

Vínculos con la comunidad científica e impacto económico de la innovación: un análisis de empresas belgas incluidas en la encuesta CIS-3*

Bruno Cassiman
IESE Business School y CEPR
Katholieke Universiteit Leuven y OECD

Reinhilde Veugelers
European Commission (BEPA)
Katholieke Universiteit Leuven y CEPR

Pluvia Zuniga
Katholieke Universiteit Leuven y OECD

Resumen

El presente trabajo examina la diversidad de los vínculos de las empresas con la comunidad científica y su efecto sobre el impacto económico de la innovación en una muestra de empresas belgas (CIS-3). Si bien a nivel sectorial los vínculos con la comunidad científica están relacionados estrechamente con la intensidad de I+D del sector, demostramos que existe una heterogeneidad importante en el tipo de vínculos con la comunidad científica a nivel de empresas individuales. Globalmente, las empresas con un vínculo con la comunidad científica –que puede ser de distintos tipos– disfrutan de un impacto económico superior de la innovación, sobre todo en lo que se refiere a innovaciones novedosas para el mercado. A nivel de inventos, nuestros hallazgos confirman que las patentes de las empresas que participan en actividades científicas se citan con más frecuencia y tienen un impacto tecnológico y geográfico más amplio. Sin embargo, demostramos que es fundamental diferenciar entre los vínculos directos con la comunidad científica a nivel de invento y los vínculos indirectos con la comunidad científica a nivel de empresa para determinar los efectos de los vínculos con la comunidad científica.

Palabras clave: innovación, patentes, cita posterior, ciencia, innovación industrial.

Clasificación JEL: O32, O34, L13.

Abstract

This paper examines the diversity of linkages of firms to science and their effect on innovation performance for a sample of Belgian firms (CIS-3). While at the sectoral level links to science are highly related to the R&D intensity of the sector, we show that there exists considerable heterogeneity in the type of links to science at the firm level. Overall, firms with a science linkage – which can be of various sorts – enjoy a superior innovation performance, in particular with respect to innovations new to the market. At the invention level, our findings confirm that patents from firms engaged in science are more frequently cited and have a broader technological and geographical impact, but we show that it is cru-

* Este documento fue desarrollado para la jornada del la OCDE «Blue Sky II» en Ottawa, Canadá. Bruno Cassiman es Fellow del Centro Sector Público Sector Privado del IESE Business School y desea agradecer el apoyo del Ministerio de Educación y Ciencia (SEJ2006-11833/ECON).

cial to distinguish between direct science links at the invention level and indirect science links at the firm level to encounter these distinct positive effects of science links. Therefore, Science & Technology indicators should control for both invention level and firm level science links to really account for the effect of these industry-science links.

Keywords: *innovation, patents, forward citation, science, industrial.*

JEL classification: *O32, O34, L13.*

1. Introducción

Una preocupación importante y recurrente en las ciencias económicas ha sido comprender hasta qué punto la ciencia influye en el progreso tecnológico. La respuesta de esta pregunta tiene implicaciones profundas para la política pública, sobre todo en la decisión de si y de qué modo financiar la investigación pública y la inversión en la investigación básica por la industria. El trabajo de Jaffe (1989) y Adams (1990) ha puesto de relieve la importancia de la investigación básica para el crecimiento económico. Por otra parte, los estudios de Acs, Audretsch y Feldman (1992), entre otros, han evidenciado las externalidades significativas que se derivan de la investigación académica local. Numerosos estudios han intentado cuantificar estos efectos. Por ejemplo, se han estimado tasas de rentabilidad entre el 20 por 100 y el 60 por 100 de la investigación financiada con fondos públicos (Salter y Martin, 2001). Esta literatura ha demostrado que los flujos de conocimientos desde las universidades y los centros de investigación públicos contribuyen significativamente a la innovación industrial y, por consiguiente, al bienestar público¹.

Investigaciones más recientes sugieren que los vínculos de empresas industriales con la investigación básica han experimentado un auge espectacular en los diez últimos años y que, hoy, las empresas manifiestan una diversidad de vínculos. Existe evidencia de un incremento de los *spin-offs* desprendidos de las universidades (Jansen y Thursby, 2001; Thursby y Thursby, 2002), de las colaboraciones entre universidad e industria (Liebeskind *et al.*, 1996; Darby y Zucker, 2001; Zucker *et al.*, 2001; 2002), de la movilidad de investigadores universitarios (Kim *et al.*, 2005), de los vínculos con la comunidad científica en las patentes privadas (Narin *et al.*, 1997; Hicks *et al.*, 2001), y así sucesivamente. Por ejemplo, Narin *et al.* (1997) afirman que el número de citas académicas en las patentes industriales se triplicó en los Estados Unidos durante los años 90². Estos patrones sugieren que las instituciones científicas brindan más oportunidades para la innovación.

