos deducibles o sobre los incrementos de dicho gasto). En ambos casos, el objetivo debe ser estimular innovaciones socialmente rentables que no se hubiesen realizado de otro modo.

Resulta oportuno destacar que, en el contexto de la Unión Europea, las ayudas estatales están prohibidas (artículo 87, apartado 1 del

**Nota 8.** Estos criterios de selección se derivan del análisis económico de las actividades de I+D+i, que muestra que, en la medida en que generan información y que la posibilidad de establecer y respetar derechos de propiedad es limitada, los incentivos privados (empresariales) para producirla se verán mermados de forma que, en conjunto, se producirá menos actividad de I+D+i de la socialmente deseable (eficiente). Otro factor que conduce a la subprovisión privada de I+D+i se deriva de la existencia de diferencias de información e incentivos entre los inversores potenciales y los inventores, que repercuten negativamente en la disponibilidad de financiación para estas actividades.

Tratado), siendo las destinadas a fomentar la I+D+i una de las excepciones a esta regla. La condición que deben cumplir estas últimas es que se refieran a «actividades concretas e inequívocamente encaminadas a remediar deficiencias del mercado que impidan la innovación y tales que sea probable que los beneficios de las ayudas estatales que se les otorguen compensen con creces cualquier posible perjuicio que puedan causar a la competencia y el comercio» (Comisión Europea, Diario Oficial de la Unión Europea, C 323/01, apartado 1.2, [11, 12])<sup>9</sup>. La Comisión Europea adopta, por tanto, un criterio selectivo, alineado con el análisis económico, y aporta, de forma implícita, algunos criterios para evaluar el impacto de las ayudas.

Una de las preguntas básicas que se deben plantear en particular en una evaluación *ex post* es la siguiente: ¿consiguen estos instrumentos aumentar el esfuerzo en innovación y los resultados de dicho esfuerzo de forma que sin la ayuda pública ambos serían inferiores? Las investigaciones que describimos en este capítulo analizan esta cuestión.

Idealmente, para contestar a esta pregunta, se debería medir el aumento de bienestar que los recursos públicos destinados a apoyar la I+D+i de las empresas generan a medio y largo plazo, y contrastar estadísticamente si dicho aumento no se hubiera producido en ausencia de apoyo. En el campo de la investigación sobre efectividad de las políticas de innovación, este incremento se conoce como efecto incentivador o adicionalidad de la intervención pública.

Obtener una medida cuantitativa de la adicionalidad en términos de bienestar es muy complejo, por lo que se utilizan indicadores asociados al mismo o criterios intermedios. En concreto, para evaluar estas políticas se suelen utilizar en la práctica tres medidas complementarias.

La primera medida, llamada adicionalidad de recursos (*input additivity*) consiste en estimar los cambios que la obtención de la ayuda haya podido producir en la magnitud del esfuerzo privado en I+D+i medido por el uso de recursos (gasto en I+D o personal dedicado a I+D+i). Pretende responder a la pregunta: ¿en ausencia de ayuda directa o de beneficios fiscales, se hubiera invertido la misma suma en I+D+i, menos o nada? Si se observase que, en promedio, las empresas receptoras hacen el mismo esfuerzo privado que sin las ayudas, se

**Nota 9.** Las repercusiones negativas que preocupan a la Comisión son que las ayudas permitan la continuidad de producciones ineficientes, el ejercicio de prácticas de exclusión y aumentar el poder de mercado, así como que generen efectos negativos en la localización de las actividades económicas y en los flujos comerciales en el mercado interior.

podría concluir que estos instrumentos no son efectivos. Si, además el esfuerzo privado fuese menor, se estaría produciendo un efecto de sustitución plena de financiación privada por financiación pública (efecto *crowding-out*)<sup>10</sup>.

La segunda medida se refiere a los posibles cambios que estas ayudas pueden inducir en aspectos cualitativos del comportamiento empresarial (*behavioral additionality*): en la gestión (¿cómo se hace I+D en la empresa, se induce mayor colaboración o externalización de servicios de información?), en las características de los proyectos que se abordan (grado de novedad que se persigue) o en la localización de las actividades de I+D de la empresa. Además del interés que por sí mismo tiene este segundo indicador, existe una razón añadida para tenerlo en cuenta. En algunos casos puede ocurrir que, aunque el apoyo público no conlleve una mayor inversión privada, sí induzca a la empresa a colaborar con OPIs, cambiando con ello la naturaleza de los proyectos emprendidos.

La tercera medida, llamada adicionalidad de resultados (*output additionality*) se refiere a cambios observados en los resultados del esfuerzo en I+D+i. El aumento de la productividad, a nivel de la empresa y del conjunto de empresas, debe ser el objetivo último de los distintos instrumentos: no es suficiente conseguir un aumento de los recursos dedicados por las empresas a I+D+i, sino que éstos deben conducir, a medio y largo plazo, a mejoras de productividad y de bienestar general. Por tanto, la variación de la productividad constituye un indicador fundamental del éxito de los mismos. Otros resultados deseables y medibles son la obtención de patentes, la importancia y repercusión de las mismas (medidas por el número de citas que obtienen), la producción de productos nuevos para el mercado y la introducción de innovaciones de proceso. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que la utilización práctica del indicador de productividad puede plantear algunas dificultades. Por un lado, lógicamente, se producen desfases temporales entre la obtención de ayuda pública y los resultados obtenidos, sean éstos la solicitud y reconocimiento de patentes o la introducción de productos en el mercado. Por otro lado,

**Nota 10.** El impacto de las ayudas a la I+D+i a las empresas españolas sobre la inversión de las mismas ha sido analizado por diversos investigadores. Entre los primeros se encuentra Busom [5], que trata de verificar si dichas ayudas representan simplemente una sustitución de financiación privada por pública y concluye que, en promedio, no se produce un efecto de sustitución, al menos de forma completa. Los estudios posteriores de González, Jaumandreu y Pazó [20] y González y Pazó [21] corroboran este resultado.

otros factores pueden incidir simultáneamente sobre estas variables; por todo ello, es preciso utilizar datos y métodos adecuados.

Finalmente, deben tenerse en cuenta dos consideraciones más para llevar a cabo una evaluación de las políticas de apoyo público a la I+D+i. En primer lugar, las agencias que administran las ayudas pueden tener en la práctica múltiples objetivos, que pueden ser distintos según el tipo de Administración Pública responsable (local, autonómica, estatal o europea). Por ello, no sería muy informativo basar la evaluación en la agregación de todas las ayudas de todas las agencias o todos los programas. Tanto la tipología de empresas participantes como la efectividad de las ayudas pueden ser distintas<sup>11</sup>.

En segundo lugar, los programas que se basan en reducir el coste de la I+D+i difícilmente pueden contrarrestar otras barreras que, además de las ya citadas, pueden explicar la insuficiencia de inversión privada. Unas derivan de un bajo nivel de competencia: la evidencia empírica muestra que, en general, la rivalidad entre empresas existentes o la que inducen los entrantes potenciales suele estimular la innovación. En estos casos es conveniente proceder, en primer lugar, a eliminar barreras a la entrada y fomentar la competencia, dado que estas medidas pueden proporcionar un impulso más importante a la innovación que otras intervenciones. Otras barreras pueden derivarse de insuficiencias en el ámbito del capital humano (disponibilidad de personas con formación técnica, científica y comercial, o con capacidades directivas y emprendedoras), un funcionamiento o aplicación inadecuados de las leyes de protección de la propiedad intelectual, o de la falta de regulaciones adecuadas (por ejemplo, en el ámbito del medio ambiente). Estos factores pueden reducir la efectividad de los programas de I+D+i aunque éstos estén bien diseñados.

### **3. Datos y metodología empírica**

La calidad y credibilidad de las estimaciones del impacto de las ayudas a las actividades de I+D+i de las empresas descansan en la calidad de los datos disponibles y en el uso de métodos adecuados para analizarlos.

**Nota 11.** La posibilidad de que distintas agencias no tengan objetivos coincidentes se ha investigado en Blanes y Busom [3]. En dicho trabajo se constata que los perfiles de las empresas participantes en programas de ámbito estatal son distintos de los de las que participan en programas locales y que, a la vez, existen diferencias sectoriales significativas.

Una forma intuitiva y aparentemente sencilla de obtener una respuesta a la pregunta de si los estímulos públicos conducen a un mayor esfuerzo empresarial consiste en preguntar directamente a los participantes en los programas cuál es el esfuerzo que hubieran realizado de no haber recibido la ayuda. Sin embargo, este método produce respuestas sesgadas por diversas razones bien conocidas. Por ello, se debe recurrir al uso de encuestas a muestras representativas de las empresas que pueden optar potencialmente a los programas. Estas encuestas han de contener además información sobre un conjunto de variables que permitan identificar estadísticamente, o separar, el impacto de los programas públicos de los efectos de otros factores que incidan en las decisiones de I+D+i. La utilización de métodos econométricos para analizar los datos permite identificar y contrastar esta relación.

En los siguientes apartados se comentan los datos, las variables y la metodología empírica utilizados en las diferentes investigaciones. Para ello, se han utilizado distintas fuentes estadísticas y metodologías a fin de evaluar el impacto que tienen los incentivos fiscales y las subvenciones a la I+D+i en España.

### **3.1. Análisis de los incentivos fiscales: datos, variables y metodología empírica**

Los estudios sobre el impacto de los incentivos fiscales se desarrollan en Corchuelo [14] y Corchuelo y Martínez-Ros [16]. Los datos de ambas investigaciones proceden de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE, en adelante). La ESEE, diseñada por el Programa de Investigaciones Económicas de la Fundación Empresa Pública (actualmente Fundación SEPI) recoge información económica y financiera anual de cerca de dos mil empresas manufactureras españolas con más de diez trabajadores desde el año 1990 hasta la actualidad<sup>12</sup>.

En Corchuelo [14] se utilizan las observaciones correspondientes al periodo 1990-1998. El objetivo de esta investigación es analizar la eficacia de los incentivos fiscales a la I+D sobre la inversión empresarial. La investigación presenta ciertas novedades respecto a otros estudios que han analizado esta problemática<sup>13</sup>. Una primera novedad

**Nota 12.** La ESEE se basa en una muestra representativa de la población de empresas e investiga un conjunto muy amplio de aspectos relacionados con temas de economía industrial en el que se incluyen, en particular, las actividades innovadoras. Las especiales características de la ESEE hacen que esta fuente de datos sea considerada idónea para los objetivos de ambos estudios. Se puede consultar información relevante acerca de su diseño y elaboración en Fariñas y Jaumandreu [18].

**Nota 13.** En el artículo original se revisa a fondo la evidencia existente a nivel internacional. En el caso de España, cabe señalar además las investigaciones de Marra [27, 29], Heijs et al. [22] y Romero y Sanz [36], cuyas conclusiones

es que se contrasta si las medidas que reducen el coste de capital de la inversión en I+D tienen un efecto positivo en dos decisiones empresariales: el esfuerzo tecnológico adicional generado por los incentivos fiscales (objeto general de la mayoría de los estudios) y, además, sobre la probabilidad de llevar a cabo actividades de I+D<sup>14</sup>.

Para contrastar estas hipótesis, la variable principal con la que se trabaja es el coste de capital de I+D, variable que refleja el incentivo fiscal y cuyo cálculo constituye la segunda novedad y aportación del estudio, pues se calcula de forma individual para todas las empresas (tengan o no un gasto en I+D) teniendo en cuenta la situación financiera y fiscal particular.

El gráfico 21.3 muestra el coste de capital de I+D con incentivos fiscales de las empresas con y sin gasto en I+D, por tamaños. En general, su valor decrece a lo largo del periodo como consecuencia de las modificaciones que han ido mejorando progresivamente la fiscalidad de este tipo de inversión, siendo relativamente menor en las PYMES<sup>15</sup>.

La tercera novedad del estudio es que se analiza si la evolución de la normativa a partir de 1996 y determinadas características de las empresas inciden en las dos decisiones. Dichas características son el tamaño y el grado en el que la empresa experimenta restricciones de liquidez. Finalmente, los resultados se presentan también en forma de elasticidades que muestran la respuesta de las empresas, en términos de probabilidad y esfuerzo tecnológico, a las diferentes especificaciones realizadas.

Por otra parte, desde el año 2001, la ESEE incorpora una serie de preguntas relacionadas con el conocimiento y la aplicación de los incentivos fiscales a la inversión en I+D. Esto permite realizar un análisis de la participación de las empresas en el sistema de incentivos y detectar posibles barreras para hacerlo, lo cual es objeto de la investigación desarrollada en Corchuelo y Martínez-Ros [16]. En ella, se utilizan los datos correspondientes al periodo 1998-2002<sup>16</sup>.

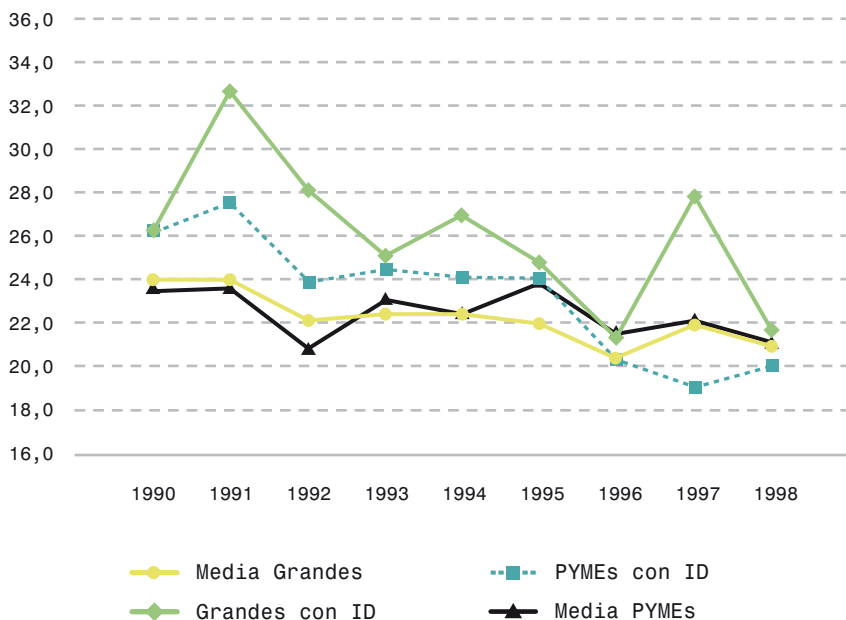
son globalmente coincidentes. Finalmente, Marra [30] analiza conjuntamente el efecto de los incentivos fiscales y las subvenciones públicas, y observa que los incentivos fiscales son eficaces para estimular la inversión privada en I+D, especialmente en las empresas de reducida dimensión, en tanto que el efecto estimado de las subvenciones, aunque positivo, es muy débil.

**Nota 14.** Para poder analizar simultáneamente estas dos decisiones, se utiliza una metodología econométrica de modelos de selección en dos etapas.

**Nota 15.** Los valores son similares a los calculados para España en Bloom et al. [4].

**Nota 16.** Hay que tener en cuenta que el estudio se refiere a un periodo en el que todavía no existía la posibilidad de solicitar informes motivados por las empresas respecto a sus actividades de I+D+i. Por ello los resultados aquí obtenidos pueden no ser extrapolables a la actualidad.

> **Gráfico 21.3.** Coste del capital de I+D incluyendo los incentivos fiscales



**Nota:** las líneas continuas representan el coste del capital estimado para las empresas que no hacen I+D. Los datos se expresan en porcentajes.

**Fuente:** elaboración propia.

La tabla 21.3 resume los datos sobre conocimiento y aplicación de los incentivos fiscales en los años 2001 y 2002. Más de la mitad de las pequeñas y medianas empresas (de 10 a 200 trabajadores) de la muestra total declaran desconocer la existencia de incentivos fiscales y es muy reducido, en general, el porcentaje de las que los aplican. Al considerar, no obstante, a las empresas con gasto en I+D aumenta el porcentaje de PYMEs que declaran conocerlos y aplicarlos, aproximándose, en este último caso, al de las grandes empresas, aunque la aplicación continúa siendo reducida, pues apenas se alcanza el 50%.

La tabla 21.4 muestra las respuestas atendiendo al sector de actividad al cual pertenece la empresa, siendo éstos clasificados en dos grupos: intensidad tecnológica alta-media alta y media-baja. En general, las empresas que pertenecen a sectores calificados de intensidad tecnológica alta-media alta conocen y aplican en mayor medida los incentivos fiscales.

La baja participación por parte de las empresas que declaran conocer la existencia de estos incentivos lleva a plantear la hipótesis

en esta segunda investigación de que, pese a que todas las empresas que realizan I+D pueden beneficiarse de las ventajas fiscales, éstas realizan una evaluación coste-beneficio sobre su solicitud, no siendo siempre positiva la respuesta.

> **Tabla 21.3.** *Empresas que conocen y aplican los incentivos fiscales según tamaño*

	Conocen				Aplican			
	Todas las empresas		Empresas con gasto I+D>0		Todas las empresas		Empresas con gasto I+D>0	
	Número	% total	Número	% total con gasto I+D>0	Número	% conocen	Número	% total con gasto I+D>0
<b>&gt; Año 2001</b>								
PYMEs	495	42,2	158	65,8	102	20,6	78	49,4
Grandes	432	78,4	339	86,3	188	43,5	184	54,3
Total empresas	927	53,8	497	78,5	290	31,3	262	52,7
<b>&gt; Año 2002</b>								
PYMEs	560	47,9	180	74,4	102	18,2	82	45,6
Grandes	451	83,8	357	89,7	191	42,4	177	49,6
Total empresas	1.011	59,2	537	83,9	293	29,0	259	48,2

**Notas:** a) La muestra utilizada, una vez depurada mediante filtros que garantizan su fiabilidad, es de 1.708 empresas. b) PYMEs: empresas >10 y <=200 trabajadores; Grandes: empresas > 200 trabajadores.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la ESEE.

Para aproximar el beneficio se utiliza el B-index, que representa la rentabilidad económico-financiera que generan los incentivos fiscales. Esta variable se calcula para todas las empresas (tengan gasto en I+D o no, hayan declarado aplicar las deducciones o no). Los costes, por su parte, resultan más complicados de valorar. Por ello, se aproximan a través de una serie de variables que identifican los obstáculos y dificultades que las empresas declaran para su aplicación ([24] y [17]). Estos obstáculos se clasifican en cuatro tipos: incertidumbre jurídica, falta de información, falta de recursos y falta de resultados.

Una vez aproximados los costes y el beneficio que reportaría el uso de los incentivos fiscales a las empresas, éstos se incluyen en un modelo econométrico que estima la probabilidad de aplicación de



los incentivos. Las estimaciones se realizan para dos submuestras: una contiene la totalidad de las empresas que declaran conocer los incentivos fiscales (tengan gasto en I+D o no, hayan aplicado los incentivos fiscales o no), y la otra contiene las empresas que tienen un gasto positivo en I+D, hayan aplicado los incentivos fiscales o no. En ambos casos se diferencia según el tamaño empresarial.

> **Tabla 21.4.** *Empresas que conocen y aplican los incentivos fiscales según sector*

	Conocen				Aplican			
	Empresas con y sin gasto en I+D		Empresas gasto I+D>0		Empresas con y sin gasto en I+D		Empresas gasto I+D>0	
	Observ.	% total	Observ.	% total G. I+D>0	Observ.	% conocen	Observ.	% total G. I+D>0
<b>&gt; Año 2001</b>								
A-M	259	70,6	181	81,5	121	46,7	115	63,5
M-B	668	49,2	316	76,9	169	25,3	147	46,5
Total empresas	927	53,8	497	78,5	290	31,3	262	52,7
<b>&gt; Año 2002</b>								
A-M	259	73,6	188	88,3	110	42,5	106	56,4
M-B	752	55,5	349	81,7	183	24,3	153	43,8
Total empresas	1.011	59,2	537	83,9	293	29,0	259	48,2

**Nota:** A-M: intensidad tecnológica alta-media; M-B: intensidad tecnológica media-baja.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la ESEE.

### 3.2. Análisis de las ayudas directas: datos, variables y metodología empírica

Los estudios sobre el análisis de las ayudas directas se desarrollan en Busom y Fernández-Ribas [6, 7]. En ambos se utiliza una muestra de empresas manufactureras de la Encuesta de Innovación Tecnológica en las Empresas (INE), correspondiente al periodo 1996-1998, que declararon realizar un gasto positivo en I+D durante 1998. En esta muestra, un 40% de las empresas habían establecido algún tipo de colaboración en I+D a lo largo del periodo, y casi la tercera parte habían recibido

ayudas públicas<sup>17</sup>. La mayoría de las empresas que participó en algún programa en el periodo 1996-1998 lo hizo únicamente en programas de las administraciones central o autonómica (aproximadamente un 85% de las participantes).

> **Tabla 21.5.** Frecuencia de cooperación para innovar según la dimensión de la empresa

Dimensión	Número de empresas en la muestra	Porcentaje de empresas que coopera	Entre las que cooperan...	
			Porcentaje que lo hace con clientes y/o proveedores	Porcentaje que lo hace con OPIs
Pequeña (10-49 empleados)	194	29%	42%	49%
Mediana (50-249 empleados)	325	44%	41%	55%
Grande (250 o más empleados)	185	56%	51%	59%
Total	716	43%	45%	55%

Fuente: Busom y Fernández Ribas [6].

En las tablas 21.5 y 21.6 se observa la frecuencia de cooperación por tipo de socio según el tamaño de la empresa en el primer caso, y según la empresa fuese receptora de ayudas públicas o no en el periodo estudiado, en el segundo caso. La tabla 21.5 sugiere que existe una relación positiva entre la cooperación y la dimensión de la empresa, especialmente en el caso de la cooperación con OPIs. La tabla 21.6 muestra que, entre las empresas que participan en programas nacionales, la cooperación con OPIs es más frecuente que entre las no participantes (una diferencia de 21 puntos porcentuales), mientras que entre las que participan en programas de la UE es más frecuente la colaboración con clientes y/o proveedores.

**Nota 17.** La muestra contiene 716 empresas localizadas en Cataluña. Dos argumentos justifican un análisis regionalizado siempre que la muestra sea suficientemente representativa. Por un lado, las CCAA, y en particular Cataluña, tenían competencias, aunque limitadas, en temas de I+D+i. Los planes desarrollados podían interactuar con los vigentes a nivel estatal y modificar el resultado de la participación en los mismos. Por otro lado, hay investigaciones empíricas que documentan que existen externalidades (efectos *spillover*) a nivel regional [26].

> **Tabla 21.6.** Participación en programas de I+D y cooperación por tipo de socio. Submuestra de empresas que cooperan (N=308)

Tipo de socio	Programas nacionales				Programas de la UE			
	No participan 198 empresas		Participan 110 empresas		No participan 260 empresas		Participan 48 empresas	
	Núm.	Porcentaje	Núm.	Porcentaje	Núm.	Porcentaje	Núm.	Porcentaje
Clientes y/o proveedores (138 empresas)	91	46%	47	42%	113	43%	25	52%
OPIs (169 empresas)	94	47%	75	68%	154	59%	15	31%
Con otro tipo de empresas (67 empresas)	42	21%	25	23%	49	19%	18	38%

Fuente: Busom y Fernández Ribas [6].

La cooperación en I+D+i entre empresas y otras entidades, públicas o privadas, puede surgir como respuesta a diversos tipos de dificultades que se plantean al emprender algunos proyectos de I+D+i. Los casos más importantes que se destacan en la literatura son los siguientes:

1. Cuando las empresas o entidades tienen activos intangibles (conocimientos especializados y capacidades) complementarios;
2. Cuando existen problemas de apropiabilidad de la información generada con las actividades de I+D de una empresa, de la que se pueden beneficiar competidores potenciales, en cuyo caso la cooperación entre las empresas afectadas permite internalizar estos efectos;
3. Cuando existen economías de escala y de alcance en el desarrollo de determinados proyectos de I+D, o se pretende compartir riesgos;
4. Cuando se persigue, mediante dicha cooperación, aumentar el poder de mercado de las empresas participantes.

En el primer caso se produce «cooperación vertical», en el sentido de que los participantes en el acuerdo tienen características distintas, reflejo de la diversidad y complementariedad de sus respectivos activos. La cooperación de la empresa con proveedores, con clientes o con OPIs es de este tipo. Estos acuerdos son deseables en la medida

en que permiten aumentar el grado de innovación y, en definitiva, el bienestar colectivo.

Aunque es posible que, en muchos casos, estos acuerdos se produzcan sin intervención pública, en otros pueden existir barreras a la cooperación. La cooperación exige la dedicación de recursos a la gestión de la coordinación y supervisión entre los socios. Estos costes pueden variar según el tipo de socio, el número de socios y el fin que se persiga. Cooperar con un proveedor para mejorar la adaptación de un *input* de proceso existente (por ejemplo, *software*) a las necesidades de la empresa tendrá un coste de coordinación inferior al de organizar y gestionar la cooperación para desarrollar un *software* nuevo en el mercado internacional.

La cooperación entre empresas y OPis suele estar motivada por la necesidad de resolver problemas cuya solución descansa en la aplicación de conocimientos avanzados o por la intención por parte de la empresa de generar innovaciones significativas. Esta finalidad puede tener un componente de riesgo, al que se pueden añadir dificultades derivadas de que son instituciones con objetivos, culturas corporativas y lenguajes diferentes. Todo ello puede hacer que las empresas anticipen unos costes de colaboración elevados y desistan de hacerlo. El objetivo de la ayuda pública sería facilitar la cooperación entre estos dos tipos de entidades sufragando parte del coste del proyecto. Una vez adquirida la experiencia y familiarizadas ambas partes con la forma de operar del socio, los costes de colaboraciones futuras podrían ser menores, por lo que cabría esperar un efecto permanente de las ayudas sobre la colaboración.

La estrategia empírica utilizada por Busom y Fernández Ribas [6, 7] consiste en obtener una estimación del impacto que tiene recibir ayudas directas para I+D+i sobre la cooperación de una empresa con centros públicos de investigación, por un lado, y sobre la cooperación de una empresa con clientes o proveedores, por otro. Para ello, se utiliza un método inspirado en el procedimiento experimental, por el que se comparan los resultados (en este caso la existencia de cooperación) entre el grupo que recibe ayuda (el grupo tratado) con el grupo de empresas similares que no la reciben (el grupo de control).

Si obtener ayudas públicas fuese resultado de un proceso aleatorio, el efecto que éstas tienen sobre la tasa de cooperación se obtendrían simplemente como la diferencia entre dos porcentajes: el porcentaje de empresas que coopera en el grupo de participantes, del porcentaje

de empresas que coopera en el grupo de no participantes<sup>18</sup>. En el caso que nos ocupa, la pertenencia de la empresa al grupo de participantes (las que reciben ayudas o «tratamiento») o al grupo de no participantes (el grupo de control) no es aleatoria, sino que es resultado de la decisión de solicitar la ayuda por parte de la empresa, y la de la agencia pública de concederla. Las decisiones de ambas partes responden, muy posiblemente, a factores que también están relacionados con el interés en cooperar por parte de las empresas.

Para evitar el sesgo que esto puede introducir, se busca un grupo de control adecuado. Una forma de hacerlo consiste en escoger empresas no participantes que tenían la misma probabilidad de obtener ayudas que las participantes y que, sin embargo, no las obtuvieron. El primer paso de la estimación consiste en definir una variable dependiente de carácter binario (recibir o no recibir ayuda directa) y estimar un modelo no lineal de probabilidad en el que las variables independientes son determinadas características de la empresa, así como indicadores de sector. En el segundo paso, se empareja cada empresa que ha recibido ayuda con otra empresa que no la haya recibido pero tenga la misma probabilidad de recibirla. Utilizamos dos de los diversos procedimientos de emparejamiento con el objetivo de contrastar si la elección de procedimiento afecta a los resultados. Finalmente, se compara la frecuencia de cooperación observada entre las empresas participantes con la frecuencia observada entre las no participantes que integran el grupo de control<sup>19</sup>.

Al estudiar el impacto de las ayudas públicas sobre la cooperación, hay que tener en cuenta que algunos programas conceden ayudas bajo la condición de que el proyecto de I+D+i se desarrolle en colaboración con otras entidades, otras empresas u OPIs. En este caso, la condición de «recibir ayuda pública» y «cooperar» es la misma: la empresa no tiene opción de escoger entre cooperar o no cuando solicita y obtiene este tipo de ayuda pública. Los programas de apoyo a la I+D de la Unión Europea (*Framework Programme*) son de este tipo. En cambio, sólo un subconjunto de los programas de subvenciones contemplados

**Nota 18.** Este procedimiento sería similar al que se utiliza para averiguar los efectos de un determinado tratamiento médico, para lo que se dispone de un grupo de pacientes que reciben el tratamiento y de un grupo de control: pacientes que, con características parecidas, no lo reciben. El aspecto clave del experimento es que la pertenencia a un grupo u otro no lo decide el paciente (o el médico), sino que la asignación a uno de los dos grupos (el que recibirá el tratamiento y el que no) se realiza mediante un procedimiento aleatorio entre pacientes que tienen las mismas características relevantes.

**Nota 19.** En el artículo de investigación original se describe con mayor detalle el método basado en el *Propensity Score Matching*. Remitimos al artículo a los lectores interesados.

en el Plan Nacional de I+D+i comportan el requisito de cooperar con determinado tipo de socios. Por otra parte, los programas que no exigen colaboración como requisito también pueden inducirla. Por tanto, englobar los programas nacionales bajo una única variable permite en este caso estimar el impacto de los programas en su conjunto, dado que participar en alguno no predetermina la colaboración.

Una vez analizados los datos, las principales variables y la metodología utilizada en las investigaciones llevadas a cabo, en el apartado siguiente se explican los resultados obtenidos por las autoras utilizando los criterios de adicionalidad de recursos y de comportamiento, en el caso de los incentivos fiscales, y de incitación a la colaboración (adicionalidad en el comportamiento), en el caso de las ayudas directas<sup>20</sup>.

## **4. El impacto**

### **4.1. Incentivos fiscales: uso y efectividad**

Los resultados del estudio de Corchuelo [14] que analiza la efectividad de los incentivos fiscales a la inversión en I+D+i tanto sobre la probabilidad de realizar estas actividades como sobre el esfuerzo tecnológico (definido como el cociente del gasto en I+D sobre las ventas totales) realizado por las empresas que realizan estas actividades confirman, en general, la hipótesis de que la reducción del coste de capital de I+D debida a los incentivos fiscales es efectiva. La tabla 21.7 resume los resultados de las estimaciones analizadas a través de las respuestas (elasticidades) de la probabilidad de realizar I+D y el esfuerzo tecnológico de las empresas que ya la realizan ante la reducción en el coste de capital de esta inversión que supone la aplicación de los incentivos fiscales.

Las elasticidades son negativas porque indican un efecto positivo tanto sobre la probabilidad de realizar actividades de I+D como sobre el esfuerzo tecnológico realizado, debido a que se produce una reducción en el coste de capital por la posibilidad de aplicar los

**Nota 20.** El impacto de las ayudas a las empresas españolas sobre la inversión de las mismas en I+D (es decir, el grado de adicionalidad en el gasto o esfuerzo privado) ha sido analizado por diversos investigadores. Entre los primeros se encuentra Busom [5], que trata de verificar si dichas ayudas representan simplemente una sustitución de financiación privada por pública y concluye que, en promedio, no se produce un efecto de sustitución, al menos de forma completa. Los estudios posteriores de González, Jaumandreu y Pazó [20] y González y Pazó [21] corroboran este resultado.

incentivos fiscales. En todos los casos, los valores son mayores que la unidad en valor absoluto, lo cual indica que, en proporción, la respuesta de la probabilidad y el esfuerzo tecnológico son mayores que la reducción del precio de la I+D.

> **Tabla 21.7. Elasticidades**

<b>Probabilidad de realizar gasto en I+D</b>	
$e_1$ : toda la muestra.	- 2,5 (0,25)
$e_2$ : empresas de menos de 200 trabajadores (PYMEs). $e_3$ : empresas de más de 200 trabajadores (grandes).	-2,7 (0,18) -1,8 (0,11)
$e_4$ : empresas con restricciones de liquidez. $e_5$ : empresas sin restricciones de liquidez.	-2,9 (0,48) 0,5 (1,8)
$e_6$ : periodo 1990-1995. $e_7$ : periodo 1996-1998.	-2,2 (0,16) -3,5 (0,25)
<b>Esfuerzo tecnológico (empresas con gasto en I+D&gt;0)</b>	
$h_1$ : total de empresas.	- 1,2 (0,65)
$h_2$ : empresas que realizan I+D de menos de 200 trabajadores. $h_3$ : empresas que realizan I+D de más de 200 trabajadores.	-1,4 (0,80) -1,6 (0,86)
$h_4$ : empresas que realizan I+D con restricciones de liquidez. $h_5$ : empresas que realizan I+D sin restricciones de liquidez.	-2,1 (0,52) 0,83 (0,98)
$h_6$ : periodo 1990-1995. $h_7$ : periodo 1996-1998.	-3,7 (2,5) -1,8 (0,6)

**Nota:** entre paréntesis, errores estándar.

**Fuente:** Corchuelo [14].

En relación con el efecto sobre la probabilidad de realizar I+D los resultados muestran, en general, una elevada respuesta (-2,5)<sup>21</sup>, que es mayor, al diferenciar por tamaño empresarial, en las PYMEs (-2,7). Asimismo, la respuesta es elevada (-2,9) cuando se considera además a las empresas que presentan restricciones de liquidez y en el periodo 1996-1998, a partir de la reforma del Impuesto de Sociedades, que mejora considerablemente el tratamiento fiscal de la I+D+i. La respuesta sobre la probabilidad de realizar actividades de I+D se eleva de -2,2 a -3,5 cuando diferenciamos en dos periodos las estimaciones con los datos disponibles.

**Nota 21.** En valor absoluto, este valor indica que una reducción del 1% del coste de capital de I+D incrementa la probabilidad de realizar actividades de I+D+i en un 2,5%.

Al analizar la respuesta del esfuerzo tecnológico en la submuestra de empresas que tienen un gasto positivo en I+D, se observan resultados similares. Al igual que en el caso anterior, se obtienen valores superiores a la unidad, en la línea de los trabajos más recientes realizados a nivel internacional, que son incluso mayores que los obtenidos en la mayoría de ellos. En este caso, la respuesta es algo superior en las grandes empresas (-1,6 en comparación al -1,4 de las PYMEs). Asimismo, se vuelve a poner de manifiesto la importancia que tienen los factores financieros: la elasticidad del esfuerzo en I+D con respecto al coste del capital es superior, en valor absoluto, para las empresas que tienen restricciones de liquidez (-2,1). Se confirma igualmente el efecto positivo que tuvo la entrada en vigor de la reforma del Impuesto sobre Sociedades en enero de 1996.

En resumen, los resultados permiten concluir que:

1. El efecto de los incentivos sobre la probabilidad de realizar I+D es mayor en las PYMEs, mientras que la efectividad del instrumento sobre el esfuerzo tecnológico es mayor para las grandes empresas.
2. El efecto de los incentivos es superior para las empresas que presentan restricciones de liquidez, lo que pone de relieve la importancia de incluir variables financieras en el análisis.
3. El impacto aumenta al mejorar el tratamiento fiscal de la inversión en I+D+i a partir del año 1996.

En consecuencia, la investigación proporciona evidencia de que los incentivos fiscales han influido en la probabilidad de que empresas que no realizaban inversión en I+D lo hicieran, y en el aumento de la inversión de aquellas que ya la realizaban.

En la segunda investigación citada, se han analizado los factores que influyen en la decisión de las empresas de aplicar o no los incentivos fiscales. Este análisis está motivado por el hecho de que sólo un subconjunto de empresas de las que podrían ser potencialmente beneficiarias utilizan los incentivos fiscales. Las tablas 21.8 y 21.9 del Anexo muestran los resultados de las estimaciones que se han realizado. De la lectura de los mismos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Teniendo en cuenta todos los factores, ni el tamaño ni el sector de actividad influyen en la decisión de utilizar los incentivos por parte de las empresas.



2. En general, tener experiencia en la realización de I+D incrementa un 21% la probabilidad de aplicación, si bien solamente para las grandes empresas en ambas submuestras.
3. Haber recibido otro tipo de ayudas públicas a la I+D contribuye a aumentar la probabilidad de aplicación, pero solamente en las empresas que realizan un gasto en I+D, siendo la respuesta relativamente mayor en las PYMEs (un 27% frente al 15% de las grandes empresas).
4. La rentabilidad económico-financiera del incentivo, medido a través de la variable B-index, contribuye a incrementar la probabilidad de participación. El efecto es mayor entre las empresas que realizan un gasto en I+D, y especialmente en las PYMEs (67%).
5. Entre las empresas que conocen la existencia de incentivos fiscales, la falta de información sobre tecnología y su entorno, la falta de recursos humanos de I+D y estabilidad financiera, y la ausencia de mejoras en la calidad y de resultados relacionados con la innovación reducen considerablemente la probabilidad de aplicación. En el caso de las que sí realizan inversión en I+D, los obstáculos significativos son la falta de información, especialmente para las grandes empresas, y la falta de estabilidad financiera y de recursos de I+D, en las PYMEs.

Hay que señalar, no obstante, que con fecha posterior a la realización de estas dos investigaciones se han producido modificaciones en la normativa fiscal, entre las que señalamos la mejora de los procedimientos que permiten aumentar la seguridad jurídica relativa al cumplimiento de los requisitos científicos y tecnológicos para calificar las actividades como I+D e innovación tecnológica. A pesar de que en el RD 2060/1999 se contemplaba que la empresa pudiese realizar una consulta vinculante ante la AEAT respecto a la aplicación de las deducciones, este mecanismo no fue suficientemente satisfactorio en la práctica. La Ley 7/2003 introdujo la figura del «informe motivado», emitido por el MCyT, cuya aplicación desarrolla el RD 1432/2003. Posteriormente, el RD 2/2007 habilita al CDTI, la OEPM y otros organismos para realizarlo.

Los datos recogidos en el informe SISE de 2008 muestran la notable receptividad de las empresas a la introducción de la figura del informe motivado: el año 2004, 121 empresas recibieron un informe motivado del Ministerio de Industria, mientras que en 2007 fueron 476. El CDTI,

por su parte, emitió 850 informes motivados a lo largo del año 2008. Estos cambios pueden haber influido en el grado de respuesta de las empresas ante los incentivos, y por tanto, la incorporación de datos muestrales más recientes puede alterar las estimaciones realizadas en los trabajos que aquí se discuten.

#### **4.2. Ayudas directas y cooperación**

Utilizando la metodología empírica descrita en el apartado 3.2, se obtienen diversas estimaciones del impacto que tienen las ayudas directas sobre las empresas receptoras. La primera permite identificar algunos de los factores que inciden sobre la probabilidad de que una empresa reciba ayudas directas para realizar proyectos de I+D+i. Las dos segundas permiten cuantificar los efectos que tiene dicha ayuda sobre la cooperación empresarial, distinguiendo entre la cooperación con otras empresas (clientes o proveedores) y la cooperación con OPIs. Se hace esta distinción por dos razones: la primera, porque las ayudas eran, en términos relativos, superiores en el caso de la cooperación con OPIs; la segunda, porque los efectos pueden ser distintos por la distinta naturaleza de las organizaciones, traduciéndose en niveles diferentes de coste y riesgo de la cooperación.

Los resultados, detallados en las tablas 21.10 y 21.11 del anexo, permiten hacer las siguientes observaciones:

1. En el periodo y para la muestra estudiados, se advierte que una de las variables que más contribuía a aumentar la probabilidad de obtener ayudas del Plan Nacional de I+D+i por parte de las empresas que ya estaban comprometidas con la innovación era el grado de dedicación de recursos humanos a estas actividades en la empresa, seguido de la experiencia de la empresa en la obtención de patentes, que reflejan la capacidad de generar innovaciones genuinas de ámbito internacional<sup>22</sup>.
2. En el periodo estudiado, la participación en programas del plan nacional está asociada en promedio a un aumento de 28 puntos porcentuales de la probabilidad de que la empresa coopere con un OPI. Éste es un aumento muy notable, dado que la probabilidad de cooperar con OPIs entre empresas no participantes que invierten en I+D es del 47%.

**Nota 22.** González y Pazó [21] estiman con datos de la ESEE la probabilidad de participación entre todas las empresas, no solamente las innovadoras, y encuentran, entre otros resultados, que la participación de la empresa en mercados internacionales influye positivamente.

3. La participación en programas del plan nacional está asimismo asociada, en promedio, a un aumento de 17 puntos porcentuales de la probabilidad de que la empresa coopere con proveedores o clientes, siempre que se trate de empresas muy innovadoras que han introducido previamente innovaciones significativas, lo que se refleja en el hecho que hayan solicitado patentes en agencias de ámbito internacional. En caso contrario, la obtención de ayudas no contribuye a aumentar la probabilidad de cooperación de forma significativa.

Estos resultados sugieren en definitiva que, en conjunto, los programas articulados en el plan nacional incentivan la cooperación, al menos entre las empresas que dedican recursos a I+D+i.

¿Qué ocurre con la colaboración de las empresas españolas con otras empresas o con OPI de otros países de la Unión Europea? ¿En qué medida el Programa Marco ayuda a fomentarla y cuál es su incidencia sobre la capacidad de innovación? Para hacer un análisis de este tipo, sería necesario disponer de una muestra representativa y suficientemente grande tanto de empresas que obtuvieron financiación a través de este programa como de una muestra de empresas españolas que colaborasen con otras empresas u OPIs europeos pero no recibiesen financiación.

En un estudio paralelo de Busom y Fernández [7], se ha investigado una cuestión previa, como es la identificación de rasgos diferenciales en relación con la participación de las empresas en programas internacionales que conllevan el requisito de colaboración.

Los resultados permiten, efectivamente, identificar un rasgo diferencial. En particular, se encuentra que existe una correlación positiva entre el grado de internacionalización de la empresa (aproximada por el volumen de exportaciones en relación con las ventas totales) y la participación en programas de I+D+i de la UE. Esta característica no parece tener, en cambio, una incidencia significativa en la participación en programas de I+D+i españoles, que depende en gran medida, y como se apuntaba más arriba, del capital de conocimientos de la empresa, medido a través del personal investigador y de la experiencia en solicitar patentes<sup>23</sup>.

**Nota 23.** Un documento de trabajo reciente realizado por Barajas y Huergo [2] con una muestra mucho más amplia de empresas confirma que existe una asociación positiva entre el grado de actividad exportadora de la empresa y la probabilidad de que ésta solicite junto con otras empresas europeas financiación a través del Programa Marco. Por otra parte, el estudio

Este resultado indica que la presencia de la empresa en el mercado internacional de productos es un factor que facilita la formación de alianzas internacionales para la cooperación en I+D+i<sup>24</sup>. Que la capacidad investigadora de la empresa en este caso no sea muy relevante posiblemente se pueda atribuir a que uno de los objetivos del Programa Marco de la UE, uno de los programas internacionales más importantes, es la transferencia de tecnología y conocimientos entre empresas de países miembros.

Es preciso hacer, no obstante, una observación cautelar respecto a todos los resultados que se han expuesto, pues se han obtenido utilizando datos correspondientes únicamente a un periodo temporal. Esto hace que sea prematuro atribuir a las ayudas públicas una relación causal estricta sobre la cooperación. Es posible que otras variables no recogidas en los datos tengan un impacto importante sobre la participación en los programas de ayudas y que su ignorancia distorsione los resultados obtenidos. Disponer de observaciones para cada empresa a lo largo de más de un periodo permitiría reducir estos sesgos.

Por otra parte, tampoco se ha podido comprobar, con los datos disponibles en el momento de la realización del estudio, si los cambios de comportamiento inducidos por las ayudas son de carácter permanente o transitorio. Por todo ello, se debe concluir que, si bien los resultados obtenidos son positivos, es necesario seguir trabajando en la mejora de las bases de datos y en su análisis.

## **5. Conclusiones**

En este capítulo se han expuesto los resultados de diversas investigaciones en las que las autoras han analizado el impacto de dos instrumentos ampliamente utilizados para estimular las actividades de I+D+i empresarial: los incentivos fiscales y las ayudas directas.

Las investigaciones realizadas proporcionan evidencia que respalda la afirmación de que los incentivos fiscales han inducido, en promedio, una mayor inversión privada en I+D+i a través de dos vías: estimulando esta inversión por parte de empresas que no invertían

también pone de relieve que una variable incluso más importante es la experiencia previa de la empresa en la solicitud de este tipo de ayudas.

**Nota 24.** La evidencia empírica indica que existe una relación bidireccional entre capacidad exportadora de la empresa e innovación. Véase en este volumen el capítulo de Cassiman, Golovko y Martínez-Ros.

y aumentando la misma en el caso de las que ya lo hacían. Por tanto, se puede concluir que los incentivos fiscales han estado asociados a adicionalidad positiva en lo relativo tanto a los recursos como al comportamiento empresarial.

No obstante, al menos hasta el año 2002, nuestro análisis permite detectar algunos obstáculos a la aplicación de los incentivos, obstáculos que están relacionados con el acceso por parte de la empresa a información tecnológica, la estabilidad financiera de la empresa y el hecho de que la empresa disponga de personal cualificado en I+D. Este resultado sugiere que los incentivos fiscales por sí solos no pueden contrarrestar obstáculos que se derivan del funcionamiento ineficiente del mercado de servicios de información y asesoramiento tecnológico, el mercado de trabajo altamente cualificado y el mercado financiero.

Se pone de relieve, en consecuencia, un punto importante: para aumentar la efectividad de los incentivos fiscales sería conveniente abordar las posibles imperfecciones existentes en estos tres mercados. Una política de innovación, por tanto, no debe concebirse simplemente como la dedicación de recursos públicos a financiar proyectos empresariales de I+D+i, sino como un paquete más global de medidas que tengan en cuenta la interrelación existente entre los mercados de productos, de servicios a las empresas (información y asesoramiento técnico), de trabajo altamente cualificado y de fondos financieros. Esta conclusión es extensible a las ayudas directas.

La evidencia indica que las ayudas directas, en promedio, inducen una mayor cooperación entre las empresas y organismos públicos de investigación, en consonancia con uno de los objetivos explícitos de un subconjunto de programas. La magnitud estimada del impacto es notable, lo que sugiere que los costes de colaboración entre empresas y OPIs en España son elevados, siendo una posible explicación la falta de tradición, con alguna excepción en determinados campos del conocimiento. Esto sería coherente con una trayectoria característica de un país en el que la adopción de tecnología ha sido la vía tradicional y mayoritaria de aumento de la productividad (estrategia de *catching-up*). Los costes iniciales de establecer colaboraciones pueden ser elevados cuando tanto las empresas como las universidades y otros centros de investigación experimentan un proceso de transformación. Sin embargo, a medida que las empresas en conjunto se acercan a la frontera tecnológica mundial, uno de los mecanismos más

importantes para garantizar un aumento sostenido de la productividad es desarrollar capacidad para generar innovaciones genuinas. En algunos sectores, esta capacidad está asociada a la cooperación entre las empresas y los centros públicos de investigación, por lo que las medidas que contribuyen a reducir los costes de dicha cooperación adquieren mayor relieve.

Las ayudas directas también parecen inducir mayor cooperación entre empresas privadas cuando éstas son muy innovadoras, a pesar de que éste puede no haber sido, en el periodo estudiado, un objetivo explícito de las mismas. En la medida en que ambos tipos de cooperación conduzcan a la introducción de innovaciones que no se hubiesen logrado de otro modo, la evidencia obtenida indicaría que las ayudas generan adicionalidad positiva y, por tanto, sugieren la conveniencia de mantenerlas.

Debemos considerar que las investigaciones expuestas constituyen etapas iniciales de la línea de investigación abierta sobre las políticas de I+D+i. Quedan por estudiar diversas cuestiones, algunas de las cuales se han señalado a lo largo del texto. Por lo que respecta a los incentivos fiscales, sería interesante comprobar en qué medida la introducción de la figura del «informe motivado» ha podido afectar al uso de los mismos por parte de las empresas. También es necesario analizar el impacto comparado de los incentivos fiscales y de las ayudas directas utilizando la misma muestra de empresas, el de los incentivos fiscales sobre la cooperación, el impacto de incentivos y ayudas sobre la competencia. Las autoras están trabajando actualmente en algunas de estas líneas.

Finalmente, deseamos resaltar que la fiabilidad y precisión de los análisis de impacto de los instrumentos depende en gran parte la calidad y adecuación de los datos, y que siempre es deseable y posible mejorarlos. En este sentido, hay que valorar muy positivamente la producción sostenida de la ESEE, una de las dos fuentes utilizadas por las autoras, puesto que, al ofrecer observaciones anuales de las empresas (un panel), permite, además de la riqueza de variables, utilizar métodos para controlar la elevada heterogeneidad asociada al comportamiento empresarial. Actualmente, la muestra cubre únicamente las empresas del sector de manufacturas, por lo que la ampliación de la encuesta a empresas de determinados tipos de servicios permitiría mejorar la comprensión y los diagnósticos del sistema de innovación.

En cuanto a la segunda fuente de datos, la EIT, se debe reconocer que el desarrollo de PITEC, por parte del INE, FECYT y Fundación COTEC, es una iniciativa muy oportuna, puesto que también va en la dirección de ofrecer, hasta cierto punto, datos de panel. La introducción en las encuestas de preguntas que permitan una mejor caracterización de las empresas y de los proyectos de I+D puede ser también una línea importante para el progreso de la investigación sobre los impactos de políticas y programas.

## Referencias

- [1] Abramovsky, L.; Kremp, E.; López, A.; Schmidt, T.; Simpson, H. (2009): «Understanding cooperative innovative activity: evidence from four European countries», *Economics of Innovation and New Technology*, 18, pp. 243-265.
- [2] Barajas, A.; Huergo, E. (2008): «La empresa española y la cooperación tecnológica internacional. Los determinantes de la participación en el Programa Marco de I+D de la Unión Europea», Documento de Trabajo, CDTI.
- [3] Blanes, J. V.; Busom, I. (2004): «Who participates in R&D subsidy programs? The case of Spanish manufacturing firms», *Research Policy*, 33, pp. 1.459-1.476.
- [4] Bloom, N.; Griffith, R.; Van Reenen, J. (2002): «Do R&D credits work? Evidence from an international panel of countries 1979-1997», *Journal of Public Economics*, 85, pp. 1-31.
- [5] Busom, I. (2000): «An Empirical Evaluation of the Effects of R&D Subsidies», *Economics of Innovation and New Technology*, 9 (2), pp. 111-148.
- [6] Busom, I.; Fernández-Ribas, A. (2008a): «The Impact of firm Participation in R&D Programmes on R&D Partnerships», *Research Policy*, 37 (2), pp. 240-57.
- [7] Busom, I.; Fernández Ribas, A. (2008b): «Do R&D programs of different Government levels overlap? The case of the European Union», *Atlanta Conference on Science, Technology and Innovation Policy*, IEEE Conference Proceedings.
- [8] CDTI, Memorias 2006 y 2007.
- [9] Comisión Europea (2003): «Raising EU R&D Intensity. Improving the Effectiveness of Public Support Mechanism for Private Sector Research and Development: Fiscal Measures», EUR 20714, DG for Research Knowledge Based Society and Economy Strategy and Policy, Investment in Research, Luxemburgo.
- [10] Comisión Europea (2004): «Tax treatment of research and development expenses», IBDF.
- [11] Comisión Europea (2006a): Marco Comunitario sobre ayudas estatales de investigación y desarrollo e innovación, (2006/C 323/01), Diario Oficial de la Unión Europea 30.12.06

- [12] Comisión Europea (2006b): «Hacia una utilización más eficaz de los incentivos fiscales a la I+D», Comunicación de la Comisión al Consejo, Parlamento Europeo y Comité Económico y Social, COM(2006) 728 final.
- [13] Corchuelo, M. B. (2004): «Decisiones de inversión en investigación, desarrollo e innovación de las empresas: análisis de los incentivos fiscales», *Crónica Tributaria*, 113, pp. 9-28.
- [14] Corchuelo, M. B. (2006): «Incentivos fiscales en I+D y decisiones de innovación», *Revista de Economía Aplicada*, 14 (40), pp. 5-34.
- [15] Corchuelo, M. B. (2007): «Incentivos fiscales a la I+D en la OCDE: estudio comparativo», *Cuadernos Económicos del ICE*, 73, pp. 197-207.
- [16] Corchuelo, M. B.; Martínez-Ros, E. (2008): «Aplicación de los incentivos fiscales a la inversión en I+D en las empresas españolas», *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Aplicada*, 187(4-2008), pp. 9-39.
- [17] COTEC (2004): «Los incentivos fiscales a la innovación», *Documentos Cotec sobre Oportunidades Tecnológicas*, 20, septiembre.
- [18] Fariñas, J. C.; Jaumandreu, J. (1999): «Diez años de Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)», *Economía Industrial*, 329, pp. 29-42.
- [19] Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2009): *Informe SISE 2008*.
- [20] González, X.; Jaumandreu, J.; Pazó, C. (2005): «Barriers to Innovation and Subsidy Effectiveness», *Rand Journal of Economics*, 36 (4), pp. 930-949.
- [21] González, X.; Pazó, C. (2008): «Do public subsidies stimulate private R&D activities?», *Research Policy*, 37 (3), pp. 371-389.
- [22] Heijs, J.; Buesa, M.; Herrera, L.; Valádez, P. (2006): «Evaluación de los incentivos fiscales a la I+D+i en España basado en el propensity Score Matching», Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Documento de Investigación, 3, julio 2006.
- [23] Huergo, E.; Trenado, M. (2008): «Determinantes de la solicitud y concesión de créditos blandos», Documentos de Trabajo, 6, CDTI.
- [24] IDETRA y CEIM (2003): «Análisis de los Incentivos Fiscales a la Innovación», IDETRA (Innovación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología, S.A.) y CEIM (Confederación Empresarial de Madrid CEOE).
- [25] López, A. (2008): «Determinants of R&D Cooperation: Evidence from Spanish Manufacturing Firms», *International Journal of Industrial Organization*, 26 (1), pp. 113-36.
- [26] Máñez, J. A.; Rochina, M. E.; Sanchis, A.; Sanchis, J. A. (2006): «The decision to invest in R&D: a panel data analysis for Spanish manufacturing firms», *International Journal of Applied Economics*, 3 (2), pp. 80-94.
- [27] Marra, M. A. (2004): «Incentivos fiscales, inversión en actividades de I+D y estructura de costes. Un análisis por tamaño para una muestra de empresas manufactureras españolas, 1991-1999», *Hacienda Pública Española*, 170 (3/2004), pp. 9-35.
- [28] Marra, M. A. (2006): «Resumen de los efectos de la política fiscal a la inversión en actividades de I+D de las empresas manufactureras españolas», *Ekonomiaz\_ Revista Vasca de Economía*, 63, pp. 285-305.



- [29] Marra, M. A. (2007): «Tamaño, incentivos fiscales y coste de capital de I+D privado de las empresas manufactureras españolas», *Revista Galega de Economía*, 16, pp. 9-35.
- [30] Marra, M. A. (2008): «Efectos de los incentivos fiscales y las subvenciones públicas a la inversión en I+D de las empresas manufactureras españolas», *Hacienda Pública Española/ Revista de Economía Pública*, 1(184), 35-66.
- [31] Mc Fetridge, D. G.; Warda, J. P. (1983): «Canadian R&D Tax Incentives: Their Adequacy and Impact», Canadian Tax Foundation, Toronto.
- [32] OCDE (2002): «Tax incentives for research and development: trends and issues», *OECD STI Review*, OCDE, París.
- [33] OCDE (2005): «Innovation policy and performance: a cross-country comparison», *OECD STI Review*, OCDE, París.
- [34] OCDE (2006): *Government R&D Funding and Company Behaviour. Measuring Behavioural Additionality*, OCDE, París.
- [35] OCDE (2008): *STI Outlook 2008*, OCDE, París.
- [36] Romero, D.; Sanz, J. F. (2007): «Eficacia de los incentivos fiscales a la inversión en I+D en España en la década de los noventa», *Hacienda Pública Española/ Revista de Economía Pública*, 183, pp. 9-32.
- [37] Warda, J. (2001): «Measuring the value of R&D tax treatment in OECD countries», *OECD STI Review*, 27, pp. 185-211.
- [38] Warda, J. (2002): «A 2001-2002 update of R&D tax treatment in OECD countries», informe elaborado para el OECD Directorate for Science, Technology and Industry.

## Anexo

> **Tabla 21.8.** Decisión de aplicar los incentivos fiscales

Muestra: empresas que conocen los incentivos

Variable dependiente: variable binaria *aplica deducción por I+D*

	Total	PYMEs	Grandes
Constante	<b>0,23 (2,6)</b>	<b>0,22 (3,1)</b>	<b>0,26 (2,8)</b>
Tamaño: 21-50*	0,02 (0,3)		
Tamaño: 51-100*	<b>0,01 (2,1)</b>		
Tamaño: 101-200*	0,04 (0,6)		
Tamaño: 201-500*	0,05 (0,7)		
Tamaño: > 500*	-0,03 (-0,4)		
Tecnología alta-media alta *	0,13 (0,9)	0,01 (0,3)	-0,02 (-0,2)
Estabilidad en I+D*	<b>0,12 (3,2)</b>	0,02 (0,6)	<b>0,21 (3,5)</b>
Rsubvenciones	0,29 (0,9)	0,66 (0,9)	0,15 (1,0)
<b>VALORACIÓN:</b>			
$B_2$ index <sub>t21</sub>	<b>-0,42 (-6,9)</b>	<b>-0,32 (-4,6)</b>	<b>-0,57 (-5,5)</b>
Inseguridad jurídica*	-0,06 (-0,8)	-0,04 (-0,7)	-0,06 (-0,5)
Falta de información científica y tecnológica interna*	<b>-0,05 (-2,0)</b>	-0,03 (-1,1)	<b>-0,05 (-1,8)</b>
Falta de información científica y tecnológica externa*	-0,03 (-1,1)	-0,01 (-0,2)	-0,03 (-0,7)
Falta de información sobre conocimiento técnico y tecnologías alternativas*	<b>-0,06 (-1,8)</b>	-0,01 (-0,3)	<b>-0,13 (2,2)</b>
Falta de personal experto en tecnología*	<b>-0,03 (-2,0)</b>	0,00 (0,1)	<b>-0,08 (-2,1)</b>
Falta de personal contratado de I+D*	<b>-0,13 (-3,5)</b>	<b>-0,11 (-2,8)</b>	<b>-0,17 (-2,5)</b>
Personal cualificado	0,08 (0,6)	-0,17 (0,2)	0,13 (0,2)
Ausencia de estabilidad financiera*	<b>-0,06 (-2,5)</b>	<b>-0,05 (-2,0)</b>	-0,06(-1,6)
Falta de mejoras en la calidad*	<b>-0,06 (-2,3)</b>	<b>-0,05 (-2,0)</b>	-0,04(-0,7)
Falta de resultados de innovación	<b>-0,04 (-1,8)</b>	<b>-0,07 (-2,4)</b>	-0,08(-0,9)
$\rho$ (rho)	0,56 (3,9)	0,43 (2,5)	0,40 (2,10)
Nº Observaciones	1011	560	451
Log-likelihood	-580,6	-197,6	-365,4
Likelihood ratio test para $\rho=0$ (g.l.)	6,17 (1)	5,20 (1)	4,81 (1)

**Nota:** en la tabla se presentan los efectos marginales, que cuantifican el efecto que tiene cada variable sobre la probabilidad de participar en el sistema de los incentivos fiscales. Entre paréntesis, estadísticos t.  $\rho$  es la correlación entre los residuos.

> **Tabla 21.9.** Decisión de aplicar los incentivos fiscales

Muestra: empresas con gasto en I+D que conocen los incentivos  
Variable dependiente: variable binaria *aplica deducción por I+D*

	<b>Total</b>	<b>PYMEs</b>	<b>Grandes</b>
Constante	<b>0,51 (2,4)</b>	<b>0,52 (2,9)</b>	0,25 (2,6)
Tamaño: 21-50*	-0,04 (-0,2)		
Tamaño: 51-100*	-0,08 (-0,4)		
Tamaño: 101-200*	-0,01 (-0,0)		
Tamaño: 201-500*	-0,03 (-0,2)		
Tamaño: > 500*	-0,13 (-0,7)		
Tecnología alta-media alta *	0,05 (0,9)	0,05 (0,6)	- 0,02 (-0,4)
Estabilidad en I+D*	<b>0,11 (1,8)</b>	-0,06 (-0,7)	<b>0,21 (3,1)</b>
Rsubvenciones	<b>0,20 (1,9)</b>	<b>0,27 (1,8)</b>	<b>0,15 (1,8)</b>
<b>VALORACIÓN:</b>			
$B_2 \text{ index}_{t21}$	<b>-0,69 (-6,6)</b>	<b>-0,67 (-4,0)</b>	<b>- 0,56 (-5,7)</b>
Inseguridad jurídica*	-0,08 (-0,6)	-0,05 (-0,3)	- 0,06 (-0,3)
Falta de información científica y tecnológica interna*	<b>-0,08 (-1,8)</b>	<b>-0,12 (-1,7)</b>	- 0,05 (-1,0)
Falta de información científica y tecnológica externa*	-0,04 (-0,7)	-0,02 (-0,2)	- 0,03 (-0,5)
Falta de información sobre conocimiento técnico y tecnologías alternativas*	<b>-0,10 (2,0)</b>	-0,02 (-0,3)	<b>- 0,12 (2,3)</b>
Falta de personal experto en tecnología*	-0,05 (-1,1)	-0,06 (-0,7)	<b>- 0,07 (-1,7)</b>
Falta de personal contratado de I+D*	-0,10 (-1,4)	-0,03 (-0,2)	<b>- 0,17 (-2,3)</b>
Personal cualificado	-0,01 (-0,0)	-0,37 (-0,8)	0,13 (0,5)
Ausencia de estabilidad financiera*	<b>-0,10 (-2,5)</b>	<b>-0,15 (-2,1)</b>	- 0,06 (-1,3)
Falta de mejoras en la calidad*	-0,01 (-1,4)	-0,12 (-1,4)	- 0,04 (-0,7)
Falta de resultados de innovación	-0,08 (-0,3)	-0,08 (-1,0)	- 0,01 (-0,2)
$\rho$ (rho)	0,52 (2,6)	0,53 (4,0)	0,60 (4,0)
Nº Observaciones	537	180	357
Log-likelihood	-510,5	-123,9	-343,1
Likelihood ratio test para $\rho=0$ (g.l.)	4,12 (1)	5,1 (1)	3,94 (1)

**Nota:** en la tabla se presentan los efectos marginales, que cuantifican el efecto que tiene cada variable sobre la probabilidad de participar en el sistema de los incentivos fiscales. Entre paréntesis, estadísticos t.  $\rho$  es la correlación entre los residuos.

> **Tabla 21.10.** Participación en programas de ayudas directas a la I+D

Variable dependiente: probabilidad de participar en programas del Plan Nacional

<b>VARIABLES EXPLICATIVAS</b>	<b>Efecto marginal</b>
Tamaño (log del número de empleados en 1996)	<b>0,05***</b> (2,80)
Realiza I+D estable (binaria; periodo)	0,06 (1,25)
Salario medio del personal I+D	0,01 (0,40)
Capital humano (Investigadores/Empleo total)	<b>0,65***</b> (2,72)
Ha solicitado patentes en la OEPM (binaria; periodo)	-0,02 (-0,46)
Ha solicitado patentes en agencia internacional (binaria; periodo)	<b>0,17***</b> (4,06)
Capital extranjero mayoritario	<b>-0,14***</b> (-3,39)
Intensidad exportadora (Exportaciones/Ventas en 1996)	0,06 (0,97)
Sector de intensidad tecnológica baja	0,09 (1,52)
Sector químico o farmacéutico	<b>0,13**</b> (2,08)
Sector de intensidad tecnológica media-alta	0,03 (0,48)
Sector de intensidad tecnológica alta	0,10 (1,26)
Log función de verosimilitud	-374,72
Pseudo-R2	0,07
N	716
Y=1	180

**Nota:** estadístico z entre paréntesis; \*\*\* indica nivel de significación del 1%; \*\* 5% y \* 10%.

> **Tabla 21.11.** Estimaciones del efecto medio de la recepción de ayudas directas sobre la cooperación

Muestra	Tipo de emparejamiento	Con clientes o proveedores	Con centros públicos de investigación
180 tratados, 444 controles	Kernel	0,13 (0,03) (a)	0,28 (0,04)
	Estratificación	0,14 (0,03)	0,27 (0,04)
89 tratados 133 controles(b)	Kernel	0,17 (0,06)	0,28 (0,06)
	Estratificación	0,18 (0,05)	0,26 (0,07)
91 tratados, 307 controles(c)	Kernel	0,08 (0,04)	0,26 (0,06)
	Estratificación	0,09 (0,05)	0,29 (0,05)

**Nota:** (a) Entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas obtenidas por *bootstrapping* con 100 réplicas; (b) Submuestra de sujetos tratados y de control que han solicitado patentes en agencias internacionales; (c) Submuestra de sujetos tratados y de control que no han solicitado patentes en agencias internacionales.



# *Efectos regionales de las ayudas a la I+D empresarial*

> **Liliana Herrera y Mariano Nieto**

Universidad de León

Departamento de Dirección y Economía de la Empresa

## ***1. Introducción***

En los últimos años ha aumentado el interés por la investigación del impacto que ejercen diferentes factores del entorno geográfico e institucional sobre la intensidad de la actividad innovadora y la posición competitiva de las empresas. Además, la concentración de las actividades de I+D es un hecho en España, como evidencia que el 58,1% del gasto interno total en I+D, en 2008, se acumula en tres comunidades autónomas (Cataluña, Madrid y País Vasco). Este interés se manifiesta en la proliferación de trabajos académicos que estudian el proceso de innovación en la empresa teniendo en cuenta su localización geográfica. En un gran número de investigaciones se ha analizado la innovación empresarial tomando en consideración las características específicas de los sistemas regionales de innovación [18, 54], los distritos tecnológicos [51, 52], las *milieus* innovadoras [16, 39] y los *clusters* [6, 48]. Estos estudios han puesto de manifiesto que los factores que la teoría identifica como clave para el proceso de cambio tecnológico (por ejemplo, infraestructuras, relaciones entre

empresas, capacidad de aprendizaje, etc.) difieren significativamente entre territorios [47]. Por ello, en la literatura se ha alcanzado cierto consenso en considerar que los entornos geográficos, y consecuentemente las regiones, cuentan con diferentes condiciones para producir innovaciones [54].

Actualmente, la región ha pasado a convertirse en un elemento explicativo determinante de la actividad innovadora y en un importante ámbito de análisis para la investigación empírica. De hecho, algunos estudios han mostrado que tanto el grado como el éxito de la actividad innovadora podrían verse influidos por el nivel de acumulación de conocimiento y tecnología en una región [26]. Adicionalmente, se ha generalizado la idea de que la proximidad entre empresas, agentes económicos, instituciones y recursos es crucial en la acumulación de conocimiento y la innovación [45, 53].

Distintos autores han discutido el impacto de estas ideas en el diseño de las ayudas a la I+D y han entrado en el debate de asignar tareas distintas a las políticas nacionales y regionales [44, 40, 46]. No obstante, estos autores coinciden en afirmar que ya que la convergencia económica de regiones con diferente grado de desarrollo tecnológico no es fácil de conseguir, una exitosa política nacional de ayudas a la I+D debería enfocarse en la dimensión regional como un aspecto clave en el proceso de cambio tecnológico. Aunque estas ideas empiezan a ser aceptadas por quienes hacen política, en gran parte de los países industrializados las ayudas a la I+D continúan siendo formuladas por el gobierno central y las diferencias regionales en cuanto a la actividad innovadora revelan que estas ayudas no afectan a todas las regiones de igual forma, lo que supone un problema importante para el proceso de convergencia entre regiones [35].

A pesar de que la literatura que analiza la geografía de la innovación ha proporcionado argumentos sobre la importancia de la dimensión regional como unidad de análisis, hay un importante distanciamiento entre esta literatura y la que analiza el efecto de las ayudas a la I+D [32]. Este efecto se ha evaluado teniendo en cuenta características estructurales de las industrias (grado de concentración, tasa de crecimiento, nivel tecnológico, etc.) y las empresas (tamaño, grado de diversificación, control, etc.). Con todo, el análisis de la influencia en el efecto de la ayuda pública de las variables representativas del entorno geográfico o competitivo es una tarea pendiente en la práctica de la evaluación. Conocer la magnitud de las diferen-



cias regionales en lo que al efecto de las ayudas a la I+D se refiere resulta determinante para mejorar la distribución de la financiación pública e incluso para promover una convergencia real entre regiones.

Dentro de este contexto, en el presente estudio se adopta un enfoque centro-periferia para contrastar la hipótesis de que la distribución y el efecto de las subvenciones nacionales a la I+D difieren entre regiones con un distinto nivel de concentración de las actividades de I+D. La investigación empírica está basada en datos de regiones españolas con una importante disparidad en lo que a acumulación de tecnología se refiere. Concretamente, este estudio evalúa el efecto de las subvenciones a la I+D sobre la intensidad en I+D de empresas localizadas en las comunidades autónomas de Cataluña, Madrid y el País Vasco, y de las localizadas en el resto de regiones. Las tres comunidades autónomas mencionadas concentraron, en 2008, el 65,9% de todo el gasto empresarial en I+D. Nos centramos en el análisis de las subvenciones, ya que éstas constituyen uno de los más importantes instrumentos de apoyo de la política nacional de innovación.

En el segundo apartado se plantea la pregunta de investigación y se revisa la literatura que justifica la idea de que la dimensión regional es una unidad de análisis básica en la evaluación de las ayudas a la I+D. En el tercero, se describe la metodología de análisis, así como los datos y variables empleadas. Los resultados de los análisis empíricos se discuten en el cuarto apartado y, finalmente, en el quinto se recogen las conclusiones.

## ***2. Pregunta de investigación y revisión de la literatura***

Las políticas de fomento a la innovación en la empresa se definen como el conjunto de acciones dirigidas a aumentar la cantidad e intensidad de las actividades innovadoras, entendiendo estas últimas como la creación, adaptación y adopción de nuevos o mejorados productos, procesos y servicios [43]. La literatura que evalúa el efecto de estas políticas ha tenido por objetivo general contrastar la hipótesis de que el apoyo público induce a un crecimiento «adicional» de la actividad innovadora de las empresas. El contraste de esta hipótesis ha supuesto que los efectos de estas políticas se denominen «efectos de adicionalidad». Esta denominación es aplicable a todos los posibles impactos de un programa de apoyo, de manera que se ha encontrado

efectos de adicionalidad en *inputs* y *outputs* del proceso innovador (evaluados en estudios cuantitativos), y efectos de adicionalidad en el comportamiento y la capacidad cognitiva de las empresas (evaluados en estudios cualitativos) [11].

Los estudios se han llevado a cabo en distintos niveles de agregación (el país, la industria y la empresa) y en todos ellos se presentan resultados heterogéneos. En el ámbito de la empresa, en el que se sitúa esta investigación, los estudios empíricos han contrastado principalmente una hipótesis de adicionalidad en *inputs* del proceso innovador y lo han hecho en el contexto de las inversiones en I+D. De acuerdo con David *et al.* [22] y Herrera [32], la evidencia empírica no es concluyente; en algunos casos la financiación pública de la I+D complementa la financiación privada y en otros, la sustituye. Aunque podrían formularse distintos argumentos para explicar estas diferencias, algunos autores sostienen la idea de que este problema se podría resolver si en la evaluación del efecto de la financiación pública se tuviera en cuenta el contexto en el que se distribuyen las ayudas. La idea principal es que el éxito de la ayuda pública dependerá, entre otros factores, de la capacidad que tengan las administraciones públicas de distribuir los recursos, y de las oportunidades estructurales y restricciones que ofrezcan las empresas [42, 12, 29].

La aceptación de estas ideas ha producido un cambio en el planteamiento tradicional de la evaluación de las políticas, en el que se analizaba la relación unidireccional política –actividad innovadora, que incorpora un tercer elemento: la distribución de las ayudas públicas. La consideración de la distribución plantea preguntas de interés no sólo para la evaluación de estas políticas sino también para el diseño de los instrumentos de apoyo; por ejemplo, ¿qué tipo de empresas recibe frecuentemente las subvenciones?, o bien, ¿es el efecto más grande en estas empresas? Distintos estudios han dado respuesta a estas preguntas teniendo en cuenta el tamaño de la empresa o el sector de actividad, variables estas que la teoría y la evidencia empírica han demostrado tienen un impacto en la actividad innovadora de las empresas. No obstante, la influencia de aspectos del entorno geográfico y competitivo ha recibido una escasa atención en la literatura.

Recientemente se ha demostrado que, teniendo en cuenta la región, la actividad innovadora de las empresas difiere en muchos aspectos y, como resultado, sus necesidades de apoyo público también podrían diferir.

La teoría ha argumentado que estas diferencias regionales se deben a que la proximidad geográfica facilita la transmisión de conocimiento tácito y el aprendizaje [38, 5], favorece la cooperación entre agentes para la innovación [56], atrae un mayor nivel de capital humano [23] y refuerza la capacidad de construir nuevas instituciones que apoyen el sistema de innovación [18]. Por otra parte, se ha señalado que las regiones poseen capacidades específicas con un desarrollo dependiente (*path-dependent*), lo que hace difícil que éstas se repitan en otras regiones [45] y, de este modo, cada región se encuentra en una realidad tecnológica distinta. Es necesario, por tanto, tener en cuenta la dimensión regional para obtener estimaciones consistentes sobre el efecto de las ayudas a la I+D en la actividad innovadora empresarial, en especial cuando éstas se distribuyan desde los niveles nacionales y supranacionales.

Algunas investigaciones han adoptado un enfoque centro-periferia con el fin de analizar el impacto de las condiciones regionales sobre la actividad innovadora. Estos trabajos coinciden en señalar que las regiones centrales se benefician de un mayor desarrollo y concentración tanto de recursos como de resultados de innovación. Por el contrario, las regiones periféricas tendrían un menor desarrollo, una baja propensión al cambio de sus sectores tradicionales, escasa cultura innovadora y problemas estructurales, como, por ejemplo, la dificultad de sus empresas para identificar las propias necesidades de innovación [10]. De acuerdo con Fritsch [26], en la literatura se han contrastado tres hipótesis bajo este enfoque. La primera sugiere que los nuevos procesos se desarrollan primeramente en el centro y después en la periferia. La segunda afirma que la decisión de invertir en I+D y la intensidad de las actividades de I+D es mayor en las regiones centrales que en las periféricas. Finalmente, la tercera hipótesis establece que las regiones centrales cuentan con entornos que estimulan la puesta en marcha de innovaciones de producto. El autor señala que la evidencia empírica disponible es todavía poco concluyente. Sin embargo, las diferencias regionales en cuanto a la actividad innovadora permanecen y son una fuente de preocupación para quienes diseñan la política, ya que para promover una convergencia real entre regiones y mejorar el diseño de los instrumentos de apoyo público se debe conocer la magnitud de estas diferencias [47].

Pese a los distintos argumentos a favor de tener en cuenta la dimensión regional en el estudio de la innovación, en la literatura

sobre evaluación de las ayudas a la I+D se ha contrastado muy poco la hipótesis de que la región influya en el resultado final de la ayuda pública y, en general, los estudios se han centrado en el tema de la distribución. Aunque se haya demostrado que empresas innovadoras y localizadas en regiones centrales son más propensas a recibir subvenciones para I+D, no se ha determinado si el efecto fue mayor en estas regiones [20, 28].

El actual estudio de Czarnitzki y Licht [21] incluyó la dimensión regional para conocer el efecto de las subvenciones en el esfuerzo privado en I+D. En él se analizó la distribución y el efecto de estas ayudas en empresas localizadas en las regiones alemanas del Este y el Oeste, y se concluyó que no sólo el perfil de las empresas beneficiarias era distinto en estas regiones sino también la magnitud del efecto de la ayuda pública. Aunque este estudio muestra que el efecto de una misma ayuda difiere entre regiones, se desconoce si lo mismo ocurre cuando se tiene en cuenta el nivel de acumulación de las actividades de I+D en una región. Otros estudios recientes han mostrado que las necesidades de las empresas cambian de acuerdo con el nivel de acumulación de la tecnología en las regiones donde están localizadas [25, 36] y, consecuentemente, sus necesidades de apoyo público también. Por ello, de acuerdo a los argumentos teóricos a favor del análisis de la importancia de la región y a la evidencia empírica reciente en este estudio se formula la siguiente hipótesis: «La distribución y el efecto de las subvenciones a la I+D difiere entre regiones con distinto nivel de concentración de las actividades de I+D».

Esta hipótesis queda contrastada al adoptar un enfoque centro-periferia para el caso de las regiones españolas. La mayoría de los trabajos que han analizado la relación entre la innovación y la dimensión regional en España han concluido que las actividades de I+D se concentran en pocas regiones y que la disparidad regional es muy elevada [17, 19, 14, 15, 8]. La alta concentración de las actividades de I+D ha llevado a algunos autores a distinguir entre dos grupos de regiones: por un lado, las regiones centrales con sistemas de innovación de primer orden que tienen un mayor desarrollo tanto en recursos como en resultados de innovación, y entre las que se incluye las comunidades de Madrid, Cataluña y el País Vasco, que concentran más del 60% de las actividades de I+D empresarial (véase tabla 22.1); por otro, las regiones periféricas, caracterizadas por sistemas de innovación menos desarrollados, sectores tradicionales con escasa

orientación al cambio y escasa cultura innovadora [10], a los que pertenece el resto de regiones.

> **Tabla 22.1.** *Indicadores tecnológicos de las regiones españolas. 2007*

Indicador	Cataluña	Madrid	País Vasco	Resto de regiones	España
Porcentaje del gasto en I+D respecto del PIB a precios de mercado	1,48	1,93	1,88	0,88	1,27
Gastos internos totales en I+D/personal como porcentaje del total nacional	21,8	26,9	9,1	42,2	100
Gastos internos totales en I+D/personal de las empresas e IPSFL como porcentaje del total nacional	24,5	28,4	13,3	33,8	100

**Fuente:** estadística sobre actividades de I+D, INE [37].

Los estudios también concluyen que el esfuerzo en I+D de las regiones españolas depende mucho del sector empresarial [8] y que éstas están orientando sus presupuestos autonómicos de I+D a la academia y no a la industria [50]. Como resultado, el estímulo de las actividades de I+D de las empresas tiene un fuerte peso en la política nacional y de ahí la importancia de evaluar continuamente, para el caso español, el impacto de estas ayudas en las regiones. En esta investigación se estimó el efecto de las subvenciones a la I+D sobre el esfuerzo empresarial en I+D en las tres regiones centrales y en una muestra que agrupó al resto de regiones. De esta manera, el estudio también presenta la evidencia de que el efecto de estas subvenciones pueda ser distinto entre regiones con una alta concentración de las actividades de I+D. Además, en él no se discute, como sí han hecho otros autores, sobre la conveniencia de una mayor inversión pública en I+D en regiones centrales o periféricas [40, 47, 49, 10, 8, 9]; aun así, coincidimos con ellos en afirmar que resulta determinante conocer la magnitud de estas diferencias a la hora de desarrollar nuevos instrumentos de apoyo público.

### 3. Metodología, variables y fuente de datos

#### 3.1. Metodología

Para estimar el efecto causal de las subvenciones a la I+D en las regiones, hemos aplicado un método de emparejamiento no paramétrico llamado *propensity score matching* (PSM), que compara el esfuerzo en I+D de empresas subvencionadas (estado factual) con el esfuerzo obtenido por ellas si no hubiesen recibido las subvenciones (estado contrafactual). Dado que una empresa no puede observarse simultáneamente cuando recibe o no recibe subvenciones, el estado contrafactual se estima a partir de un grupo de control formado por empresas que no recibieron subvenciones pero que tuvieron igual propensión a recibirlas. El método ofrece dos tipos de análisis: por un lado, estima y analiza la propensión de las empresas a ser subvencionadas y, por otro lado, estima el efecto causal de las subvenciones sobre el esfuerzo en I+D de las empresas. En el primer análisis, dirigido a obtener el grupo de control, se emplea un modelo logit para estimar la propensión de las empresas a ser subvencionadas y analizar los factores que influyen en ello. La distribución de las subvenciones a la I+D no es aleatoria: las empresas solicitan las subvenciones y muchas veces compiten por ellas. Como resultado hay un proceso de distribución, al final del cual las empresas subvencionadas difieren de aquellas que no lo han sido [12]. Este hecho produce un sesgo en la selección de la muestra, que podría por lo tanto sesgar las estimaciones del efecto causal, ya que las empresas subvencionadas no serían comparables a cualquier otra empresa de la economía. Los métodos de emparejamiento buscan encontrar unidades comparables de empresas y, para ello, emplean un criterio de proximidad, de manera que cada empresa subvencionada tiene en el grupo de control una empresa lo más parecido posible en términos de su propensión a obtener subvenciones. A continuación, el PSM estima el efecto causal de las subvenciones y proporciona una cifra neta del efecto, que corresponde a la diferencia entre el valor medio de la variable esfuerzo en I+D en las empresas subvencionadas y el valor de esta misma variable en el grupo de control. Las subvenciones tienen un efecto positivo si el efecto causal es significativamente mayor que 0. Conceptualmente, la estimación de los efectos de adicionalidad requiere comparar la situación de una empresa en presencia de políticas (estado factual) con lo que hubiese ocurrido en su ausencia (estado contrafactual),

para determinar si el efecto es en realidad adicional. Dehejia y Wahba [24] hacen una revisión minuciosa de esta metodología, y Almus y Czarnitzki [2] describen su uso aplicado al caso de la evaluación de las ayudas a la I+D. El estudio de Arvanitis y Keilbach [4] hace un estudio comparativo entre el PSM y otros métodos utilizados en la evaluación de estas ayudas, y los trabajos de Herrera y Heijs [33], Herrera y Nieto [34], y González y Pazó [27] presentan resultados de su aplicación al caso español.

### **3.2. Variables**

Para el análisis de los factores que determinan la propensión de las empresas a obtener subvenciones a la I+D el presente estudio ha seleccionado variables que, de acuerdo con estudios previos, influyen en esta propensión (véase [12, 57, 1, 3, 20, 2]). Estas variables recogen información sobre las características estructurales de las empresas, su entorno competitivo y actividad innovadora. Adicionalmente, se incluyeron variables no analizadas en la literatura para obtener información sobre el enfoque y la dirección en la distribución de las subvenciones a la I+D. Estas variables están relacionadas con la habilidad de las empresas para obtener recursos, la posible relación de privilegio respecto de las agencias públicas, la estrategia innovadora y el grado de dependencia tecnológica de la empresa. En el anexo 1 se definen estas variables y en el anexo 2 se presentan sus estadísticos descriptivos.

En un primer grupo de variables, el estudio incluye el tamaño, la edad de la empresa y la participación de capitales extranjeros como medidas de la experiencia y capacidad de obtener recursos; asimismo, este grupo incluye un indicador de la participación de capital público y otro que indica si la administración formaba parte del grupo de clientes de la empresa, con el fin de conocer si las relaciones previas con la administración influyeron en la obtención de ayudas públicas. El segundo grupo de variables cobra cada vez más importancia en el análisis, debido a que muchos de los programas de apoyo demandan a las empresas una descripción del mercado potencial al cual van dirigidos los proyectos subvencionados; el estudio consideró como indicadores del entorno competitivo: el sector de actividad, si la empresa se encontraba en un mercado en expansión y su propensión a exportar. Finalmente, en el tercer grupo se incluyeron indicadores del comportamiento innovador para conocer si las subvenciones fueron dirigi-

das principalmente a empresas con una actividad innovadora formal y articulada; para ello, se tuvo en cuenta si la empresa planificó sus actividades de I+D, patentó o tuvo actividades de cooperación tecnológica e igualmente se incluyó indicadores de la balanza de pagos tecnológica para conocer la actuación de la administración pública respecto al estímulo de la adquisición externa de tecnología frente al desarrollo de tecnología doméstica.

Para el análisis de la estimación del efecto causal, la variable sobre la que se analizó el efecto de las subvenciones fue la intensidad en I+D de las empresas, definida como el ratio entre el gasto empresarial en I+D sobre ventas durante el periodo multiplicado por 100. Aunque esta variable no cubre el rango completo de actividades innovadoras de la empresa, la evidencia empírica indica que el efecto de las subvenciones influye principalmente en las inversiones en investigación y desarrollo. Estimar el efecto de estas políticas en otros aspectos de la actividad innovadora de las empresas es todavía una tarea pendiente en la práctica de la evaluación.

### **3.3. Datos**

El conjunto de variables empleado en el análisis se construyó con datos procedentes de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) de la Fundación SEPI. La encuesta recopila anualmente datos de aproximadamente 3.000 empresas manufactureras españolas. En el estudio se emplearon datos para el periodo 1998-2000. La muestra, que se limitó a empresas innovadoras que respondieron al cuestionario durante los tres años consecutivos, contiene un total de 1.517 empresas distribuidas de la siguiente forma: 343 localizadas en Cataluña, 300 en Madrid, 109 en el País Vasco y 765 en otras regiones. Para identificar el número de empresas subvencionadas se creó una variable dicotómica que tomó el valor 1 si la empresa recibió subvenciones a la I+D por parte de la administración central, y 0 en el caso contrario. El estudio excluyó las empresas que obtuvieron subvenciones de otras administraciones públicas.

## ***4. Resultados del análisis empírico y discusión***

La tabla 22.2 recoge los resultados de la primera parte del análisis, dirigida a estimar la propensión de las empresas a obtener subven-



ciones a la I+D. Un modelo Logit se aplicó a la muestra conjunta de empresas españolas y a cuatro submuestras de empresas clasificadas por regiones. La variable dependiente tomó el valor 1 si la empresa recibió subvenciones, y 0 en el caso contrario.

Para el ámbito nacional, el estudio indica que el tamaño de la empresa, la participación de capital público, la propensión a exportar, la presencia en un mercado en expansión, la organización de la actividad de I+D, la cooperación tecnológica y la exportación de tecnología influyeron positiva y significativamente en la propensión de las empresas a obtener subvenciones. Por otra parte, la pertenencia a sectores de baja y media intensidad tecnológica, la edad de la empresa y la participación de capital extranjero influyeron negativa y significativamente. En el análisis por regiones también se observó que, con independencia de su localización, el tamaño de la empresa y su planificación en actividades de I+D influyó de forma positiva y significativa. La influencia del tamaño y la actividad innovadora en los dos casos es similar a la obtenida en otros estudios empíricos [30, 31, 12, 57, 1, 20, 2, 7].

De acuerdo con Heijs [30, 31], y Czarnitzki y Fier [20], una de las razones para la exclusión de pequeñas y medianas empresas de la distribución de las subvenciones podría encontrar su explicación en algunos de los requerimientos implícitos en los programas de apoyo. Un amplio rango de estos programas –teóricamente accesibles a todas las empresas– fueron dirigidos claramente a proyectos de I+D, lo cual impedía la entrada de pequeñas empresas con otros tipos de actividad innovadora. Las grandes empresas cuentan más a menudo con departamentos y laboratorios de I+D, organizan sus actividades innovadoras y las detallan en un plan, lo que les facilita la presentación de proyectos y solicitudes de ayuda, adquiriendo con ello ventaja en el acceso al soporte público [20, 21]. Al mismo tiempo, la limitada capacidad de gestión de la innovación en pequeñas empresas podría impedir la conversión de sus actividades innovadoras en proyectos de I+D bien organizados y con claros objetivos.

Con respecto a las variables representativas del comportamiento innovador, el estudio concluye que estas variables son aspectos clave que explican el acceso a las ayudas públicas en todas las regiones. Una estimación de los efectos marginales revela que ello fue el principal factor determinante en todos los casos. Estudios previos han revelado que las empresas subvencionadas fueron aquellas que ya llevaban a cabo actividades innovadoras [12, 20, 30, 31, 2, 7].

> **Tabla 22.2.** Factores que influyen en la propensión a obtener subvenciones (modelo Logit)

Variables independientes	España		Cataluña		Madrid		País Vasco		Resto de regiones	
	Coef.	dy/dx	Coef.	dy/dx	Coef.	dy/dx	Coef.	dy/dx	Coef.	dy/dx
Tamaño	0,57***	0,03***	0,57***	0,04***	0,68**	0,01**	1,143**	0,04**	0,54***	0,03***
Sector de media tecnología	-0,56**	-0,03**	-0,64		-0,67		-1,054		-0,80*	-0,04**
Sector de baja tecnología	-0,47**	-0,03*	0,21		-1,45*	-0,02*	-2,099*	-0,07*	-0,63	
Edad	-0,21*	-0,01*	0,08		-0,47		-0,689		-0,21	
Capital extranjero (%)	-0,08***	-0,00***	-0,01*	-0,00*	0,00		-0,005		-0,01*	-0,00*
Capital público (%)	0,02**	0,00***	ND		0,21		0,051		0,01	
AAPP cliente de la empresa	0,19		-0,37		1,26**	0,03**	2,097		-0,18	
Propensión a exportar	0,01**	0,00**	0,00		0,02		0,020		0,001	
Mercado en expansión	0,59***	0,04***	0,81**	0,06**	0,33		0,873		0,63	
Organización de I+D	2,38***	0,21***	1,62***	0,12***	3,58***	0,17**	4,410**	0,29**	2,42***	0,25***
Cooperación tecnológica	0,72***	0,05***	1,32**	0,14*	-0,20		-0,663		0,61	
Dificultad de financiar I+D	0,01		0,54		-0,62		1,379		-0,19	
Patentes t-1	-0,01		0,13		1,45***	0,02*	0,107		-0,02	
Exportación de tecnología	1,46***	0,15***	2,39***	0,36**	-1,26		2,992*	0,38	1,75*	0,21*
Importación de tecnología	-0,13		0,16		0,87		0,811		-0,64	
N.º total	1.517		343		300		109		765	
N.º subvencionadas	250		55		44		34		117	
N.º no subvencionadas	1.267		288		256		75		648	
Logaritmo de la verosimilitud	-401,6		-95,14		-47,97		-27,95		-195,95	
Pseudo R <sup>2</sup>	0,39		0,35		0,61		0,55		0,38	
Probabilidad > chi <sup>2</sup>	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
Correctamente clasificados (%)	86,99		87,65		93,62		86,67		87,93	

ND: "no disponible", capital público predice perfectamente el éxito. En el caso de variables dicotómicas dy/dx (efecto marginal), estima el cambio discreto de 0 a 1: \*\*\* significativo al 1%, \*\* significativo al 5%, \* significativo al 10%. Fuente: elaboración propia y Herrera y Nieto [34].