¹ La importancia de la investigación académica para la innovación industrial también ha sido corroborada en estudios fundamentados en datos estadísticos de encuestas sectoriales y patentes (MANSFIELD, 1991, 1995; COHEN, NELSON y WALSH, 2002).

² NARIN, HAMILTON, OLIVASTRO (1997), BRANSTETTER (2004), y VAN LOOY *et al.* (2004) han confirmado una frecuencia creciente de citas de publicaciones académicas en las patentes.

A pesar de esta creciente red de conexiones con la comunidad científica, nuestra comprensión de la variedad y la distribución de estos vínculos, de cómo se producen estas transferencias de conocimientos a través de estos vínculos y cómo inciden en la innovación industrial sigue siendo incompleta. El principal incentivo para las empresas para establecer vínculos con la comunidad científica es para acceder al know-how y los conocimientos científicos. Al facilitar un mapa del entorno investigador y la comprensión actual de la ciencia, la comunidad científica ayuda a las empresas a evitar el desperdicio de recursos en experimentos fallidos y centrarse en las vías más prometedoras para la investigación, incrementando con ello la productividad de su propia investigación interna (Evenson y Kislev, 1976; Gambardella, 1992). Estudios anteriores se han centrado en las colaboraciones de investigación como mecanismo a disposición de las empresas para entablar relaciones con la comunidad científica (Cockburn y Henderson, 1998; Zucker *et al.*, 2001; Belderbos *et al.*, 2005) y han demostrado que las conexiones entre universidad e industria ayudan a mejorar la productividad de las empresas en la investigación. Al mismo tiempo, han evidenciado que su aportación depende de la capacidad investigadora de la empresa y su capacidad para asimilar conocimientos científicos. Sin embargo, debido al carácter altamente específico del know-how en cuestión, sólo un reducido grupo de empresas en sectores específicos tienden a mostrar un interés marcado por el know-how científico que ofrecen las universidades u otros institutos científicos. La evidencia de las encuestas sobre innovación llevadas a cabo por la Comunidad Europea (CIS) indican que el 31 por 100 de las empresas caracterizadas como «introducidas de innovaciones» identifican la comunidad científica como una fuente importante de información, frente a un exiguo 4 por 100 del universo total de empresas que considera importantes estas fuentes de información (EC-DGECFIN, 2000). Por lo tanto, parece que la comunidad científica es más importante como fuente de información para la innovación en aquellos campos tecnológicos basados en la ciencia donde existe la posibilidad de lograr innovaciones radicales y trasladarlas a productos y procesos nuevos.

En el presente trabajo, arrojamamos un poco de luz sobre el debate sobre las relaciones entre la industria y la comunidad científica, enfocándolo desde la perspectiva de la «diversidad» de los vínculos con la comunidad científica empleados por empresas belgas y su relación con el impacto económico de la innovación. Para ello, utilizamos los datos derivados de la encuesta CIS-3 (Community Innovation Survey) llevada a cabo en 1998-2000 y los combinamos con información sobre el uso de la ciencia por las empresas obtenida de patentes y publicaciones. Los vínculos con la comunidad científica contemplados en este análisis son: i) colaboración con centros de investigación públicos y universidades, ii) uso de fuentes públicas de información para innovar, iii) mención de la literatura científica en las patentes, y iv) participación en publicaciones científicas. Por lo tanto, como primera aportación de este trabajo, facilitamos una perspectiva más amplia de los distintos vínculos con la comunidad científica utilizados por las empresas manufactureras.

Para comprender mejor la utilidad de la comunidad científica para las empresas industriales, una segunda aportación de este trabajo consiste en evaluar si los vínculos con la comunidad científica potencian la innovación industrial y el rendimiento económica. Se presentan dos niveles de análisis. En primer lugar, establecemos la relación entre los vínculos con la comunidad científica con los distintos indicadores de la innovación *a nivel de la empresa individual* (porcentaje de ventas atribuibles a la innovación y porcentaje de ventas atribuibles a la introducción en el mercado, según los datos de la CIS 1998-2000). En segundo lugar, exploramos las microconexiones entre la comunidad científica y el impacto económico de la innovación, centrándonos en el *nivel del invento individual (es decir, patente)*. Para ello, limitamos la muestra a las empresas que presentan solicitudes de patente y comparamos las diferencias en la calidad de las patentes (citas posteriores) presentadas por empresas con vínculos con la comunidad científica respecto a las patentes presentadas por otras empresas. Con ello, aportamos una evaluación de la efectividad de los vínculos con la comunidad científica a la hora de potenciar el rendimiento tecnológico a través de una valoración de la calidad de los inventos privados.