Otros estudios han demostrado que sólo un pequeño grupo de empresas subvencionadas realizaba ocasionalmente actividades de I+D y que un menor número comenzaría a realizar estas actividades gracias a la ayuda pública. Por otro lado, el estudio de Vence *et al.* [55] señala que, al depender las empresas de su capacidad innovadora para participar en programas de apoyo, como los europeos, podría crearse un «círculo vicioso» en regiones periféricas y menos desarrolladas, al caer en una trampa de baja I+D. Baja I+D implica menos participación en programas públicos y, a su vez, una baja participación incrementa la distancia con respecto a las regiones centrales ([55], p. 37). No obstante, debe señalarse que también hay probabilidad de que empresas menos innovadoras soliciten con menor frecuencia las subvenciones [31].

> **Tabla 22.3.** Efecto promedio de las subvenciones nacionales a I+D sobre la intensidad en I+D de las empresas

	Media intensidad I+D		ATT-efecto causal	Test estadístico	N.º de emparejamientos
	Empresas subvencionadas	Empresas no subvencionadas	Puntos porcentuales	t-value (Bootstrap t-value)	
<b>&gt; Regiones</b>					
España	2,828	0,982	1,846	5,874*** (6,346)***	240
Cataluña	3,352	0,845	2,507	3,915*** (4,582)***	53
Madrid	3,994	2,223	1,771	1685* (1,413)*	43
País Vasco	2,922	0,610	2,312	2,143** (2,261)**	30
Resto de regiones	2,147	0,769	1,378	3,921*** (3,985)***	112

**Nota:** \*\*\* significativo al 1%, \*\* significativo al 5%, \* significativo al 10%

**Fuente:** elaboración propia y Herrera y Nieto [34].

Este estudio encontró diferencias en el perfil de empresas subvencionadas localizadas en regiones centrales. Por ejemplo, las empresas de Cataluña y la Comunidad de Madrid tienen un perfil más complejo. En el

caso de la Comunidad de Madrid, las empresas que tuvieron por cliente a la administración pública, que organizaron sus actividades de I+D y contaron con experiencia previa en I+D tuvieron una mayor propensión a obtener subvenciones, mientras que, en el caso de Cataluña, las obtuvieron grandes empresas nacionales que estaban presentes en mercados en expansión, organizaban sus actividades de I+D, exportaban tecnología y mantenían acuerdos de cooperación tecnológica. Dicho de otra manera, se podría deducir que en estas regiones las ayudas fueron dirigidas a empresas innovadoras que podían garantizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos subvencionados. Contrariamente, en el caso del País Vasco el perfil resultó menos complejo, ya que influyó en la propensión la organización de la I+D y la exportación de tecnología.

Las empresas localizadas en las regiones denominadas «periféricas» se acercaron al perfil general de las empresas subvencionadas en tres aspectos: el tamaño de la empresa, la organización de las actividades de I+D y la exportación de tecnología. Esto muestra que las subvenciones no fueron dirigidas a incrementar el número de empresas innovadoras ni a subvencionar empresas que manifestaran tener dificultades de financiación de la innovación, dos de los más importantes problemas que afrontan las regiones periféricas.

La tabla 22.3 recoge los resultados de la estimación del efecto causal de las subvenciones sobre el esfuerzo empresarial en I+D. La cifra neta de la columna 4 representa la diferencia de medias entre el grupo de empresas subvencionadas y el grupo que, teniendo la misma propensión a obtener subvención, no la recibió. De acuerdo con el modelo general, la intensidad en I+D de las empresas subvencionadas fue, en promedio, de 1,84 puntos porcentuales más alta. Esta tendencia se repite en todas las muestras bajo análisis, lo que indica que la financiación procedente de la administración central ha generado inversiones privadas adicionales y que el esfuerzo en I+D se ha estimulado. No obstante, el estudio revela que hay diferencias regionales en cuanto a la magnitud del efecto de la ayuda pública. Así, el efecto es menor en las regiones periféricas que en las centrales, donde las diferencias persisten. Concretamente, en las regiones de Cataluña y el País Vasco la magnitud del efecto parece mayor (2,50 y 2,31 puntos porcentuales, respectivamente) que el obtenido en la Comunidad de Madrid (1,77 puntos porcentuales), que se situó por debajo del obtenido en la muestra general (1,84 puntos porcentuales). En las regiones

periféricas las empresas subvencionadas alcanzaron una intensidad en I+D más alta (1,38 puntos porcentuales) que la de las empresas que no recibieron subvenciones. Todo lo anterior indica que se cumple la hipótesis del estudio y que, por tanto, la región causó un efecto diferenciador en la distribución y el resultado de las ayudas a la I+D.

A partir de un análisis distribución-efecto, el estudio muestra que hay dos elementos diferenciadores que caracterizaron a las regiones centrales con mayor efecto (Cataluña y el País Vasco) respecto del resto de regiones: contaban con empresas operando en mercados en expansión o que exportaban tecnología. No obstante, este estudio no puede concluir que esas variables fueran las responsables del incremento en el efecto de las subvenciones. En las regiones donde el efecto fue menor, como en el caso de Madrid, las empresas con la más alta propensión a ser subvencionadas fueron aquellas que poseían experiencia previa en I+D y tuvieron a la administración pública por cliente.

Respecto a las empresas localizadas en las regiones periféricas, la administración continuó subvencionando grandes empresas que planificaban y administraban sus actividades de I+D y, más aún, que exportaban tecnología. En resumen, se subvencionaron empresas que pudieran garantizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos subvencionados, como ocurrió en el caso de las regiones centrales. El apoyo continuo a este tipo de empresas en las dos regiones no explica las diferencias encontradas en cuanto a la magnitud del efecto, por lo que futuras investigaciones podrían ir dirigidas a considerar si este efecto es mayor o menor debido a factores propios de la región como, por ejemplo, las infraestructuras de apoyo a la I+D, el nivel de concentración de la industria o la cultura innovadora.

## ***5. Conclusiones e implicaciones para la política***

Este estudio analizó las diferencias regionales en cuanto a la distribución y el efecto de las subvenciones nacionales a la I+D adoptando un enfoque centro-periferia para contrastar la hipótesis de que el efecto de la ayuda pública cambia entre regiones con un distinto nivel de acumulación de las actividades de I+D. De igual modo, comparó las comunidades autónomas de Madrid, Cataluña y el País Vasco, denominadas regiones centrales por acumular casi el 60% de las actividades de I+D en España, con el resto de regiones denominadas periféricas.

Una primera parte del análisis, dirigida a controlar el proceso de distribución de las subvenciones, permitió concluir que, independientemente de su localización, las grandes empresas que planificaron y administraron sus actividades de I+D fueron las principales beneficiarias de las subvenciones. En general, la distribución siguió un enfoque orientado a los resultados, al seleccionar aquellas empresas que pudieran garantizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos subvencionados. En la literatura algunos autores llaman la atención sobre este enfoque en la distribución. En concreto, señalan que al seleccionar las empresas de acuerdo a su probabilidad de éxito, no se tiene en cuenta si la ayuda es o no necesaria [41, 12, 57]. Como resultado de esto, si las administraciones públicas apoyan actividades que podrían haberse financiado con fondos privados podrían fallar en el propósito de incrementar las actividades de I+D, debido a que empresas que no tienen una necesidad evidente del soporte público son más propensas a presentar un menor efecto de la política o a sustituir fondos públicos por fondos privados [57, 22]. A lo anterior hay que añadir que, de acuerdo con este mecanismo de distribución de las ayudas, las subvenciones sólo contribuirían a mejorar la financiación de las actividades de I+D de las empresas que han demostrado su capacidad innovadora en el pasado, marginado a las empresas que quieren poner en marcha proyectos innovadores por primera vez.

Adicionalmente, se ha detectado que el mecanismo de distribución de las ayudas a la I+D no ha logrado rebajar algunas de las barreras que inhiben la actividad innovadora empresarial. Así, se ha puesto de manifiesto que las empresas con mayores dificultades para financiar las actividades innovadoras no son aquellas con mayor probabilidad de acceder a las ayudas. Estos resultados son consistentes con los aportados por estudios previos sobre la distribución de las ayudas públicas a la I+D en España [12, 1, 31, 28]. Todos estos trabajos han comprobado que las empresas que demuestran tener una mayor experiencia en la realización de actividades de I+D y una mayor capacidad innovadora son las que tienen mayor probabilidad de acceder a las ayudas públicas. Por lo anterior, se ha señalado que es posible que las subvenciones hayan beneficiado preferentemente a empresas que podrían haber llevado a cabo los proyectos aun sin la ayuda de las administraciones públicas, lo que explicaría el bajo efecto de esta política en nuestro país.

Respecto al efecto de las subvenciones, se ha comprobado, con independencia de su localización, que la financiación pública tuvo un efec-

to positivo y significativo sobre el esfuerzo en I+D de las empresas españolas. Estos resultados coinciden con los obtenidos en estudios españoles previos [12, 28, 13, 33, 27] y con otros que aplicaron la misma metodología. Sin embargo, la magnitud de estos efectos en el caso de España (del 1,8%) es menor que en otros países europeos como en Alemania, donde algunos estudios la sitúan en torno al 4% [20, 2, 21]. Aun así, no es posible obtener una conclusión definitiva sobre el desempeño de las subvenciones a la I+D en España frente a otros países, principalmente por la falta de datos que permitan replicar el modelo en distintos países. Varios trabajos también han señalado que el impacto de estas ayudas en España es relativamente modesto. En la evaluación de las ayudas del CDTI, Busom [12] no descartó un efecto de sustitución parcial en el 30% de las empresas subvencionadas, y González *et al.* [28], en un estudio con la misma fuente de datos empleada aquí, concluyó que el efecto podría ser mayor si aumentase el tamaño de las subvenciones.

La investigación concluye asimismo que la magnitud de este efecto cambia entre regiones y que las regiones centrales presentan el mayor efecto. Cataluña y el País Vasco alcanzaron, así, un efecto mayor al de la media nacional. El estudio reconoce que hay dos elementos que diferenciaron a estas regiones: la subvención a empresas en mercados en expansión y a aquellas que exportaron tecnología. Con todo, no es posible concluir que estas dos características sean las responsables de un mayor efecto, ni puede argumentarse lo mismo para explicar lo ocurrido en la Comunidad de Madrid, que mostró un efecto por debajo de la media nacional. En este caso, las empresas subvencionadas fueron aquellas con una clara experiencia innovadora y que contaban con la administración entre su grupo de clientes.

Las subvenciones tuvieron un menor efecto en el esfuerzo en I+D de las empresas de regiones periféricas. En este caso, la administración central subvencionó grandes empresas que planificaran y administraran sus actividades de I+D, que exportaran tecnología y que, por lo tanto, pudieran garantizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos subvencionados. El estudio mostró que ciertas barreras a la innovación no resultaron determinantes para el acceso a la ayuda pública en estas regiones. Conviene, por tanto, considerar que este enfoque en la distribución refleja un cierto alejamiento de las necesidades y problemas reales. El gobierno central podría dirigir sus esfuerzos en identificar los problemas y las necesidades de las

empresas en su contexto regional y, a su vez, contribuir a desarrollar en las empresas una capacidad de absorción de los fondos públicos.

Aunque el estudio revela que la región resulta ser un elemento diferenciador en la distribución y el resultado final de las subvenciones, futuras investigaciones deberían ir dirigidas a establecer los elementos que producen las diferencias entre regiones, para que las ayudas puedan ser un instrumento útil en el proceso de convergencia tecnológica. De igual forma, resulta conveniente el estudio comparativo entre el desempeño de las ayudas nacionales y las regionales. Herrera [32] encontró que la magnitud del efecto de las subvenciones a la I+D cambia con el origen de las ayudas, y que además pueden presentarse efectos de complementariedad y sustitución entre instrumentos de apoyo. Es necesario determinar si existen efectos de sustitución entre distintas fuentes de subsidio, en el sentido de que una variable éste siendo afectada positivamente en unos casos y negativamente en otros. En España este análisis resulta especialmente importante si se tiene en cuenta lo habitual de que las empresas reciban subvenciones de más de una administración pública, es decir, que haya una alta superposición de instrumentos de apoyo en los tres sectores (nacional, regional y supranacional). Estos estudios comparativos ayudarían a las administraciones públicas a centrar su actuación en aquellos ámbitos donde sean más eficientes, de manera que se distribuyan las tareas de estímulo de la actividad innovadora y se alcance un nivel de cobertura más allá de las actividades de I+D.

Finalmente, añadir que aunque el presente estudio no provea de información sobre si este estímulo a la intensidad en I+D empresarial se materializó plenamente en resultados económicos para la empresa, o si las subvenciones contribuyeron a una mejora significativa de su competitividad, no puede empañarse un balance positivo sobre los indicadores tecnológicos.

## Referencias

- [1] Acosta, J.; Modrego, A. (2001): «Public Financing of Cooperative R&D Projects in Spain: The Concerted Projects under the National R&D Plan», *Research Policy*, 30, pp. 625-641.
- [2] Almus, M.; Czarnitzki, D. (2003): «The Effects of Public R&D Subsidies on Firms' Innovation Activities: The Case of Eastern Germany», *Journal of Business & Economic Statistics*, 21, pp. 226-236.



- [3] Arvanitis, S.; Hollenstein, H.; Lenz, S. (2002): «The Effectiveness of Government Promotion of Advances Manufacturing Technologies (ATM): An Economic Analysis Based on Swiss Micro Data», *Small Business Economics*, 19, pp. 321-340.
- [4] Arvanitis, S.; Keilbach, M. (2002): «Econometric Models: Microeconomic Models», en *RTD Evaluation Toolbox*, IPTS Technical Report Series, European Commission.
- [5] Audretsch, D. (1998): «Agglomeration and the Location of Innovative Activity», *Oxford Review of Economic Policy*, 14, pp. 18-29.
- [6] Baptista, R.; Swann, P. (1998): «Do Firms in Clusters Innovate More?», *Research Policy*, 27, pp. 525-540.
- [7] Blanes J.; Busom, I. (2004): «Who Participates in R&D Subsidy Programs? The Case of Spanish Manufacturing Firms», *Research Policy*, 33, pp. 1.459-1.476.
- [8] Buesa, M.; Baumert, T.; Heijs, J.; Martínez, M. (2002b): «Los Factores Determinantes de la Innovación: Un análisis Económico sobre las Regiones Españolas», *Economía Industrial*, 347, pp. 67-84.
- [9] Buesa, M.; Heijs, J.; Martínez Pellitero, M.; Baumert, T. (2006): «Regional Systems of Innovation and the Knowledge Production Function: the Spanish Case», *Technovation*, 26, pp. 463-472,
- [10] Buesa, M.; Martínez, M.; Heijs, J.; Baumert, T. (2002a): «Los sistemas regionales de innovación en España: Una Tipología Basada en Indicadores Económicos e Institucionales», *Economía Industrial*, 347, pp. 15-33.
- [11] Buisseret, T.; Cameron, H.; Georghiou, L. (1995): «What Difference Does it Make?», *International Journal of Technology Management*, 10, pp. 587-600.
- [12] Busom, I. (2000): «An Empirical Evaluation of the Effects of R&D Subsidies», *Economic Innovation and New Technology*, 9, pp. 111-148.
- [13] Callejon, M.; García Quevedo, J. (2005): «Public Subsidies to Business R&D: Do they Stimulate Private Expenditures?», *Environment and Planning C: Government and Policy*, 23, pp. 279-293.
- [14] Calvo, J. (2000): «La Distribución de los Gastos de Innovación entre las Comunidades Autónomas Españolas en el Periodo 1994-1998», *Economía Industrial*, 334, pp. 71-80.
- [15] Calvo, J. (2002): «Innovación Tecnológica y Convergencia Regional: Se Amplía o se Cierra la Brecha Tecnológica entre las CCAA Españolas», *Economía Industrial*, 341, pp. 33-40.
- [16] Camagni, R. (1995): «The Concept of Innovative Milieu and Its Relevance for Public Policies in European Lagging Regions», *Paper in Regional Science*, 74, pp. 317-340.
- [17] Castillo, S.; Jimeno, J. F. (1998): «Convergencia Regional y Tecnología», en Cuadrado, J. R.; Mancha, T.; Garrido, R. (eds.), *Convergencia Regional en España: Hechos, Tendencia y Perspectiva*, Fundación Argentaria, Madrid.
- [18] Cooke, P.; Gomez-Uranga, M. G.; Extbarria, G. (1997): «Regional Innovation Systems: Institutional and Organizational Dimensions», *Research Policy*, 26, pp. 475-491.

- [19] Coronado, D.; Acosta, M. (1999): «Innovación Tecnológica y Desarrollo Regional», *Información Comercial Española*, 781, pp. 103-116.
- [20] Czarnitzki, D.; Fier, A. (2002): «Do Innovation Subsidies Crowd Out Private Investment? Evidence from the German Service Sector», *Applied Economics Quarterly*, 48, pp. 1-25.
- [21] Czarnitzki, D.; Licht, G. (2006): «Additionality of Public R&D Grants in a Transition Economy», *Economics of Transition*, 14, pp. 101-131.
- [22] David, P.; Hall, B.; Toole, A. (2000): «Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D? A Review of the Econometric Evidence», *Research Policy*, 29, pp. 407-529.
- [23] David, P.; Rosenbloom, J. (1990): «Marshallian Factor Market Externalities and the Dynamics of Industrial Localisation», *Journal of Urban Economics*, 28, pp. 349-370.
- [24] Dwhejia, R.; Wahba, S. (2002): «Propensity Score Matching for Nonexperimental Causal Studies», *The Review of Economics and Statistics*, 84, pp. 151-161.
- [25] Erken, H.; Gilsing, V. (2005): «Relocation of R&D a Dutch Perspective», *Technovation*, 25, pp. 1.079-1.092.
- [26] Fritsch, M. (2000): «Interregional Differences in R&D Activities –An Empirical Investigation», *European Planning Studies*, 8, pp. 209-411.
- [27] González, X.; Pazó, C. (2008): «Do public subsidies stimulate private R&D spending?», *Research Policy*, 37, pp. 371-389.
- [28] Gonzalez, X.; Jaumandreu, J.; Pazó, C. (2005): «Barriers to Innovation and Subsidy Effectiveness», *The Rand Journal of Economics*, 36, pp. 930-950.
- [29] Grande, E. (2001): «The Erosion of State Capacity and European Innovation Policy Dilemma: A Comparison of German and EU Information Technology Policies», *Research Policy*, 30, pp. 905-921.
- [30] Heijs, J. (2003): «Freerider Behaviour and the Public Finance of R&D Activities in Enterprises: The Case of the Spanish Low Interest Credits for R&D», *Research Policy*, 32, pp. 445-461.
- [31] Heijs, J. (2005): «Identification of Firms Supported by Technology Policies: The Case of Spanish Low Interest Credits», *Science and Public Policy*, 32, pp. 219-230.
- [32] Herrera, L. (2008): *La Política de Innovación y la Empresa: Efecto y Distribución de las Políticas de Innovación*, Colección de Estudios, Consejo Económico y Social, Madrid.
- [33] Herrera, L.; Heijs, J. (2007): «Difusión y Adicionalidad de las Ayudas Públicas a la Innovación», *Revista de Economía Aplicada*, 44, pp. 177-197.
- [34] Herrera, L.; Nieto, M. (2008): «The national innovation policy effect according to firm location», *Technovation*, 28, pp. 540-550.
- [35] Holbrook, A.; Salazar, M. (2003): «Regional Innovation Systems within a Federation: Do National Policies Affect All Regions Equally?», *Innovation: Management, Policy and Practice*, 6, pp. 60-61.
- [36] Hu, T-S.; Lin, C-Y.; Chang, S-L. (2005): «Technology-based Regional Development Strategies and Emergence of Technological Communities: a Case

- Study of HSIP, Taiwan», *Technovation*, 25, pp. 367-380.
- [37] INE (2007): *Estadísticas sobre Actividades de I+D. Resultados Provisionales*, Instituto Nacional de Estadística.
- [38] Jaffe, A.; Trajtenberg, M.; Henderson, R. (1993): «Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidence by Patent Citations», *Quarterly Journal of Economics*, 108, pp. 577-598.
- [39] Kleinknecht, A.; Poot, T. P. (1992): «Do Regions Matter for R&D?», *Regional Studies*, 26, pp. 221-232.
- [40] Landabaso, M. (1997): «The Promotion of Innovation in Regional Policy: Proposals for a Regional Innovation Strategy», *Entrepreneurship & Regional Development*, 9, pp. 1-24.
- [41] Lerner (1999): «The Government as Venture Capitalist: The Long-run Impact of the SBIR Programm», *Journal of Business*, 72, pp. 285-318.
- [42] Lipsey, R.; Carlaw, K. (1998): «Technology Policies in Neo-classical and Structuralist-Evolutionary Models», *STI Review*, 22, pp. 31-73.
- [43] Lundvall, B.; Borrás, S. (2005): «Science, Technology and Innovation Policy», en Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, New York.
- [44] Maillat, D. (1995): «Territorial Dynamic, Innovative Milieus and Regional Policy», *Entrepreneurship & Regional Development*, 7, pp. 157-165.
- [45] Maskell, P.; Malmberg, A. (1999): «Localized Learning and industrial Competitiveness», *Cambridge Journal of Economics*, 23, pp. 167-185.
- [46] McDonald, F.; Tsagdis, D.; Huang, Q. (2006): «The Development of Industrial Clusters and Public Policy», *Entrepreneurship & Regional Development*, 18, pp. 525-542.
- [47] Oughton, C.; Landabaso, M.; Morgan, K. (2002): «The Regional Innovation Paradox: Innovation Policy and Industrial Policy», *Journal of Technology Transfer*, 27, pp. 97-110.
- [48] Porter, M. (1998): «Clusters and The New Economics of Competition», *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre, pp. 77-90.
- [49] Rodríguez-Pose, A. (2001): «Is R&D investment in lagging areas of Europe worthwhile? Theory and Empirical Evidence», *Papers in Regional Science*, 80, pp. 275-295.
- [50] Sanz-Menéndez, L.; Cruz-Castro, L. (2005): «Explaining the Science and Technology Policies of Regional Governments», *Regional Studies*, 39, pp. 939-954.
- [51] Saxenian, A. (1994): *Regional Advantage*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- [52] Storper, M. (1995): «The Resurgence of Regional Economies, Ten Years Later: the Region as a Nexus of Untreated Interdependencies», *European Urban and Regional Studies*, 2, pp. 191-221.
- [53] Storper, M. (1997): *The Regional World*, The Guilford Press, New York.
- [54] Tödtling, F.; Kaufmann, A. (1999): «Innovation Systems in Regions of Europe –A Comparative Perspective», *European Planning Studies*, 7, pp. 699-717.
- [55] Vence X.; Guntín, X.; Rodil, O. (2000): «Determinants of the Uneven Re-

gional Participation of Firms in European Technology Programmes: The Low R&D Trap», *European Planning Studies*, 8, pp. 29-42.

[56] Von Hippel, E. (1988): *The Sources of Innovation*, Oxford University Press, New York.

[57] Wallsten, S. (2000): «The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research program», *RAND Journal of Economics*, 13, pp. 82-100.

## Anexo 1

> **Tabla 22.4.** Descripción de las variables del estudio

<b>&gt; Medida de las subvenciones a I+D</b>	
Subvenciones a la I+D	1 indica que la empresa recibió subvenciones de la Administración Central
<b>&gt; Variable sobre la que se estima el efecto causal de las subvenciones a I+D</b>	
Intensidad en I+D total	Ratio entre los gastos en I+D de la empresa y las ventas multiplicado por 100
<b>&gt; Variables para estimar la propensión a obtener subvenciones a I+D</b>	
Tamaño	Logaritmo del n.º de empleados
Sector de media tecnología	1 indica si la empresa pertenece a un sector de media tecnología (CNAE-93: 2, 10, 12, 14, 17)
Sector de baja tecnología	1 indica si la empresa pertenece a un sector de baja tecnología (CNAE-93: 1, 3-8, 11, 13, 19, 20)
Edad	Logaritmo de la edad de la empresa
Capital extranjero	Porcentaje de participación de capital extranjero
Capital público	Porcentaje de participación de capital público
AAPP cliente de la empresa	1 indica si la Administración Pública es cliente de la empresa
Propensión a exportar	Ratio entre las exportaciones de la empresa y las ventas multiplicado por 100
Mercado en expansión	1 indica si la empresa considera que su mercado principal está en crecimiento
Organización de las actividades de I+D	1 indica si la empresa cumple al menos una de las siguientes condiciones: tiene un departamento o comisión de I+D, tiene un plan de I+D o elabora indicadores de resultado de I+D
Cooperación tecnológica	1 indica si la empresa declara que mantuvo acuerdos de cooperación tecnológica con otros agentes del sistema de innovación
Dificultad de financiar I+D	1 indica si la empresa declara tener dificultades para financiar actividades de I+D
Patentes t-1	N.º de patentes registradas en el periodo anterior
Exportación de tecnología	1 indica si la empresa exportó tecnología
Importación de tecnología	1 indica si la empresa importó tecnología

**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).

## Anexo 2

> **Tabla 22.5.** Estadísticos descriptivos de las variables

	Media	Desviación estándar	Min.	Max.
Subvenciones a la I+D	0,165	0,371	0	1
Tamaño	4,258	1,511	1,098	9,561
Sector de media tecnología	0,319	0,466	0	1
Sector de baja tecnología	0,506	0,500	0	1
Edad	2,900	0,839	0,693	5,105
Capital extranjero	19,559	38,285	0	100
Capital público	1,615	11,514	0	100
AAPP cliente de la empresa	0,187	0,390	0	1
Propensión a exportar	19,676	25,380	0	100
Mercado en expansión	0,364	0,481	0	1
Organización de las actividades de I+D	0,347	0,476	0	1
Cooperación tecnológica	0,072	0,259	0	1
Dificultad de financiar I+D	0,085	0,279	0	1
Patentes t-1	0,327	2,958	0	96
Exportación de tecnología	0,032	0,178	0	1
Importación de tecnología	0,147	0,354	0	1

**Fuente:** elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE).







# *Apoyo público a la innovación desde diferentes niveles de gobierno*

> **Andrea Fernández Ribas**

Georgia Institute of Technology

> **Pablo Catalán**

Georgia Institute of Technology y Universidad de Concepción

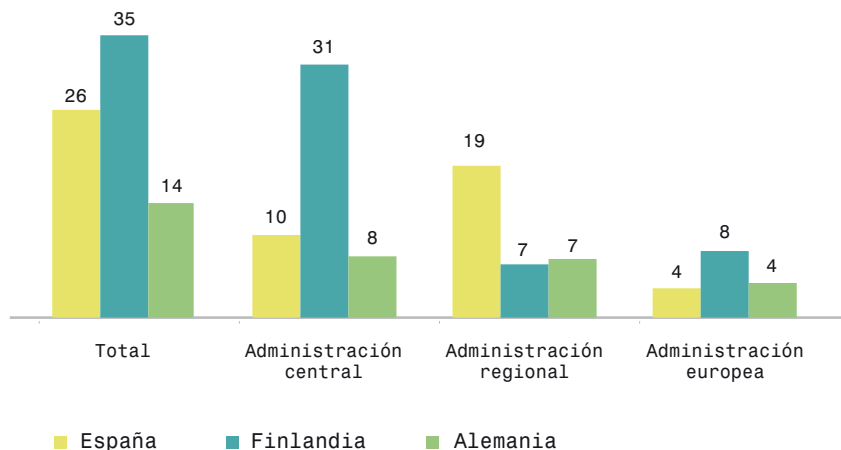
## ***1. Introducción***

Un número creciente de agentes públicos participa hoy en día en el diseño, desarrollo e implementación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación [15, 3, 36]. En la Unión Europea (UE) este proceso ha sido promovido por la mayor actividad de los órganos comunitarios, así como por la expansión gradual de competencias de los gobiernos regionales y locales [11, 5, 34]. Como resultado, la naturaleza del apoyo financiero público para actividades de innovación ha cambiado también, evolucionando hacia un sistema de ayudas más complejo, diversificado y adaptado a múltiples intereses económicos regionales, nacionales e internacionales.

Algunos datos ilustran el modelo actual de financiación pública a las empresas. Según el INE en el año 2008 algo más del 19% de gasto interno total en I+D ejecutado por el sector empresas en España fue financiado por las administraciones públicas (Estado, comunidades autónomas, Unión Europea, etc.). Adicionalmente, la Encuesta de Innovación Comunitaria (CIS) señala que, durante el periodo 2002-

2004, alrededor del 26% de las empresas españolas con actividad innovadora recibió algún tipo de ayuda o subvención pública. Esta situación contrasta con la de otros países europeos. Por ejemplo, como ilustra el gráfico 23.1, Finlandia, una de las economías mejor situadas en el pilar de la innovación, apoyó a un mayor número de empresas, 35%. Alemania, en cambio, un país también muy avanzado tecnológicamente, subvencionó a una menor proporción de empresas innovadoras<sup>1</sup>.

> **Gráfico 23.1.** Proporción de empresas innovadoras con apoyo público. 2002-2004



**Fuente:** Eurostat, *Statistics in Focus, Science and Technology* 2005. Porcentajes respecto al número de empresas con actividades de innovación. Total es la proporción de empresas con alguna ayuda pública. Administración central es la proporción con ayudas de la administración del Estado. Administración regional incluye apoyo de la administración local y regional. Administración europea incluye ayudas del quinto y sexto Programa Marco.

Si siguiendo tal tendencia, varios autores han estudiado en qué medida existe coordinación entre políticas e instrumentos de los distintos niveles gubernamentales [35, 18, 1, 33, 25, 7]. A pesar de tales avances, existe un conocimiento limitado sobre la naturaleza y dinámica de las interacciones entre niveles de gobierno. Tampoco se sabe suficiente acerca de las complementariedades, sinergias y solapamientos entre iniciativas públicas.

**Nota 1.** Aunque los datos no informan sobre la cuantía proporcionada por cada administración, sirven para ilustrar la distribución de subvenciones entre la población de empresas innovadoras.

Disponer de evidencia empírica sobre los determinantes y efectos de las ayudas públicas es una tarea esencial para diseñar políticas de innovación más eficaces y efectivas. Saber si el apoyo financiero público a la innovación se ajusta (o no) a las estrategias empresariales de un territorio sirve para articular un sistema de ayudas coordinado y coherente. Como ponen de manifiesto diversos estudios, en cada territorio conviven empresas con muy distinto grado de innovación y desarrollo tecnológico. Por ejemplo, en Europa el 56% de las empresas no realizaba innovación tecnológica en 2000 [13]. En este ecosistema de empresas es adecuado preguntarse si los programas de las distintas administraciones estrechan las diferencias entre tipologías de innovadores o si, por el contrario, las ensanchan. El objetivo del presente capítulo es avanzar en esta línea de investigación a partir del estudio de las siguientes preguntas: ¿cuál es el perfil de las empresas participantes en los programas de innovación de la administración europea, central y regional?, ¿comparten las empresas participantes características similares o, por el contrario, cada nivel de gobierno apoya una tipología de empresa distinta?, ¿de qué forma afectan los programas a la decisión de realizar (o no) innovación tecnológica y no tecnológica?, ¿en qué medida modifica la participación en programas de innovación las decisiones de cooperación de las empresas y los resultados económicos derivados de la introducción de nuevos productos y procesos?

Con el fin de abordar estas cuestiones, planteamos un modelo empírico con existencia de heterogeneidades entre administración central, local/autonómica y europea. Primero estudiamos posibles duplicidades entre programas según los determinantes de la participación en cada programa. En segundo lugar, analizamos la incidencia de los programas en las estrategias de innovación de las empresas. Los programas con efectos positivos (esperados o inesperados) en la probabilidad de empezar innovación tecnológica, no-tecnológica y/o cooperación, se interpretan como expansivos, ya que estrechan la distancia entre la proporción de empresas sin actividades de innovación y la de empresas innovadoras. Los programas con efectos sobre el impacto económico de la innovación se interpretan como intensivos, ya que ayudan a mejorar las capacidades de innovadores preexistentes. Para estimar este modelo utilizamos datos de la cuarta Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas (EITE).

La estructura del capítulo es la siguiente. En el segundo apartado exponemos las hipótesis de trabajo y el marco empírico. A continua-

ción, describimos la estrategia metodológica. Después de repasar las características de la región y de los programas en estudio, analizamos los principales resultados empíricos obtenidos con la muestra de empresas catalanas. En el quinto apartado, concluimos con algunas reflexiones y recomendaciones de política pública.

## ***2. Marco analítico sobre el apoyo público a la innovación empresarial***

La gobernanza en el ámbito de la ciencia y la tecnología ha experimentado una metamorfosis profunda a lo largo de las dos últimas décadas [15, 36]. Dicha transformación es atribuible a la creciente influencia de los enfoques evolucionista y sistémico del conocimiento en el diseño de las políticas de innovación [3], la correspondiente expansión de actividades de múltiples agentes públicos en la potenciación de la I+D, así como el papel más activo de los gobiernos subnacionales en el fomento de vínculos locales científico-tecnológicos, el aprendizaje entre instituciones y la difusión de conocimiento [29, 11]. Un componente clave al respecto es la asignación de recursos públicos de los distintos niveles jurisdiccionales para la innovación del sector privado.

### **2.1. ¿Qué nivel de gobierno debe financiar la actividad innovadora de las empresas?**

Para responder a esta pregunta es útil examinar algunos principios básicos del Federalismo Fiscal<sup>2</sup>. Según estos argumentos, cada nivel político-administrativo presenta una serie de «ventajas» competenciales, vinculadas a las características propias del proceso de innovación. Los siguientes motivos se citan como factores conducentes a la intervención de las administraciones de nivel superior<sup>3</sup>:

- \* **Externalidades.** Ciertas actividades innovadoras generan beneficios cuyo alcance geográfico sobrepasa las fronteras de un territorio determinado. Estas actividades incluyen el desarrollo de tecnologías primarias (por ejemplo, invenciones genéticas o tecnologías de la información y las comunicaciones),

**Nota 2.** Puede encontrarse una síntesis en Oates [31].

**Nota 3.** Estos argumentos son similares a los utilizados en la literatura para explicar la falta de incentivos del sector privado en la financiación de las actividades de I+D [26].

*General Purpose Technologies* (GPT), investigación básica, y, en general, los casos generadores de gran número de patentes y publicaciones. Dado que los beneficios socioeconómicos no se pueden limitar a un entorno geográfico específico, los gobiernos locales o regionales pueden tener menos incentivos a invertir directamente. Estos agentes pueden mostrar un comportamiento *free-rider*, esperando que sea otro nivel administrativo más alto el que dedique recursos públicos. Dicha estrategia puede llevar a una asignación insuficiente de recursos públicos por parte de las administraciones de nivel inferior.

- \* **Economías de Escala.** A veces el proceso innovador necesita un mínimo de recursos para que las inversiones sean viables y eficientes. Para aprovechar las economías de escala y, con ellas, reducir los costes de inversión a largo plazo, es necesaria una determinada masa crítica de recursos públicos. Asimismo, dado que tales inversiones suelen abarcar periodos de tiempo prolongados y estar asociadas a mayores incertidumbres científicas, tecnológicas y de comercialización, suele ser necesario disponer de equipos grandes con diversas líneas de investigación. Las administraciones de mayor tamaño cuentan normalmente con mayores recursos o con mayor capacidad para agrupar recursos de distintas agencias y facilitar el desarrollo de proyectos grandes con abundante capital humano.
- \* **Indivisibilidades.** En ciertas ocasiones el proceso de investigación es difícilmente divisible. Esta característica implica ventajas de escala y la necesidad de obtener fondos compactos en lugar de estructuras de financiación atomizadas. La centralización de apoyo público reduce además costes en el proceso de toma de decisiones al reducir ineficiencias propias de una excesiva fragmentación.

Por lo que respecta a la intervención de las administraciones de nivel inferior, se pueden utilizar los siguientes argumentos a su favor:

- \* **Elementos sistémicos.** Las administraciones locales y regionales suelen tener una comprensión más exhaustiva acerca del funcionamiento de las instituciones locales, formales e informales, y de cómo estas afectan y modelan los patrones de comportamiento e interacción social en el territorio [1]. Como resultado, la administración local y regional está en mejor posición para corregir

posibles disfunciones sistémicas propias de ciertos sistemas de innovación regional. Especial relevancia tienen aquí los factores no comercializables que requieren de proximidad geográfica [10, 16]<sup>4</sup>. Elementos tales como colaboración interempresarial, universidad-empresa o entre empresas y entidades de apoyo a la innovación, justificarían por tanto la acción a nivel local o regional. Al respecto, no resulta sorprendente que los gobiernos regionales y locales suelen promover iniciativas referentes a transferencia, comercialización y *clusters* tecnológicos.

- \* **Heterogeneidad.** Los gobiernos subnacionales tienden a diseñar programas públicos adaptados a las condiciones económicas locales. Su campo de acción busca compensar posibles desigualdades derivadas de la implementación de programas nacionales e internacionales más homogéneos. En este sentido, los programas regionales varían tanto en su diseño como en la asignación de recursos acorde con la demanda local. Diferencias de estructura en la actividad productiva, capacidad científico-tecnológica o preferencias políticas afectan a la selección de acciones prioritarias de desarrollo social y económico.

## 2.2. Coordinación entre niveles de gobierno

Una serie de iniciativas políticas ha ido configurando la coordinación vertical entre políticas de innovación en Europa. En 1992, el Tratado de Maastricht estableció el «principio de subsidiariedad» como regla común en el reparto de competencias entre niveles de gobierno. Según este principio la Unión Europea sólo debe intervenir en la medida en que su acción es más eficaz que una acción a nivel nacional, regional o local. Aunque el tratado no afectó específicamente al ámbito de la ciencia y la tecnología, la participación de gobiernos superiores se ha ido justificando por los tres factores explicados con anterioridad: externalidades, indivisibilidad y economías de escala en la asignación de financiación pública. En el año 2000, en un esfuerzo por reforzar los instrumentos de cooperación vertical entre administraciones, el Consejo de Lisboa propuso el denominado «principio de apertura recíproca». Mediante este acuerdo, los gobiernos aceptaron compartir

**Nota 4.** El efecto de los programas domésticos en las estrategias de colaboración de las empresas puede ser particularmente significativo cuando las relaciones de cooperación se caracterizan por fallos de mercado (por ejemplo, colaboración público-privada) [8].

los resultados derivados de iniciativas nacionales de innovación, así como someter sus respectivos programas a evaluaciones sistemáticas.

A pesar de tales iniciativas, pocos gobiernos han adoptado una perspectiva integral, multidimensional y sistémica para valorar si el apoyo público al sector privado funciona o no funciona [19]. La mayoría de estudios cuantitativos realizados hasta el momento se ha dedicado a cuantificar los impactos en el esfuerzo innovador (*inputs*) [27, 39, 17] y en el resultado del mismo (*outputs*) [24, 40]. La distinción entre niveles de gobierno y la consideración de otros tipos de adicionalidad, como la de comportamiento, no son frecuentes. Sólo unos pocos autores han estudiado de forma indirecta la efectividad de la financiación pública desde un enfoque multinivel [35, 33, 4], mientras que otros han llevado a término casos de estudio [18, 1, 25].

Feldman y Kelley [16], en un estudio de caso sobre el rol de los programas regionales en los Estados Unidos en el desarrollo de empresas tecnológicas pioneras, encuentran que la ayuda regional complementa y potencia de forma significativa los programas federales. Sus resultados indican que la acción de gobiernos regionales contribuye a facilitar la captación de más recursos externos (públicos y privados). La inversión de las regiones es también una causa fundamental de la mejora de la infraestructura científico-tecnológica de universidades locales. Igualmente, Bozeman, Hardin y Link [6], para el caso de la nanotecnología, sugieren que algunas regiones estadounidenses han actuado como catalizadoras de capital de riesgo, facilitando la entrada de nuevas empresas en este ámbito tecnológico.

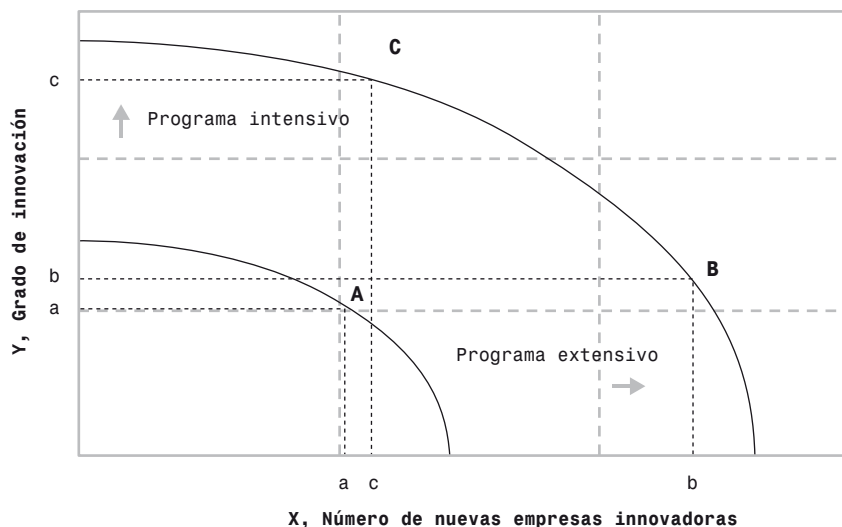
Busom y Fernández-Ribas [7], utilizando una muestra de empresas catalanas con actividades de I+D durante el periodo 1996-1998, encuentran que los programas nacionales de I+D están orientados hacia las empresas con mayor capacidad científico-tecnológica; como contraparte, los programas de la UE tienden a tratar empresas con mayor intensidad exportadora. Basándose en tales resultados, las autoras concluyen que no existen signos de solapamiento entre ambos tipos de programas. Sin embargo, puesto que la participación en programas europeos es poco frecuente en su muestra, reconocen en su trabajo la necesidad de mayor investigación empírica para confirmar sus afirmaciones.

### **2.3. Hipótesis de trabajo**

La discusión anterior sugiere dos supuestos generales: a) los programas de apoyo a la innovación de distintos niveles políticos son

heterogéneos en cuanto a objetivos, mecanismos de selección y efectos esperados; b) dos tipos de programas coexisten en un territorio. Los programas de carácter extensivo tienden a aumentar el número de innovadores en la población de empresas, disminuyen la distancia existente entre innovadores y no innovadores, y aceleran el camino hacia la mayor igualdad de oportunidades en el acceso a otras fuentes de financiación competitiva. Presentan rasgos distributivos, ya que facilitan la entrada de nuevas empresas en actividades de innovación tecnológica y no-tecnológica, o en otras formas de innovación como desarrollo conjunto de I+D con otros agentes. Los programas de carácter intensivo tienden a aumentar las capacidades innovadoras de los innovadores preexistentes. Esto es así, puesto que en general la participación en este tipo de programas requiere de cierta experiencia innovadora y/o tecnológica por parte de la empresa.

> **Gráfico 23.2.** Modalidades de soporte público a la innovación



El gráfico 23.2 ilustra la convivencia de los dos tipos de programas y las combinaciones de los efectos directos e indirectos de los programas. En un escenario de partida A, existe un número determinado de empresas innovadoras ( $a_x$ ) con cierto nivel de innovación ( $a_y$ ). La intervención pública hace desplazar hacia arriba y hacia la derecha la relación entre grado innovador y nuevas empresas innovadoras. En



el escenario hipotético B, aumenta el *stock* de innovadores sin aumentar demasiado el grado de innovación. En el escenario contrapuesto C, aumenta el nivel de innovación de las empresas innovadoras, pero no entran muchas nuevas empresas con actividades tecnológicas y no-tecnológicas.

En relación con estos argumentos postulamos las siguientes hipótesis:

- \* **Hipótesis 1:** existe cierto grado de especialización a nivel gubernamental relacionado con las ventajas relativas de cada tipo de administración pública. Las empresas de menor tamaño no especializadas en el desarrollo de actividades de I+D suelen estar menos familiarizadas con los programas estatales y europeos. Es probable que estas empresas tengan más probabilidad de solicitar y obtener ayuda de entes locales y regionales; empresas de mayor dimensión y empresas especializadas en I+D tenderán a participar en programas de nivel superior de carácter precompetitivo. Empresas con cierta experiencia en el desarrollo comercial de nuevos productos y procesos, que han patentado con anterioridad o que protegen los resultados de la investigación con otros métodos de propiedad intelectual, serán más proclives a acceder a fondos de las administraciones de nivel superior.
- \* **Hipótesis 2:** es de esperar que los efectos extensivos e intensivos de los programas varíen según el nivel de gobierno. Es probable que los programas locales y regionales, así como los programas europeos no precompetitivos, sean más distributivos que las acciones de la administración central y los programas europeos precompetitivos. Mientras que los primeros abordan un concepto más amplio de innovación, la mayor parte de los programas estatales y europeos precompetitivos son más homogéneos, ya que están enfocados hacia el apoyo a la investigación y desarrollo tecnológico (I+D). Es plausible, por lo tanto, que el efecto predominante de estos últimos sea mejorar los resultados de empresas previamente involucradas en actividades innovadoras, más que cambiar las decisiones de hacer (o no) I+D+i de forma individual o con otros agentes.

### 3. Modelo empírico sobre la interacción entre programas

Una forma de estudiar empíricamente las hipótesis planteadas es a través de un modelo econométrico sobre los determinantes de la solicitud y obtención de ayudas públicas. La obtención o rechazo de la ayuda refleja el grado de coincidencia entre las características de la propuesta y las prioridades y criterios de valoración de los organismos públicos. El modelo en cuestión relaciona ciertas características de la empresa con la propensión a recibir (o no) apoyo financiero público:  $P_{ji} = X_{ji} b_{xj} + u_{ji}$ , donde  $P_{ji}$  representa la probabilidad de que una firma  $i$  participe en un programa de innovación  $j$ ,  $X_{ji}$  es un vector de características individuales de cada empresa (explicadas con mayor detalle al final de esta sección) y  $u_{ji}$  es un vector de potenciales errores de correlación.

En relación con la variable dependiente, la atención se concentra en tres indicadores binarios:  $P_{1i}$  vale 1 si la empresa participa en programas de la administración central ( $X_{1i} b_{xj} + u_{1i} > 0$ );  $P_{2i}$  es igual a 1 en caso de que lo haga en programas locales o autonómicos ( $X_{2i} b_{xj} + u_{2i} > 0$ ), y  $P_{3i}$  es igual a 1 si recibe ayudas de la Unión Europea ( $X_{3i} b_{xj} + u_{3i} > 0$ ). Debido a la posibilidad de diferenciar entre programas con la presente fuente estadística, se consideran además dos tipos de programas europeos:  $P_{31i}$  vale 1 si la empresa obtiene ayuda de un programa precompetitivo (Quinto y Sexto Programa Marco);  $P_{32i}$  es igual a 1 si se beneficia de otro tipo de programa, incluyendo aquí programas centrados en la promoción de innovaciones viables de ser comercializadas y acciones reestructuradoras (por ejemplo, iniciativas Eureka y Cost)<sup>5</sup>.

Dado el carácter ubicuo de la innovación [28], asumimos que los programas de innovación afectan directa o indirectamente a una serie de variables relacionadas con el proceso innovador. Estos factores ( $Y_{ki}$ ) no sólo se refieren a elementos tradicionales, como la investigación, el desarrollo tecnológico o la comercialización de productos y procesos nuevos. Los programas inciden, además, en elementos no

**Nota 5.** En total se estiman tres modelos probit multivariante (MPM): el primero estima conjuntamente la probabilidad de participar en programas nacionales, regionales y de la Unión Europea; el segundo estima la participación en programas nacionales, regionales y V,VI Programa Marco; el tercero trata de programas nacionales, regionales y otros programas europeos. Estos modelos permiten controlar las posibles correlaciones entre las distintas formas de participación en programas de apoyo público a la I+D+i. La estimación sigue el algoritmo desarrollado por Cappellari y Jenkins [9] y su rutina basada en el método de máxima verosimilitud simulado y en el estimador de Geweke-Hajivassiliou-Keane (GHK).

tecnológicos como nuevas formas de organización, nuevos modelos de empresa, la apertura de nuevos mercados o nuevos métodos de producción. A tal efecto, distinguimos entre cuatro grupos de factores:

- a) **Innovación tecnológica**, medida a través de dos variables: una referente a la introducción de un bien o servicio nuevo o mejorado significativamente, innovación de producto; y otra sobre la adopción o implantación de métodos de fabricación o de distribución tecnológicamente nuevos o con cambios sustanciales, innovación de proceso (por ejemplo, mejoras para aumentar la eficiencia o reducir costes, o un nuevo método para disminuir errores en la provisión de un servicio).
- b) **Innovación no tecnológica**, medida a través de dos modalidades: innovación organizativa, para la introducción de cambios significativos en la gestión del conocimiento, organización del trabajo y relaciones con otras empresas o instituciones públicas, e innovación de comercialización para la empresa, con modificaciones significativas en el diseño o envasado de un bien o servicio, o en métodos de ventas o distribución.
- c) **Innovación sistémica**, medida a través de un conjunto de variables sobre los distintos acuerdos de colaboración para crear y desarrollar innovaciones: colaboración con universidades o instituciones de educación superior nacionales, cooperación privada-pública nacional; colaboración con universidades internacionales, cooperación privada-pública extranjera; colaboración con clientes y proveedores locales, cooperación vertical nacional; colaboración con clientes y proveedores internacionales, cooperación vertical extranjera; colaboración con competidores locales, cooperación horizontal nacional; colaboración con competidores internacionales, cooperación horizontal extranjera<sup>6</sup>.
- d) **Impacto económico de las innovaciones**, enunciado en dos variables continuas: una como el porcentaje de ventas debido a la introducción de productos y servicios nuevos para el mercado, novedad mercado, y otra como el porcentaje de ventas debido a productos y servicios nuevos para la empresa, novedad empresa. La primera variable estaría relacionada con la previa introduc-

**Nota 6.** La subcontratación de actividades de investigación no se considera una forma de cooperación activa. Al ser la colaboración una condición *sine qua non* de los programas europeos, no se consideran impactos de colaboración para el caso de programas internacionales.

ción de innovaciones más radicales, basadas en la explotación de trayectorias tecnológicas más novedosas y con más riesgos comerciales. La segunda variable, en cambio, sería el producto de descubrimientos más incrementales, basados en tecnologías existentes adaptadas al entorno interno de la empresa<sup>7</sup>.

Para cuantificar los impactos del apoyo público a la I+D+i utilizamos un procedimiento cuasi experimental, conocido como el método de emparejamiento de «vecindad más próxima» (*nearest neighbour matching*). El objetivo de la metodología es comparar el porcentaje de innovación entre los que reciben ayudas con el de un grupo similar de empresas que no las reciben, el cual juega el papel de grupo de control. Según este método, el efecto de la participación se calcula como  $\tau_{ATT} = \Pr(Y_{ki}=1 | P_{ji}=1) - \Pr(Y_{ki}=0 | P_{ji}=1)$ , siendo  $Y_{ki}$  el conjunto de indicadores de innovación del cual se asume está influenciado—directa o indirectamente— por los programas de soporte público. La premisa básica es controlar un conjunto de características susceptibles de condicionar la participación de empresas en los programas bajo estudio, sin asumir una especificación estructural previa. Fruto de tal comparación es posible obtener una estimación del efecto promedio de programas de soporte en empresas receptoras de financiación<sup>8</sup>.

Entre las variables determinantes de la participación en programas se utilizan las siguientes. El efecto del tamaño empresarial se controla con tres variables binarias: *pequeña*, vale 1 si la empresa emplea entre 10 y 49 trabajadores; *mediana*, vale 1 si la empresa tiene entre 50 y 249 empleados, y *grande*, vale 1 si la empresa tiene más de 250 empleados. Las diferencias entre compañías de propiedad nacional y extranjera se tienen en cuenta con la variable *extranjera*, vale 1 si el porcentaje de propiedad de la compañía en manos foráneas supera el 50%, y 0 en caso contrario.

El efecto del conocimiento codificado se capta a través de la inclusión de dos variables dicotómicas: *patentes* vale 1 si la empresa solicita una patente nacional o internacional; *otra protección* es igual a 1 si una empresa registra un modelo industrial, marca o derecho de autor sin solicitar patentes. Los *recursos internos* de la empresa

**Nota 7.** Puesto que hace falta cierto periodo de maduración para recibir los beneficios económicos de la introducción de bienes y servicios, es plausible vincular esta variable con la existencia anterior de actividades innovadoras.

**Nota 8.** Ejemplos recientes sobre la aplicación de este método incluyen: Duguet [12], Busom y Fernández-Ribas [8], González y Pazó [23] y Fernández-Ribas y Shapira [21].

se concretan en: *I+D interna* es un indicador acerca del desarrollo interno y continuo de actividades de I+D. *Formación* es un indicador sobre la capacitación en innovación a los empleados de la empresa. La variable *barreras* mide el impacto de posibles barreras a la innovación, siendo su valor 1 en caso de que una compañía cite la falta de financiación, costos excesivos e incertidumbre en la demanda de bienes o servicios innovadores como desafíos a la innovación.

Las diferencias que pudiesen registrarse entre ramas económicas con distinto contenido tecnológico se consideran según 6 variables: *high tech* iguala 1 si la empresa opera en un sector manufacturero con contenido tecnológico alto; *medium-high tech* iguala 1 si opera en un sector manufacturero de base tecnológica media-alta; *medium-low tech* incluye sectores manufactureros de base tecnológica media-baja; *low tech* incluye sectores manufactureros de base tecnológica baja; *high know* incluye servicios con base tecnológica alta; *low know* incluye servicios con base tecnológica baja; *Science-based* incluye servicios científicos (sectores educación y salud)<sup>9</sup>.

#### 4. Región y programas en estudio

Cataluña representa un excelente caso de estudio para analizar las iniciativas de innovación de diferentes espacios políticos. La larga tradición industrial de la región sumada a un creciente número de empresas exportadoras y a una significativa expansión de la inversión extranjera, ponen a las empresas catalanas frente a una significativa competencia nacional e internacional. Las compañías enfrentadas a tal escenario, generalmente optan por la vía de la innovación como forma de incrementar su competitividad. De hecho, la evidencia confirma el éxito de las compañías catalanas al solicitar y recibir soporte pú-

**Nota 9.** La clasificación de actividades por contenido tecnológico sigue la metodología propuesta por la OCDE [30]. Manufacturas de base tecnológica alta (*high tech*): Industria química (24), Equipamiento de oficina e informático (30), Radio, TV y computadores (32), Instrumentos de precisión (33); Base tecnológica media-alta (*medium-high tech*): Maquinaria eléctrica (31), Automóviles (34), Otro equipamiento de transporte (35), Maquinaria y equipamiento (29); Base tecnológica media-baja (*medium-low tech*): Plástico (25), Minerales no metálicos (26), Metales básicos (27), Productos Metálicos (28); Base tecnológica baja (*low tech*): Alimentos, bebidas, tabaco (15+16), Textiles, ropa, zapatos (17+18+19), Madera, pulpa, papel, impresiones y publicaciones (20+21+22), Muebles y reciclaje (36+37); Servicios con base de conocimiento alta (*high know*): Correo y telecomunicaciones (64), Finanzas y Seguros (65, 66, 67), Actividades TIIs (72) Investigación y Desarrollo (73), Otros negocios (74); Base tecnológica baja (*Low know*): Venta y reparación de vehículos (50), Ventas al por mayor y al por menor (51, 52); Hoteles y restaurantes (55), Transporte terrestre, marítimo, aéreo (60+61+62), Agencias de viajes (63); Servicios científicos (*Science based*): Educación (80), Salud y trabajo social (85). Códigos NACE entre paréntesis.

blico de la administración central y europea [20]. Además, Cataluña cumple con las condiciones institucionales y de gobernanza que le permiten ser considerada como un sistema de innovación regional (SIR) [2]. Su estructura semifederalista representa un ejemplo interesante, en especial en lo referente a las interacciones institucionales entre la Administración del Estado y la Autonómica.

Durante el periodo de estudio, las empresas catalanas pudieron participar en diversos programas financiados por la Unión Europea. El V (1998-2002) y VI (2003-2006) Programa Marco se utilizaron para financiar investigación, tecnología y procesos asociados a innovaciones todavía no presentes en el mercado. La solicitud de tales programas no privaba a participar en otras iniciativas de financiación comunitaria, en especial en lo referente a innovaciones comercialmente viables y con clara orientación de mercado. Ejemplo de ello fueron esquemas multilaterales de soporte a la investigación pública (Eureka, Cost), así como programas financiados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Exceptuando aquellos programas especialmente diseñados para ayudar a las regiones menos desarrolladas<sup>10</sup>, las reglas de elegibilidad fueron comunes para todas las empresas sin discriminar por origen geográfico. La mayoría de programas requieren la colaboración con organizaciones provenientes de al menos otros dos países europeos<sup>11</sup>.

Los programas de la Administración central estuvieron enmarcados en el IV Plan Nacional de I+D (2000-2003) y el V Plan de I+D e Innovación Tecnológica (2004-2007). Entre las iniciativas para fomentar la innovación en el sector privado, se puso en marcha el Programa de Promoción de Investigación Técnica (PROFIT) (2000-2003). El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) implementó diversos proyectos dentro de este contexto: proyectos precompetitivos con alto riesgo tecnológico y comercial; proyectos orientados a la introducción de nuevos productos o procesos en el mercado, y proyectos de innovación tecnológica con objeto de introducir o mejorar el uso de tecnologías emergentes en empresas. Exceptuando proyectos de tipo precompetitivo, para los cuales la participación de universidades u organizaciones públicas de investigación es requisito, los proyec-

**Nota 10.** Esto incluye programas bajo el Objetivo 1 (Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), Fondo Social Europeo (ESF) y el Fondo de Cohesión). Las empresas con base en Cataluña no eran aptas para programas bajo el Objetivo 1, aunque sí lo eran para programas del Objetivo 2.

**Nota 11.** Una excepción son los programas FEDER.

tos de investigación aplicada no debían ejecutarse necesariamente en colaboración con otras entidades.

Las acciones regionales fueron desarrolladas bajo el II Plan Regional de Innovación (2001-2004). El Centro de Innovación y Desarrollo Empresarial (CIDEM)<sup>12</sup> fue la agencia regional responsable de administrar los programas de desarrollo de negocios. Estas se centraron en la promoción de mercados tecnológicos regionales, donde los usuarios (compañías) pudiesen subcontratar proveedores tecnológicos (básicamente, universidades y centros tecnológicos). Con tal fin, se implementó una serie de programas universidad-empresa de transferencia tecnológica; programas de estímulo de *microclusters*, y programas de apoyo a infraestructura tecnológica. En paralelo, el gobierno autonómico continuó con sus políticas de palanca de fondos de investigación del gobierno español y europeo, emprendeduría e internacionalización de la economía regional.

## 5. Resultados Empíricos

Para estimar el modelo empírico se utilizan datos estadísticos provenientes de la cuarta Encuesta Sobre Innovación Tecnológica en las Empresas (EITE) realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE). La IV EITE recoge información cuantitativa sobre las actividades de innovación llevadas a cabo por las empresas españolas entre los años 2002 y 2004. La encuesta está diseñada siguiendo las recomendaciones del Manual de Oslo de la OCDE y de la Encuesta de Innovación Comunitaria (CIS) de Eurostat, e incluye datos de las empresas manufactureras y de servicios con 10 empleados o más. La información captada en la encuesta es representativa tanto a nivel nacional como regional, por sector económico y tamaños de empresa. En este trabajo utilizamos la muestra de 2.607 empresas industriales con sede social en Cataluña<sup>13</sup>.

La tabla 23.1 presenta la distribución de empresas por tipo de programa. El 29% de las empresas catalanas recibió alguna ayuda pública

**Nota 12.** En la actualidad el CIDEM es parte de la agencia estratégica ACC10.

**Nota 13.** La EITE es una encuesta de carácter obligatorio dirigida a una muestra estratificada de empresas. Aunque no se trata de una encuesta de carácter censal, incluye un amplio número de empresas formado por tres categorías: 1) empresas con posibles actividades de I+D, 2) empresas de más de 200 empleados, y (3) muestra aleatoria extraída del DIRCE (Directorio Centralizado de Empresas). Más información sobre la metodología y composición de la muestra puede encontrarse en [www.ine.es](http://www.ine.es).

durante el periodo 2002-2004. El gobierno central fue la fuente de financiación más recurrida (20%), seguida por las administraciones locales y regional (13%), y la Unión Europea (5%). Esta situación contrasta con la de otras comunidades autónomas como el País Vasco. Según datos comparables del Instituto de Estadística Vasco [14], durante ese mismo periodo la financiación pública procedente del Gobierno Vasco representó un 33%, la de la administración central un 12% y la de la Unión Europea un 5%.

> **Tabla 23.1.** Distribución del apoyo financiero público a las empresas. 2002-2004

Origen del apoyo público	Número de empresas	Porcentaje del total de la muestra
Cualquier Administración ( $P_{j1}=1$ )	748	29
Administración central española ( $P_{11}=1$ )	531	20
Administración local o autonómica ( $P_{21}=1$ )	333	13
Unión Europea (UE) ( $P_{31}=1$ )	142	5
Sólo Administración central ( $P_{11}=1$ , $P_{21}=0$ , $P_{31}=0$ )	332	13
Sólo Administración local o autonómica ( $P_{11}=0$ , $P_{21}=1$ , $P_{31}=0$ )	165	6
Sólo Unión Europea ( $P_{11}=0$ , $P_{21}=0$ , $P_{31}=1$ )	43	2
Administración central y local/autonómica ( $P_{11}=1$ , $P_{21}=1$ , $P_{31}=0$ )	159	6
Administración central y UE ( $P_{11}=1$ , $P_{21}=0$ , $P_{31}=1$ )	90	3
Administración local/autonómica y UE ( $P_{11}=0$ , $P_{21}=1$ , $P_{31}=1$ )	59	2
Central, local/autonómica y UE ( $P_{11}=1$ , $P_{21}=1$ , $P_{31}=1$ )	50	2

Número de observaciones: 2.607.

Fuente: elaboración propia con datos de la EITE 2004.

Por otro lado, es interesante destacar la escasa combinación de fondos públicos de dos o más administraciones. Entre las que lo hacen parece haber un determinado patrón de comportamiento, desde arriba hacia abajo. Por ejemplo, cerca de un 63% de empresas con ayudas de la UE participó simultáneamente en programas del gobierno central; en



cambio sólo un 17% de las empresas con subvenciones estatales obtuvo fondos de la UE. Por lo que respecta a la financiación proporcionada por la UE y el gobierno regional, un 42% de las empresas con ayudas europeas recibió subvenciones del gobierno regional, mientras que un 18% con financiación autonómica participó en programas de la UE. En cuanto a la relación Estado-región, el 48% de las empresas con financiación estatal accedieron a programas regionales, mientras que un 30% de las que recibieron ayudas regionales participaron a su vez en programas estatales.

La tabla 23.2 muestra los resultados más relevantes de la estimación probit multivariante. Los valores en cada columna deben interpretarse como el efecto marginal que tiene un cambio en una característica determinada sobre la probabilidad de participar en un programa de I+D+i. Por ejemplo, si la empresa patenta, la probabilidad de participar en un programa de la administración central aumenta en un 7%, mientras que la probabilidad de participar en programas de la UE se incrementa en un 4%. Las medidas de correlación resultan significativas, lo cual sugiere la existencia de interdependencias entre tipologías de programas, el empleo adecuado de la estrategia de estimación propuesta, modelo probit multivariante (MPM) y la ineficacia de la estimación mediante modelos probabilísticos independientes (probits).

Los resultados sugieren que el efecto de la dimensión de la empresa varía según el tipo de programa. La probabilidad de recibir financiación europea y del Estado disminuye si una empresa es pequeña o mediana. Este resultado confirmaría la hipótesis acerca de la relación entre niveles de gobierno superiores y apoyo a proyectos de investigación e innovación de mayor escala. Por lo que respecta a los programas regionales, se obtienen indicios de que las empresas tienden a solicitar y obtener ayudas públicas independientemente de su tamaño. Una explicación de ello puede ser la falta de un patrón de ayudas homogéneo en virtud del alcance más amplio de los programas regionales.

Entre compañías nacionales y extranjeras se aprecian diferencias significativas. Las empresas con capital extranjero mayoritario son menos propensas a registrar una participación activa en cualquier tipo de programa. Ello se puede deber a que estas empresas solicitan fondos de innovación con menor regularidad o a que prefieren pedir fondos públicos en sus propios países. Una explicación alternativa tiene relación con las reglas de participación de cada programa y con la tendencia a favorecer a empresas nacionales.

Otra característica importante de los participantes son los recursos internos en prácticas innovadoras. Aquellas compañías con mayores recursos internos en I+D y con políticas de capacitación permanente para sus empleados, tienden a solicitar y a beneficiarse con mayor regularidad de cualquiera de las fuentes de financiación analizadas. De hecho, como se observa en la tabla 23.2, el desarrollo de I+D interna es el factor más importante asociado a la obtención de ayudas de la administración central. Las empresas que desarrollan I+D intramuros son un 16% más proclives a recibir ayudas financieras de la administración central. Este resultado corroboraría el acceso de empresas de base científico-tecnológica a las fuentes de financiación del Estado. Por otro lado, de una forma más general, justifica la necesidad de capacidad interna a la hora de identificar, solicitar y utilizar las opciones existentes de financiación pública.

> **Tabla 23.2.** Efecto estimado de ciertas características empresariales sobre la probabilidad de obtener apoyo financiero

Variable	Programas Administración Central (1)	Programas Administración Autonómica (2)	Programas Unión Europea (3)	Quinto y Sexto Programas Marco UE (4)	Otros Programas UE (5)
Pequeña	-0,09*** (0,02)	-0,01 (0,02)	-0,03*** (0,02)	-0,01** (0,01)	-0,01** (0,01)
Mediana	-0,04*** (0,02)	-0,01 (0,02)	-0,02*** (0,02)	-0,01** (0,004)	-0,01** (0,01)
Extranjera	-0,07*** (0,02)	-0,03** (0,02)	-0,021*** (0,02)	-0,01** (0,004)	-0,01** (0,01)
Patentes	0,07*** (0,04)	0,03 (0,03)	0,043** (0,04)	0,02** (0,01)	0,01 (0,01)
Otra protección	0,07** (0,04)	0,06 (0,04)	-0,01 (0,03)	0,004 (0,01)	0,001 (0,01)
I+D Interna	0,16*** (0,02)	0,07*** (0,01)	0,041*** (0,02)	0,03*** (0,01)	0,01** (0,01)
Formación	0,06*** (0,02)	0,03** (0,01)	0,021*** (0,02)	0,01*** (0,004)	0,01** (0,01)
Barreras	0,02 (0,02)	0,02* (0,01)	0,003 (0,02)	0,002 (0,004)	0,001 (0,01)
High tech	0,04 (0,03)	-0,03* (0,02)	-0,01 (0,02)	0,005 (0,01)	-0,01** (0,01)
Medium high tech	-0,01 (0,02)	-0,04** (0,02)	-0,014* (0,02)	0,004 (0,01)	-0,01** (0,01)

Tabla 23.2. (Continuación)

Variable	Programas Administración Central (1)	Programas Administración Autonómica (2)	Programas Unión Europea (3)	Quinto y Sexto Programas Marco UE (4)	Otros Programas UE (5)
<i>Medium low tech</i>	0,01 (0,03)	-0,03* (0,02)	-0,03*** (0,02)	-0,001 (0,01)	0,002 (0,01)
<i>High know</i>	0,07*** (0,03)	0,02 (0,02)	0,06*** (0,03)	0,07*** (0,02)	-0,01 (0,01)
<i>Low know</i>	-0,07*** (0,03)	-0,05*** (0,02)	0,003 (0,04)	0,01 (0,01)	0,01 (0,02)
<i>Science based</i>	-0,04 (0,05)	0,02 (0,05)	0,02 (0,04)	0,0001 (0,02)	0,001 (0,01)
Y=1	531	333	142	89	53
Verosimilitud logarítmica	-2.323			-2.351	-2.288
Test de Wald	428,7***			418,6***	360,7***
<b>&gt; Correlación entre variables</b>					
rho (1,2)	0,38***	rho (1,2)	0,38***	rho (1,2)	0,23***
rho (1,3)	0,41***	rho (1,4)	0,46***	rho (1,5)	0,18***
rho (2,3)	0,38***	rho (2,4)	0,28***	rho (2,5)	0,42***
LR chi2 (3)	165, 4		135,12		108,54

**Nota:** efectos marginales calculados después de estimar tres probits multivariantes. Se presenta el logaritmo de verosimilitud para cada uno de estos modelos y los efectos marginales consecutivos de las especificaciones 2 (V y VI PM) y 3 (otros programas europeos) (véase nota a pie de página 5). La intensidad del efecto se mide en una escala de 0 a 1. \*\*\* denota estadísticamente significativo al 1%; \*\* al 5%; \* al 10%. En paréntesis aparecen las desviaciones típicas asociadas a cada estimación. *Grande y Low tech* son las variables de referencia de tamaño y sector, respectivamente. Observaciones: 2.607.

**Fuente:** elaboración propia con datos de la EITE 2004.

Asimismo, se observa como el rol del conocimiento codificado varía según el programa. Las empresas con experiencia en la aplicación de patentes son más propensas a recibir financiación del Estado y del quinto y sexto programa marco de la Unión Europea; las empresas familiarizadas con otro tipo de protección intelectual (derechos de autor, marcas industriales, etc.) también tienden a obtener ayudas del gobierno central. En el caso de programas autonómicos y otros programas europeos, los métodos de protección intelectual no resultan determinantes significativos. Ello se puede deber a que la proximidad geográfica entre agencias públicas y empresas regionales mitiga el papel del conocimiento codificado como señal informativa. Otra ex-

plicación plausible es que los programas regionales están más bien relacionados con la financiación de innovación, mientras que aquellos de alcance nacional o programa marco se focalizan mayoritariamente en actividades científico-tecnológicas, las cuales derivan en más patentes. Finalmente, otra interpretación responde a la existencia de diferencias institucionales en las reglas de protección intelectual operantes de cada programa. Por su parte, los resultados referentes a otros programas europeos se pueden explicar por la naturaleza de innovación menos formal de sus participantes.

> **Tabla 23.3.** Efecto estimado de los programas públicos de I+D+i

Variable	Programas Administración Central	Programas Administración Autonómica	Programas Unión Europea	Quinto y Sexto Programas Marco UE	Otros Programas de la UE
Innovación de producto	0,05** (0,02)	0,08*** (0,03)	0,06 (0,04)	0,04 (0,05)	0,08 (0,06)
Innovación de proceso	0,02 (0,03)	0,05** (0,03)	-0,01 (0,04)	-0,05 (0,06)	0,06 (0,06)
Innovación organizativa	0,01 (0,03)	0,001 (0,03)	0,02 (0,04)	0,001 (0,06)	0,05 (0,07)
Innovación en comercialización	0,01 (0,03)	0,001 (0,03)	-0,07 (0,05)	-0,05 (0,06)	-0,11 (0,08)
Novedad mercado	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,04 (0,03)	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)
Novedad empresa	0,004 (0,02)	0,01 (0,02)	0,08*** (0,03)	0,05 (0,04)	0,13*** (0,05)
Cooperación Privada-Pública Nacional	0,16*** (0,02)	0,15 (0,03)			
Cooperación Privada-Pública Internacional	0,16*** (0,02)	0,15*** (0,03)			
Cooperación Horizontal Nacional	0,05*** (0,02)	0,05*** (0,02)			
Cooperación Horizontal Extranjera	0,04*** (0,01)	0,06*** (0,02)			
Cooperación Vertical Nacional	0,05*** (0,01)	0,05*** (0,05)			
Cooperación Vertical Extranjera	0,07*** (0,02)	0,034*** (0,021)			
Y=1	531	333	142	89	53

**Nota:** \*\*\* denota significativo al 1%; \*\* al 5%; \* al 10%. Observaciones: 2.607. En paréntesis aparecen las desviaciones típicas asociadas a cada estimación.

**Fuente:** elaboración propia con datos de la EITE 2004.

Por otro lado, se aprecian diferencias entre sectores de actividad. Los programas marco europeos y los de la administración central parecen ser de mayor atractivo para empresas de servicios de alta base tecnológica (*high know*) (por ejemplo, TICs, I+D). A pesar de los esfuerzos regionales en el fomento de una industria de servicios de alto contenido tecnológico, sobre todo en lo referente a las tecnologías de la información, los datos muestran que la financiación regional no va necesariamente dirigida a estos sectores. Asimismo, las empresas de sectores industriales con contenido tecnológico alto, medio-alto y medio-bajo son, en apariencia, menos proclives a solicitar y recibir ayudas de la administración autonómica.

Por último, un resultado interesante es el referente a las barreras a la innovación. Las empresas que perciben mayores desafíos a la hora de innovar en términos de financiación, costos excesivos e incertidumbre en la demanda, tienden a participar en programas regionales o locales. En contraste, los programas de la administración central y europeos no muestran un efecto significativo de esta variable. Este resultado puede estar indicando que el ámbito regional y local es más sensible a los obstáculos estructurales a la innovación. Sin embargo, al ser una variable de tipo cualitativa, la interpretación debe hacerse con cuidado.

La tabla 23.3 muestra el efecto estimado de las ayudas públicas sobre la propensión a desarrollar distintas modalidades de innovación y cooperación<sup>14</sup>. Las estimaciones indican que las ayudas de la administración autonómica y del Estado influyen positivamente en la decisión de realizar innovación de producto. En particular, si la empresa recibe ayudas autonómicas o locales, la probabilidad de empezar a desarrollar productos tecnológicamente distintos aumenta en 8 puntos; si la ayuda es de la Administración central, esta probabilidad aumenta en 5 puntos porcentuales<sup>15</sup>. Adicionalmente, los programas regionales contribuyen a la entrada en actividades de desarrollo de nuevos procesos. En contraste, los programas europeos no inciden significativamente en el cambio de comportamiento tecnológico de las

**Nota 14.** Asumimos que el desarrollo de proyectos de I+D+i y la concesión de ayudas son contemporáneos. Los proyectos subvencionados normalmente forman parte de la cartera de proyectos y de la línea de I+D+i de la empresa; en general, la obtención de ayudas contribuye a adelantar la ejecución de estas actividades.

**Nota 15.** Al ser el desarrollo de innovación una variable dicotómica con valor 0 o 1, el resultado debe interpretarse como el cambio de no hacer frente a hacer innovación de producto. Sucede lo mismo con las variables sobre innovación de proceso y de colaboración.

empresas. El efecto en la gestión y comercialización de innovación tampoco aparece afectado de forma significativa por ningún programa.

Las filas 5 y 6 muestran el impacto en la cifra de negocio de la introducción de nuevos productos y de procesos. Como se puede observar, solamente los participantes en otros programas europeos gozan de mayores ventas en virtud de innovaciones nuevas para la empresa. Por el contrario, no se registra ningún efecto positivo significativo en términos de innovaciones nuevas para el mercado. Este resultado confirma el efecto esperado de los programas europeos enfocados a la comercialización de innovaciones. Dado el tiempo entre descubrimiento y desarrollo de nuevos productos, y entre nuevos productos y comercialización, y dado el escaso desfase temporal entre ayudas públicas y las variables dependientes del modelo, no resulta sorprendente que los programas gubernamentales de la Administración central y los programas marco de la UE no se traduzcan en un impacto inmediato en las ventas derivadas de la innovación. Sin embargo, sí debe ser causa de atención que las empresas con ayudas públicas vean aumentadas sus ventas sólo por concepto de innovaciones incrementales y no de innovaciones radicales. Ello puede transformarse en un factor limitante del desarrollo en el medio-largo plazo, al restringir el surgimiento de nuevas industrias basadas en productos derivados de innovaciones disruptivas. Asimismo, puede especializar la trayectoria regional en su conjunto europeo en la producción de productos y procesos de menor valor añadido.

Por lo que respecta a la innovación sistémica, los resultados obtenidos coinciden con los de trabajos previos en adicionalidad de comportamiento [8, 21], demostrando una vez más la orientación correcta e integrativa de los programas domésticos en la promoción de I+D+i conjunta, en especial en países y regiones, como España, con bajos índices de cooperación. Como se puede observar, la obtención de ayudas públicas nacionales y regionales incrementa la probabilidad de colaboración con centros públicos de investigación en 16 y 15 puntos respectivamente. También aumentan otras formas de colaboración asimétrica (con clientes y proveedores) y colaboración simétrica (con competidores), fruto del soporte público nacional y autonómico, aunque en menor medida. Dado que no es posible conocer el ámbito geográfico de la colaboración a nivel regional, no pueden sacarse demasiadas conclusiones acerca del rol de las administraciones regional y locales en el fortalecimiento de redes industriales

locales. Sin embargo, los resultados parecen indicar que la Administración central y la autonómica están fomentando el establecimiento de vínculos de cooperación semejantes. Esto puede entenderse como la respuesta de las administraciones al fomento de la colaboración con más impedimentos para generarse en el mercado de forma espontánea (cooperación público-privada). Sin embargo, dada la importancia de la naturaleza privada de la innovación [28], también es importante no olvidar la colaboración entre empresas, sobre todo en lo referente a la colaboración con clientes y proveedores. Como apunta Lundvall [28], estos tipos de colaboración ayudan enormemente a la generación de nuevas ideas y productos, así como a asegurar el éxito de los productos en los mercados.

## **6. Conclusiones**

De acuerdo con el carácter sistémico y social de la innovación, diversos expertos han puesto de manifiesto la necesidad de revisar el marco analítico dominante en la evaluación de políticas y programas de I+D+i [38, 19, 26]. A pesar de tal tendencia, pocos trabajos empíricos han adoptado un enfoque multidimensional a la hora de definir tendencias y políticas de apoyo público a la innovación empresarial. El presente capítulo contribuye en esta dirección al tratar la problemática específica del apoyo público a la I+D+i empresarial. A partir de una muestra amplia de empresas catalanas, el objetivo del capítulo es entender mejor las relaciones existentes entre administraciones nacional, subnacional y supranacional en la provisión de recursos públicos a la I+D+i del sector privado. Los resultados obtenidos apuntan hacia la existencia de ciertas complementariedades entre programas de distintos niveles gubernamentales, así como las distintas funciones (extensiva e intensiva) de los mismos. Asimismo, sugieren la presencia de algunas disfuncionalidades, tales como la falta de un patrón claro de ayudas a las empresas más pequeñas y a sectores industriales estratégicos. Los resultados también señalan la necesidad de avanzar hacia la colaboración interempresarial. Las implicaciones relacionadas con políticas públicas son múltiples. Primero, la diversidad de empresas coexistentes en un territorio (altamente innovadoras, innovadoras pasivas, imitadoras, no innovadoras) sugiere la implementación de un sistema de ayudas públicas integral que incluya

(y no excluya) a aquellas empresas menos aventajadas. La puesta en práctica de acciones distributivas por parte de la administración regional es necesaria para contrarrestar la tendencia de las ayudas de administraciones de nivel superior hacia la profundización de las capacidades de innovación tecnológica existentes. El rol de los programas regionales como catalizadores de actividad innovadora en fase embrionaria, debe complementar la especialización y la ventaja comparativa de los niveles nacional y europeo en el fomento de actividades con derrames tecnológicos significativos. En regiones de media capacidad innovadora, los programas de decisión regional deberían ser aquellos que reciban mayor promoción en virtud de su efecto catalizador y foco geográfico. Segundo, la especialización por niveles gubernamentales debe ir acompañada de mayor coordinación vertical y mayor territorialización de las políticas nacionales e internacionales. La generación de conocimiento e innovaciones necesita de un sistema de financiación público eficaz y bien articulado horizontal y verticalmente. De otro modo el impacto de las ayudas puede ser limitado e incluso perjudicial para el desarrollo de trayectorias tecnológicas altamente innovadoras. Puesto que clientes y proveedores son fuentes de nuevas ideas [28] y puesto que muchas empresas no disponen de suficiente masa crítica para innovar, sería conveniente estimular las formas de aprendizaje y conocimiento basadas en la colaboración privada-privada y expuestas a errores de mercado. Tercero, para entender mejor las complementariedades y solapamientos entre programas de distintos ámbitos públicos, es necesario seguir avanzando en la construcción de un sistema de evaluación que considere los posibles impactos organizativos de los programas públicos. El desarrollo de nuevos conceptos e indicadores en la medición de la innovación debe traducirse también en la evaluación y diseño de políticas. El estudio de los efectos -deseados y no deseados, directos e indirectos- en las múltiples fases del proceso de innovación, debe estar presente tanto en las evaluaciones sistemáticas de las políticas de innovación como en el planteamiento de nuevos instrumentos de política económica. Para realizar esta tarea, es imprescindible disponer de más información sobre las características estructurales y geográficas de los participantes en los programas públicos de las distintas administraciones.



## Referencias

- [1] Bacaria, J.; Borrás, S.; Fernández-Ribas, A. (2002): «Public action and innovation-support institutions in new technological agglomerations: the case of the Vallès Occidental County», *European Urban and Regional Studies*, 9(4), pp. 283-296.
- [2] Bacaria, J.; Borrás, S.; Fernández-Ribas, A. (2004): «The changing institutional structure and performance of the Catalan Innovation System», en Braczyk, H.-J.; Cooke, P.; Heidenreich, M. (eds.), *Regional Innovation Systems: the Role of Governances in a Globalized World*, 2.ª ed., pp. 63-90, Taylor & Francis, Londres.
- [3] Biegelbauer, P. S.; Borrás, S. (eds.) (2003): *Innovation Policies in Europe and the US: the New Agenda*, Ashgate, Burlington, VT.
- [4] Blanes, J. V.; Busom, I. (2004): «Who participates in R&D subsidy programs? The case of Spanish manufacturing firms», *Research Policy*, 33(10), pp. 1.459-1.476.
- [5] Borrás, S. (2003): *The Innovation Policy of the EU: From Government to Governance*, Edward Elgar, Cheltenham.
- [6] Bozeman, B.; Hardin, J.; Link, A. N. (2008): «Barriers to the Diffusion of Nanotechnology», *Economics of Innovation and New Technology*, 17, pp. 749-761.
- [7] Busom, I.; Fernández-Ribas, A. (2007): «Do R&D programs of different government levels overlap in the European Union?», *Working paper series*, 29, Instituto de Estudios Fiscales, Ministerio de Economía y Hacienda.
- [8] Busom, I.; Fernández-Ribas, A. (2008): «The impact of participation in R&D programs on R&D partnerships», *Research Policy*, 37(2), pp. 240-257.
- [9] Cappellari, L.; Jenkins, S. P. (2003) : «Multivariate probit regression using simulated maximum likelihood», *The State Journal*, 3 (3), pp. 278-294.
- [10] Coburn, C. M.; Brown, D. M. (1998): «State governments: partners in innovation», en Branscomb, L. M.; Keller, J. H., (eds.), *Investing in Innovation*, MIT Press, Cambridge.
- [11] Cooke, P.; Boekholt, P.; Tödtling, F. (2000): *The Governance of Innovation in Europe*, Pinter, Londres y Nueva York.
- [12] Duguet, E. (2004): «Are R&D subsidies a substitute or a complement to privately funded R&D? Evidence from France using propensity score methods for non-experimental data», *Revue d'Economie Politique*, 114(2), pp. 263-292.
- [13] European Communities (EC) (2004): *Innovation in Europe. Results for the EU, Iceland, and Norway*, Luxemburgo.
- [14] Eustat (2006): *Resultados de la encuesta tecnológica en las empresas 2004*, nota de prensa de 30/01/2006.
- [15] Feldman, M.; Link, A. (eds.) (2001): *Innovation Policy in the Knowledge Based Economy*, Kluwer Academy Press, Norwell, Massachusetts.
- [16] Feldman, M. P.; Kelley, M. R. (2002): «How states augment the capabilities of technology-pioneering firms», *Growth and Change*, 33(2), pp. 173-195.

- [17] Feldman, M. P.; Kelley, M. R. (2003): «Leveraging research and development: assessing the impact of the U.S. Advanced Technology Program», *Small Business Economics*, 20(2), pp. 153-165.
- [18] Feldman, M. P.; Kelley, M. R.; Schaff, J.; Farkas, G. (2000): *Reinforcing Interactions between the Advanced Technology Program and State Technology Programs*, 2, NISTIR 6523, National Institute of Standards and Technology.
- [19] Feller, I. (2007): «Mapping the frontiers of evaluation of public-sector R&D programs», *Science & Public Policy*, 34(10), diciembre, pp.681-690.
- [20] Fernández-Ribas, A. (2003): «El model d'innovació català», en *Documents de Reflexió Estratègica*, 6-1, Pla Governamental CAT21, Departament de la Presidència, Generalitat de Catalunya.
- [21] Fernández-Ribas, A.; Shapira, P. (2009): «The role of national innovation programs in stimulating international cooperation in innovation», *International Journal of Technology Management*, 48(4), pp. 473-498.
- [22] Fernández-Ribas, A. (2009): «Public support to private innovation in multi-level governance systems: an empirical investigation», *Science and Public Policy*, 36(6), pp. 457-467.
- [23] González, X.; Pazó, C. (2008): «Do public subsidies stimulate private R&D spending?», *Research Policy*, 37(3), pp. 371-389.
- [24] Jarmin, R. S. (1999): «Evaluating the impact of manufacturing extension on productivity growth», *Journal of Policy Analysis and Management*, 18(1), pp. 99-119.
- [25] Kaiser, R. (2003): «Multi-level science policy and regional innovation: the case of the Munich cluster for pharmaceutical biotechnology», *European Planning Studies*, 11(7), pp. 841-857.
- [26] Laranja, M.; Uyarra, E.; Flanagan, K. (2008): «Policies for science, technology and innovation: translating rationales into regional policies in a multi-level setting», *Research Policy*, 37, pp. 823-835.
- [27] Lerner, J. (1999): «The government as venture capitalist: the longrun impact of the SBIR program», *Journal of Business*, 72(3), 285-318.
- [28] Lundvall, B.-A. (ed.) (1992): *National systems of innovation*, Pinter.
- [29] Morgan, K. (1997): «The learning region: institutions, innovation and regional renewal», *Regional Studies*, 1360-0591, 3(5), pp. 491-503.
- [30] OCDE (2003): *Science, Technology and Industry Scoreboard*, OCDE, París
- [31] Oates, W. E. (ed.) (1998): *The Economics of Fiscal Federalism and Local Finance*, Edward Elgar, Cheltenham, Reino Unido.
- [32] Olazarán, M.; Gómez Uranga, M. (eds.) (2001): *Sistemas regionales de innovación*, Editorial Universidad del País Vasco.
- [33] Ruegg, R.; Feller, I. (2003): *A toolkit for evaluating public R&D investment models, methods, and findings from ATP's first decade*, National Institute of Standards and Technology.
- [34] Sanz Menéndez, L.; Cruz Castro, L. (2005): «Explaining the science and technology policies of regional governments», *Regional Studies*, 39(7), pp. 939-954.

- [35] Schachtel, M. R. B.; Feldman, M. P. (2000): *Reinforcing Interactions between the Advanced Technology Program and State Technology Programs*, 1, NIST GCR 00-788, National Institute of Standards and Technology.
- [36] Shapira, P.; Kuhlman, S. (Eds.) (2003): *Learning from Science and Technology Policy Evaluation: Experiences in the United States and Europe*, Edward Elgar, Cheltenham, Reino Unido.
- [37] Van der Horst, A.; Lejour, A.; Straathof, B. (2006): «Innovation policy: Europe or the member states?», *CPB Document*, 132.
- [38] Vonortas, N. S.; Stampfer, M.; Zinöcker, K. (2007): «Evidence never lies. Introduction to a special issue on New Frontiers in Evaluation», *Science and Public Policy*, 34(10), pp. 679-680.
- [39] Wallsten, S. (2000): «The effects of government-industry R&D programs on private R&D: the case of the Small Business Innovation Research program», *RAND Journal of Economics*, 31, pp. 82-100.
- [40] Zucker, L. G.; Darby, M. R. (2003): «Measuring success of advanced technology program participation using archival data», *NBER Working Paper*, W9780, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.



# *Centros tecnológicos y política de innovación*

> **Andrés Barge Gil**

Universidad Complutense de Madrid

> **Aurelia Modrego Rico**

Universidad Carlos III de Madrid

## ***1. Introducción***

En los últimos años se ha constatado la existencia de un interés creciente por las relaciones que las empresas establecen con otras organizaciones de su entorno a la hora de llevar a cabo procesos de innovación. Dicho interés, procedente de diferentes ámbitos –empresarial, académico y sector público– está motivado por el creciente reconocimiento de que la competitividad de las organizaciones está relacionada con su capacidad innovadora, que depende en gran medida de su habilidad para emplear el conocimiento existente en otras organizaciones.

En el caso español, una de estas organizaciones son los centros tecnológicos (CT). Los CT son entidades de innovación y tecnología sin fines de lucro que tienen como misión contribuir al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad competitiva de las empresas que actúan en territorio español. Para ello, prestan una amplia variedad de servicios tecnológicos, como servicios de ensayo y análisis u homologaciones, actividades de formación, asesoramiento en estrategia

tecnológica y gestión de la innovación, diagnósticos científicos y tecnológicos, y realización de investigación aplicada y desarrollo tecnológico.

La FEDIT (Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología), en 2008, está integrada por 66 centros tecnológicos que dan servicio a más de 25.000 empresas cliente, con una plantilla que supera los 5.500 trabajadores. Por otro lado, el registro de centros de innovación y tecnología (CIT), del Ministerio de Ciencia e Innovación, en junio de 2008, tenía registradas 100 entidades.

Este tipo de organizaciones existen en la gran mayoría de los países avanzados, recibiendo distintas denominaciones como *Research and Technology Organisations* (RTO), *Research and Technology Institutes* (RTI) o *Technology Centres* (TC). Sin embargo, cuando se trata de establecer comparaciones entre ellos, es preciso tener en cuenta que en cada uno de los países han adoptado unas características específicas que repercuten en su actividad y en los resultados obtenidos. Tal vez los que han alcanzado mayor repercusión sean los Fraunhofer Gesellschaft, en Alemania; en el ámbito europeo también cabe destacar los SINTEF en Noruega, los TNO en Holanda, los VTT en Finlandia, los Centros de Servicios Reales en Italia y los CTI en Francia. En Japón, los Kosetsushi Centres han sido y son organizaciones muy relevantes para el apoyo tecnológico a las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) [15]. En Estados Unidos, a pesar de que el papel de las universidades como socios tecnológicos del sector empresarial ha sido más activo que en Europa, también han surgido organizaciones con ciertos paralelismos con los CT, como es el caso de los *Manufacturing Extension Centres*<sup>1</sup>.

Una cuestión que hay que resaltar es la complementariedad del papel de los CT en relación con las universidades, debido en gran medida a la diferencia que existe en sus capacidades pero también a que su público objetivo es muy diferente. Concretamente, los CT tienen una mayor preparación para acercarse a aquellas empresas que tienen un bajo nivel de innovación debido a sus menores capacidades internas (muchas de ellas son PYMEs) y están más orientadas hacia el desarrollo tecnológico y no tanto hacia la investigación;

**Nota 1.** Aunque cabe señalar que los Manufacturing Extension Centres adoptan con mucha mayor frecuencia que los CT un papel de intermediarios, ya que su capacidad tecnológica propia es reducida y se apoyan con gran frecuencia en otros proveedores de conocimiento [34]. Para un repaso más amplio de las infraestructuras de provisión de tecnología a las empresas desde una perspectiva internacional, véase COTEC [5].

esta situación propicia que los CT se conviertan en socios muy relevantes para este tipo de empresas, ya que poseen las capacidades tecnoeconómicas necesarias para dar servicio a sus demandas. Por el contrario, las capacidades de la universidad son principalmente tecnocientíficas, por lo que se hallan a gran distancia cognitiva de este tipo de empresas [3].