Este trabajo consta de cinco secciones. En la primera se presenta un resumen de la literatura y una revisión de trabajos empíricos anteriores sobre el valor de la ciencia para la innovación industrial. En la segunda sección se describen nuestros datos, la prevalencia de estrategias que incluyan vínculos con la comunidad científica y la implantación de vínculos con la comunidad científica en distintos sectores. La cuarta sección presenta una valoración de la relación entre los vínculos con la comunidad científica y el impacto económico de la innovación para las empresas. La última sección presenta las conclusiones e identifica algunas implicaciones para las políticas de empresa.

1. El valor de la ciencia

Utilizando una diversidad de metodologías, los economistas intentan desde hace mucho tiempo determinar los beneficios económicos de la investigación básica. Basándose en la suposición de que la investigación básica posee propiedades informativas (no rival y no excluible; Arrow, 1962; Dasgupta y David, 1994), economistas como Griliches (1979) y Adams (1988; 1990) han mostrado la importante contribución de la investigación básica (por ejemplo, gasto público en investigación y publicaciones científicas) al crecimiento económico. Investigaciones complementarias basadas en encuestas han aportado una estimación alternativa de la contribución de la investigación básica a la innovación industrial y al rendimiento económico. En una encuesta de 76 empresas estadounidenses en siete sectores, Mansfield (1991) recopiló las estimaciones de los responsables de I+D de las respectivas empresas respecto a la proporción de productos y procesos que, a lo largo de un periodo de 10 años, no se podrían haber desarrollado sin la concurrencia de la investigación aca-

démica. Encontró que el 11 por 100 de las innovaciones en productos nuevos y el 9 por 100 de las innovaciones en procesos no se habrían desarrollado (o sólo con retrasos importantes) en ausencia de una investigación académica reciente; estas innovaciones representaron el 3 por 100 y el 1 por 100 de las ventas, respectivamente.

Tanto la Encuesta de Yale de 1983 como la Encuesta de Carnegie Mellon de 1994 de las actividades de I+D han mostrado la relevancia de la investigación universitaria para la innovación industrial (Cohen *et al.*, 2002). Según la Encuesta de Carnegie Mellon de 1994, las empresas norteamericanas incluían las publicaciones universitarias y las patentes entre las fuentes más importantes de conocimientos para innovar³. Se han comunicado hallazgos similares para empresas europeas. En una encuesta de las empresas industriales más importantes de Europa, Arundal y Geuna (2004) describen que la actividad científica pública es una de las fuentes más importantes de conocimientos técnicos para actividades innovadoras.

Se han asociado varias ventajas al uso de la ciencia para explicar el impacto económico de la innovación en las empresas. Éstas incluyen un aumento de la productividad y el nivel de investigación aplicada (Evenson y Kislev, 1976), mejoras significativas en la productividad global de la I+D (Henderson y Cockburn, 1996; Gambardella, 1992), el desarrollo de una capacidad de asimilación (Arora y Gambardella, 1990; Cockburn y Henderson, 1998) y reducciones de los costes laborales (Stern, 1999), entre otras. La actividad científica reduce la duplicación de esfuerzos (Arrow, 1962; Nelson, 1982; Dasgupta y David, 1994). Al facilitar un mapa del paisaje tecnológico, la ciencia permite a la investigación privada centrarse en las opciones tecnológicas más prometedoras, evitando con ello el desperdicio de recursos en experimentos fallidos (Fleming y Sorenson, 2004)⁴. Además, el desarrollo de una mayor capacidad de asimilación relacionada con la generalidad de la investigación básica ha sido presentado a menudo como una de las principales ventajas de la actividad científica. Permite a la empresa identificar e integrar la información externa con mayor facilidad, potenciando con ello la productividad de la investigación interna (Cohen y Levinthal, 1989; 1990).