Esta situación viene refrendada por los datos de la Encuesta de Innovación del Instituto Nacional de Estadística de España (INE) para el periodo 2003-2007, que ponen de manifiesto la gran importancia que los CT tienen en el sistema español de innovación, al ser el tercer tipo de organización que, con mayor frecuencia, las empresas industriales eligen para cooperar en materia de innovación. Solamente los proveedores y las universidades, por este orden, son preferidos a los centros, figurando éstos en el *ranking* de preferencias empresariales por delante de otras organizaciones como clientes, otras empresas del grupo, competidores, expertos y empresas consultoras, laboratorios comerciales o empresas de I+D y organismos públicos de investigación.

En este capítulo se pretende ofrecer datos que ponen de manifiesto el papel relevante que desempeñan los CT españoles como instrumentos de política de innovación. En concreto, se va a examinar si los CT constituyen un instrumento de política de innovación acorde a los argumentos esgrimidos por los autores de las corrientes neoclásica y evolucionista<sup>2</sup>.

La muestra que se va a emplear comprende 43 CT ubicados en Galicia, el País Vasco y la Comunidad Valenciana. Los datos de estas organizaciones se han obtenido por una triple vía. En primer lugar, la información acerca de todos los CT del País Vasco y la Comunidad Valenciana, así como la de 3 de los CT gallegos, se ha conseguido a través de un cuestionario enviado a dichos CT en los meses de junio y julio del año 2001. En el marco de dicha encuesta se consideró que la población objetivo estaba formada por los CT inscritos en aquel momento en la Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDIT) o en el registro de Centros de Innovación y Tecnología (CIT), actualmente gestionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Estos datos se han completado con el envío de un cuestionario resumido a organizaciones gallegas que no cumplían estos requisitos,

**Nota 2.** Para una comparación de los supuestos básicos de ambas perspectivas y de los antecedentes, retos y controversias del enfoque evolutivo, véase Barge et al. [2].

pero que en la práctica funcionaban de forma similar a los CT, en los meses de febrero y marzo de 2002. Finalmente, se han realizado cinco entrevistas personales con directores de estas organizaciones gallegas entre los meses de junio y septiembre de 2002.

El capítulo se organiza de la siguiente manera: en el segundo apartado se hace una revisión de los objetivos que, tanto desde la perspectiva teórica neoclásica como desde la evolucionista, debería plantearse una política de innovación; en el tercer apartado se formulan algunas hipótesis sobre el papel que los CT podrían desempeñar en relación con los objetivos definidos previamente; en el cuarto, se confrontan las hipótesis enunciadas con los datos disponibles acerca de las características de los CT analizados. Para finalizar, en el último apartado, se discuten los resultados obtenidos y se ofrecen las principales conclusiones.

## ***2. Justificaciones y objetivos de la política de innovación***

### **2.1. El enfoque neoclásico**

En el marco neoclásico se considera que el objetivo de la economía es la asignación eficiente de recursos escasos que, bajo determinadas condiciones, está garantizada por el libre funcionamiento del mecanismo de mercado. Sin embargo, cuando no se dan esas condiciones, este mecanismo plantea una serie de problemas y la asignación resulta ineficiente. Se dice entonces que existe un fallo de mercado.

En el ámbito de la ciencia y la tecnología, la teoría neoclásica identifica algunos fallos de mercado que provocan que la asignación de recursos a estas actividades no sea la adecuada [1]. Entre los más relevantes se pueden citar los problemas de apropiabilidad, imperfecciones en la información, indivisibilidades e incertidumbre. Desde este punto de vista, el libre funcionamiento del mecanismo de mercado tendría efectos no deseados en la asignación de recursos a actividades generadoras de tecnología, denominadas como «oferta tecnológica» [24].

La teoría neoclásica se halla muy centrada en el problema de la apropiabilidad [25, 12]. Los fallos en la apropiabilidad de los resultados derivados de las actividades científico-técnicas se producen porque ciertos retornos de la inversión realizada no pueden ser capturados en su totalidad por el inversor, pudiéndose beneficiar otros agentes.



Puesto que los beneficios privados son menores que los sociales, los incentivos de los agentes privados para invertir no son suficientes para asignar a dichas actividades la cantidad de recursos socialmente óptima [1] y, por tanto, se planteará un problema de «subinversión» en investigación y desarrollo (I+D).

El segundo problema está relacionado con la ausencia o el mal funcionamiento de los mercados donde se producen intercambios de información. Las características de intangibilidad del producto intercambiado pueden plantear situaciones en las que las empresas no llegan a tener un conocimiento completo del conjunto de posibilidades de mejora en su proceso productivo que tienen a su alcance porque su capacidad de elegir óptimamente los recursos que asignan a cada actividad es muy limitada.

El tercer problema se refiere a la existencia de indivisibilidades e incertidumbre en los procesos de innovación y aprendizaje, que es lo mismo que decir que no es rentable invertir «un poco» con el fin de aprender «un poco» y, por el contrario, puede compensar invertir «bastante» para aprender «bastante» [6]. Este fallo de mercado genera asimetrías en los procesos de innovación que afectan a las empresas pequeñas en mayor medida que a las grandes empresas.

El cuarto fallo de mercado está relacionado con la incertidumbre, que crea importantes problemas en el proceso de asignación de recursos y da lugar a que las decisiones de inversión y producción de los agentes se vean en gran medida condicionadas por las de asunción de riesgos, lo que se traduce en una inversión y producción considerablemente menores que la eficiente [12]. Este problema se agrava si se tiene en cuenta que no existe un mecanismo adecuado para asegurarse contra los riesgos asociados a este tipo de actividades.

Para una correcta interpretación de estos problemas, es conveniente señalar que la aproximación neoclásica está muy influenciada por la visión de la innovación como un proceso lineal [17], que supone que las actividades de generación de ciencia tienen un impacto inmediato en la generación de tecnología, que, a su vez, se materializa en un producto comercializable de forma relativamente sencilla. Desde esta perspectiva, no se considera ningún mecanismo de retroalimentación del proceso ni se tienen en cuenta las dificultades que plantea el paso de una etapa a la siguiente.

## 2.2. El enfoque evolucionista

En el ámbito de la política de innovación, la economía evolucionista critica el enfoque de los fallos de mercado. Nelson y Soete [29] consideran que el concepto de equilibrio empleado por los neoclásicos, de marcado carácter estático, es esencialmente inválido al no considerar el dinamismo intrínseco al proceso de innovación. En cualquier proceso de cambio tecnológico, los fallos de mercado están en todas partes (son la norma, no la excepción) y, por tanto, no resultan útiles como instrumento de análisis. De esta manera, resulta preciso abandonar la definición de un óptimo y sustituirla por la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones.

Metcalfe [20] considera fundamental el papel que desempeña la incertidumbre en el proceso de innovación. La incertidumbre influye en dicho proceso y, a su vez, es generada por él. Este fenómeno, unido a la inexistencia de mercados de información, resulta esencial para explicar el cambio tecnológico. De hecho, la presencia de asimetrías de información es una condición necesaria para la creación de conocimiento tecnológico [7], por lo que resulta contradictorio considerarlas como un fallo del mercado. Una información disponible para todos los agentes no ofrece oportunidad de beneficio a ninguno [33]; es preciso que haya situaciones diferentes para que tenga sentido innovar.

Desde este punto de vista, parece evidente que la teoría neoclásica recoge como una excepción elementos que están constantemente presentes en la economía. En realidad, detrás de estas ideas se encuentra una incompatibilidad entre el concepto de óptimo de Pareto y el proceso de innovación tal como se da en la realidad. De hecho, el progreso tecnológico sólo puede tener lugar en un mundo ineficiente desde el punto de vista neoclásico.

En lo referente a la política de innovación, los autores evolucionistas indican que ésta debería centrarse en la forma de «dialogar» con el cambio técnico y en su adaptación a él [28]. Por su parte, Mowery y Rosenberg [25] resaltan que para que la política de innovación sea efectiva, ha de actuar no sólo en el proceso de generación de tecnología, sino también en la difusión y utilización de sus resultados. En otras palabras, las políticas de «oferta» deben complementarse con políticas de adopción o «demanda».

Estos autores suelen defender la intervención indirecta del Estado (creación de entorno) y criticar las intervenciones directas (selección de tecnologías) Estas últimas políticas podrían fallar igual

que lo hacen las estrategias tecnológicas de las empresas [20], e implicarían aceptar que el Estado tiene mayor conocimiento sobre el futuro del sistema que los agentes privados.

Uno de los objetivos fundamentales de las políticas de innovación debería estar orientado al fomento de la creatividad de las empresas y de las demás organizaciones del sistema [20], así como al desarrollo de las capacidades internas de las empresas que, sin duda, influiría de forma positiva en los procesos de difusión [12]. Todo esto sin olvidar otro objetivo central: el fomento de variedad, ya que ésta es la impulsora de los procesos dinámicos de innovación [19, 20] y un mecanismo social para reducir la incertidumbre [35].

Una de las cuestiones de gran relevancia destacada por Metcalfe [20] es que los patrones de innovación tecnológica dependen de algo más que el comportamiento de las empresas individuales y de otros agentes, por lo que es preciso pensar en términos de sistema de innovación. Este planteamiento implica la integración de todos los elementos de nuevo conocimiento desarrollados en diferentes esferas del sistema de innovación [8]; esto requiere una articulación del sistema y un fomento de la conectividad entre los elementos que lo forman [31]. En este sentido, es cierto que las características de los componentes del sistema son muy importantes, pero todavía lo son más los flujos que se establezcan entre ellos.

Otros autores próximos a la corriente evolucionista [16, 11] han prestado especial atención al papel que desempeñan las infraestructuras tecnológicas en el sistema. Su argumento es que, en último término, no es un fallo del mercado sino la ausencia del mismo lo que provoca que haya que emplear mecanismos diferentes para lograr casar necesidades y capacidades. Cuando las necesidades se pueden concretar en demandas y las capacidades en ofertas, el mercado puede ser un buen mecanismo de coordinación. Si no se cumplen estos requisitos hay que buscar otros mecanismos que permitan la adecuación entre ambas, lo que deja un espacio para la intervención pública.

En el caso de las actividades tecnológicas, en muchas ocasiones no se cumplen estos requisitos. Por un lado, la falta de un mercado de información sobre las capacidades existentes provoca que no se puedan definir adecuadamente las necesidades. Por otro lado, aun existiendo (y conociendo) la información relevante sobre las capacidades, es necesaria la coordinación del esfuerzo de muchos agentes para llegar a la definición de las necesidades relevantes para las empresas de un

territorio. Esta definición es un proceso colectivo que debe ser coordinado y que comprende no sólo a agentes empresariales, sino también a las administraciones y representantes de otras organizaciones. Resulta de vital importancia desarrollar estrategias consensuadas a partir de discusiones entre todos los actores relevantes [31].

Parece evidente que detrás de estas ideas de política subyace una visión del proceso de innovación diferente a la neoclásica. La aportación fundamental de los evolucionistas es que dicho proceso, por su propia naturaleza, está repleto de interacciones múltiples que, desde el punto de vista de la actuación política, es preciso gestionar de forma sistémica. Gran parte del conocimiento es tácito (difícil de codificar y de transmitir), acumulativo (dependiente de la experiencia pasada) y específico a cada individuo u organización.

### ***3. Hipótesis acerca del papel de los CT como instrumentos de actuación pública en los sistemas regionales de innovación***

#### **3.1. Los CT y el enfoque neoclásico**

Desde el punto de vista neoclásico, la utilización de los CT como instrumento de política de innovación podría justificarse en la medida que sean capaces de contribuir a corregir los fallos de mercado relacionados con la apropiabilidad, la información, las indivisibilidades y la incertidumbre.

Los problemas en la apropiabilidad pueden desincentivar a las empresas clientes de un centro tecnológico para llevar a cabo investigación por sí mismas, ya que parte de los retornos de esa inversión serán capturados por sus rivales, por lo que la inversión en investigación será menor que la deseada desde el punto de vista social. En este caso, la existencia de un CT puede contribuir a reducir esa diferencia entre la inversión realizada y la considerada como óptima.

La búsqueda por parte de las empresas de la información relevante para llevar a cabo sus actividades de innovación presenta elevados costes e incertidumbre acerca de su validez, por lo que la decisión de no llevarla a cabo podría justificarse desde el punto de vista individual. La actuación de los CT como suministradores de información a las empresas acerca del estado actual de la tecnología puede ayudar a paliar las carencias originadas por un mercado inexistente.

La indivisibilidad del gasto en investigación y desarrollo afecta principalmente a las PYMEs ya que este gasto produce resultados a partir de una masa crítica a la que es improbable que llegue cada PYME de forma individual. Una forma de solventar este problema consiste en la creación de una organización independiente al servicio de todas ellas que se encargue de generar conocimiento. Se trata de una forma de cooperación para superar las desventajas del tamaño. Los CT pueden ser, en muchas ocasiones, este tipo de organización. Por lo que respecta a la incertidumbre, factor condicionante en la decisión de iniciar un proceso de búsqueda de información o de nuevo conocimiento y que afecta principalmente a las PYMEs, tanto los centros como otros agentes pueden ser un mecanismo social que contribuya a reducir sus efectos.

### **3.2. Los CT y el enfoque evolucionista**

Desde la perspectiva evolucionista, los CT pueden ser interpretados como una intervención dirigida a la creación de entorno. Además de la posible actuación pública relacionada con la creación de un centro tecnológico, siempre se encuentra, de forma más o menos implícita, la contribución del sector privado. Algunos de los centros atienden a sectores económicos concretos, en todo el espectro tecnológico de los mismos, mientras que otros se orientan hacia tecnologías específicas que pueden ser aplicadas en varios sectores de la economía.

Los CT tienen una doble tarea: llevar a cabo de actividades de I+D y potenciar la transferencia de tecnología. En este sentido, son instrumentos de política de innovación enfocados no sólo a la oferta sino también a la colaboración para la adopción de tecnologías por parte de las empresas. De esta forma, responden a la concepción evolucionista de que ambas políticas deben estar fuertemente interrelacionadas, aunque en ocasiones, y dependiendo de la situación, pueden darle más peso a una o a otra. Asimismo, los CT pueden constituir una herramienta muy útil para el fomento de la creatividad de las organizaciones que componen el sistema y para la conservación y generación de variedad en el sistema productivo al que prestan servicios, debido a su amplio alcance.

El hecho de que la innovación se conciba como un proceso esencialmente interactivo otorga gran importancia a los flujos de conocimiento entre los distintos agentes, motivo por el cual otro de los objetivos

de la política de innovación consiste en facilitar la conectividad entre ellos. En este sentido, los CT pueden ser un elemento esencial para fomentar y catalizar las relaciones entre los distintos agentes del sistema, y llegar a ser un lugar de encuentro de los distintos agentes públicos y privados.

## ***4. Evidencia empírica***

### **4.1. Los CT como instrumentos de actuación pública desde un punto de vista neoclásico**

En este epígrafe evaluaremos la respuesta de los CT analizados a los fallos de mercado destacados por los autores neoclásicos. Con este objetivo, y a partir de la información disponible, se han definido algunos indicadores (tabla 24.1), con el fin de averiguar si los CT analizados contribuyen a solventar los problemas relativos a la apropiabilidad imperfecta, la ausencia o mal funcionamiento de los mercados de información, las indivisibilidades y la incertidumbre.

En primer lugar, para examinar si los problemas de apropiabilidad se reducen con la presencia de CT, se utilizan tres indicadores: (i) el peso de los ingresos de I+D sobre los ingresos por actividades; (ii) el porcentaje del personal que se dedica a actividades de I+D y (iii) el volumen de I+D que se ha contratado a los CT.

En segundo lugar, para analizar si están ocupando un espacio no cubierto por el mercado, se emplean otros tres indicadores: (i) el grado de competencia percibido por los CT; (ii) la naturaleza de sus competidores y (iii) su poder de mercado. Estos indicadores han sido seleccionados considerando que la ausencia de competencia y, por tanto, la existencia de poder de mercado podrían interpretarse como indicios de que los CT están ocupando un espacio que el mercado no logra cubrir y, por tanto, contribuyen a solventar este problema.

En tercer lugar, se considera que los CT favorecen la solución de los problemas de indivisibilidad a través de la prestación de servicios tecnológicos a las PYMEs. Los indicadores utilizados serán el número de PYMEs clientes y su peso en relación con el total de clientes de los CT.

Por último, existen varias formas a través de las cuales los CT pueden ayudar a reducir la incertidumbre que sufren las empresas. Una de ellas sería ocupar el vacío que no alcanza a cubrir el mercado de

servicios tecnológicos y otra promover la colaboración entre agentes como mecanismo social para reducir la incertidumbre. El primer aspecto se analizará al estudiar el segundo fallo de mercado, mientras que el segundo aspecto se tratará al analizar si los CT responden a los objetivos enunciados por los autores evolucionistas.

> **Tabla 24.1.** *Indicadores utilizados para estudiar si los CT cumplen los objetivos de la política de innovación desde el punto de vista neoclásico*

Fallos de mercado	Indicadores
Apropiabilidad imperfecta	Gasto en I+D Personal en I+D Importe de los contratos de I+D con empresas
Ausencia de mercado de información bien definido	Competencia percibida por los CT Agentes con los que compiten Poder de mercado
Existencia de indivisibilidades	Número de PYMEs clientes % de PYMEs sobre total de clientes
Existencia de incertidumbre	Relacionado con la ausencia de un mercado de información bien definido y con la necesidad de esfuerzos colectivos (véase el siguiente apartado). No hay más indicadores disponibles

Fuente: elaboración propia.

**4.1.1. Apropiabilidad.** Los problemas de apropiabilidad provocan que la asignación por parte de agentes privados a actividades de I+D sea inferior a la asignación socialmente óptima. En este sentido, la actuación de los CT contribuye a reducir la diferencia entre la inversión en I+D de los agentes de una economía y la socialmente óptima en la medida que llevan a cabo actividades de I+D. De hecho, estas actividades son las que generan un mayor volumen de ingresos (el 63% de los ingresos por actividades del año 2000 se refieren a proyectos de I+D), y ocupan a algo más de la mitad de la plantilla (tablas 24.2 y 24.3). Durante el año 2000, estas cifras fueron de 1.493 personas dedicadas a actividades de I+D y de 88,5 millones de euros de ingresos por esta actividad. De ellos, 46,8 millones de euros fueron financiados públicamente mediante fondos competitivos y no competitivos, mientras que los 41,7 millones de euros restantes se obtuvieron a través de contratos con el sector privado. Esto quiere decir que por cada

euro empleada por el sector público en financiar la I+D de los CT, las empresas contrataron a dichos CT 0,89 euros en actividades de I+D<sup>3</sup>.

En este caso destacan los CT del País Vasco, con unos ingresos por actividades relacionadas con proyectos de I+D del 80% y un 72% de su plantilla dedicado a estas actividades. Si además se tiene en cuenta que los centros vascos son los de mayor tamaño, tanto en ingresos como en plantilla, el resultado es que el volumen de recursos destinados a I+D por estos centros es muy superior al de las otras dos CCAA; aunque tanto los CT gallegos como los valencianos realizan actividades de I+D, lo hacen con menor volumen y también con menor intensidad. En las tablas 24.2 y 24.3 se puede ver que los CT gallegos obtienen de la I+D el 56% de sus ingresos por actividades y los CT valencianos, el 53%, empleando respectivamente al 37% y 43% de su plantilla en estas tareas.

> **Tabla 24.2.** *Ingresos por actividades de los CT analizados. 2000*

	I+D	Servicios técnicos	Asesoramiento y consultoría	Formación y difusión	Otros
Galicia	55,81%	23,07%	6,84%	8,66%	4,88%
País Vasco	79,65%	7,69%	8,56%	2,68%	1,63%
Comunidad Valenciana	53,11%	15,20%	18,90%	10,13%	2,68%
Total	63,44%	14,67%	11,81%	7,16%	2,91%

Fuente: elaboración propia (N=43).

> **Tabla 24.3.** *Actividades de los Recursos Humanos*

	I+D	Servicios técnicos	Formación	Servicios generales
Galicia	36,96%	32,37%	2,01%	30,00%
País Vasco	71,98%	12,46%	1,96%	13,60%
Comunidad Valenciana	43,14%	34,09%	4,73%	18,04%
Total	52,14%	25,67%	2,99%	19,55%

Fuente: elaboración propia (N=43).

**Nota 3.** Este resultado no puede interpretarse como un efecto de adicionalidad. Para determinar este tipo de efectos se requeriría un análisis mucho más amplio, capaz de solventar los problemas de atribución del gasto a la relación con el CT.



**4.1.2. Ausencia de un mercado de información bien definido.** Las imperfecciones en la información provienen de la ausencia o el escaso desarrollo de un mercado de información que, en términos neoclásicos, puede llevar a las empresas a desconocer el conjunto de posibilidades que tienen a su alcance para desarrollar y mejorar su proceso productivo. Una prueba indirecta de que este problema está presente en el entorno productivo de las CCAA estudiadas podría ser la falta de competencia que perciben los CT y, sobre todo, que dicha competencia provenga principalmente de otros CT y de las universidades (tablas 24.4 y 24.5). El 72% de los CT afirma ser líder de su mercado y el 17% afirma ser monopolista, mientras que las organizaciones consideradas como competidoras son otros CT (63% de los casos), universidades (47%), Organismos Públicos de Investigación (OPIs) (32%) y, en último lugar, consultoras (26%) y otras empresas tecnológicas (24%). Estos datos sugieren que existe algún tipo de problema que dificulta la existencia de un mercado para este tipo de actividades, por lo que son organizaciones públicas (OPIs y universidades) o privadas con respaldo público (la mayoría de los CT) quienes se encargan de llevarlas a cabo. Según estos datos, el mencionado mercado se halla especialmente poco desarrollado en Galicia, donde ningún CT se considera seguidor de otra organización, la competencia empresarial es especialmente baja y la del entorno científico-técnico es especialmente alta. Tal vez sea en País Vasco donde los CT perciben menos necesidad de cubrir un hueco no atendido por el mercado, debido a la existencia de una cierta red de consultoras con las que en algunas ocasiones (36%) deben competir. A pesar de ello, la existencia de un 8% de CT monopolistas y de un 83% de centros líderes parece indicar que el sector privado tiene dificultades para satisfacer la demanda del mercado.

> **Tabla 24.4.** Poder de mercado de los CT analizados

	<b>Monopolista</b>	<b>Líder</b>	<b>Seguidor</b>
Galicia	22,22%	77,78%	0,00%
País Vasco	8,33%	83,33%	8,33%
Comunidad Valenciana	20,00%	60,00%	21,43%
Total	16,67%	72,22%	11,76%

Fuente: elaboración propia (N=43).

> **Tabla 24.5.** Competidores de los CT analizados

	Univer- sidades	OPIs	Otros CT	Consul- toras	Otras empresas
Galicia	66,67%	55,56%	44,44%	22,22%	22,22%
País Vasco	42,86%	21,43%	78,57%	35,71%	23,08%
Comunidad Valenciana	40,00%	26,67%	60,00%	20,00%	26,67%
Total	47,37%	31,58%	63,16%	26,32%	24,32%

Fuente: elaboración propia (N=43).

**4.1.3. Indivisibilidades.** Las indivisibilidades provocan asimetrías en la distribución de la información y afectan sobre todo a las empresas más pequeñas, que tendrán menos información sobre las oportunidades tecnológicas y menos recursos (o más dificultades para captarlos) que las empresas grandes. La aportación de los CT para paliar este fallo de mercado se refleja en los datos de la tabla 24.6, donde se observa la especial atención que prestan a las empresas más pequeñas. El 41,8% de las empresas clientes de los CT tienen menos de 20 empleados y el 49% tienen entre 20 y 250, lo que implica que el 90,8% de las empresas clientes de los CT son PYMEs (empresas con menos de 250 empleados). Estas cifras se traducen en que 492 PYMEs son clientes de los CT. En el caso de los centros gallegos, el 74,5% de sus clientes tienen menos de 20 empleados (192,8 empresas en promedio); los centros valencianos, a pesar de no estar tan centrados en los clientes más pequeños (un 48,1% de empresas de menos de 20 empleados) son, con gran diferencia, los que atienden a un mayor número de empresas de este tamaño (430,8 de media). Son los CT vascos los que tienen un menor porcentaje de empresas clientes de menos de 20 empleados (14,52%). Como se verá más adelante, esta diversidad de situaciones está estrechamente relacionada con la estructura productiva y con las políticas de las CCAA consideradas.

**4.1.4. Incertidumbre.** Desde una perspectiva neoclásica, la incertidumbre inherente al proceso de innovación también se considera como un fallo de mercado. Una vez más, son las empresas más pequeñas las que acusan en mayor medida este problema, por lo que sería conveniente que los instrumentos de política de innovación tuvieran en cuenta

esta situación. La colaboración con los CT y con otros agentes es un mecanismo esencial para reducir los niveles de incertidumbre. En el siguiente epígrafe se analizará en qué medida los CT fomentan la conectividad de los distintos agentes y pueden llegar a convertirse en catalizadores de la interacción de dichos agentes; esto permitiría fomentar y potenciar la realización de esfuerzos colectivos orientados a reducir la incertidumbre.

> **Tabla 24.6.** *Empresas clientes (según tamaño) de los CT analizados*

	Empresas pequeñas		Empresas medianas		Empresas grandes		Otras empresas
	Número	%	Número	%	Número	%	
Galicia	192,8	74,82	50,2	19,48	14,6	5,67	257,7
País Vasco	72,3	14,52	323,9	65,05	101,6	20,43	497,9
Comunidad Valenciana	430,8	48,13	435,9	48,7	28,2	3,15	895,0
Total	226,7	41,9	265,6	49,09	48,7	9,01	541,1

Fuente: elaboración propia (N=43).

#### 4.2. Los CT como instrumentos de actuación pública desde un punto de vista evolucionista

Como se ha señalado anteriormente, el enfoque de los fallos de mercado ha sido criticado desde la perspectiva evolucionista. El concepto de sistema pasa a ser considerado un elemento esencial y la relevancia que se da a la difusión de las tecnologías las sitúa al mismo nivel de importancia que las actividades de generación de las mismas. Lo anterior se complementa con la importancia que se presta al fomento de la creatividad, la variedad y la conectividad entre los elementos del sistema, y con las recomendaciones de que agentes de distinta naturaleza realicen un esfuerzo colectivo con la finalidad de identificar las necesidades y capacidades de un territorio y reducir la incertidumbre inherente a la actividad innovadora. Al igual que en el epígrafe anterior, se van a definir y utilizar una serie de indicadores para estudiar la labor que desempeñan los CT en relación con estos objetivos (tabla 24. 7).

Los indicadores que se utilizan para examinar la actividad de los CT con respecto a las labores de difusión son dos: la importancia que

otorgan a las mismas como objetivos dentro de su planificación estratégica, y la existencia de una gestión activa de las actividades de *marketing* y difusión.

Por su parte, la creatividad que los centros logran generar en las empresas se mide por el impacto alcanzado en su entorno productivo en relación con la creación de nuevos productos, procesos y servicios, según la percepción subjetiva de los propios centros. Su aportación al fomento de la variedad se evalúa teniendo en cuenta la diversidad de su cartera de clientes, mientras que el número de relaciones que mantienen con otros agentes del sistema se considera un buen indicador del grado en que fomentan la conectividad entre distintos agentes.

> **Tabla 24.7.** *Indicadores utilizados para estudiar si los CT cumplen los objetivos de la política de innovación desde el punto de vista evolucionista*

Objetivos de la política de innovación	Indicadores
Apoyo a la difusión	Importancia relativa que los CT otorgan a la difusión en sus objetivos estratégicos Existencia de gestión activa de las actividades de <i>marketing</i> y difusión
Fomento de la creatividad	Percepción del impacto alcanzado en el tejido productivo en términos de generación de nuevos productos, procesos y servicios
Fomento de la variedad	Número de clientes
Fomento de la conectividad	Número de relaciones con otros agentes
Catálisis de esfuerzos colectivos	Promotores del CT Composición de los órganos de gobierno

**Fuente:** elaboración propia.

Para finalizar, se analiza en qué medida los CT tienen capacidad para convertirse en catalizadores de los esfuerzos necesarios de los diversos agentes e instituciones que posibilite la definición de necesidades y capacidades de un territorio; para ello, se tiene en cuenta la participación conjunta de distintos agentes en la creación de los CT y en la composición de sus órganos de gobierno.

**4.2.1. Importancia de la difusión.** Para medir la importancia que los CT conceden a la difusión y al uso de las tecnologías, se tiene en cuenta la valoración de la importancia que otorgan a los distintos

objetivos de su actividad, a través de la existencia de una gestión activa de las actividades de *marketing*, promoción y difusión.

La valoración dada por los CT a una serie de objetivos figura en la tabla 24.8 y pone de manifiesto que las actividades de I+D son prioritarias para todos ellos. Para los CT del País Vasco y de Galicia la diferencia con el resto de los objetivos es elevada, mientras que para los centros de la Comunidad Valenciana la realización de servicios tecnológicos y la realización de actividades de asesoramiento están prácticamente al mismo nivel que la I+D. Por lo que se refiere a objetivos más relacionados con las actividades de difusión de tecnología, como la formación y la colaboración en la transferencia de resultados de la investigación de universidades y OPIs, son los menos valorados.

Si se tiene en cuenta la gestión de las actividades de *marketing*, promoción y difusión (tabla 24.9), el 93% de los CT vascos presenta una gestión activa de las mismas. En la Comunidad Valenciana este porcentaje es del 79% y en Galicia sólo alcanza el 58%. En cuanto a la gestión de las actividades de I+D, la realizan el 100% de los CT vascos, el 88% de los valencianos y el 67% de los gallegos. De estos datos se desprende que las actividades de difusión de los CT se hallan claramente en un segundo plano, por detrás de la I+D. Los CT valencianos son los que presentan menores diferencias en la consideración de ambos tipos de actividades, mientras que los vascos y gallegos están más orientados a la actividad de I+D<sup>4</sup>.

> **Tabla 24.8.** *Objetivos de los CT*

	I+D	Servicios tecnológicos	Formación	Asesoramiento y consultoría	Colaboración transferencia	Fomento cooperación
Galicia	4,75	3,83	3,83	3,60	2,88	2,75
País Vasco	4,64	3,21	2,50	3,86	2,62	3,71
Comunidad Valenciana	4,81	4,44	3,50	4,07	3,00	3,81
Total	4,74	3,86	3,26	3,87	2,84	3,55

Fuente: elaboración propia (N=43).

**Nota 4.** Nótese que estamos hablando en términos relativos a cada grupo de CT. Lo que nos interesa son las diferencias entre la consideración de la I+D y la de otras actividades y no los valores absolutos de las mismas.

> **Tabla 24.9.** *Gestión de proyectos I+D y de marketing, promoción y difusión*

	<b>Gestión de proyectos I+D</b>	<b>Gestión de marketing, promoción y difusión</b>
Galicia	66,67%	58,33%
País Vasco	100,00%	92,86%
Comunidad Valenciana	87,50%	78,57%
Total	85,71%	77,50%

**Fuente:** elaboración propia (N=43).

Tal vez este hecho esté influido por la actuación de las AAPP orientadas a impulsar el desarrollo de los CT, priorizando las actividades de I+D sobre las de difusión, de acuerdo con una visión lineal del proceso de innovación, como sugiere el análisis de las actividades a las que se dirige la financiación pública competitiva y no competitiva (tabla 24.10). En general, el 81% de esta financiación se otorga para la realización de actividades de I+D, el 8% para formación, el 7% para la realización de consultoría y asesoría y el 5% para la realización de servicios técnicos. Estos datos indican con bastante claridad que la convicción de que las actividades de investigación deben ser cofinanciadas por las AAPP no parece extenderse a las actividades de difusión.

> **Tabla 24.10.** *Financiación pública competitiva y no competitiva por actividades*

	<b>I+D</b>	<b>Servicios técnicos</b>	<b>Consultoría y asesoría</b>	<b>Formación</b>
Galicia	80,59%	9,53%	1,77%	8,11%
País Vasco	92,65%	2,93%	3,26%	1,17%
Comunidad Valenciana	69,59%	2,75%	14,26%	13,40%
Total	80,97%	4,66%	6,86%	7,51%

**Fuente:** elaboración propia (N=43).

Si se distingue entre los CT de las distintas CCAA, se observa que los de la Comunidad Valenciana son los que reciben un mayor porcentaje de financiación pública para actividades diferentes de la I+D, mien-

tras que los CT vascos sólo reciben un 7% de la financiación pública para este tipo de tareas, lo que sin duda se refleja en el peso que dan a sus objetivos estratégicos.

**4.2.2. Fomento de la creatividad.** Otro de los postulados de la economía evolucionista se refiere al fomento de la creatividad del sistema. Se puede obtener una medida de este fomento de la creatividad a través del impacto de los CT en el entorno en términos de generación de nuevos productos, servicios y procesos (tabla 24.10). Aun con la limitación de que son los propios CT los que proporcionan esta información, el análisis de los datos puede resultar de alguna utilidad.

En concreto, un 51% de los CT analizados considera que su impacto en el entorno es alto en términos de generación de nuevos productos, un 49% en términos de generación de nuevos procesos y un 33% en lo referente a nuevos servicios. Las respuestas al objetivo de fomentar la creatividad del sistema son buenas cuando se trata de los CT vascos, ya que el 71% consideran que tienen un impacto alto o muy alto tanto en generación de nuevos productos como en generación de nuevos procesos. En el lado contrario están los CT gallegos, ya que sólo un 31% estima tener un impacto alto en estas materias.

> **Tabla 24.11.** Impacto de los CT analizados

	Nuevos productos		Nuevos procesos		Nuevos servicios	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Galicia	30,77%	23,08%	30,77%	7,69%	23,08%	15,38%
País Vasco	71,43%	14,29%	71,43%	0,00%	42,86%	28,57%
Comunidad Valenciana	50,00%	6,25%	43,75%	6,25%	31,25%	6,25%
Total	51,16%	13,95%	48,84%	4,65%	32,56%	16,28%

Fuente: elaboración propia (N=43).

**4.2.3. Fomento de la variedad.** En lo que respecta al fomento de la variedad, se considera que los CT cumplen un papel en función de la cantidad y diversidad de las empresas de su entorno con las que colaboran. Los datos de la tabla 24.6 reflejan que las actividades de los centros alcanzan a un elevado número de empresas (tabla 24.6). De

hecho, la actividad de un centro medio en un año abarca 541 empresas. Evidentemente, existen grandes diferencias en el tipo e intensidad de la relación con cada una de estas empresas, pero el alcance de un abanico tan amplio de las mismas garantiza que la actividad de los centros sea conocida por gran parte del entramado productivo de su entorno; esto, sin duda, posibilita el acceso a las capacidades del mismo sin incurrir en elevados costes de búsqueda. En esta ocasión son los CT valencianos los que atienden en promedio a un mayor número de empresas, 895 cada año, a considerable distancia de los centros vascos (498) y de los gallegos (258).

Los autores evolucionistas también consideran que las intervenciones estatales deben fomentar la conectividad de los elementos del sistema. Esta tarea la realizan los CT por dos vías. Por una parte, se relacionan con los distintos agentes que componen el sistema regional de innovación (SRI), convirtiéndose en cierto modo en un nexo entre los mismos. Así, actúan en ocasiones como interlocutores en la relación de las empresas con las organizaciones de investigación (universidades y OPIs) y acompañan a las empresas en la presentación de proyectos a las distintas AAPP (tanto nacionales como europeas) que les permitan obtener financiación para los mismos. Por otra parte, en la mayoría de los casos, la colaboración entre distintos agentes del SRI ha sido necesaria para la creación del CT y ha convertido sus órganos de gobiernos en un espacio de interacción de representantes de las AAPP, del entorno científico técnico, de las empresas y de otros agentes del SRI. Este último punto se examinará más adelante cuando se estudie la actuación de los CT a la luz de la literatura evolucionista acerca de las infraestructuras tecnológicas.

**4.2.4. Fomento de la conectividad entre los distintos agentes.** Como ya se ha visto anteriormente, los CT se encuentran generalmente muy próximos a las empresas de su entorno, a las que les ofrecen servicios muy variados. A su vez, los CT establecen vínculos con las universidades, los organismos públicos de investigación y otros CT. Según las respuestas de los CT recogidas en la tabla 24.12, el centro promedio mantiene relaciones con 10,56 universidades, 5 OPIs y casi 20 CT. Si se tiene en cuenta además que, como se ha señalado previamente, el 41,5% de sus ingresos procede, directa o indirectamente, de las distintas AAPP, todo parece indicar la cercanía de los CT con las administraciones públicas, empresas, otros CT, universidades y



OPIs. Esta conexión es mayor en los CT vascos y valencianos que en los gallegos, al tener estos últimos relaciones con un menor número de agentes del entorno científico-técnico y del entorno productivo.

> **Tabla 24.12.** *Relación de los CT analizados con las organizaciones del entorno científico-técnico*

	Universidades	OPIs	Otros CT
Galicia	4,83	6,92	6,58
País Vasco	18,58	5,42	23,92
Comunidad Valenciana	8,25	2,83	29,33
Total	10,56	5,06	19,94

Fuente: elaboración propia (N=43).

Esta característica de los CT como elementos cercanos tanto a las empresas como al entorno científico-técnico y a las AAPP los convierte en un agente capacitado para desempeñar una labor de interfaz entre los distintos elementos del SRI, que puede tener una gran incidencia en la conectividad y la dinamización de las relaciones entre ellos.

**4.2.5. Catalizadores de esfuerzos colectivos.** Los autores evolucionistas que analizan el papel de las infraestructuras tecnológicas en el crecimiento económico afirman que la inexistencia de ciertos mercados requiere de una actividad colectiva de diferentes agentes con el fin de paliar la falta de dichos mercados. Desde esta perspectiva, el papel de los CT resulta fundamental ya que, en muchas ocasiones, su creación ha sido resultado de un esfuerzo colectivo de distintos agentes que, además, componen sus órganos de gobierno. De esta manera, los CT se convierten en un lugar de encuentro de los distintos agentes del sistema regional de innovación que les permite coordinar sus esfuerzos.

Como en otros puntos, las diferencias entre las CCAA son notables (tablas 24.13 y 24.14). Los CT valencianos son los que presentan un mayor índice de colaboración en su proceso de creación (2,18 agentes en promedio); en la mayoría de los casos, ha habido participación del entorno empresarial y de las AAPP (principalmente autonómicas), y en la creación de uno de cada tres de estos centros se ha contado, además, con la colaboración de miembros del entorno científico-téc-

nico. En la creación de los CT vascos han estado implicados las AAPP y el entorno empresarial, siendo menor la participación del entorno científico-técnico. En el caso de los centros gallegos, su creación ha sido impulsada principalmente por la iniciativa pública y, en muy contadas ocasiones, se ha conseguido la participación del entorno empresarial o científico-técnico.

> **Tabla 24.13.** Promotores en la creación de los CT analizados

	AAPP locales	AAPP autonómicas	AAPP estatales	Entorno privado	Entorno científico-técnico	Otros	Número medio de agentes
Galicia	30,77%	30,77%	30,77%	23,08%	7,69%	7,69%	1,3
País Vasco	35,71%	35,71%	7,14%	78,57%	14,29%	14,29%	1,85
Comunidad Valenciana	0,00%	81,25%	18,75%	81,25%	31,25%	6,25%	2,18
Total	20,93%	51,16%	18,60%	62,79%	18,60%	9,30%	1,81

Fuente: elaboración propia (N=43).

> **Tabla 24.14.** Composición de los órganos de gobierno de los CT analizados

	AAPP locales	AAPP autonómicas	AAPP estatales	Empresas y asociaciones empresariales	Entorno científico-técnico	Otros
Galicia	20,00%	32,28%	4,86%	26,81%	8,47%	7,58%
País Vasco	6,32%	10,19%	0,36%	66,03%	3,50%	13,32%
Comunidad Valenciana	0,29%	18,46%	5,55%	55,23%	7,15%	13,33%
Total	7,51%	19,04%	3,51%	51,82%	6,18%	11,85%

Fuente: elaboración propia (N=43).

Estas apreciaciones se confirman cuando se analizan los datos de la composición de los órganos de gobierno de los CT (tabla 24.14). Según estos datos, los CT valencianos y vascos presentan en dichos órganos una representación empresarial ligeramente por encima del

50%, acompañada de una presencia de las administraciones y, en menor medida, de miembros del entorno científico-técnico y otros agentes. En el caso gallego, existe una abundante representación de las AAPP en los órganos de gobierno (57%), mientras que los miembros de empresas y asociaciones empresariales suponen el 27%.

De acuerdo con estos resultados, los CT tienen un potencial suficiente para convertirse en organizaciones con capacidad para conciliar los intereses de los diferentes agentes del entorno y, por tanto, para aglutinar los esfuerzos colectivos requeridos en el proceso de definición de las necesidades y el potencia existente.

## ***5. Discusión y conclusiones***

En este capítulo se han resumido los principales resultados de un análisis descriptivo que tenía como objetivo examinar las características y el potencial de los centros tecnológicos españoles como un instrumento de la política de innovación. Este análisis se ha basado tanto en los argumentos de la corriente neoclásica como de la evolucionista. Los resultados obtenidos demuestran que organizaciones como los CT pueden ser claves para un mejor funcionamiento del sistema español de innovación.

En concreto, se ha comprobado que los CT pueden ayudar a corregir algunos de los fallos de mercado detectados por los autores neoclásicos. En primer lugar, los CT contribuyen a incrementar las actividades de I+D no sólo gracias al apoyo público recibido, sino también a partir de los contratos realizados con empresas<sup>5</sup>.

En segundo lugar, la percepción de falta de competencia por parte de los CT, en particular por parte del sector privado, refleja la inexistencia o el insuficiente desarrollo de un mercado de servicios tecnológicos en las regiones analizadas, especialmente en Galicia. En este sentido, hay claros indicios de que los CT desempeñan un papel clave en la creación de las capacidades necesarias para el surgimiento de estos mercados. Este papel es el propio de las infraestructuras tecnológicas [16] en las economías avanzadas y los datos del trabajo

**Nota 5.** Evidentemente, un estudio en profundidad sobre la adicionalidad en I+D de los CT requeriría tener en cuenta la posibilidad de que el gasto público en I+D fuese ejecutado por otros agentes y que las empresas acudiesen a ellos o decidiesen realizar el gasto internamente, pero este tipo de análisis requiere mucha más información de la disponible en el presente capítulo.

son una clara indicación de que el caso de los CT tienen especial importancia. Como señalan estos autores, la intervención pública orientada a fomentar la prestación de una serie de servicios sólo está justificada si dichos servicios no compiten con los que ofrece el sector privado; los resultados indican que esto no está sucediendo, al menos habitualmente, en los CT de las regiones consideradas. Este resultado es consistente con el obtenido por Oldsman [30] cuando analiza la relación entre los *Manufacturing Extension Centers* y las consultoras en Estados Unidos. No sólo no existe mucha competencia entre estas organizaciones, sino que la utilización de los servicios prestados por los *Manufacturing Extension Centers* incrementa la probabilidad de acudir a consultoras.

En tercer lugar, los CT prestan especial atención a potenciar la actividad innovadora de las PYMEs, lo que no sucede con otras organizaciones que prestan servicios similares, como universidades, centros públicos de investigación o, en muchos casos, empresas de consultoría, ni tampoco se consigue con otras iniciativas, como los incentivos fiscales y los créditos o subvenciones a proyectos de innovación, de los que existen indicios razonados de que benefician principalmente a las empresas de mayor tamaño. En este sentido, los CT contribuyen a corregir los fallos de mercado relacionados con las indivisibilidades y la incertidumbre.

Si se tiene en cuenta la perspectiva evolucionista, se observa en primer lugar que los CT se hallan en general algo más orientados hacia las actividades de I+D que hacia las actividades de difusión, tal vez motivados por una política pública muy influida por la visión lineal de los procesos de innovación y, por ello, dirigida a financiar mayoritariamente el desarrollo de tecnologías y no tanto su difusión.

En segundo lugar, los resultados indican que los CT fomentan la creatividad en su entorno, si se atiende a la percepción que los propios centros tienen de su impacto en el tejido productivo en función de la obtención de nuevos productos, procesos y servicios. Este resultado debe ser contrastado con la opinión de los agentes que actúan desde el sistema productivo [22].

En tercer lugar, los CT pueden ser instrumentos que fomenten la variedad en el tejido productivo, ya que sus servicios alcanzan a un número relativamente elevado de empresas, principalmente PYMEs. En este sentido, pueden ser organizaciones adecuadas para contribuir a

que las empresas se incorporen a los procesos innovadores utilizando algunos de los servicios que prestan como puerta de entrada para emplear posteriormente servicios de mayor contenido tecnológico.

En cuarto lugar, el hecho de que los CT mantengan relaciones con distintos agentes –universidades, organismos públicos de investigación, empresas de distintos tamaños y administraciones públicas de distintos ámbitos– los convierten en nodos de las redes de innovación. A esto hay que añadir que, en muchas ocasiones, actúan como interlocutores entre las empresas más pequeñas y las administraciones públicas a la hora de la presentación de propuestas de financiación [13, 21].