Otros beneficios se asocian a la contratación de científicos; la implantación de incentivos que fomenten la publicación por sus empleados ayuda a las empresas a atraer a investigadores académicos de alta calidad cuyo valor económico muchas veces puede ser superior a su retribución salarial. Stern (1999) ha demostrado que los investigadores que busquen el reconocimiento de la comunidad académica podrían preferir trabajar en proyectos de investigación susceptibles de generar publica-

³ Los resultados indican que entre los canales clave a través de los cuales la investigación universitaria impacta en la I+D industrial se incluyen informes y estudios publicados, conferencias y reuniones públicas, intercambios informales de información y trabajos de consultoría.

⁴ Según FLEMING y SORENSON (2004), el conocimiento científico difiere del conocimiento derivado de búsquedas «locales» dentro de la empresa —que está estrechamente relacionado con las actividades de investigación anteriores de la empresa—, por el hecho de que el trabajo científico intenta generar y comprobar teorías e ideas fundamentales, mientras la búsqueda local se centra en encontrar soluciones tecnológicas nuevas en un «stock» predeterminado de conocimientos.

ciones en el futuro y, por lo tanto, aceptarían sueldos más bajos a cambio de que se les permita mantenerse al corriente de la investigación científica. Estos investigadores aportan valor en dos dimensiones; no sólo generan reducciones importantes de los costes laborales sino también actúan de «puente» (*porteros y transfronterizos*) con el mundo científico o académico.

A pesar de la existencia de estos beneficios tan claros, el uso de la investigación científica por las empresas privadas sigue limitado a un tipo muy especial de organización. Debido al carácter altamente específico del *know-how* en cuestión, sólo un grupo muy reducido de empresas en sectores específicos tienden a mostrar un interés marcado por el *know-how* científico ofrecido por las universidades u otros institutos científicos. Se han propuesto varias condiciones necesarias para la integración con éxito de la actividad científica. La participación en la actividad científica tiene un coste; está muy condicionada a la calidad del capital humano y la implantación de nuevas prácticas organizativas (Gambardella, 1995; Cockburn *et al.*, 1999). La necesidad de información nueva para la innovación varía de un sector a otro y depende sustancialmente del grado de madurez y la aparición de tecnologías nuevas (Nelson y Winter, 1982). Cuando los sectores se encuentran sacudidos por cambios tecnológicos frente a los cuales sus competencias han quedado obsoletas, deben trascender los límites entre organizaciones y sectores y formar redes con los nuevos actores.

Sin embargo, para las empresas que deseen subsanar su falta de conocimientos básicos a través de la colaboración con universidades y centros de investigación públicos, la interacción no es una labor fácil. La literatura ha demostrado que las colaboraciones entre industria y universidad se encuentran sometidas a tensiones importantes en temas como la propiedad intelectual, el acceso y las políticas de divulgación (por definición, la ciencia abierta se basa en la difusión precoz y amplia a través de la publicación) y otros, reduciendo las posibilidades de plasmar la información científica en productos nuevos (Jansen y Thursby, 2001; Thursby y Thursby, 2002; Hall *et al.*, 2001; Poyago-Theotoky *et al.*, 2002). Por ejemplo, es un estudio de 38 Proyectos de Tecnología Avanzada (PTA), Hall *et al.* (2001) descubrieron que los proyectos con participación universitaria tienden a desarrollarse en campos con ciencia «nueva», por lo que deben superar más dificultades y retrasos pero también tienen más probabilidades de no sufrir un aborto prematuro⁵.

Centrada mayormente en el análisis de a nivel de empresas individuales, la literatura empírica ha valorado el papel de los vínculos científicos, sobre todo colabo-

⁵ En una muestra de 62 responsables de licencias en universidades estadounidenses, JENSEN y THURSBY (2001) encuentran que más del 75 por 100 de los inventos licenciados por estas universidades se encontraban en una fase inicial o embrionaria. Además, el 71 por 100 de los inventos licenciados precisaban la colaboración entre el profesor y la empresa beneficiaria de la licencia para asegurar el éxito comercial de un producto. A partir de la CIS para Bélgica, VEUGELERS y CASSIMAN (2005) determinan que se crea una colaboración con las universidades siempre que el riesgo no constituya un obstáculo importante para la innovación.

raciones con investigadores universitarios, en el rendimiento de las empresas (por ejemplo, Audretsch y Stephan, 1996; Zucker *et al.*, 1998; Cockburn y Henderson, 1998). Utilizando la colaboración con universidades como vínculo con la comunidad científica, estos estudios parecen respaldar la hipótesis de que estos vínculos potencian la inversión en I+D interna (Adams *et al.*, 2000), la productividad de la innovación y las ventas (Belderbos *et al.*, 2005)⁶. Si bien arrojan poca luz sobre el proceso a través del cual la actividad científica incide en la innovación privada, los estudios basados en la «función de producción» han determinado que las interacciones con la comunidad científica y los vínculos con científicos académicos estrella significan más tecnología (Henderson y Cockburn, 1996; Zucker *et al.*, 2002; Cockburn y Henderson, 1998); más patentes «importantes»: es decir, patentes internacionales (Henderson y Cockburn, 1994); y una media superior de patentes ajustadas a la calidad (Zucker y Darby, 2001; Zucker *et al.*, 2002).