En quinto lugar, los CT no sólo incrementan la conectividad entre los distintos agentes, sino que en muchas ocasiones se convierten en lugar de encuentro de los mismos. Esta característica hace que los CT sean organizaciones muy adecuadas para actuar como catalizadoras de los procesos de innovación y activar el potencial de los agentes de un territorio. Sobre todo en situaciones en las que es preciso definir estrategias regionales coherentes con los intereses de los distintos agentes, identificar las necesidades presentes y futuras y generar las capacidades para atenderlas, los CT pueden resultar de especial utilidad al integrar perspectivas e intereses de actores muy diversos.

Todo lo anterior permite afirmar que los CT son una herramienta clave de la política de innovación, tanto desde la perspectiva neoclásica como desde la evolucionista. Sus especiales características, como la cercanía al tejido productivo local, en especial a las PYMEs, o la posibilidad de colaboración de distintos agentes en su creación y gestión, los distinguen de otras organizaciones, como universidades y organismos públicos de investigación, que también pueden ser instrumentos de la política de innovación pero presentan una relación más distante con el tejido productivo.

Sin embargo, la comparación entre los CT de las tres CCAA analizadas revela grandes diferencias entre los mismos, debidas no sólo a que los entornos productivos son muy distintos, sino también a la existencia, en el caso del País Vasco y la Comunidad Valenciana, de una apuesta decidida por la política de innovación basada en los CT, lo que no ha sucedido hasta ahora en el caso gallego.

La creación de los CT valencianos tiene su origen en la situación económica vivida por la región a principios de la década de los ochenta, caracterizada por un proceso de reestructuración industrial, producto de los ajustes ante la crisis que se arrastraba desde la

década anterior y de los cambios vertiginosos que se sucedían en la economía mundial [14]. La estrategia competitiva de la industria valenciana, basada en los bajos precios como consecuencia de unos costes laborales relativamente bajos, estaba agotada. Ante esta situación, la administración autonómica valenciana decidió implicarse en el proceso de reestructuración. La Generalitat disponía de competencias y fondos desde mediados de los ochenta y asumió el protagonismo en la política sobre la PYME, mediante la creación del Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa Valenciana (IMPIVA). Es este organismo el que impulsa la creación de los CT, a los que dota de la infraestructura, los medios humanos y los recursos técnicos necesarios para prestar una serie de servicios muy diversos con el fin de incorporar al tejido productivo nuevas tecnologías adaptadas a las necesidades de cada sector que permitiesen mejorar la competitividad de las PYMEs [14, 9, 10, 18]. Cada instituto se crea como una asociación de investigación, formada por empresas del sector correspondiente. Cabe señalar en este punto la importancia de la actuación de instituciones intermedias como cámaras de comercio y asociaciones empresariales.

En el caso vasco [4, 32,23, 27], tras la aprobación del Estatuto de Autonomía en 1979, el primer Gobierno regional se encontró con un sistema de innovación prácticamente inexistente en el que la universidad, de reciente creación, se hallaba muy orientada a la docencia y alejada de la industria, mientras que los organismos públicos de investigación (que concentraban la mayoría de la investigación pública de la época, casi toda de naturaleza básica) no existían en el País Vasco. Los elementos más activos dentro del mundo industrial vasco eran una serie de laboratorios de ensayo y centros de investigaciones tecnológicas, de origen heterogéneo (universitario, escuelas técnicas o asociaciones y grupos empresariales). En ellos se basó la apuesta tecnológica del Gobierno vasco y se asentó en el apoyo a centros tecnológicos que, a pesar de su naturaleza privada, fueron potenciados con un importante grado de financiación pública, siguiendo el modelo de los institutos Fraunhofer alemanes.

A diferencia de la experiencia de la Comunidad Valenciana y del País Vasco, en Galicia no ha existido una política tecnológica propia [38] decidida a apostar por la figura del centro tecnológico como organización capaz de fomentar el desarrollo industrial de las empresas de la región. En las comunidades vasca y valenciana no sólo se ha constituido un conjunto de CT muy imbricados en su entorno empresarial,

sino también un organismo que los agrupa y que gestiona una red de la que todos forman parte (EITE en el País Vasco y REDIT en la Comunidad Valenciana), lo que facilita la realización conjunta de ciertas tareas y la creación en el entorno productivo de una «cultura» del CT, que posibilita que éste sea percibido como el socio tecnológico más cercano a las necesidades empresariales.

La comunidad gallega trató, a principios de los noventa, de recuperar el tiempo perdido y, con la cofinanciación de los fondos del programa FEDER/STRIDE de la Unión Europea, la Xunta llevó a cabo un esfuerzo encaminado a la creación de CT. Sin embargo, estas iniciativas presentaron ciertos problemas de coordinación entre las distintas administraciones y los sectores implicados, y se caracterizaron por las discontinuidades en la aplicación de fondos [37]. En los últimos años (2005-2009), la política gallega de innovación volvió a orientarse hacia la figura del CT, fomentando la creación de nuevos CT y la consolidación de los ya existentes.

Este breve repaso de la historia de la política tecnológica relacionada con los CT en las tres regiones analizadas muestra cómo la existencia de una política de innovación que apuesta decididamente por los CT constituye un elemento clave que contribuye a explicar las diferencias observadas entre los CT vascos, valencianos y gallegos en el grado de cumplimiento de los distintos objetivos analizados. Estas diferencias no devalúan el papel de los CT, sino que constituyen una prueba más de la conveniencia de que las políticas de innovación a distintos niveles les den el apoyo que les corresponde como parte integrante de las infraestructuras para el fomento y el desarrollo de la actividad empresarial innovadora.

## Referencias

- [1] Arrow, K. (1962): «Economic welfare and the allocation of resources for invention», Nelson, R. (ed.), *The rate and direction of inventive activity*, pp. 69-626, Princeton University Press, Princeton.
- [2] Barge, A.; Estrada, S.; Jiménez, R.; Peirano, F.; Sabando, D. (2001): «Antecedentes, retos y controversias de la economía evolutiva», *Boletín Infociencia*, 5-6, en [www.guia-digital.com/infociencia/bv/docs/0001-barge.pdf](http://www.guia-digital.com/infociencia/bv/docs/0001-barge.pdf) (última consulta 15-05-09).
- [3] Barge-Gil, A.; Santamaría, L.; Modrego, A. (2008): «Complementarities between universities and technology institutes. New empirical lessons and

- perspectives», DRUID Conference, en <http://www2.druid.dk/conferences/viewabstract.php?id=3346&cf=29> (última consulta: 9-12-09).
- [4] Buesa, M. (1996): «Empresas innovadoras y política tecnológica en el País Vasco: una evaluación del papel de los centros tecnológicos», *Economía Industrial*, 312, pp. 177-189.
- [5] COTEC (2003): *Las infraestructuras de provisión de tecnología a las empresas*, Fundación COTEC para la innovación tecnológica.
- [6] Dasgupta, P. (1987): «The economic theory of technology policy: an introduction», en Dasgupta; Stoneman (eds.), *Economic Policy and Technology Performance*, pp. 7-23, Cambridge University Press.
- [7] Dosi, G. (1988): «The nature of innovative process», en Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G.; Soete, L. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, pp. 221-238, Frances Printer, Londres; Columbia University Press, Nueva York.
- [8] Edquist, C. (2004): «Reflections on the systems of innovation approach», *Science & Public Policy*, 31 (6), pp. 485-489.
- [9] Esteve, S.; Serrano, J.; Picazo, A. (2000): «Industria y Desarrollo Tecnológico en la Comunidad Valenciana», *Economía Industrial*, 335/336, pp. 315-328.
- [10] Fernández de Lucio, I.; Gutiérrez, A.; Jiménez, F.; Azagra, J. (2001): «Las debilidades y fortalezas del sistema valenciano de innovación», en Olazarán, M.; Gómez-Uranga, M. (eds.), *Sistemas regionales de innovación*, pp. 251-277, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- [11] Galli, R.; Teubal, M. (1997): «Paradigmatic shifts in National Innovation Systems», en Edquist, C. (ed.), *Systems of innovation. Technologies, institutions and organizations*, pp. 342-370, Pinter Publishers, Londres.
- [12] Geroski, P. (1995): «Markets for Technology: Knowledge, Innovation and Appropriability», en Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, pp. 90-131, Blackwell, Oxford.
- [13] Gracia, R.; Segura, I. (2003): «Los centros tecnológicos y su compromiso con la competitividad, una oportunidad para el sistema español de innovación», *Economía Industrial*, 354, pp. 71-84.
- [14] Honrubia, J.; Soler, V. (1996): «Modelo de crecimiento y política industrial: el IMPIVA y la modernización de la PYME Valenciana», *Economía Industrial*, 312, pp. 197-208.
- [15] Izushi, H. (2005): «Creation of relational assets through the 'library of equipment' model: an industrial modernization approach of Japan's local technology centres», *Entrepreneurship & Regional Development*, 17 (3), pp. 183-204.
- [16] Justman, M.; Teubal, M. (1995): «Technological infrastructure policy (TIP): creating capabilities and building markets», *Research Policy*, 24, pp. 259-281.
- [17] Kline, S.; Rosenberg, N. (1986): «An overview of innovation», en Landau, R.; Rosenberg, N. (eds.), *The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth*, pp. 273-305, National Academic Press.



- [18] Mas, F. (2003): «Centros tecnológicos y sistemas regionales de innovación: modelos europeos», *Investigaciones Regionales*, 3, pp. 129-161.
- [19] Metcalfe, S. (1995): «The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives», en Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, pp. 409-512, Blackwell.
- [20] Metcalfe, S. (1997): «Technology systems and technology policy in an evolutionary framework», en Archibugi, D.; Michie, J. (eds.), *Technology globalisation and economic performance*, pp. 268-296, Cambridge University Press.
- [21] Modrego, A.; Barge, A.; Santamaría, L.; Wald, O. (2004): Informe Final del Proyecto «Contribución de los centros tecnológicos a la innovación empresarial: Impacto de las ayudas públicas del Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT)», Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- [22] Modrego, A.; Barge, A.; Núñez, R. (2005): «Developing indicators to measure Technology Institutes' performance», *Research Evaluation*, 14 (1), pp. 177-184.
- [23] Moso, M.; Olazarán, M. (2001): «Actores, ideas e instituciones: políticas tecnológicas regionales y creación de un sistema de I+D en la Comunidad Autónoma del País Vasco», en Olazarán, M.; Gómez-Uranga, M. (eds.), *Sistemas regionales de innovación*, pp. 405-432, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- [24] Mowery, D. (1995): «The practice of technology policy», en Stoneman, P. (ed.), *Handbook of the Economics of innovation and technological change*, pp. 513-557, Blackwell, Oxford.
- [25] Mowery, D.; Rosenberg, N. (1989): *Technology and the pursuit of economic growth*, Cambridge University Press.
- [26] Navarro, M. (2002): «La cooperación para la innovación en la empresa española», *Economía Industrial*, 346, pp. 47-66.
- [27] Navarro, M.; Zubiaurre, A. (2003): «Los centros tecnológicos y el sistema regional de innovación», Documento de Trabajo, 38, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense de Madrid.
- [28] Nelson, R.; Winter, S. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.
- [29] Nelson, R.; Soete, L. (1988): «Policy conclusions», en Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G.; Soete, L. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, pp. 631-635, Frances Printer, Londres; Columbia University Press, Nueva York.
- [30] Oldsman, E. (1997): «Manufacturing extension centres and private consultants: collaboration or competition?», *Technovation*, 17 (5), pp. 237-243.
- [31] Oughton, C.; Landabaso, M.; Morgan, K. (2002): «The regional innovation paradox: innovation policy and industrial policy», *Journal of Technology Transfer*, 27 (1), pp. 97-110.
- [32] Plaza, B. (2000): «Política industrial de la Comunidad Autónoma del País Vasco. 1981-2001», *Economía Industrial*, 335-336, pp. 299-314.

- [33] Richardson, G. B. (1960): *Information and Investment*, Oxford University Press, Oxford.
- [34] Shapira, P. (2001): «US manufacturing extension partnerships: technology policy reinvented?», *Research Policy*, 30, pp. 977-992.
- [35] Smith, K. (1991): «Innovation Policy in an Evolutionary Context», en Saviotti, P.; Metcalfe, S. (eds.), *Evolutionary Theories of Economic and Technological Change*, pp. 256-275, Harwood, Londres.
- [36] Rothwell, R.; Dodgson, M. (1992): «European technology policy evolution: convergence towards SMEs and regional technology transfer», *Technovation*, 12 (4,) pp. 221-238.
- [37] Vence, X. (ed.) (1998): *Industria e innovación. O sistema de innovación e a política tecnolóxica en Galicia*, Edicións Xerais, Vigo.
- [38] Vence, X. (2001): «El sistema de innovación en Galicia: debilidades y especificidades de un sistema periférico», en Olazarán, M.; Gómez-Uranga, M. (eds.), *Sistemas regionales de innovación*, pp. 327-373, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.





# *Incentivos en el sistema de I+D: el programa Ramón y Cajal*

> César Alonso Borrego y Antonio Romero Medina

Universidad Carlos III de Madrid

## *1. Introducción*

Los economistas se han visto implicados recientemente no sólo en el análisis de mercados, sino también en su diseño. Además, la definición de mercado ha ido ampliándose hasta el punto de que ha llegado a englobar a cualquier estructura en la que existan dos o más grupos diferenciados que interactúen. En este sentido, las admisiones de los estudiantes a centros educativos, los protocolos de donación y asignación de órganos, la asignación de plazas a opositores y, en general, cualquier proceso de asignación de recursos, han sido analizados con reveladora claridad como mecanismos en los que los agentes reaccionan de manera interesada a las reglas que les son propuestas. Para una brillante aproximación a la economía como ingeniería de mercados, véase Roth [9].

Tanto por el volumen de los recursos empleados como por la importancia de la eficiencia en el uso de estos recursos para la consecución de sus objetivos, el sistema español de I+D se ha convertido en un objeto de estudio prioritario en el contexto del diseño de mecanismos. En

este capítulo, pretendemos analizar el sistema español de I+D como lo que es: un mecanismo de incentivos cuyos resultados son predecibles una vez que se han definido las reglas que lo rigen y éstas han determinado los intereses de los agentes implicados.

Nuestro trabajo pretende mostrar la importancia de los incentivos en el sistema español de I+D, y cómo los agentes no son neutrales con respecto a los mismos. Este hecho, que ya ha sido constatado en esquemas de incentivos similares, debe ser evidenciado en algún programa concreto si queremos extrapolar conclusiones para el conjunto del sistema de I+D. Para ello analizaremos una medida concreta, el programa Ramón y Cajal, concentrándonos en los cambios que el programa sufrió en sus primeros años. El programa sigue siendo muy importante en los procesos de selección e inserción de doctores, dado que en la convocatoria de 2009 que realizó el Ministerio de Ciencia e Innovación se presentaron 1500 solicitudes y, según se establecía por la convocatoria, se adjudicaron 250 contratos. Nuestro objetivo es demostrar que mínimas variaciones en la definición de los incentivos que poseen los agentes provocan diferencias asignativas de consecuencias tan importantes como previsibles.

El programa Ramón y Cajal es un instrumento más de política científica de entre todos los que estructuran el sistema español de I+D. Dada la evidente posibilidad de manipulación del mismo en beneficio de los intereses de determinados agentes, se hace necesario diseñar un sistema español de I+D coherente. Dicho sistema debe dotarse de reglas claras y estables y explicitar objetivos bien definidos para evitar que los agentes puedan obtener ventajas que perjudiquen al funcionamiento del sistema en su conjunto.

La estructura del capítulo es la siguiente. En primer lugar, describiremos el programa Ramón y Cajal: sus objetivos, su funcionamiento y la evolución de sus reglas, así como el diseño formal. En segundo lugar, discutiremos las consecuencias de la estructura formal del programa en base a las reglas que lo rigen, presentaremos datos relevantes de las primeras convocatorias del programa, aportando evidencia empírica; también, como contraste, analizaremos dos experiencias internacionales que, sin tener relación directa, han inducido pautas diferentes en la política de contratación de personal investigador. Finalizaremos con una sección de conclusiones.

## **2. El programa Ramón y Cajal y el problema analítico**

### **2.1. Los objetivos iniciales del programa**

El programa Ramón y Cajal se instituyó en 2001 para crear plazas de investigación en colaboración con las universidades, en el que ha sido definido como «el más ambicioso que se ha hecho nunca en España para fomentar la investigación». Con el tiempo, gracias al importante volumen de plazas financiadas, y tras diversos cambios en sus requisitos, se ha consolidado como una puerta de entrada para los investigadores al sistema nacional de I+D. A continuación, procedemos a analizar las consecuencias que los detalles de diseño han tenido en un programa tan ambicioso y formalmente simple como el Ramón y Cajal, como prólogo de las consideraciones más generales que estableceremos más abajo. El programa se instituyó en el contexto de la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, ligado a los objetivos estratégicos del nuevo Plan Nacional de I+D+i para 2000-2003: incrementar los recursos humanos cualificados, por un lado, y aumentar la movilidad de los investigadores entre los distintos centros, por otro. Su planteamiento estuvo condicionado por dichos objetivos estratégicos, así como por la presión de universidades y medios de comunicación. Tras un proceso de interacción entre los distintos agentes implicados, se elaboró un programa con el objetivo de ofrecer subsidios a los centros públicos de investigación para ofrecer contratos de cinco años a investigadores [11].

El propósito del programa, tal y como figura en la orden ministerial que le dio carta de naturaleza, era «incorporar a doctores, en los centros españoles de investigación y desarrollo tecnológico», para fortalecer la capacidad investigadora de los grupos e instituciones de investigación y desarrollo, con el fin último de crear las condiciones para que dichos investigadores doctores se integrasen en el sistema científico español. (MCYT, orden de 18 de abril de 2001). Pero la medida pretendía ser más ambiciosa. En este sentido, los objetivos del programa se expresaron de la siguiente manera, [2, 10]:

- a) Definir un punto de entrada para la carrera investigadora.
- b) Estabilizar y mejorar las condiciones de los investigadores postdoctorales.
- c) Facilitar el retorno a España de los investigadores que estaban trabajando en el extranjero.

- d) Identificar a los mejores investigadores y facilitar su incorporación al sistema español de I+D.
- e) Animar a los centros a definir sus estrategias prioritarias.
- f) Financiar las investigaciones en áreas prioritarias del Plan Nacional vigente.
- g) Establecer una corresponsabilidad económica con las instituciones solicitantes y los gobiernos regionales.
- h) Fomentar la movilidad de los investigadores.

La abundancia de estos objetivos explícitos, sumada a los objetivos no explícitos que comentaremos más abajo, hacen difícil evaluar el impacto del programa en el sistema español de I+D+i. No obstante, éste no es el objeto del presente capítulo, que se limita a analizar el mecanismo empleado para la ejecución formal del proceso de asignación de contratos Ramón y Cajal y ver si sus propiedades son o no compatibles con los objetivos formal e informalmente perseguidos por el programa. Todo ello, con el fin de ilustrar el papel de los incentivos en el sistema nacional de I+D.

Nos interesaremos por los dos mecanismos alternativos mediante los que fueron asignados los contratos en las distintas convocatorias. Dichos mecanismos fueron el resultado de una negociación entre los agentes implicados, en particular la Administración y los centros como usuarios potenciales del programa [11].

## **2.2. La endogamia y el programa**

La política de contratación de los centros de I+D españoles ha estado sometida a una fuerte polémica que, en ocasiones, ha trascendido nuestras fronteras. Al margen de dicha polémica, se puede declarar como unánime la percepción de que no existe una carrera investigadora bien definida en España, siendo éste uno de los problemas más acuciantes del sistema. Ello hace difícil determinar si España es o no un buen país para hacer ciencia, al no estar claros los mecanismos de acceso y las reglas de promoción de una carrera investigadora. Es en este contexto en el que se instituye el programa Ramón y Cajal, que intenta contribuir al diseño de los primeros eslabones de una carrera investigadora, al tiempo que palió la necesidad del sistema nacional de I+D de estabilizar a un buen número de investigadores con una vinculación precaria a dicho sistema.

Esta situación se había producido por dos motivos fundamentales.



En primer lugar, la escasez de financiación o, por mejor decirlo, la escasez de flujos financieros suficientemente importantes y constantes en el tiempo. En segundo lugar, la existencia de redes académicas que incorporan y promocionan a sus miembros sin una evaluación objetiva del mérito de los mismos [7].

Las prácticas endogámicas, disociadas del mérito científico, socavan la productividad científica de todo el sistema [3, 12]. Si a estas prácticas se suma una declarada hostilidad hacia aquellos investigadores que han recibido o completado su formación fuera de España [5], el problema se acentúa.

El programa Ramón y Cajal pretendía romper las redes endogámicas estableciendo un punto de entrada a la carrera investigadora, facilitando el retorno, identificando a los mejores investigadores y añadiendo un volumen de recursos al sistema tal que los centros potencialmente receptores se orientaran a estrategias que les hicieran atractivos a ojos de los nuevos investigadores. La identificación de los mejores investigadores se haría de una manera centralizada, de manera que los investigadores no «excelentes» (palabra que fue usada y luego eliminada del léxico del programa) no accederían a la financiación ofrecida por el programa, minando sus posibilidades de estabilización dentro del sistema al ser relativamente más costosos y menos productivos.

### **2.3. Diseño y asignación de recursos**

El programa Ramón y Cajal se instituyó en el año 2001 con el objetivo de apoyar la incorporación de doctores al sistema nacional de I+D, con controles en el proceso de selección basados en criterios objetivos de calidad científica. El importante esfuerzo económico, con ochocientos contratos en su primera convocatoria, permitió asegurar un impacto sustancial del programa, condición esencial para el éxito que le ha acompañado desde entonces. La definición formal del diseño original del mecanismo de selección del programa ha sido ya analizada [11, 10, 2, 8, 1].

El mecanismo inicialmente diseñado para otorgar los contratos Ramón y Cajal puede representarse en términos de un mercado centralizado donde los investigadores aspirantes solicitan contratos dentro de su área de conocimiento. Para cada área de conocimiento, los candidatos son ordenados de forma priorizada por un comité de expertos nombrado por la ANEP (Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva),

que excluye a los candidatos que no alcancen el nivel requerido y asigna los contratos disponibles. El número de contratos de cada área se establece en función de los objetivos del Plan Nacional. Los comités de expertos, en cada una de las áreas, están compuestos por científicos acreditados, muchos de ellos ajenos al sistema español de I+D+i, y sus criterios están pautados para evitar inconsistencias entre áreas de conocimiento.

Previamente, tanto los centros como los investigadores aspirantes han debido ser declarados elegibles. Para ello, los centros han de solicitar un número máximo de plazas en cada área y división administrativa de los mismos. La Administración establece un número de contratados potenciales por área en cada universidad o centro de I+D. Una vez conocidas las plazas potencialmente ofertadas por los centros, la elegibilidad de cada investigador está condicionada a obtener el aval o preaceptación de, al menos, un centro. Dicha preaceptación supone el compromiso, no firme, del centro a acogerlo para el desarrollo de su actividad de investigación en el caso de que sea seleccionado para un contrato. Es importante señalar que la preaceptación representa un contrato implícito no vinculante, en especial si el centro concede un número de preaceptaciones mayor que el número de plazas disponibles. Por otro lado, es obvio que, para cada una de sus plazas disponibles, el centro puede conceder una única preaceptación. En ese caso, la fuerza del vínculo entre el centro y el candidato aumenta.

> **Tabla 25.1.** *Requisitos del diseño original y del nuevo diseño*

	<b>Original – hasta 2003</b>	<b>Nuevo – desde 2004</b>
1.	Preaceptación	Solicitud sin preaceptación
2.	Decisión de preaceptación de centros	
MR.	Los investigadores son ordenados hasta asignar todos los precontratos	
3.	Primera asignación	Asignación descentralizada
4.	Segunda decisión de preaceptación	
5.	Asignación final	

La selección de investigadores se basa en la evaluación científico-técnica de sus méritos curriculares y en su propuesta de investigación, con especial atención en el impacto científico de sus contribuciones. Una vez seleccionados y con un contrato potencial en sus manos, la asignación de contratos se produce en dos etapas. En la primera, a los candidatos seleccionados se les concede un plazo para formalizar su contrato con uno de los centros que haya avalado su solicitud. Dado que los centros pueden avalar a un número de candidatos mayor que el número de contratos de que dispone, puede ocurrir que algunos investigadores seleccionados no puedan formalizar el contrato en ninguno de los centros que los avalaron.

> **Tabla 25.2.** *Consecuencias del diseño original y del nuevo diseño*

	<b>Original – hasta 2003</b>	<b>Nuevo – desde 2004</b>
Elegibilidad	Depende de los departamentos	No restringida
Coste (para el candidato) de la solicitud	Alto para los candidatos externos	Bajo
Coste (para el centro) de la selección de candidatos	Bajo (para candidatos internos)	Bajo
Riesgo de manipulación	Alto, a través de las preceptaciones	Bajo. Pero es posible en la asignación descentralizada de contratos
Meritocracia	Pueden ser excluidos buenos investigadores. No hay incentivos para internalizar la priorización de candidatos	Mejorada. Pero depende de las preferencias de los centros
Efectividad de la ordenación de los investigadores	Baja	No hay garantías para los mejores investigadores. Pero al menos no pueden ser excluidos

**Fuente:** Alonso-Borrego, Romero-Medina y Triossi, [1].

Para facilitar la incorporación de los investigadores que no formalizaron el contrato en la primera etapa de asignación, se establece una segunda etapa que les permite escoger entre aquellos centros que tengan aún puestos vacantes en su área y formalizar su contrato.

### 3. Los efectos del programa y otros modelos

#### 3.1. Las consecuencias del diseño

Nuestro argumento central es que el diseño formal de cualquier programa tiene sus consecuencias. En particular, nos interesa entender el motivo por el que se eliminó la preceptación en el año 2004. En apariencia, la importancia de este requisito y su eliminación puede ser reducida. Nuestro objetivo es mostrar que todo, incluso lo aparentemente más insignificante, tiene importancia. Y no solamente eso: los agentes implicados son conscientes de ello y tratan de explotarlo en su beneficio.

Las consecuencias del diseño original del programa que se ha descrito más arriba se hacen evidentes en las tablas 25.3 y 25.4. El requisito obligatorio de la preceptación de un centro para que los investigadores puedan optar al programa introduce un coste importante para aquellos investigadores que son ajenos al sistema. Así, la tabla 25.3 muestra que, entre los investigadores que obtuvieron un contrato Ramón y Cajal en la primera convocatoria, en 2001, el 60% estaban ya incorporados a alguno de los centros participantes. De los restantes investigadores que obtuvieron un contrato, solamente un tercio eran no residentes en España en el momento de su solicitud. La tabla 25.4 muestra que la gran mayoría (93%) de los investigadores solicitantes contaban con el aval de uno o dos centros, y en su mayoría (76%) contaban con un único aval.

> **Tabla 25.3.** Distribución final de los contratos Ramón y Cajal en la 1ª convocatoria por vinculación previa a los centros. 2001

<i>Internos</i>	60%
<i>Externos</i>	
- No residentes en España	14%
- Residentes en España	26%

Fuente: DGI, MCYT elaborado por Sanz-Menéndez et al., [11].

Para comprender mejor el comportamiento de los solicitantes, es importante considerar el número de preceptaciones obtenidas en función de las características de los candidatos. Para ello, Romero-Medina y Triossi [8] estiman un modelo para los determinantes del número de

preceptaciones de cada candidato de la primera convocatoria del programa. Los resultados principales se presentan en la tabla 25.5. Además de que, tanto presentar más de un proyecto de investigación como contar con la preceptación del centro donde el candidato se doctoró (su alma máter). afectan positivamente al número de preceptaciones, hay otras dos características que conviene resaltar. Así, vemos que tanto ser residente en el extranjero como tener el doctorado en una universidad de EEUU tienden a aumentar el número de preceptaciones obtenidas. Por otro lado, los investigadores doctorados en España tienden a solicitar y conseguir la preceptación de su alma máter. Además, los investigadores residentes en España tienden a solicitar un número menor de preceptaciones, con una marcada tendencia a solicitar la preceptación únicamente en el centro al que están incorporados. Estos resultados no se ven afectados cuantitativa ni cualitativamente por el hecho de controlar o no el área de conocimiento de los candidatos.

> **Tabla 25.4.** *Preceptaciones por candidato en la 1a convocatoria. 2001*

<b>N.º de preceptaciones obtenidas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>&gt;5</b>
Solicitantes	2.229	486	124	45	24	14
	76,3%	16,6%	4,2%	1,5%	0,8%	0,4%
Contratos concedidos	562	150	31	11	12	8
	72,6%	19,4%	4,0%	1,4%	1,6%	1,0%

**Fuente:** DGI, MCYT elaborado por Romero-Medina and Triossi, [8].

Siguiendo esta evidencia, Romero-Medina y Triossi [8] demuestran que los candidatos seleccionados que no lograron formalizar su contrato en la primera etapa disponían, en general, de menor información acerca del proceso, así como de una mayor experiencia internacional y un mejor currículum (lo que concuerda con el hecho de que aquellos que concurren con cinco o más preceptaciones tienen una mayor probabilidad de ser seleccionados). Al establecer una segunda etapa para asignar a aquellos candidatos seleccionados que no pudieron formalizar un contrato en la primera, el mecanismo promueve el comportamiento estratégico de los agentes implicados. Ello impide que el mecanismo garantice asignaciones estables, en

las que los intereses de los centros y de los candidatos sean compatibles, de manera que ninguno de ellos tenga incentivos a romper los compromisos alcanzados

> **Tabla 25.5.** *Determinantes del número de preceptaciones en la 1ª convocatoria*

	(1)	(2)
Controles por área de investigación	No	Sí
Residente en el extranjero	0,279 (0,063)	0,203 (0,065)
Doctorado en una universidad de EEUU	0,448 (0,135)	0,378 (0,140)
Presenta más de un proyecto de investigación	1,582 (0,076)	1,724 (0,078)
Tiene preceptación de su <i>alma máter</i>	0,510 (0,050)	0,504 (0,051)

**Nota:** estimaciones por máxima verosimilitud de un modelo probit ordenado. Errores estándar entre paréntesis.

**Fuente:** Romero-Medina y Triossi, [8].

Una vez que hemos establecido que las propiedades asignativas del mecanismo no son las más adecuadas, hay dos objetivos más que nos interesa analizar. En primer lugar, la capacidad del mecanismo para inducir una asignación meritocrática, en el doble sentido de que se seleccione a los mejores candidatos posibles y de que éstos obtengan las mejores plazas de acuerdo con su criterio de preferencias. En segundo lugar, la capacidad del mecanismo para evitar la endogamia.

Independientemente de sus méritos, un candidato potencial que no consiga la preceptación de un centro no podrá participar en el proceso. Por ese motivo, el mecanismo no puede garantizar siquiera la participación de los mejores candidatos potenciales. Este problema ha sido planteado por distintos colectivos de investigadores (véase [6]). Diversos artículos divulgados en la prensa (véase como ilustración [4]) dan idea de que la imposibilidad de un buen número de investigadores españoles que trabajan en el extranjero de acceder al proceso por no conseguir ninguna preceptación es mucho más que anecdótica. Así, el carácter abierto de la convocatoria quedó limitado en tanto que un buen número de centros optaron por avalar únicamente a aquellos investigadores con los que existía vinculación.

Además, el mecanismo carece de capacidad alguna para imponer que cuanto mejor sea el individuo, más probable sea que acceda a un contrato en uno de sus centros preferidos. En la práctica, cada centro de investigación puede vetar a un candidato o no contratarle a pesar de haberle avalado. Por este motivo, la asignación es independiente de la priorización establecida en base a los méritos de los candidatos por la comisión encargada de otorgar los precontratos.

Por otro lado, pese a su diseño centralizado, el mecanismo es incapaz de evitar las prácticas endogámicas. De hecho, dado que el número de solicitantes con contratos potenciales avalados por un único centro es muy alto, basta que los centros receptores se nieguen a avalar a los candidatos potenciales no vinculados a sus centros para que la asignación resultante sea necesariamente endogámica. Conviene destacar que muchos centros no participaron, y aún hoy no participan, en el programa. Además, la distribución de los contratos formalizados ha sido muy desigual entre los centros participantes. Ambos hechos ponen de manifiesto la gran heterogeneidad entre centros, tanto en su política de recursos humanos y en su apuesta por la competencia basada en la excelencia, como en su calidad y en su capacidad para atraer investigadores de valía. También es importante señalar que esto no cuestiona la calidad del proceso de selección, que es independiente de las prácticas endogámicas, ni de los candidatos seleccionados. No obstante, la exigencia de un nivel mínimo de calidad para los candidatos internos hace la endogamia más elitista, pero no menos excluyente.

Asimismo, es importante comentar que en su momento se dio mucha importancia a la publicación de la relación priorizada de los candidatos seleccionados por áreas como mecanismo de indicar a los centros la calidad relativa de los candidatos. Sin embargo, Romero-Medina y Triossi [8] demuestran que dicho mecanismo es incapaz de hacer que los centros internalicen esta ordenación, o que esta ordenación afecte a la asignación final.

Para incidir en la importancia de la preaceptación, Alonso-Borrego, Triossi y Romero-Medina [1] formulan un modelo muy simple en el que la confianza de los candidatos en sus posibilidades decrece con el número de solicitudes denegadas. Los datos de los candidatos que continúan presentándose están recogidos en la tabla 25.6 y corroboran esta hipótesis de partida.

En este contexto, los autores demuestran que cuando el coste de seleccionar candidatos y decidir a cuáles avalar es alto para los cen-

tros, debido a la necesidad de ir a buscarlos fuera de los mismos, los centros prefieren que se elimine el requisito de las preacceptaciones, como en el nuevo mecanismo implementado en 2004. En estas condiciones, cuando la mayoría de los centros no dispone de candidatos internos con posibilidades de ser seleccionados por el programa, prefieren escoger entre candidatos en firme que ya cuentan con un precontrato y evitarse la costosa evaluación por cuenta propia de candidatos externos.

> **Tabla 25.6.** *Número de solicitudes al Programa Ramón y Cajal por convocatoria y por número de solicitudes previas*

	2001	2002	2003	2004	2005
0	2.793	1.497	1.447	561	696
1		1.060	615	404	269
2			541	228	167
3				164	111
4					75

Fuente: Alonso-Borrego, Romero-Medina y Triossi, [1].

En 2003 ya se permitió que se presentaran candidatos sin preacceptación de los centros, dejando la preacceptación con carácter opcional. El hecho de que en 2003 los candidatos pudieran concurrir con o sin preacceptación ha permitido el contraste empírico de la hipótesis planteada en el párrafo anterior. Esencialmente, podemos comprobar en qué medida el cambio de mecanismo afectó a las posibilidades de los candidatos que no obtuvieron contrato en 2003 y volvieron a presentarse en 2004, en función de que contaran o no con alguna preacceptación en 2003. Realizamos el análisis explotando los datos de todos los candidatos al programa en dichos años. Nuestro propósito es evaluar el efecto del cambio de diseño del programa (es decir, la eliminación de la preacceptación en 2004) sobre la probabilidad de obtener un contrato. Para aquellos candidatos que concurren tanto en 2003 como en 2004, utilizamos la información sobre la preacceptación de la siguiente manera. En primer lugar, definimos la variable binaria *Sin preacceptación*, que toma el valor 1 si el individuo concurre sin preacceptación en 2003 y 0 en caso contrario. En segundo lugar, definimos la variable *Sin preacceptación × año 2004*, que toma el valor 1 para los solicitantes sin preacceptación en 2003 que concurren de



nuevo en 2004. Esta variable permite controlar el efecto diferencial entre los individuos afectados por el cambio de diseño (aquellos que concurrieron sin preceptación en 2003) y el resto. Para capturar apropiadamente dicho efecto y asegurarnos de que no estamos imputando como tal el efecto de otras diferencias existentes entre los candidatos, explotamos información individual que puede ser relevante para el éxito de éstos. Para cada uno de los candidatos, observamos el número de años transcurridos desde que finalizó su doctorado, dónde lo realizó, su país de residencia en el momento de la solicitud, si ha presentado más de una solicitud, o si obtuvo una preceptación del centro donde realizó su doctorado (lo que denominamos endogamia). Hemos procedido a estimar distintas especificaciones para la probabilidad de obtener un contrato mediante un modelo probit. Los resultados se presentan en la tabla 25.7. En el caso más sencillo (columna 1) sólo consideramos las variables asociadas a tener o no preceptación en 2003, y en las columnas siguientes añadimos de manera recursiva distintos conjuntos de variables adicionales.

> **Tabla 25.7.** Probabilidad de obtener un contrato Ramón y Cajal (modelo probit)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Control por área de investigación	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Control por país de doctorado y país de residencia	No	No	No	Sí	Sí
Control por antigüedad del doctorado	No	No	Sí	Sí	Sí
Control por endogamia	No	No	Sí	Sí	Sí
Control por varios proyectos	No	No	Sí	Sí	Sí
Control por coeficientes distintos en 2003 y 2004	No	No	No	No	Sí
Sin preceptación	-0,36 (0,09)	-0,33 (0,09)	-0,32 (0,10)	-0,34 (0,10)	-0,36 (0,10)
Sin preceptación × año 2004	0,53 (0,19)	0,57 (0,19)	0,50 (0,20)	0,49 (0,20)	0,54 (0,21)

**Nota:** estimaciones por máxima verosimilitud de un modelo probit. Errores estándar entre paréntesis.

Se han realizado diversos contrastes de Wald de significación conjunta para los diversos controles, obteniendo p-valores muy bajos, lo que supone que los diversos controles considerados son claramente significativos a la hora de explicar la probabilidad de obtener un contrato.

**Fuente:** Alonso-Borrego, Romero-Medina y Triossi, [1].

Como puede apreciarse en dicha tabla, nuestros resultados muestran un coeficiente positivo de la variable *Sin preaceptación* × año 2004, mientras que el efecto de la variable *Sin preaceptación* es negativo. Además, ambos coeficientes son significativos. Ello implica que, mientras que los candidatos que concurrieron sin preaceptación en 2003 muestran una probabilidad inferior de obtener un contrato en dicho año, los candidatos de este grupo que volvieron a concurrir en 2004 muestran una mayor probabilidad de obtener un contrato en 2004 que los candidatos con preaceptación en 2003 que también concurrieron en 2004. Este resultado es cualitativa y cuantitativamente similar para distintas especificaciones, incluyendo las que controlan por área de conocimiento o procedencia geográfica y académica. Asimismo, dichos resultados son compatibles con la interpretación de que la mayoría de los centros implicados en la asignación trataron de preservar los derechos de aquellos investigadores internos cuyas probabilidades de ser seleccionados fueran sustanciales. Después, los centros aceptaron un mecanismo que les resultara lo menos costoso posible.

Hay que hacer notar que en el momento de la implantación del programa, ya existían centros que basaban la contratación y la promoción de su personal investigador en criterios meritocráticos. Pero el criterio de la mayoría de los centros, que vieron el programa como una oportunidad para mejorar el estatus laboral de sus miembros más jóvenes, impuso el diseño original. Afortunadamente, el hecho de que el mecanismo centralizado de evaluación impusiera unos estándares de calidad garantizó un notable nivel científico, efectivo o potencial, de los investigadores seleccionados, y permitió mejorar el diseño de acuerdo con la mayoría de los centros, una vez que sólo quedaron los investigadores internos con escasas o nulas posibilidades de acceso al programa.

Aun con los problemas mencionados en su diseño inicial, el programa Ramón y Cajal representó un salto cualitativo en las políticas públicas de promoción de I+D implementadas hasta la fecha en España. El debate que generó permitió plantear los problemas endémicos del sistema español de I+D, caracterizado por la tradicional endogamia de los centros y la escasez de recursos humanos y financieros. Dichos problemas han distorsionado la carrera investigadora, alejándola del objetivo de excelencia científica y académica. En este contexto, el programa supuso un incuestionable giro en la voluntad política de equiparar el nivel de avance científico con el nivel de desarrollo económico de nuestro país. Además, el sustancial número de contra-

tos Ramón y Cajal ofrecidos desde su primera convocatoria, en 2001, garantizaba que su impacto fuera significativo.

Sin embargo, los objetivos utilizados para justificar el programa Ramón y Cajal eran demasiado amplios, y no alcanzables (o tan sólo parcialmente) a través de dicho programa. Entre los objetivos, podemos destacar los arriba mencionados de redefinir tanto la carrera investigadora como las estrategias de los centros de investigación en coherencia con los criterios de excelencia científica, además de toda una serie de objetivos indirectos relacionados con éstos. En el primer caso, se expresó la voluntad de proporcionar un marco legal coherente con la actividad del investigador y vinculado a criterios de excelencia científica, pero con una mayor seguridad laboral, su-peditada al cumplimiento de dichos criterios de excelencia. En el segundo caso, se apostaba por proveer a los centros de investigación los incentivos adecuados para redefinir su política de contratación y promoción en coherencia con dichos criterios.

Sin embargo, la puesta en marcha del programa no se inscribió en el contexto más amplio de un plan o estructura para redefinir el sistema público de I+D. Dicha estructura debería tener ciertas propiedades, algunas presentes y otras pendientes en el diseño del programa. En primer lugar, ser sensible a las necesidades de los agentes, tanto a nivel colectivo (centros) como individual (investigadores). En segundo lugar, explicitar de manera clara los objetivos a alcanzar, indicando hitos y horizonte temporal de éstos. En tercer lugar, establecer instrumentos de política (entre los que podría contarse el actual programa Ramón y Cajal) con impacto adecuado tanto en su dimensión como en su adecuación temporal. En cuarto lugar, garantizar que los instrumentos establezcan los incentivos adecuados en los agentes que ejecutan las políticas. A este respecto, conviene resaltar el papel primordial de los departamentos universitarios, que integran a la mayor parte de los investigadores del sistema público de I+D y tienen una amplia autonomía en sus políticas de gasto, contratación y promoción de personal. Por último, y no menos importante, es necesario dotar a la estructura de permanencia más allá de los ciclos políticos, y de autonomía frente a las diversas administraciones y agentes afectados. Para ello, es fundamental la existencia de agencias independientes que realicen tanto evaluación *ex ante* de la situación de los centros y de los investigadores, como un seguimiento del cumplimiento de los objetivos.

El programa Ramón y Cajal ofrecía una figura contractual con una estabilidad temporal de cinco años para los investigadores seleccionados. Entre éstos, los investigadores sin vinculación laboral con los centros de destino representaban, como hemos podido ver, una pequeña parte de los beneficiarios de los contratos, dado que la mayoría disfrutaba ya de vinculación laboral con dichos centros. Ello hace aún menos realista la posibilidad de confiar los objetivos –en particular, los relacionados con el fomento de la productividad científica– a las externalidades generadas por los nuevos investigadores incorporados. Y ello es así porque el programa no altera los incentivos de la mayoría de los miembros preexistentes en los centros: más allá del incremento de fondos, los centros como tales no ganan nada por tener investigadores beneficiarios del programa.

Admitiendo que el programa sólo potencia la incorporación de nuevos investigadores (tal y como termina ocurriendo cuando las posibilidades de los candidatos internos se van reduciendo, y como se ha potenciado en sucesivas modificaciones de los requisitos), no se establece un compromiso claro de financiación indefinida de los incorporados aunque éstos satisfagan los criterios de excelencia (véase [13]). Este problema se palía desde 2004 con la instauración del programa I3, que proporciona financiación adicional para que las universidades y organismos de investigación doten de plazas de funcionario a los contratados Ramón y Cajal que acrediten excelencia curricular (de acuerdo con la evaluación de la ANEP) durante el periodo de disfrute del contrato. El programa I3 es un programa independiente pero surge ante la necesidad de fomentar la incorporación al sistema de los contratados Ramón y Cajal. No obstante, conviene destacar que el programa I3 se abre también a investigadores no participantes en el programa Ramón y Cajal que acrediten condiciones curriculares similares. Sin embargo, la gestión de fondos del programa I3 fue asignada a la universidad y no al departamento implicado. Ello limitó el impacto de este instrumento adicional, al ser la universidad y no el centro (que es el que realmente decide la composición y la estabilización de su plantilla) el gestor de la financiación adicional. Una vez más, los incentivos no se atribuyen a quien tiene la capacidad decisoria.

Incluso en el caso de que se produjera una implicación de los centros, no se consigue que sus miembros compartan los incentivos adecuados hacia la excelencia en todo el sistema de I+D. En particular, no se dan incentivos a la productividad científica entre el grueso

de investigadores que conforman el sistema. Así, no se proporcionan incentivos para que los investigadores ya en plantilla internalicen los objetivos de excelencia científica. Los incentivos tanto de tipo económico como profesional deberían ser a nivel individual. Los incentivos económicos pasarían por establecer esquemas de remuneración flexibles con pagos variables en función de evaluaciones periódicas basadas en los méritos científicos. Los incentivos profesionales deberían ir asociados al diseño de una carrera profesional, estableciendo escalas basadas en criterios objetivados y liberando o potenciando para la investigación a los mejores investigadores ya vinculados al sistema. El programa I3, además, ignora los incentivos a los centros. Dichos incentivos deberían pasar por romper la actual disociación entre los méritos científicos de la plantilla y la financiación de ésta, y establecer un vínculo entre los mismos.

Teniendo en cuenta que la gran mayoría de los investigadores que operan en el sistema público de I+D están vinculados a centros o departamentos universitarios, interesa ver cómo implementar un modelo de financiación que establezca los incentivos adecuados en beneficio de la excelencia científica. Para ello, es de gran interés conocer las experiencias internacionales relativas a la financiación pública de los departamentos universitarios. El modelo más usual utiliza un criterio asociado generalmente al número de alumnos matriculados, dejando en algunos casos que una pequeña parte de la financiación total se base en la productividad científica. En la última década, diversos países han dado pasos hacia un modelo que dé un peso creciente a la productividad científica en la financiación de los centros.

### **3.2. Otros modelos de incentivos en otros países**

El Reino Unido constituye la referencia en financiación pública de los departamentos universitarios ligada a la productividad científica de éstos. De hecho, otros países han imitado su modelo como marco para el diseño de reformas del sistema público de I+D [14]. La financiación de los centros se revisa quinquenalmente en base a un proceso de evaluación, realizado por paneles de expertos independientes, de los currículos de los investigadores estables de dichos centros. Este proceso de evaluación, denominado *Research Assessment Exercise*, está supervisado por las cuatro agencias independientes británicas de educación superior. Los departamentos se clasifican de acuerdo con la calidad de sus contribuciones, desde el más alto nivel, que indica

liderazgo internacional en términos de originalidad, impacto y rigor científicos, al menor nivel, que corresponde a centros que no alcanzan estándares nacionales de calidad científica. Este modelo ha reforzado los criterios basados en el mérito científico para la incorporación y estabilización de nuevos investigadores por parte de los departamentos, al vincular su financiación a la excelencia científica. Al hacer que la financiación dependa de la productividad científica, se perfila la carrera investigadora y los criterios que deben guiar la promoción académica, basados en el mérito científico. A este respecto, el hecho de que sólo se consideraran las contribuciones de los investigadores estables ha sido objeto de polémica, pero ha desempeñado un papel clave en los incentivos de los departamentos para primar la excelencia científica en la consolidación de sus plantillas. Sin embargo, ha podido jugar en contra del desarrollo de líneas de trabajo independientes por parte de investigadores con suficiente madurez científica pero con contratos inestables.

El modelo británico es una referencia para un número creciente de países. Su principal virtud es que hace que los departamentos internalicen el fomento de la productividad científica, al vincularla a la financiación. De este modo, internalizan ese objetivo y lo hacen propio. Desde ese momento, dicho objetivo condiciona tanto su funcionamiento como su política de crecimiento. En esta misma línea, pueden utilizarse otros instrumentos relacionados. En particular, si bien es cierto que los centros disponen de una gran autonomía para confeccionar sus plantillas, también lo es que la Administración tiene potestad para determinar el tamaño de las plantillas. En este sentido, el crecimiento de las plantillas puede vincularse a su productividad científica. El programa Ramón y Cajal, junto con el programa I3, opera en esta dirección al mejorar las posibilidades de crecimiento de los centros. Pero estas posibilidades de crecimiento podrían hacerse más explícitas evaluando el centro en su conjunto y vinculando presupuesto y plantilla potencial a la calidad investigadora

Otra experiencia destacable es la de Holanda. Este país, caracterizado por un modelo tradicionalmente híbrido, en el que la evaluación de la investigación y la financiación estaban separadas, ha emprendido un giro hacia un modelo de financiación ligado a la productividad científica. Este hecho vino precedido del establecimiento en 2000, por parte de la Agencia Holandesa de Investigación Científica (NWO en sus siglas en holandés) del Esquema de Incentivos a la Investigación

(IRIS en sus siglas originales), que instituyó tres tipos de programas de financiación: para el desarrollo de líneas de investigación propias por parte de investigadores recién doctorados (Veni), para la implementación de líneas de investigación innovadoras por parte de investigadores con experiencia acreditada (Vidi), y para la consolidación de grupos de investigación por parte de investigadores líderes en el área (Vici), respectivamente. Los beneficiarios pueden dedicar más tiempo a su investigación, y los centros a los que están adscritos reciben financiación para cubrir las necesidades docentes no cubiertas por los beneficiarios. Los tres programas pretenden financiar la excelencia científica de investigadores en diversos estadios de su vida investigadora, de manera que el número de propuestas seleccionadas por área de conocimiento es pequeño. Por ello, las propuestas seleccionadas representan un gran prestigio y una fuente de financiación tanto para los investigadores solicitantes como para el centro al que están vinculados. Como demostración del efecto que el programa ha tenido en el comportamiento de los centros, algunos de ellos han desarrollado iniciativas consistentes en liberar de docencia durante un año a los investigadores mejor valorados pero que no recibieron financiación para que puedan concentrar sus esfuerzos en mejorar sus propuestas y sus méritos curriculares para la siguiente convocatoria. Además, para incrementar la vinculación entre excelencia investigadora y financiación de los centros, desde 2008 se redujo la financiación anual directa a las universidades públicas en 100 millones de euros, que se asignaron a financiar los programas.

Una característica muy importante de los programas del IRIS es que, más allá de los requisitos relacionados con la antigüedad del doctorado, tienen una estructura absolutamente abierta y competitiva que no está limitada, en concreto, por el estatus laboral de los investigadores. El programa Ramón y Cajal, por el contrario, está limitado a investigadores que no están estabilizados dentro del sistema desde el punto de vista laboral. Como consecuencia, no permite internalizar los incentivos para promover la excelencia científica entre el grueso de investigadores preexistentes ya estabilizados. De hecho, los nuevos investigadores representaban, a la vista de la evidencia aportada, una pequeña parte de los beneficiarios de los contratos, siendo éstos en su mayoría investigadores con vinculación laboral previa con los centros. La generalización de los incentivos por productividad científica a todos los miembros de la comunidad hace

que sea el mérito y no las circunstancias del candidato lo que prime. En este sentido, se incentiva a toda la comunidad científica en pos de los mismos objetivos.

En el caso de los dos países analizados, el éxito de sus políticas de investigación depende de dos condiciones. En primer lugar, que se garantice la continuidad de éstas por encima de los cambios políticos y de las diferentes administraciones implicadas. En segundo lugar, que la evaluación de los agentes implicados y el seguimiento de las políticas recaiga en una agencia independiente, en la línea de los *councils*, fundaciones o agencias que existen en los países que lideran el desarrollo científico. Dicha agencia independiente debe supervisar, al margen de la agenda política, todas las etapas del proceso inducido por las políticas de I+D: la evaluación *ex ante*, la selección, la financiación, el seguimiento y la evaluación *ex post*. Solamente así programas como el Ramón y Cajal pasarán de ser un encomiable objetivo político a constituir un objetivo compartido por los colectivos implicados. La coherencia en su funcionamiento ha sido y debe ser garantizada por la existencia de una agencia independiente.

## 4. Conclusiones

La implantación del programa Ramón y Cajal ha supuesto un punto de inflexión en la dinámica del sistema español de I+D. La creación de una convocatoria potencialmente abierta a todos los investigadores del mundo, publicitada internacionalmente y con unos criterios de selección basados en el mérito y la proyección futura de los candidatos, juzgada por comités independientes y especializados, generaron unas expectativas difíciles de cumplir. Desde el año 2001, la incorporación de los contratados Ramón y Cajal al sistema español ha sido ampliamente difundido por medios nacionales e internacionales. En resumen, puede decirse que, si bien la apuesta ha generado multitud de éxitos personales, las esperanzas que se habían depositado en el programa como agente transformador de la realidad científica española estaban claramente sobredimensionadas.

Transcurrido el tiempo, hemos aprendido que el programa, lejos de estar abierto a todos los investigadores, ha excluido, a veces activamente, a sus supuestos destinatarios en favor de la estabilización del personal de plantilla en los centros españoles de I+D.



Cabe decir que su diseño, en una primera etapa, fue consecuencia de la búsqueda de rentas de un colectivo, los centros, en favor de sus candidatos. Con el tiempo, las circunstancias cambiaron y también los requisitos del programa. Éste se hizo más abierto y más pequeño en lo que respecta al número de plazas, aumentando su efectividad pero limitando su influencia.

La conclusión de nuestro análisis es que los incentivos tienen que ser estables en el tiempo y evitar la búsqueda de rentas. Es así de sencillo y tan difícil como eso.

Diversas instituciones pueden incorporar este objetivo mediante la institución de una agencia con mayor independencia, en la línea de los *councils* existentes en otros países. La experiencia internacional revela que el funcionamiento de las agencias o fundaciones al margen de la agenda política es fundamental para preservar la integridad del sistema.

El papel que dicho organismo independiente debe tener es claro: marcar el camino y evaluar el desempeño. Debe, por tanto, unir la evaluación *ex ante*, la selección, la financiación, el seguimiento y la evaluación *ex post* de las políticas de I+D en un proceso integral. Debe tener un marco de actuación amplio que trascienda las barreras institucionales marcadas por los límites entre administraciones y organismos, y contar con la credibilidad y confianza de la comunidad científica. Una agencia de este tipo se ocuparía de mantener los objetivos de la comunidad científica orientados hacia una labor de prospectiva, y daría consistencia temporal y velaría por el cumplimiento de los objetivos planteados en cada momento.

Debe abordarse el problema de incentivos que sufren los centros de I+D y, en particular, los departamentos universitarios y sus miembros. Respecto a los centros, ha de atajarse la actual disociación entre su productividad científica y su financiación y las posibilidades de crecimiento de sus plantillas. Esta apuesta es esencial para incrementar el nivel científico de muchos centros en beneficio de la totalidad del sistema.

En cuanto a los investigadores, ha de establecerse un diseño de carrera profesional que vaya desde el acceso para los jóvenes doctores, la implantación de la figura de *tenure track*, y el requisito de una evaluación externa positiva para obtener un contrato indefinido. Pero el diseño de la carrera profesional no debe limitarse a los jóvenes doctores: deben establecerse hitos para que los investigadores ya

en plantilla internalicen los objetivos de excelencia científica, restando importancia a la docencia como medio de promoción. Es evidente que algunas de las iniciativas necesarias para implementar los incentivos mencionados pueden encontrarse con la resistencia al cambio de agentes que componen el sistema. Pero posponer o acometer parcialmente dichas iniciativas puede hacer fracasar la necesaria evolución hacia un sistema internacionalmente homologable.

## Referencias

- [1] Alonso-Borrego, C.; Romero-Medina, A.; Triossi, M. (2007): «Converging to efficiency: the Ramón y Cajal Program experience», *Economics Working Papers*, pp. 7-53, Departamento de Economía, Universidad Carlos III, Madrid.
- [2] Cruz-Castro, L.; Sanz-Menéndez, L. (2005): «Bringing S&T Human Resources back in: The Spanish Ramón y Cajal Programme», *Science and Public Policy*, 32 (1), pp. 39-53.
- [3] Eisenberg, T.; Wells, M.T. (2000): «Inbreeding in law school hiring: Assessing the performance of faculty hired from within», *J Legal St.*, 29, pp. 369-388.
- [4] Elías, C.: «Investigadores españoles en el extranjero denuncian que las universidades vetan su vuelta», *El Mundo*, 19 de junio de 2001.
- [5] Ferrer, P. (2000): «Returners are not welcome at Spanish Universities», *Nature*, 407, p. 941.
- [6] Fernández Soto, A.; León Borja, M.; Martín Mayor, V.; Pérez Torres, M. A. (2001): «Programa Ramón y Cajal para la incorporación de doctores al sistema español de ciencia y tecnología», documento de trabajo Marie Curie Fellows, reunión con el Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica, Excmo. Sr. Ramón Marimón, 10 de julio de 2001.
- [7] Navarro, A.; Rivero, A. (2001): «High rate of inbreeding in Spanish universities», *Nature*, 410, p.14.
- [8] Romero-Medina, A.; Triossi, M. (2006): «Ramón y Cajal: Mediation and Meritocracy», *Carlo Alberto Notebooks*, 22, Collegio Carlo Alberto.
- [9] Roth, Alvin E. (2002): «The Economist as Engineer: Game Theory, Experimentation, and Computation as Tools for Design Economics», Fisher-Schultz Lecture, *Econometrica*, 70, 4, pp. 1.341-1.378.
- [10] Sanz-Menéndez, L. (2004): «Coping with researches' labour market problems through public Policy», en Avveduto, S. (comp.), *Fostering the development of human resources*, pp. 241-274, Biblink Editori, Roma.
- [11] Sanz-Menéndez, L.; Jerez, M. J.; Marqués, I.; Martínez, A.; Romero-Medina, A. (2001): «Una nueva política de recursos humanos en I+D: El Programa Ramón y Cajal», *Economía Industrial*, 343 (1), pp. 149-160.

- [12] Soler, M. (2001): «How inbreeding affects productivity in Europe», *Nature*, 411, p. 132.
- [13] Tapiador, F. J. (2004): «El Programa Ramón y Cajal de captación de científicos en España. Evaluación, valoración y propuesta de resolución», *Biblio 3W: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales* (Serie documental de Geo Crítica), 11 (660).
- [14] Von Tunzelmann, N.; Kraemer Mbula, E. (2003): «Changes in research assessment practices in other countries since 1999: Final report», anexo de *Report by Sir Gareth Roberts to the UK funding bodies*.



# *Inversión en I+D y productividad del trabajo*

> **Jorge Julio Maté García y José Miguel Rodríguez Fernández**

Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

## ***1. Introducción***

Los datos de productividad media del factor trabajo correspondientes al año 2008, publicados por Eurostat, indican que en España el producto interior bruto (PIB) por empleado es algo superior a la media de la Unión Europea de los 27 (UE-27): si se asigna un índice 100 a la UE-27, España alcanza un nivel de productividad del 103,6. Ahora bien, cuando se toma como referencia únicamente los países de la zona euro, cuyo índice de productividad se sitúa en el 109,7, se deduce que la economía española ha de efectuar un esfuerzo considerable para aproximarse a las posiciones de cabeza en lo que a esta variable se refiere, ya que aparece en niveles inferiores, aunque por delante de Grecia y Portugal.

Si se compara la productividad del trabajo en el conjunto de los países de la UE-27 con la alcanzada en Estados Unidos, cuyo índice de productividad es del 144,6, la práctica totalidad de los países que componen la Europa unida presenta una menor productividad que la economía estadounidense, con la excepción –seguramente poco significativa– de Luxemburgo, cuyo índice de productividad es del 160,8.

Cabe preguntarse por algunas de las causas de esas diferencias de productividad. Una razón significativa podría ser el diferente esfuerzo de inversión en I+D que se realiza en cada país. Por este motivo, el presente estudio investiga la relación entre la productividad del trabajo y las inversiones en I+D, con el propósito de presentar algunas estimaciones acerca del rendimiento de éstas.

Este asunto parece especialmente relevante cuando se tiene en cuenta que la Unión Europea, en general, y España, en particular, han llevado a cabo en los últimos años un gran esfuerzo inversor en I+D. En este sentido, en la UE-27, el gasto en I+D como porcentaje del PIB ha pasado de representar el 1,67% en 1995, al 1,77% en 2006. Estos mismos porcentajes son del 1,77% y el 1,93%, respectivamente, si el ámbito de referencia es la UE-15. En España, tales porcentajes han pasado de un 0,79% en 1995 a un 1,2% en 2006, elevándose hasta el 1,35% en 2008. A pesar de la apuesta europea y española por la inversión en I+D, estas cifras se encuentran aún alejadas de las correspondientes a Estados Unidos, con un 2,66% del PIB en 2006, y Japón, con el 3,39% en el mismo año<sup>1</sup>. Además, debe recordarse el objetivo marcado por la UE de alcanzar un 3% sobre el PIB.

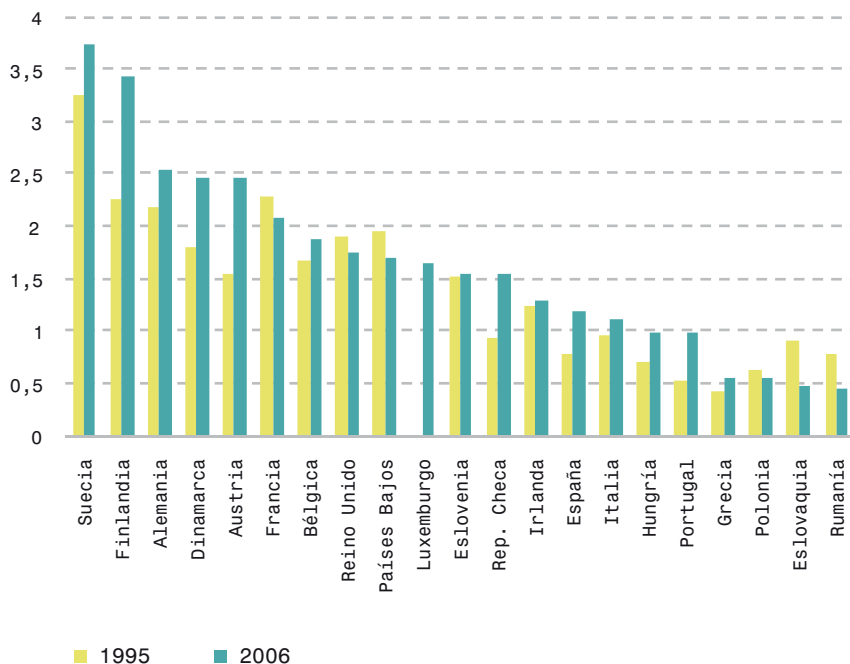
Junto con lo anterior, un análisis detallado de los datos proporcionados por la OCDE sobre la inversión en I+D denota que, a pesar del incremento medio de la inversión en I+D, existen importantes diferencias dentro de la UE entre los países del norte y el sur, así como entre los del este y el oeste, según se aprecia en el gráfico 26.1.

Dentro del ámbito académico, la relación entre progreso tecnológico y crecimiento de la productividad es un tema que ha interesado a los economistas desde que Solow [46] publicó un trabajo pionero en este campo. Ahora bien, la dificultad de medir adecuadamente ese progreso tecnológico ha llevado a los estudiosos del tema a aproximar dicha variable mediante los gastos en I+D. Se entiende que, presumiblemente, estos gastos contribuyen a las mejoras tecnológicas y, en consecuencia, conducen a un crecimiento de la productividad.

Como consecuencia, existe una larga tradición de estudios que apuntan a la inversión en I+D como un factor relevante en el crecimiento de la productividad del trabajo, junto con la innovación. Las inversiones en I+D pueden aportar un elevado valor añadido y favorecer la competitividad empresarial, a la vez que la difusión del conocimiento

contribuye a la mejora de la productividad. A este respecto, Nadiri [36] realiza un repaso de varios trabajos referentes a la relación entre crecimiento de la productividad e inversión en I+D. Más recientemente, Sveikauskas [47] también revisa la literatura sobre el tema.

> **Gráfico 26.1.** Esfuerzo tecnológico en la Unión Europea en 1995 y 2006



**Fuente:** elaboración propia a partir de *Main Science and Technology Indicators*, publicado por la OCDE.

Partiendo de esta base, el presente estudio pretende alcanzar un doble objetivo. Por un lado, comprobar si las inversiones en I+D por parte de las empresas del sector manufacturero español tienen efectos beneficiosos sobre su variación de la productividad del trabajo; y, por otro, verificar si las empresas que realizan esas inversiones de un modo continuado consiguen unos efectos positivos crecientes sobre el aumento de esa productividad. Si se llegase en ambos casos a una conclusión positiva, se estarían sentando las bases tanto para convencer a las empresas de las ventajas de realizar ese esfuerzo inversor, como para recomendar medidas de política económica dirigidas a incentivar la inversión privada en I+D.

¿Y cómo proceder metodológicamente para realizar el estudio que se pretende? El análisis empírico de la relación entre I+D y productividad se lleva a cabo habitualmente a través de la estimación de una función de producción en la que se incluye como variable explicativa diferenciada el *stock* de capital de investigación o capital I+D<sup>2</sup>. Este *input* facilita la generación de nuevas ideas en las empresas, que pueden revertir en una mayor productividad del trabajo.

En España, la mayor parte de los trabajos realizados acerca de la relación entre productividad e I+D han seguido esa línea de investigación. Partiendo de funciones de producción, determinan la elasticidad de la producción con respecto al capital I+D. Ésta es la línea de investigación seguida, entre otros, por Lafuente *et al.* [24], Fluviá [10], Grandón y Rodríguez Romero [12], García *et al.* [11], López Pueyo y Sanaú Villarroja [26], Beneito [4] y Doraszelski y Jaumandreu [8]. Todos estos estudios son muy relevantes, al establecer que la I+D es un factor crucial para el crecimiento de la productividad, aunque no sea el único.

El problema subyacente es que los análisis de este tipo requieren datos sobre el *stock* de capital I+D que no están disponibles. Se hace necesario, por tanto, estimar tal *stock*, generalmente mediante el método del inventario perpetuo. Este procedimiento requiere formular hipótesis sobre la tasa de depreciación de ese capital y partir de un valor inicial del mismo. Ahora bien, tal proceder puede soslayarse en parte si lo que se estima es alguna transformación de la función de producción que únicamente requiera conocer los gastos en I+D en cada periodo.

Así, en el presente estudio se va a utilizar una transformación de la función de producción para evitar la utilización del *stock* de capital de investigación como variable explicativa. Se hará uso en su lugar de la inversión anual en capital I+D, cuyos datos sí están disponibles. El objetivo de la estimación se centrará en determinar, ante todo, la tasa de rendimiento del mencionado capital, en lugar de su elasticidad. De este modo, se relaciona directamente el crecimiento de la productividad del trabajo con una medida del esfuerzo tecnológico construida a partir de la inversión en I+D, es decir, con una variable flujo. Tras este análisis inicial, se avanzará algo más en la relación entre productividad del trabajo e inversión en I+D, comprobando el

**Nota 2.** Véase el «modelo del capital I+D» de Griliches [13].



posible efecto beneficioso de una inversión continuada. Se analizará específicamente si el hecho de que una empresa lleve a cabo gastos en I+D de un modo continuado genera efectos positivos crecientes sobre el rendimiento de la inversión en capital I+D. Hasta donde conocemos, no hay trabajos de otros autores realizados en España que estimen la tasa de rendimiento en las empresas manufactureras dependiendo de su continuidad en la inversión en I+D.

A todos estos efectos, en las páginas que siguen se analiza el sector manufacturero español utilizando microdatos correspondientes al periodo 1993-1999 y procedentes de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE), elaborada por la Fundación SEPI.

La estructura de este capítulo es la siguiente: en el apartado segundo, se resumen las hipótesis de trabajo y los análisis empíricos previos relacionados; en el tercero, se realiza una descripción de los datos y se definen las variables y la metodología empírica manejadas en el análisis econométrico; en el cuarto, por un lado se exponen y comentan los resultados de las estimaciones efectuadas para el conjunto del sector manufacturero español y, por otro, los resultados en el caso de dos submuestras específicas, una correspondiente a lo que llamaremos las «empresas innovadoras» y otra referente a las «empresas más innovadoras»; el último apartado resume el estudio y subraya las conclusiones más importantes desde la perspectiva de las políticas económicas aplicables en su caso.

## ***2. Hipótesis y análisis empíricos previos***

La utilización de datos de panel como los procedentes de la ESEE permite disponer de un gran número de observaciones, lo que supone una ventaja sobre los trabajos que se sirven de datos sectoriales globales. Así, por ejemplo, es posible realizar un seguimiento del comportamiento de las empresas individuales durante varios periodos. La empresa individual es la unidad de decisión relevante en relación con la inversión en I+D y, por tanto, los aspectos dinámicos se analizan mejor en este ámbito. Además, el hecho de contar con muchas observaciones hace posible distinguir dentro de la muestra una serie de submuestras donde se consideren únicamente las firmas con una mayor continuidad en la inversión en I+D. De este modo, es posible intentar buscar respuestas a las preguntas que interesan en el presente

estudio, efectuando para ello dos investigaciones. En primer lugar, se realizará una estimación general, es decir, para todas las empresas de la muestra, de la tasa de rendimiento de las inversiones en I+D, entendiendo el rendimiento en términos de la productividad del trabajo. En segundo lugar, se comprobará si un esfuerzo continuado en la realización de gastos en I+D se ve recompensado con unas tasas de rendimiento mayores para este tipo de inversión, utilizando para ello determinadas submuestras.

Como acabamos de decir, para alcanzar los objetivos pretendidos se lleva a cabo una primera estimación con los datos aportados por todas las empresas de la muestra. Se consideran incluso las empresas con inversión anual en I+D siempre igual a 0. Estas últimas actúan como «grupo de control» y permiten contar con una información más completa, pues reflejan la evolución de la productividad del trabajo si no se realiza un esfuerzo de innovación tecnológica. Las empresas que cumplen este requisito son 1.265, en un panel incompleto o no equilibrado con un total de 8.444 observaciones, siempre para el periodo ya apuntado<sup>3</sup>.

Se ha realizado una segunda estimación excluyendo las firmas que no invierten nunca en I+D o que solamente lo hacen durante un año del periodo muestral. Se centra así el interés en las mejoras de productividad que obtienen las empresas que sí realizan inversiones en I+D. Más específicamente, se consideran todas las empresas que ofrecen información acerca de las variables relevantes y que han efectuado inversiones en tecnología al menos durante dos años («empresas innovadoras»). En este caso, la submuestra queda constituida por 606 empresas en un panel incompleto o no equilibrado con un total de 1.600 observaciones.

Una última estimación se ha llevado a cabo con una nueva submuestra, obtenida a partir de la anterior, que incluye solamente las empresas más innovadoras, entendiendo como tales las que realizan ese tipo de inversiones al menos durante más de la mitad del periodo muestral (es decir, al menos durante cuatro años). En esta submuestra de «empresas más innovadoras» la continuidad en la inversión en I+D es elevada, por cuanto todas las empresas que la integran han realizado gastos en I+D durante un mínimo de cuatro años sobre el total de siete que

**Nota 3.** Al hablar de un panel incompleto o no equilibrado quiere decirse que no se dispone de algunos datos anuales relativos a ciertas empresas, dentro del conjunto global de empresas y la serie total de años que intenta analizarse.

cubre la muestra. Tal submuestra comprende 468 empresas, en un panel incompleto con un total de 1.242 observaciones.

Como hipótesis de trabajo se considera que la tasa de rendimiento de los gastos en I+D debería ser presumiblemente superior en las empresas que más persisten en la inversión en I+D. Es decir, se espera encontrar una tasa de rendimiento superior en la última submuestra, que excluye las empresas que, a pesar de ser innovadoras, no han mostrado cierta continuidad en ese tipo de gastos a lo largo del periodo muestral. Varios factores relacionados a continuación podrían explicar el mayor rendimiento en las empresas más innovadoras.

En primer lugar, la inversión en I+D genera beneficios y flujos de tesorería que las empresas pueden reinvertir en I+D. La reinversión aumenta las posibilidades de desarrollar innovaciones, lo que se traduce en una mayor probabilidad de mejorar la productividad del trabajo. Las empresas más perseverantes en la inversión en I+D alcanzarán, por tanto, mayores crecimientos de esa productividad. De hecho, existe una sólida evidencia empírica acerca de la relación positiva entre generación interna de flujos de tesorería e inversión en I+D. Más compleja parece ser la relación entre el volumen de deuda y este tipo de inversión. Habitualmente, los proyectos de inversión en I+D suelen considerarse de elevado riesgo, de modo que puede resultar difícil conseguir fondos ajenos para su financiación, en especial en las empresas que de por sí no tienen fácil acceso a la financiación externa o lo intentan vía deuda transaccional (obligaciones y bonos), en vez de mediante deuda relacional (préstamos y créditos bancarios). No obstante, más allá de esto y según la evidencia empírica disponible, entre la deuda (o sus incrementos) y la inversión en I+D probablemente existe una relación que, en general, adopta la forma de U invertida, al menos para la deuda a largo plazo. Es decir, la relación es positiva durante los primeros niveles de endeudamiento, si bien se convierte en negativa cuando ya el volumen de fondos ajenos parece resultar excesivo, de modo que entra en escena la consabida máxima de que las empresas con grandes volúmenes de activos intangibles o inmateriales –lo cual incluye la inversión en I+D– deberían evitar fuertes grados de apalancamiento, es decir, de endeudamiento, justamente para evitar poner en peligro su continuidad como organización y, por tanto, el valor de esos activos. Sobre todo ello puede consultarse Martinsson [32], quien repasa el estado de esta cuestión y ofrece su propio trabajo empírico al respecto.

En segundo lugar, si la inversión en I+D tiene éxito y se traduce en algún tipo de innovación, ésta genera un flujo de sucesivas innovaciones que se van acumulando sobre la innovación original. En este sentido, Malerba *et al.* [31] indican que el conocimiento se va generando en un proceso de aprendizaje de naturaleza acumulativa. Cuando este proceso se interrumpe o tiene lugar de forma discontinua, el resultado final puede resentirse. En consecuencia, un proceso de aprendizaje continuado se caracterizará por rendimientos crecientes, lo que debería implicar mayores tasas de rendimiento de la investigación en las empresas más innovadoras.

En tercer lugar, Dosi *et al.* [9] demuestran a escala sectorial que un mayor grado de perseverancia en la innovación genera, *ceteris paribus*, mayores niveles de concentración en la industria, tasas de innovación superiores, un mayor tamaño de las empresas que sobreviven en la industria y una menor frecuencia de entrada y salida de empresas en la actividad. Todos estos efectos conducen presumiblemente a una mayor productividad en los sectores en que se producen dichos fenómenos, lo cual podría tener su repercusión en las empresas individuales<sup>4</sup>.

En cuarto lugar, la inversión en I+D requiere cierta cualificación en la mano de obra. En las empresas más innovadoras, los trabajadores y directivos muestran una mayor adaptación a las innovaciones, pues los conocimientos necesarios se adquieren mediante la experiencia. Esta situación repercute favorablemente en el rendimiento obtenido.

Por último, las empresas más innovadoras alcanzan una estructura organizativa más adaptada a los cambios que se van produciendo como resultado de la inversión en I+D. Las empresas menos innovadoras, no tan habituadas a este tipo de inversión, tienen mayores dificultades de organización y, en consecuencia, un menor rendimiento de sus gastos tecnológicos.

En España, los trabajos citados en el apartado introductorio con referencia a la relación entre productividad e I+D en la industria manufacturera son muy interesantes. Sin embargo, como se apuntó anteriormente, dichos trabajos siguen en su mayoría la línea de investigación consistente en estimar la elasticidad del *output* con

**Nota 4.** Una mayor concentración de empresas puede conducir, aunque no de un modo cierto, a un mayor crecimiento de la productividad, tal y como explica Schumpeter [44]. Las empresas con mayor poder de mercado podrían tener más incentivos para invertir en I+D, dado que se enfrentan a una menor incertidumbre en el mercado y tienen unos flujos de ingresos más elevados y estables.

respecto al capital I+D, lo que requiere la elaboración previa de una serie del *stock* de este tipo de capital; además, no hacen referencia expresa a la continuidad en la inversión en I+D.

Pues bien, a diferencia de las investigaciones citadas y de acuerdo con lo anunciado más arriba, en el presente estudio se utiliza una transformación de la función de producción para evitar la utilización del *stock* de capital de investigación como variable explicativa. De este modo, aquí se hace uso de la inversión en capital I+D y se estima la tasa de rendimiento del mencionado capital –en vez de su elasticidad–, partiendo de datos de empresas individuales. Esta línea de estudio es frecuente en otros países. A continuación, se hace referencia a algunos de los trabajos más relevantes al respecto. En todos ellos, los autores encuentran una relación positiva entre la inversión en I+D y el crecimiento de la productividad del trabajo. En la mayor parte de los análisis empíricos, las estimaciones de la tasa de rendimiento de la inversión en I+D se mueven en el intervalo 0,2-0,4, siendo particularmente frecuentes los valores entre 0,2 y 0,3. Sin embargo, no se presta expresa y especial atención a la continuidad en la inversión en I+D, extremo al que más adelante se hará referencia<sup>5</sup>.

Griliches y Mairesse [18] analizan la influencia de los gastos en I+D a partir de datos individuales para Estados Unidos y Francia, entre 1973 y 1978. Únicamente consideran empresas que llevan a cabo gastos en I+D en sectores intensivos en capital de investigación. Por su parte, Clark y Griliches [7] presentan los resultados de un estudio sobre el crecimiento de la productividad y los gastos en I+D durante el periodo 1970-1980. Los datos muestrales comprenden 924 empresas manufactureras norteamericanas. Buena parte de esas empresas son de gran tamaño y pertenecientes a sectores de alta tecnología, por lo que podrían considerarse como empresas más innovadoras.

En el trabajo de Lichtenberg y Siegel [25], se utilizan datos de panel para examinar la relación entre I+D y crecimiento de la productividad en la industria estadounidense en el periodo 1972-1985. Estos autores hallan la tasa de rendimiento de la inversión en I+D en diferentes grupos de empresas, si bien el criterio para construir

**Nota 5.** Tampoco se presta atención al fenómeno de la continuidad en las investigaciones que estiman el *stock* de capital I+D de una empresa mediante el método del inventario perpetuo; y ello a pesar de que, cuando se construye ese *stock*, se está reconociendo indirectamente que la inversión en I+D se lleva a cabo de un modo continuado.

tales grupos es el tamaño de las firmas y no su continuidad en la inversión en I+D.

En lo que respecta a Japón, Odagiri e Iwata [38] estiman el impacto de los gastos en I+D sobre la tasa de crecimiento de la productividad, utilizando datos de empresas individuales en dos periodos distintos: desde 1966 hasta 1973 y desde 1974 hasta 1982. Estos autores separan las empresas en dos grupos, distinguiendo entre las que pertenecen a sectores que ellos denominan innovadores o intensivos en investigación y las que pertenecen a sectores no innovadores o no intensivos en investigación. Para llevar a cabo esta clasificación, tienen en cuenta el uso intensivo del capital I+D por parte de los sectores citados en primer lugar, sin prestar atención a la continuidad en el esfuerzo tecnológico. Sus resultados para el periodo 1966-1973 en Japón muestran que la tasa de rendimiento de la inversión en I+D es positiva y significativa para las empresas innovadoras, no siendo significativa para las demás.

En cuanto a Francia, Hall y Mairesse [21] actualizan resultados propios de trabajos anteriores referidos a la relación entre productividad e I+D en la economía francesa. El periodo muestral comprende desde 1980 hasta 1987 y se cuenta con información de 351 empresas individuales. Todas las empresas consideradas invierten en I+D durante un buen número de años del periodo muestral, de modo que podrían considerarse dentro de la categoría de las más innovadoras.

Scherer [43] también encuentra un elevado rendimiento en las inversiones en I+D y lo atribuye, en parte, a que tal rendimiento incluye una prima por el riesgo asumido, ya que los proyectos que se acometen no tienen garantizado el éxito.

En el Reino Unido, Wakelin [48] analiza la relación entre crecimiento de la productividad e intensidad en el gasto en I+D usando información proporcionada por 170 empresas durante el periodo 1988-1996. Este capítulo distingue dos muestras de empresas en algunas de sus estimaciones. Por una parte, las innovadoras y, por otra, las no innovadoras, si bien esta clasificación no guarda relación con la continuidad en la inversión en I+D.

Para Italia, Parisi et al. [39] presentan evidencia empírica del efecto sobre la productividad de las innovaciones en el proceso productivo, por un lado, y de las innovaciones en el producto, por otro. Asimismo, estudian el efecto de la inversión en I+D sobre la probabilidad de realizar innovaciones. La información procede, inicialmen-

te, de 941 empresas y se refiere al periodo 1992-1997. Tras realizar una selección en la muestra para eliminar las empresas con datos no disponibles o inconsistentes, los autores trabajan con un panel en el que están sobrerrepresentadas las firmas de alta tecnología.

También con datos de empresas italianas, Medda *et al.* [35] encuentran una relación positiva y significativa entre productividad total de los factores e inversión en I+D.

Por último, en España, Doraszelski y Jaumandreu [8] estiman tasas de rendimiento de la inversión en I+D en varios sectores de la industria manufacturera. Aunque el rendimiento difiere entre unos sectores y otros, las tasas estimadas se mueven en torno al 35% con datos que comprenden el periodo 1990-1999. Las tasas de rendimiento del capital I+D se comparan con el rendimiento del capital físico y los autores comprueban que, en la mayor parte de los sectores, el rendimiento del primero es entre 1,5 y 2,9 veces superior al rendimiento de las inversiones en capital físico.

Este último trabajo señalado es igualmente interesante por cuanto apunta hacia un reenfoco metodológico. El modelo propuesto por Griliches [13] ha sido la piedra angular de la literatura sobre productividad y capital I+D durante más de veinticinco años, pero en la actualidad la literatura específica ha evolucionado para tener en cuenta que la relación entre I+D y productividad del trabajo es más compleja de lo que se sostiene en ese modelo. De ahí que Doraszelski y Jaumandreu [8] desarrollen un modelo de inversión dinámica que puede interpretarse como una generalización del modelo de Griliches para tener presentes las interacciones entre las inversiones en conocimiento actuales y pasadas y sin incorporar como hipótesis una tasa de depreciación constante para el capital I+D previamente acumulado.

En años recientes, los expertos también han comenzado a prestar atención a la idea de que la implantación de nuevas tecnologías requiere inversiones complementarias (rediseño de la estructura organizativa, formación de personal, etc.), lo que dificulta la estimación de la tasa de rendimiento de la I+D. Por tanto, no es sencillo determinar qué parte del rendimiento se debe a la inversión en I+D y qué parte obedece a esas otras inversiones complementarias.

Falta aludir a los posibles antecedentes sobre la segunda parte de nuestro objetivo, la relacionada con la continuidad en la inversión en I+D. A pesar de que las muestras utilizadas por algunos de los trabajos reseñados permiten suponer que las consideradas son empresas con

cierto grado de continuidad en el esfuerzo tecnológico, en la práctica no se realiza ninguna mención especial a submuestras de empresas en función de esa continuidad, para compararlas, posteriormente, con una muestra general de firmas. Con la excepción de Rodríguez y Maté [40] y Maté y Rodríguez [34], tampoco parecen existir trabajos en España que estimen la tasa de rendimiento en las empresas manufactureras dependiendo de su continuidad en la inversión en I+D.

### **3. Metodología empírica, datos y definición de las variables**

El análisis empírico de la relación entre productividad del trabajo e I+D va a basarse, fundamentalmente, en el modelo de Griliches ([13], [15]), que incluye el capital de investigación o capital I+D como un factor de producción adicional junto con los factores productivos habituales. El anexo 1 desarrolla el modelo teórico que sustenta las estimaciones empíricas presentadas en el siguiente apartado.

Si se acepta la hipótesis de que el mercado funciona en condiciones de competencia, el coeficiente  $\theta$  de la variable de esfuerzo tecnológico en la ecuación [2] del anexo 1 se corresponde, en principio, con la tasa de rendimiento de los gastos en I+D<sup>6</sup>, entendiendo el rendimiento en términos de aumento de la productividad del trabajo. No obstante, deben realizarse algunas matizaciones acerca de esta tasa.

Por un lado, algunos autores consideran que para conocer la verdadera tasa de rendimiento de las inversiones en I+D deben tenerse en cuenta los costes de adoptar la nueva tecnología. Si cada unidad monetaria gastada en I+D requiere, por ejemplo, otra unidad monetaria adicional para implantar la tecnología, entonces el rendimiento de la inversión es sólo la mitad de lo que se estimaría en un principio.

Por otro lado, hay que distinguir entre una tasa de rendimiento «privada» y una tasa de rendimiento «social», porque la incompleta apropiabilidad de los efectos de la investigación hace que el rendimiento privado no coincida con el rendimiento social de la actividad. El conjunto de la economía se enriquece con las externalidades positivas que genera la inversión en I+D de las empresas particulares

**Nota 6.** Véase Clark y Griliches [7].



(efectos *spillover*)<sup>7</sup>, ya que el conocimiento puede transferirse y ser aprovechado por otras muchas empresas. A modo de ejemplo, no puede evitarse que la cualificación adquirida por el personal de investigación en algunas empresas se transmita a otras cuando hay movilidad de ese personal. Si en las estimaciones se tiene en cuenta este efecto *spillover*, sería posible, en principio, estimar por separado la tasa de rendimiento privada y la tasa de rendimiento social. Si no se considera por separado dicho efecto, las estimaciones basadas en datos individuales de empresas pueden estar reflejando –en un grado incierto– tanto la tasa de rendimiento social como la privada<sup>8</sup>.

La estimación de la ecuación [2] del anexo 1, que permite aproximar el valor de la tasa de rendimiento del capital I+D,  $\theta$ , constituye el principal objetivo del presente capítulo. Esta tasa se estimará para la muestra general de empresas, por un lado, y para diferentes submuestras de empresas que llevan a cabo gastos en I+D con diferente grado de continuidad, por otro.

La estimación de esa ecuación [2] propuesta en el anexo 1 se lleva a cabo, fundamentalmente, a partir de los datos que suministra la ESEE. Esta encuesta comprende un panel de empresas representativo de la industria manufacturera española, clasificadas en 18 sectores, que se describen en el anexo 2. La población de referencia de la ESEE la constituyen las empresas con diez o más trabajadores. Los datos aquí utilizados son anuales, obtenidos entre los años 1993 y 1999.

A continuación, se describen sucintamente las variables utilizadas en la especificación econométrica de la ecuación [2] del anexo 1.

La variable dependiente es la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo. En el numerador de esta productividad, como medida del *output* ( $Q$ ), se utiliza el valor añadido real, habiéndose deflactado mediante el Índice de Precios Industriales sectorial hasta el nivel de dos dígitos publicado por el Instituto Nacional de Estadística (INE)<sup>9</sup>. En el denominador, la variable empleo ( $L$ ) queda definida como el número de trabajadores que, en promedio, ha tenido la empresa durante el año correspondiente.

**Nota 7.** Algunas síntesis y artículos interesantes sobre este efecto son los realizados por Griliches [16], Nadiri [36], Mairesse [28], Aiello y Cardamone [2], Chen y Yang [6], y Sveikauskas [47]. En España han investigado este efecto, entre otros, Fluviá [10], López Pueyo y Sanaú Villarroya [26] y Beneito [4].

**Nota 8.** Véase Mairesse y Sassenou [30].

**Nota 9.** Esta aproximación del *output* mediante el valor añadido ha sido también utilizada, entre otros autores, por Odagiri e Iwata [38], Hall y Mairesse [21], Mairesse y Hall [29], Rouvinen [41], y Doraszelski y Jaumandreu [8].

Dicha variable de empleo incluye todo tipo de trabajadores, esto es, los que trabajan en actividades de I+D y el resto, lo cual implica un problema de doble contabilización, que también afecta a otras variables, como apuntan Mairesse y Hall [29]. De acuerdo con estos autores, las cifras consideradas para el valor añadido, el capital físico y el empleo, deberían corregirse, respectivamente con el coste de las materias primas en I+D, el capital físico utilizado en los laboratorios de I+D y el personal empleado en actividades de I+D, puesto que estos *inputs* ya están contabilizados en la partida de gastos en I+D. No obstante, se carece de información para realizar estos ajustes, con la excepción de lo que atañe a la variable de empleo. La ESEE proporciona detalles sobre el número de empleados en I+D, por lo que, en principio, sería posible restar del número total de empleados la cifra de trabajadores dedicados a actividades de I+D. Sin embargo, la información sobre la variable de empleo en I+D sólo es proporcionada por las empresas cada cuatro años. En consecuencia, se ha optado por utilizar directamente la variable de personal medio total. A pesar de no llevarse a cabo el ajuste de la doble contabilización, las estimaciones obtenidas para la tasa de rendimiento de los gastos en I+D pueden considerarse razonables<sup>10</sup>.

La variable independiente  $\Delta(c - I)$  representa la tasa de crecimiento de la relación capital físico-trabajo. Para medir el *stock* de capital físico en términos reales ( $C$ ), se ha utilizado el valor contable bruto del inmovilizado material, ajustado por el deflactor de los bienes de equipo<sup>11</sup>. Este deflactor lo proporciona el INE dentro de los Índices de Precios Industriales. En cuanto a la variable de trabajo, se mide del modo indicado anteriormente (número medio total de trabajadores).

Por su parte,  $R/Q$ , esto es, el esfuerzo tecnológico o intensidad del gasto en I+D, constituye la variable explicativa más interesante para el objetivo del presente capítulo. La variable  $R$  se define como los gastos totales en I+D durante el ejercicio, en términos reales<sup>12</sup>.

**Nota 10.** El valor de la tasa de rendimiento es algo menor que el que se obtiene con los valores corregidos. Sin embargo, la diferencia entre las estimaciones con los datos sin ajustar y los ajustados se anula prácticamente si sólo se realizan correcciones en la variable de empleo y no en el resto de las variables que presentan un problema similar. Véase a este respecto Hall y Mairesse [21], o Smith *et al.* [45].

**Nota 11.** La utilización del valor contable de los bienes de equipo en términos reales como aproximación del *stock* de capital físico es frecuente en la literatura económica. A modo de ejemplo, véanse Clark y Griliches [7], Hall y Mairesse [21], Mairesse y Hall [29], Beneito [4], Wakelin [48] y Parisi *et al.* [39].

**Nota 12.** Los gastos totales en I+D se refieren a los realizados con fondos privados y a los efectuados con financiación que las empresas reciben de las Administraciones Públicas. Se deflactan mediante el índice de Precios Industriales agregado, elaborado por el INE.

La variable  $Q$ , como ya se ha apuntado, representa el valor añadido real de la empresa.

Por último, en las estimaciones econométricas se han incluido algunas variables que no figuran de manera explícita en la ecuación [2]. Por un lado, la especificación representada por tal ecuación se basa fundamentalmente en una perspectiva a largo plazo, al considerar como condicionantes de la productividad, entre otros, los gastos en I+D y el cambio técnico no incorporado. Ahora bien, es preciso controlar también fenómenos a corto plazo asociados con fluctuaciones en la demanda. Las empresas afrontan las fluctuaciones temporales en la demanda modificando la intensidad de uso de su *stock* de capital físico, lo cual tiene repercusiones sobre la productividad del trabajo. Una forma de incorporar este fenómeno al modelo es añadir como variable explicativa la tasa de variación de la capacidad utilizada ( $\Delta cu$ , donde  $cu$  denota el logaritmo de la capacidad utilizada:  $\ln CU$ )<sup>13</sup>. La ESEE proporciona información sobre esta variable<sup>14</sup>. Por otro lado, al realizar estimaciones utilizando la ecuación [2] del anexo 1, hay que tener en cuenta que las variaciones de la productividad del trabajo en las empresas podrían depender de características específicas del sector productivo al que pertenecen. Por este motivo, se incluyen en el modelo variables ficticias para reflejar la rama de actividad a la que pertenece cada empresa. Con este procedimiento se reduce el sesgo debido a las características inobservables específicas de cada rama. Los 18 sectores utilizados en la ESEE se resumen en el anexo 2, como ya se ha señalado.

Estimar el modelo teórico propuesto requiere también especificarlo convenientemente en términos econométricos. Es preciso tener en cuenta que el impacto de la inversión en I+D sobre el aumento de la productividad del trabajo suele no ser inmediato. Al mismo tiempo, ese impacto, una vez desencadenado, tal vez no se circunscriba a un único periodo, sino que se distribuya en el tiempo. Las causas de todo ello pueden ser varias. Por un lado, es posible que un determinado proyecto de I+D tenga una duración superior al año, de modo que sus efectos finales no se apreciarán hasta que el proyecto se haya desarrollado en su totalidad. Además, en las etapas iniciales del proyecto, el personal dedicado a la investigación generará ideas, pero éstas

**Nota 13.** Véase Clark y Griliches [7].

**Nota 14.** En la ESEE se define la capacidad utilizada como el porcentaje medio de utilización durante el año de la capacidad estándar de producción de la empresa.

no siempre se convertirán de inmediato en mayor producción. Por otro lado, aunque el proyecto esté finalizado por completo, suele llevar algún tiempo ponerlo en marcha y aplicarlo en el proceso productivo. Presumiblemente, la innovación se irá implantando de manera gradual, para que la estructura de costes de la empresa no se vea alterada de un modo traumático. Añádase que existen procesos de aprendizaje a la hora de aplicar en la práctica la innovación introducida, que seguramente será perfeccionada poco a poco en detalles específicos.

Atendiendo a este comportamiento de la variable de esfuerzo tecnológico y a lo dicho en los párrafos precedentes, se ha optado por especificar econométricamente la ecuación [2] del anexo 1 mediante un modelo de retardos distribuidos<sup>15</sup>. Hay que resaltar, no obstante, la dificultad que entraña determinar la estructura exacta de retardos con que la variable de gastos en I+D opera sobre la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo. Para conocer esa estructura con exactitud se necesitarían muchos datos (no disponibles) de tal variable a lo largo del tiempo. Además, los valores de dicha variable deberían ser independientes entre los diversos periodos, lo cual no suele ser el caso; habitualmente, los gastos en I+D en un cierto periodo están correlacionados con los de periodos anteriores<sup>16</sup>.

Recogiendo todas las puntualizaciones precedentes, en el presente capítulo se adopta la siguiente especificación econométrica para las estimaciones que se realizan en el próximo apartado<sup>17</sup>:

$$\Delta(q - l)_{it} = \lambda + \alpha\Delta(c - l)_{it} - \pi\Delta l_{it} + \theta_1 (R/Q)_{i,t-1} + \theta_2 (R/Q)_{i,t-2} + \dots + \theta_n (R/Q)_{i,t-n} + \delta\Delta c u_{it} + \text{efecto sectorial} + \eta_{it}$$

En esta ecuación todos los comentarios realizados en los párrafos precedentes se tienen ya presentes: figura el componente de corto plazo; la variable de esfuerzo tecnológico,  $R/Q$ , aparece retardada para los periodos  $t - 1$ ,  $t - 2$ , ...,  $t - n$ ; y se ha añadido el efecto sectorial definido como  $\omega_2 IC_2 + \omega_3 IC_3 + \dots + \omega_{18} IC_{18}$ , donde  $\omega_i$  son parámetros e  $IC_i$  representan las correspondientes variables ficticias sectoriales.

**Nota 15.** Razones econométricas aconsejan también la introducción de retardos en la variable de esfuerzo tecnológico. Por un lado, debido a la correlación que puede existir entre la inversión actual en I+D y el valor añadido del periodo. Por otro lado, la presencia del valor añadido en ambos lados de la ecuación puede generar sesgos en el coeficiente de la variable de esfuerzo tecnológico. Véase a este respecto Mairesse y Hall [29].

**Nota 16.** Véanse, por ejemplo, Griliches y Lichtenberg [17], y Rouvinen [41].

**Nota 17.** El significado de cada variable se ha especificado a lo largo del apartado, pero es conveniente que el lector se remita al anexo 1 para una mejor comprensión de cada término.

Para estimar el modelo se ha aplicado el método generalizado de momentos (MGM), que resulta eficiente sin introducir hipótesis muy restrictivas<sup>18</sup>.

## 4. Resultados empíricos

En este apartado se resumen los resultados alcanzados en la estimación de la tasa de rendimiento del gasto en I+D a partir de la ecuación propuesta en el texto y para los tres grupos de empresas anteriormente señalados: la muestra general y las submuestras de empresas innovadoras y empresas más innovadoras.

La tabla 26.1 recoge toda la información pertinente al respecto. Sólo se presentan los resultados de las estimaciones con un retardo en la variable de esfuerzo tecnológico  $R/Q$ , pues los demás retardos en dicha variable resultaron no ser significativos estadísticamente<sup>19</sup>

Según los habituales contrastes de Wald, las variables ficticias sectoriales son conjuntamente no significativas<sup>20</sup>, por tanto, estadísticamente no parecen tener influencia. En lo que atañe a los regresores, es decir, las variables explicativas situadas a la derecha de la ecuación, se puede afirmar lo contrario, pues son conjuntamente significativos.

Tanto en la muestra general como en las submuestras el coeficiente de la variable que representa el esfuerzo tecnológico,  $(R/Q)_{t-1}$ , es estadísticamente significativo y tiene signo positivo. Ello significa que dicho esfuerzo tiene un efecto favorable sobre la productividad del trabajo de las empresas, con un retardo de un periodo. El resto de las variables utilizadas en la estimación son significativas desde el punto de vista estadístico en alguno de los niveles usuales, salvo la relación capital-trabajo. Esta variable explicativa también resulta ser no significativa en algunas de las estimaciones de Wakelin [48]. Como apunta esta autora, cabe atribuir tal resultado a que la relación capital-trabajo tiene una alta correlación con la variable empleo; por tanto, el efecto sobre el aumento de la productividad ejercido por la tasa de crecimiento de la relación capital-trabajo ya estaría

**Nota 18.** Véanse, por ejemplo, Mairesse y Hall [29], y Wooldridge [49] (especialmente los capítulos 8, 11 y 14).

**Nota 19.** Un resultado similar se obtiene en Clark y Griliches [7], y Hall y Mairesse [21].

**Nota 20.** Es posible que la inclusión de la variable de capacidad de producción utilizada esté capturando el efecto de las diferentes características de cada sector y, en consecuencia, reduciendo la significación de esas variables ficticias.

siendo recogido, en buena medida, por esa variable explicativa que es la tasa de crecimiento del empleo.

De acuerdo con el modelo econométrico estimado y teniendo en cuenta lo apuntado anteriormente sobre el significado del coeficiente  $\theta$  de la variable de esfuerzo tecnológico, la tasa de rendimiento de la inversión en I+D se sitúa en torno a 0,225 para el grupo general de empresas. En cambio, este mismo rendimiento se eleva hasta un 0,266 para el grupo de las empresas innovadoras, y hasta el 0,3431 para el grupo de las más innovadoras. Es decir, cuanto mayor es el grado de continuidad en la inversión en I+D, el efecto de ésta sobre el aumento de la productividad del trabajo es más relevante.

> **Tabla 26.1.** Resultados de la estimación del modelo empírico.

Variable dependiente:  $\Delta(q-l)_t$ . Período muestral: 1993-1999

Variable	Muestra general de empresas	Empresas innovadoras	Empresas más innovadoras
	Coef. (error estándar) (Z)	Coef. (error estándar) (Z)	Coef. (error estándar) (Z)
Constante ( $\lambda$ )	0,01561 (0,00613) (2,55)	0,05067 (0,02694) (1,88)	0,01675 (0,02380) (0,70)
$\Delta(c-l)_t$	0,05336 (0,03138) (1,70)	0,04467 (0,07155) (0,62)	-0,02287 (0,05532) (-0,41)
$\Delta l_t$	-0,26383 (0,05998) (-4,40)	-0,27509 (0,06411) (-4,29)	-0,28256 (0,06418) (-4,40)
$(R/Q)_{t-1}$	0,22526 (0,10112) (2,23)	0,26599 (0,11797) (2,25)	0,34309 (0,08741) (3,93)
$\Delta cu_t$	0,16775 (0,07004) (2,39)	0,39910 (0,16513) (2,42)	0,23895 (0,11235) (2,13)
N.º empresas	1.265	606	468
Significación	0,15343	0,32267	0,38662

Método generalizado de momentos (MGM). Instrumentos utilizados:  $\Delta(c-l)_t, \Delta l_t, \Delta cu_t, (c-l)_{t-1}, (c-l)_{t-2}, (c-l)_{t-3}, (c-l)_{t-4}, l_{t-1}, l_{t-2}, l_{t-3}, l_{t-4}, (R/Q)_{t-2}, (R/Q)_{t-3}, (R/Q)_{t-4}, cu_{t-1}, cu_{t-2}, cu_{t-3}, cu_{t-4}$ . Errores estándar robustos frente a la heterocedasticidad.

Por lo que respecta al resto de las variables incluidas en las estimaciones, se observan también otros resultados de interés. Por un lado, el coeficiente de la variable de capacidad utilizada tiene signo positivo, de modo que el crecimiento de la productividad del trabajo está influido por factores relacionados con las fluctuaciones temporales de la demanda a las que se enfrentan las empresas. Por otro, el coeficiente de la variable de tasa de crecimiento del empleo es significativamente distinto de 0 y presenta signo negativo. Ello indica que la función de producción presenta rendimientos a escala decrecientes para el capital y el trabajo, lo cual es compatible con una conducta maximizadora del beneficio a largo plazo<sup>21</sup>.

Asimismo, se ha estimado el modelo imponiendo la condición de rendimientos constantes a escala para el capital y el trabajo, es decir, un valor nulo del coeficiente de la variable denominada tasa de crecimiento del empleo. Esta restricción no modifica muy sustancialmente los resultados empíricos, pues se obtienen unas tasas de rendimiento bastante similares. En consecuencia, en la industria manufacturera española se puede admitir la existencia de rendimientos constantes a escala o bien una ligera desviación hacia los rendimientos a escala decrecientes. No obstante, se ha optado por presentar los resultados empíricos sin imponer la restricción de rendimientos constantes a escala, porque cuentan con mejores propiedades econométricas.

En definitiva, el crecimiento de la productividad del trabajo en la industria manufacturera española puede explicarse a partir del esfuerzo inversor en I+D de las empresas, así como por la capacidad de producción utilizada asociada a las fluctuaciones de la demanda, aparte de que puedan influir otros factores no modelizados aquí. Además, se aprecia un rendimiento más alto de la inversión en I+D cuando ésta se lleva a cabo con mayor continuidad. Este hecho debe tenerse muy presente, pues sin un esfuerzo tecnológico permanente se corre el riesgo de perder competitividad y sufrir un retroceso en la innovación, lo cual puede traducirse en una considerable desventaja en el aspecto económico.

En principio, estos resultados empíricos alcanzados para las empresas españolas podrían compararse con estimaciones realizadas en otros países. No obstante, hay que aclarar que, en la literatura económica,

**Nota 21.** Este resultado también ha sido obtenido por Wakelin [48] para el Reino Unido y por Smith et al. [45] para Dinamarca. Como apunta la autora del primer artículo citado, cabe atribuir tal resultado a la exclusión de las materias primas y los productos intermedios en la función de producción de partida.

los valores estimados para la tasa de rendimiento del gasto en I+D ( $\theta$ ) se mueven en un amplio intervalo dependiendo de la muestra utilizada, del modo en que se hayan definido las variables y de la especificación econométrica<sup>22</sup>. Estas diferencias son completamente esperables. Así, por ejemplo, lógicamente los resultados de las estimaciones son diferentes según la variable de esfuerzo tecnológico se construya a partir del valor añadido o de las ventas. Asimismo, existen diferencias según la productividad se refiera a la productividad total de los factores o a la productividad del factor trabajo; se incluyan o no variables ficticias representativas de cada sector; se proponga una u otra estructura de retardos, etc. Por tal motivo, los resultados obtenidos en el presente capítulo sólo son directamente comparables, en cierta medida, con los resultados de investigaciones que hayan definido las variables relevantes de un modo similar.

Teniendo siempre en mente las aclaraciones precedentes, puede afirmarse que la estimación de la tasa de rendimiento de las inversiones en I+D obtenida en este estudio para la muestra general de empresas se sitúa en torno al intervalo más habitual<sup>23</sup>.

Por lo que respecta a la tasa de rendimiento obtenida en las submuestras de empresas innovadoras y más innovadoras, la comparación de resultados no puede realizarse más que en términos muy generales, porque la distinción de submuestras de empresas –dentro de la muestra general– en función de su continuidad en la inversión en I+D no ha sido utilizada por otros autores. A modo de ilustración, no obstante, los resultados de Wakelin [48] demuestran que la tasa de rendimiento es más alta para las empresas innovadoras que para las no innovadoras.

Conviene aclarar que, aun en el supuesto de que se comparen valores de la tasa de rendimiento obtenidos a partir de modelos cuyas variables han sido aproximadas de un modo similar, se siguen observando diferencias entre los valores estimados. Este hecho puede deberse, entre otras razones, a factores como los siguientes: primero, que en cada investigación se considera un ámbito territorial y temporal diferente; segundo, que existen diferencias en la calidad de los datos con que se cuenta; tercero, que cada autor considera una espe-

**Nota 22.** A este respecto, véanse Mairesse y Sassenou [30] en relación con trabajos referidos a la estimación de la tasa de rendimiento de los gastos en I+D, y Atella y Quintieri [3] en lo relativo a la elasticidad de la productividad total de los factores respecto al stock de capital I+D.

**Nota 23.** Tasas de rendimiento similares se obtienen en Odagiri [37], Griliches y Mairesse ([18], [19], [20]), Griliches [14], Jaffe [22], Sassenou [42], Jones y Williams [23], Wakelin [48], y Doraszelski y Jaumandreu [8].



cificación funcional distinta para la estimación empírica –especial importancia tiene la estructura de retardos considerada para la variable de esfuerzo tecnológico, por cuanto los gastos en I+D de un periodo suelen estar fuertemente correlacionados con los de otros periodos–; cuarto, que algunos análisis utilizan datos del gasto en I+D financiado por empresas privadas y otros incorporan también la inversión en I+D financiada por el sector público; finalmente, que ciertos estudios incluyen el papel del efecto *spillover* en el crecimiento de la productividad.

## 5. Conclusiones

En estas páginas se ha presentado un modelo teórico que relaciona el crecimiento de la productividad del trabajo con los gastos en I+D. Tomando como punto de partida dicho modelo, el objetivo ha sido comprobar empíricamente, por un lado, si el hecho de invertir en I+D incrementa la productividad del trabajo en las empresas y, por otro, si la continuidad en la inversión en I+D asegura unas tasas de rendimiento mayores para este tipo de inversión.

El modelo teórico se ha especificado mediante un modelo econométrico de retardos distribuidos en el tiempo. Posteriormente, se ha efectuado la estimación empírica del modelo a partir de datos de panel procedentes de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) para el periodo 1993-1999. Tales datos corresponden a empresas de 18 sectores manufactureros españoles.

A partir de la información disponible, se ha llevado a cabo una primera estimación con los datos aportados por todas las empresas. Se han considerado incluso las empresas con una inversión anual nula en I+D, que actúan como grupo de control y permiten contar con una información más completa, pues reflejan la evolución de la productividad del trabajo si no se realiza un esfuerzo de inversión en I+D.

Se ha realizado una segunda estimación excluyendo las empresas que no invierten nunca en I+D o que solamente lo han hecho durante un año del periodo muestral. Se han tenido en cuenta, pues, las empresas que sí han efectuado inversiones en I+D y lo han hecho al menos durante dos años («empresas innovadoras»).

Una última estimación ha utilizado una nueva submuestra, obtenida a partir de la anterior, que incluye las «empresas más innovadoras»,

es decir, se han tomado en consideración únicamente las empresas que han invertido en I+D al menos durante más de la mitad del periodo muestral (esto es, al menos durante cuatro años). Por tanto, esta submuestra contiene las empresas que presentan un elevado grado de continuidad en su inversión en I+D.

Se ha estimado el modelo para la muestra general y las submuestras de empresas especificadas aplicando el método generalizado de momentos (MGM). Los resultados empíricos alcanzados son coherentes con las expectativas teóricas. Indican que la inversión en I+D por parte de las empresas españolas tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo en la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo, con un retardo de un periodo. Los retardos de orden superior no parecen ser significativos en términos estadísticos. Se confirma, además, que la continuidad en la inversión en I+D favorece el logro de un mayor rendimiento. Más concretamente, el rendimiento de la inversión en I+D, en términos de aumento de la productividad del trabajo, se sitúa en torno al 22,53% en la muestra global de empresas, elevándose a un 26,6% en el grupo de empresas innovadoras y al 34,31% en el grupo de empresas más innovadoras. En general, estos resultados están en línea con lo hallado en anteriores trabajos, donde los sectores más intensivos en capital I+D son los que cuentan con un mayor rendimiento para este tipo de inversión.

En las estimaciones empíricas se ha detectado también una relación positiva entre el crecimiento de la productividad del trabajo y la capacidad de producción utilizada por las empresas. Ello indica que las variaciones de productividad están asimismo asociadas con factores a corto plazo ligados con las fluctuaciones temporales de la demanda a las que se enfrentan las empresas.

Desde luego, la estimación del modelo puede verse afectada por limitaciones en la especificación<sup>24</sup>. En consecuencia, los resultados empíricos alcanzados en el análisis aquí presentado, aunque son bastante razonables, deben contemplarse con cierta cautela.

Finalmente, es preciso hacer una llamada de atención sobre la debilidad de las inversiones en I+D de las empresas españolas. A primera vista, las tasas de rendimiento estimadas parecen elevadas<sup>25</sup> y

**Nota 24.** Véase Canton *et al.* [5].

**Nota 25.** De acuerdo con el documento «Las políticas de fomento e innovación de la UE», coordinado en 2002 por la Fundación COTEC, y elaborado por la Consejería de Economía e Innovación de la Comunidad de Madrid y la delegación española de la Academia Europea de Ciencias y Artes, las inversiones españolas en I+D «generan rendimientos siete veces superiores a los de cualquier otro tipo de inversión».

deberían animar la inversión empresarial en capital I+D de un modo continuado a lo largo del tiempo. Sin embargo, en la práctica se constata que esto último no ha ocurrido. El elevado riesgo asociado con los proyectos en I+D y la dificultad para obtener en exclusiva todos los beneficios derivados de la innovación podrían estar retrayendo a las empresas –especialmente a las pequeñas y medianas, muy numerosas en el tejido empresarial español– a la hora de realizar este tipo de actividad, a pesar del elevado rendimiento esperable<sup>26</sup>. Además, la estructura empresarial española está bastante centrada en sectores de baja intensidad tecnológica, que no requieren grandes esfuerzos en I+D. También es probable que las empresas españolas encuentren especiales problemas para financiar sus inversiones en I+D, máxime en los tiempos actuales, cuando el apreciable riesgo que de por sí llevan asociados los proyectos de investigación tecnológica se topa con entidades financieras inmersas en un proceso de reestructuración patrimonial, replanteamiento de su negocio y especial prudencia en la concesión de créditos. A todo ello hay que añadir que podría haber un mayor apoyo público a la innovación tecnológica, aun cuando es indudable que España ha experimentado un importante avance durante los últimos años en lo que respecta a la inversión en I+D.

La insuficiente dotación de capital I+D está lastrando el crecimiento derivado de la influencia beneficiosa que los gastos en I+D tienen sobre la productividad del trabajo. Esta carencia puede suponer una pérdida de competitividad de las empresas españolas y un lento crecimiento del potencial de la economía en un contexto de apertura de mercados en los que se intercambian bienes de alto contenido tecnológico. En última instancia, condiciona de forma grave el cambio estructural que parece necesario para reorientar la economía española hacia otro modelo de desarrollo. Por este motivo, merece la pena resaltar la necesidad de aplicar ciertas medidas de política económica y tecnológica que resuelvan las limitaciones de la economía española en este campo. Las tareas de investigación, desarrollo e innovación no pueden ser llevadas a cabo por las empresas individuales de forma aislada, sino que se precisan medidas de política activa. Entre otros instrumentos, son de aceptada efectividad los que se citan a continuación.

En primer lugar, las subvenciones públicas (o los incentivos fiscales) a las inversiones privadas en I+D, que reducen los costes para las

empresas de acometer tales inversiones. Se canalizan así importantes volúmenes de recursos públicos hacia actividades relevantes para el funcionamiento de la economía. Un buen ejemplo de medidas de este tipo son las ayudas para la cooperación internacional en I+D empresarial, como el subprograma Interempresas Internacional y otros destinados a financiar la participación industrial española en proyectos internacionales. La colaboración con empresas internacionales excelentes sirve para ampliar mercados y adquirir capacidades tecnológicas que faculten a las firmas para ser más competitivas en el futuro. Además, las autoridades económicas pueden establecer en sus convocatorias un listado de actividades o programas prioritarios para la solicitud de las subvenciones. Estas medidas suponen un adecuado y conveniente estímulo desde el sector público a la inversión empresarial en I+D, siempre y cuando los sistemas tributario y de subvenciones estén provechosamente diseñados. Téngase presente que actualmente en España la participación del sector público en actividades de I+D es mayoritaria –universidades y otros organismos públicos de investigación–, al contrario de lo que ocurre en otros países desarrollados<sup>27</sup>. Incluso en una etapa de crisis económico-financiera como la actual, con sus consiguientes dificultades presupuestarias, el incremento de los incentivos a la I+D podría convertirse precisamente en el mejor motor de salida de dicha crisis. La potenciación, fundamentalmente, del desarrollo tecnológico, los descubrimientos científicos y la multiplicación de sus aplicaciones mejora la productividad del trabajo, como ha quedado claro a lo largo de estas páginas.

En segundo término, debe fomentarse el establecimiento de líneas de capital-riesgo, como el programa NEOTEC, junto con créditos para la promoción de actividades de desarrollo tecnológico. De este modo, las empresas podrán comprometerse más fácilmente en proyectos de innovación. El esfuerzo necesario para paliar la actual escasez de crédito deben afrontarlo tanto la Administración Pública como los agentes privados, que deberían involucrarse en el reto de la innovación.

En tercer lugar, habría de impulsarse la actividad de los centros tecnológicos y de apoyo a la innovación tecnológica, con el fin de mejorar la comunicación entre universidades y empresas. La I+D de las universidades y otros centros públicos de investigación deberá

Nota 27. El objetivo fijado es que la financiación privada cubra un 66% del gasto total en I+D, si bien en la actualidad ese porcentaje es solamente de 46 puntos porcentuales.

acertar en el logro de un deseable equilibrio entre investigación básica e investigación aplicada, de suerte que se tengan presentes las necesidades tecnológicas de las empresas sin olvidar los intereses a largo plazo del conjunto de la sociedad. Afortunadamente, se aprecia una tendencia constante al alza en la actividad regulada bajo contrato para la realización de actuaciones en el ámbito de la I+D, la implantación de sistemas de control de calidad, la adaptación de tecnologías, la consultoría, la contratación de servicios técnicos entre universidades y empresas, etc. En estas actuaciones debe garantizarse la protección de los resultados obtenidos y la conveniente autonomía en el desarrollo de la actividad.

Por último, deberían aplicarse políticas no relacionadas directamente con la inversión en I+D, pero que sirvieran de estímulo a la misma, como una política educativa con planes de estudio referidos a nuevas especialidades científico-técnicas, que incentive la formación internacional de las futuras generaciones y aporte a la sociedad personas con un elevado nivel de formación capaces de adaptarse a las novedades tecnológicas que vayan surgiendo; una política de defensa de la competencia en línea con lo apuntado por Aghion *et al.* [1]<sup>28</sup> y una reforma del mercado laboral que reduzca la temporalidad y permita una mayor implicación de los trabajadores en las estrategias a largo plazo de las empresas.

En momentos como los actuales, cuando España afronta una situación económica muy difícil y que podría prolongarse durante un tiempo considerable, debería darse un paso adelante para estimular a las empresas en la innovación y la internacionalización. La inversión en I+D permite a las empresas aumentar su competitividad en un entorno dinámico y globalizado. Todas las medidas apuntadas en los párrafos precedentes podrían crear un marco estable para la realización de inversión en I+D de un modo continuado, lo que revertiría en un mayor rendimiento para este tipo de inversión. Se lograría así reducir las diferencias en esa importante variable con respecto a los países más dinámicos de nuestro entorno en lo referente a la investigación científico-tecnológica.

Finalmente, es obligado subrayar que el presente estudio constituye sólo una aproximación a un tema importante, como es la relación entre

**Nota 28.** Cuando el grado de competencia no es muy elevado, un crecimiento de esta competencia conduce a mayores estímulos para la innovación, por el hecho de intentar tomar ventajas en el mercado frente a empresas rivales.

la inversión en I+D y la productividad del trabajo. Los resultados empíricos alcanzados animan a seguir explorando este campo, así como a realizar futuras investigaciones con datos más recientes y modelos empíricos donde se indague sobre determinantes adicionales de esa productividad.

## Referencias

- [1] Aghion, P.; Bloom, N.; Blundell, R.; Griffith, R.; Howitt, P. (2002): «Competition and innovation: an inverted U relationship», *NBER Working Paper*, 9.269, Cambridge, MA.
- [2] Aiello, F.; Cardamone, P. (2005): «R&D spillovers and productivity growth: evidence from Italian manufacturing microdata», *Applied Economics Letters*, 12, pp. 625-631.
- [3] Atella, V.; Quintieri, B. (2001): «Do R&D expenditures really matter for TFP?», *Applied Economics*, 33, pp. 1.385-1.389.
- [4] Beneito, P. (2001): «R&D productivity and spillovers at the firm level: evidence from Spanish panel data», *Investigaciones Económicas*, 25, pp. 289-313.
- [5] Canton, E.; Minne, B.; Nieuwenhuis, A.; Smid, B.; Van der Steeg, M. (2005): «Human capital, R&D and competition in macroeconomic analysis», *Working Paper*, 38, European Network of Economic Policy Research Institutes, Bruselas.
- [6] Chen, J. R.; Yang, C. H. (2005): «Technological knowledge, spillover and productivity: evidence from Taiwanese firm level panel data», *Applied Economics*, 37, pp. 2.361-2.371.
- [7] Clark, B.; Griliches, Z. (1984): «Productivity growth and R&D at the business level: results of the PIMS Data Base», en Griliches, Z. (ed.), *Patents and productivity*, pp. 393-416, University of Chicago Press, Chicago.
- [8] Doraszelski, U.; Jaumandreu, J. (2007): «R&D and productivity: estimating production functions when productivity is endogenous», *Working Paper*, 7-86, Universidad Carlos III, Madrid.
- [9] Dosi, G.; Marsili, O.; Orsenigo, L.; Salvatore, R. (1995): «Learning, market selection and the evolution of market structure», *Small Business Economics*, 7, pp. 411-436.
- [10] Fluvia, M. (1990): «Capital tecnológico y externalidades: un análisis de panel», *Investigaciones Económicas*, 15, suplemento, pp. 167-172.
- [11] García, A.; Jaumandreu, J.; Rodríguez, C. (1998): «Innovation and jobs at the firm level», documento de trabajo, 9.810, Fundación Empresa Pública, Madrid.
- [12] Grandón, V.; Rodríguez Romero, L. (1991): «Capital tecnológico e incrementos de productividad en la industria española, 1975-1981», *Investigaciones Económicas*, 15, suplemento, pp. 19-24.

- [13] Griliches, Z. (1979): «Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth», *Bell Journal of Economics*, 10, pp. 92-116.
- [14] Griliches, Z. (1986): «Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970s», *American Economic Review*, 76, pp. 141-154.
- [15] Griliches, Z. (1988): «Productivity puzzles and R&D: another non-explanation», *Journal of Economic Perspectives*, 2, pp. 9-21.
- [16] Griliches, Z. (1992): «The search for R&D spillovers», *Scandinavian Journal of Economics*, 94, suplemento, pp. 29-47.
- [17] Griliches, Z.; Lichtenberg, F. (1984): «R&D and productivity growth at the industry level: is there still a relationship?», en Griliches, Z. (ed.), *R&D, patents and productivity*, pp 465-496, University of Chicago Press, Chicago.
- [18] Griliches, Z.; Mairesse, J. (1983): «Comparing productivity growth: an exploration of French and U. S. industrial and firm data», *European Economic Review*, 21, pp. 89-119.
- [19] Griliches, Z.; Mairesse, J. (1984): «Productivity and R&D at the firm level», en Griliches, Z. (ed.), *Patents and productivity*, pp. 339-374, University of Chicago Press, Chicago.
- [20] Griliches, Z.; Mairesse, J. (1990): «R&D and productivity growth: comparing Japanese and U.S. manufacturing firms», en Hulten, C. R. (ed.), *Productivity growth in Japan and the United States*, pp. 317-340, University of Chicago Press, Chicago.
- [21] Hall, B. H.; Mairesse, J. (1995): «Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms», *Journal of Econometrics*, 65, pp. 263-293.
- [22] Jaffe, A. B. (1986): «Demand and supply influences in R&D intensity and productivity growth», *Review of Economics and Statistics*, 70, pp. 431-437.
- [23] Jones, C.; Williams, J. (1998): «Measuring the social return to R&D», *Quarterly Journal of Economics*, 113, pp. 1.119-1.135.
- [24] Lafuente, A.; Salas, V.; Yagüe, M. J. (1986): *Productividad, capital tecnológico e investigación en la economía española*, Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- [25] Lichtenberg, F. R.; Siegel, D. (1991): «The impact of R&D investment on productivity: new evidence using linked R&D-LRD data», *Economic Inquiry*, 29, pp. 203-228.
- [26] López Pueyo, C.; Sanaú Villarroya, J. (1998): «Capital tecnológico y productividad en la industria española», comunicación presentada en el I Encuentro de Economía Aplicada, Barcelona, enero 1998.
- [27] López Pueyo, C.; Sanaú Villarroya, J. (2001): «Impacto del capital tecnológico en la producción industrial», *Economía Industrial*, 341, pp. 103-112.
- [28] Mairesse, J. (1995): «R&D productivity: a survey of the econometric literature», comunicación presentada en el CEPR Workshop on R&D Spillovers, Lausana, enero.

- [29] Mairesse, J.; Hall, B. H. (1996): «Estimating the productivity of research and development: an exploration of GMM methods using data on French and United States manufacturing firms», *NBER Working Paper*, 5.501, Cambridge, MA.
- [30] Mairesse, J.; Sassenou, M. (1991): «R&D and productivity: a survey of econometric studies at the firm level», *NBER Working Paper*, 3.666, Cambridge, MA.
- [31] Malerba, F.; Orsenigo, L.; Peretto, P. (1997): «Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological specialization», *International Journal of Industrial Organization*, 15, pp. 801-826.
- [32] Martinsson, G. (2009): «Finance and R&D investment», paper, 174, Centre of Excellence for Science and Innovation Studies, Royal Institute of Technology, Estocolmo.
- [33] Maté, J. J.; Rodríguez, J. M. (2008a): «Productivity and R&D: an econometric evidence from Spanish firm-level data», *Applied Economics*, 40, pp. 1.827-1.837.
- [34] Maté, J. J.; Rodríguez, J. M. (2008b): «La inversión tecnológica: efectos sobre la productividad del trabajo», *Boletín Económico de Castilla y León*, 14, pp. 136-141.
- [35] Medda, G.; Piga, C. A.; Siegel, D. S. (2003): «On the relationship between R&D and productivity: a treatment effect analysis», *Working Paper*, 34, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milán.
- [36] Nadiri, M. I. (1993): «Innovation and technological spillovers», *NBER Working Paper*, 4423, Cambridge, MA.
- [37] Odagiri, H. (1983): «R&D expenditures, royalty payments and sales growth in Japanese manufacturing corporations», *Journal of Industrial Economics*, 32, pp. 61-71.
- [38] Odagiri, H.; Iwata, H. (1986): «The impact of R&D on productivity increase in Japanese manufacturing companies», *Research Policy*, 15, pp. 13-19.
- [39] Parisi, M. L.; Schiantarelli, F.; Sembenelli, A. (2002): «Productivity, innovation creation and absorption, and R&D: micro evidence for Italy», *Working Papers in Economics*, 526, Department of Economics, Boston College, Chestnut Hill, MA.
- [40] Rodríguez, J. M.; Maté, J. J. (2006): «Productividad del trabajo y continuidad en la inversión tecnológica: un análisis empírico en las empresas manufactureras españolas», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 27, pp. 61-83.
- [41] Rouvinen, P. (2002): «R&D-productivity dynamics: causality, lags, and “dry holes”», *Journal of Applied Economics*, 5, pp. 123-156.
- [42] Sassenou, M. (1988): *Recherche-développement et productivité dans les entreprises japonaises: une étude économétrique sur données de panel*, tesis doctoral, École des Hautes Études en Sciences Sociales, París.
- [43] Scherer, F. M. (1999): *New perspectives on economic growth and technological innovation*, Brookings Institution Press, Washington, D. C.
- [44] Schumpeter, J. A. (1943): *Capitalism, socialism and democracy*, Allen and Unwin, Londres.



- [45] Smith, V.; Dilling-Hansen, M.; Eriksson, T.; Strøjer-Madsen, E. (2004): «R&D and productivity in Danish firms: some empirical evidence», *Applied Economics*, 36, pp. 1.797-1.806.
- [46] Solow, R. M. (1957): «Technical change and the aggregate production function», *Review of Economics and Statistics*, 57, pp. 312-320.
- [47] Sveikauskas, L. (2007): «R&D and productivity growth: a review of the literature», *U. S. Bureau of Labor Statistics Working Paper*, 408, Washington, D. C.
- [48] Wakelin, K. (2001): «Productivity growth and R&D expenditure in UK manufacturing firms», *Research Policy*, 30, pp. 1.079-1.090.
- [49] Wooldridge, J. M. (2002): *Econometric analysis of cross section and panel data*, MIT Press, Cambridge, MA.

## Anexo 1. Modelo teórico

En Griliches ([13], [15]) se parte de una función de producción Cobb-Douglas con tres factores productivos:

$$Q_{it} = A e^{\lambda t} C_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta} K_{it}^{\gamma} e^{\mu_i} e^{\varepsilon_{it}} \quad [1]$$

donde los subíndices  $i$  y  $t$  denotan, respectivamente, la empresa y el periodo;  $Q$  es el *output*;  $L$  representa el factor trabajo;  $C$  mide el *stock* de capital físico;  $K$  refleja el *stock* de capital I+D;  $A$  es una constante;  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$  son las correspondientes elasticidades de la producción con respecto al capital físico, el trabajo y el capital I+D, respectivamente;  $\lambda$  es la tasa de cambio técnico no incorporado, es decir, los cambios exógenos en la tecnología productiva a lo largo del tiempo que provocan variaciones en la tasa de crecimiento de la productividad que son comunes a todas las empresas;  $\mu$  representa un efecto inobservado específico de cada empresa y constante a lo largo del tiempo, y  $\varepsilon$  es un término de error aleatorio.

El uso de una función Cobb-Douglas con separabilidad en el factor capital I+D permite estimarla como un modelo lineal en primeras diferencias. Para ello, se toma la ecuación [1], se realiza una transformación logarítmica y se aplican primeras diferencias. Ahora bien, la ecuación resultante presenta como inconveniente la necesidad de contar con una medida apropiada (no disponible) del *stock* de capital I+D. Para evitar este problema, pueden realizarse algunas transfor-

maciones adicionales en la función Cobb-Douglas hasta llegar a la siguiente ecuación<sup>29</sup>:

$$\Delta(q - l)_{it} = \lambda + \alpha\Delta(c - l)_{it} - \pi\Delta l_{it} + \theta(R/Q)_{it} + \eta_{it} \quad [2]$$

donde las letras minúsculas denotan el logaritmo de la variable correspondiente y  $\Delta$  representa la primera diferencia de la variable pertinente. En esta expresión,  $\eta_{it} = \Delta\varepsilon_{it}$ ;  $\Delta(q - l)_{it}$  es la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo;  $\theta$  es la productividad marginal del capital I+D;  $\Delta(c - l)_{it}$  es la tasa de crecimiento de la relación capital físico-trabajo;  $\pi = 1 - \alpha - \beta$  es un coeficiente cuyo signo indica la presencia de un determinado tipo de rendimientos a escala para el capital y el trabajo;  $\Delta l_{it}$  es la tasa de crecimiento del empleo, y el cociente  $(R/Q)_{it}$  es la intensidad en I+D o esfuerzo tecnológico, siendo  $R_{it}$  los gastos en I+D de la empresa  $i$  en el año  $t$ , descontando la depreciación del capital de investigación previamente acumulado, es decir, que  $R_{it}$  aproxima la inversión neta en capital I+D.

## ***Anexo 2. Clasificación sectorial***

**Sector 1:** metales férreos y no férreos

**Sector 2:** productos minerales no metálicos

**Sector 3:** productos químicos

**Sector 4:** productos metálicos

**Sector 5:** máquinas agrícolas e industriales

**Sector 6:** máquinas de oficina, proceso de datos, etc.

**Sector 7:** material y accesorios eléctricos

**Sector 8:** vehículos automóviles y motores

**Sector 9:** otro material de transporte

**Sector 10:** carne, preparados y conservas de carne

**Sector 11:** productos alimenticios y tabaco

**Sector 12:** bebidas

**Sector 13:** textiles y vestido

**Sector 14:** cuero, piel y calzado

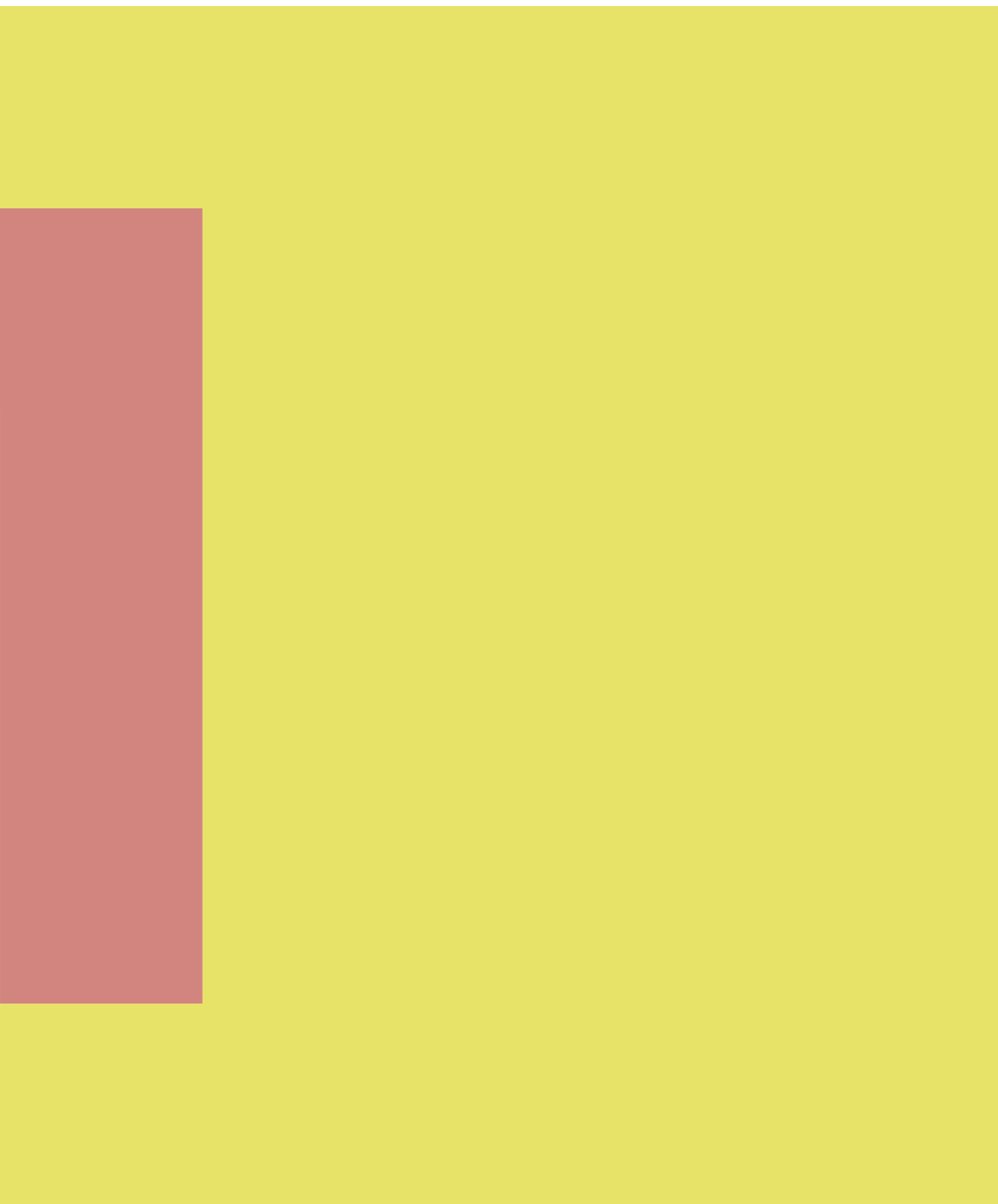
**Sector 15:** madera y muebles de madera

**Sector 16:** papel, artículos de papel e impresión

**Sector 17:** productos de caucho y plástico

**Sector 18:** otros productos manufacturados







© **De esta edición.**

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

© **De los textos.**

Sus autores.

**Edición y coordinación.**

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

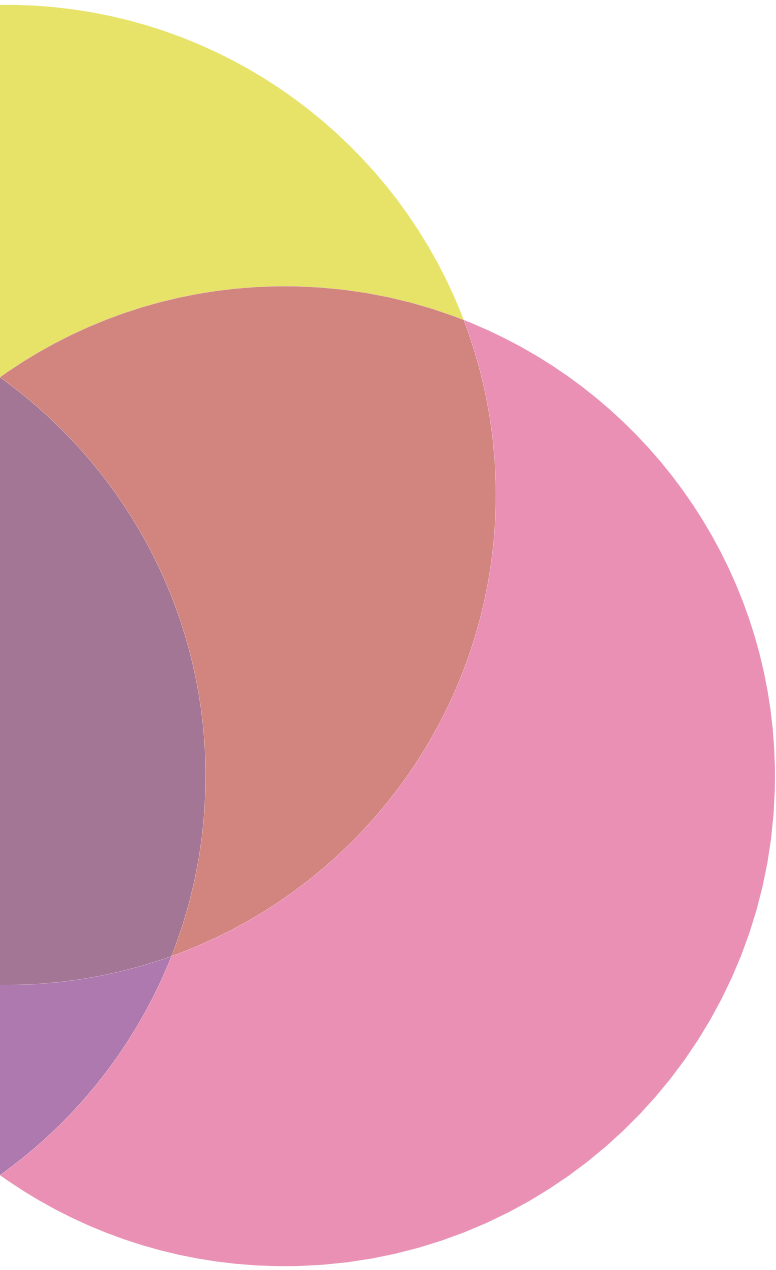
**Diseño.** BG

**ISBN.** 978-84-693-6293-8

















<http://icono.fecyt.es>