El trabajo de Cockburn y Henderson (1998) ha demostrado que no sólo importa la capacidad de asimilación (Cohen y Levinthal, 1989; Kamien y Zang, 2000) en la investigación básica sino también la proximidad con las comunidades científicas. A partir de datos sobre la coautoría de artículos científicos para una muestra de empresas farmacéuticas, demuestran que las empresas con vínculos con la comunidad científica obtienen mejores resultados en el descubrimiento de fármacos nuevos y que esta compenetración se asocia estrechamente al número de científicos estrella que trabajan con la empresa⁷. Zucker *et al.* (1998) y Darby y Zucker (2001; 2002) encontraron que la contratación de científicos estrella predice la entrada de empresas nuevas y ya existentes en la biotecnología tanto en Estados Unidos como en Japón, mientras Darby y Zucker (2005) recientemente aportaron datos que indican que las empresas entran en la nanotecnología coincidiendo en tiempo y espacio con la publicación por los científicos de artículos académicos sobre avances revolucionarios⁸. En el campo de la biotecnología en Japón, para el periodo 1989-1990, Darby y Zucker (2001) muestran que las colaboraciones entre empresas y determinados científicos universitarios estrella tuvieron un impacto positivo importante sobre la productividad de la investigación llevada a cabo por las empresas, incrementando un 34 por 100 las patentes biotecnológicas de la empresa media, un 27 por 100 el número de productos en fase de desarrollo y un 8 por 100 el número de productos en el mercado. Zucker *et al.* (2002) determinaron que el impacto de los científicos estre-

⁶ Por ejemplo, LÖÖF y BROSTRÖM (2004) han identificado complementariedades entre la I+D interna y la colaboración con las universidades: la firma de I+D media que colabora con las universidades en temas de innovación gasta más en I+D y es más susceptible de solicitar patentes que una firma de I+D casi idéntica en la que esta colaboración no existe.

⁷ Las diferencias en la efectividad con la que una empresa accede al «stock» previo de conocimientos corresponden a diferencias de hasta el 30 por 100 en la productividad investigadora de las empresas.

⁸ Además, comunican un patrón similar detectado anteriormente en la biotecnología: los avances revolucionarios en la ciencia e ingeniería a nanoescala parecen trasladarse con frecuencia a la aplicación industrial con la participación activa de los científicos académicos que los descubrieron.

lla «atados» (científicos que colaboran con las empresas) sobre el número de patentes y productos en fase de desarrollo fue significativamente mayor que el efecto de todos los demás científicos de universidades de investigación de máximo nivel que trabajaban con la empresa; no se comunicó ningún efecto para la actividad científica no vinculada.

3. La diversidad de los vínculos con la comunidad científica

Se han obtenido datos sobre las estrategias de investigación de las empresas a partir de la tercera Community Innovation Survey (CIS-3) (1998-2000) llevada a cabo por Eurostat en Bélgica en el año 2000. Se utilizaron dos métodos en la CIS-3 para las empresas flamencas. Primero, a partir de una población de 9.292 empresas (empresas que tenían más de 250 empleados), se estableció contacto con 2.726 empresas mediante correo tradicional. De esta muestra, 684 empresas contestaron correctamente la encuesta, lo que da una tasa de respuesta del 25,1 por 100. Ante esta tasa tan baja, se envió electrónicamente una segunda ronda de cuestionarios utilizando la CAPI (Entrevista Personal Asistida por Ordenador). Con los dos métodos, se obtuvo un total de 1.471 respuestas. En este trabajo, limitamos nuestra muestra a las 842 empresas manufactureras que emprenden actividades de innovación y definimos los siguientes vínculos con la comunidad científica:

1. Una variable *dummy* que indica si la empresa ha participado en actividades formales de colaboración en I+D (estado) con universidades o centros de investigación gubernamentales (nacionales e internacionales).
2. Una variable *dummy* que indica si la empresa considera que la información pública constituye una fuente muy importante para la innovación (las empresas que puntúan «3» en una escala de 3 sobre el uso de información científica la consideran muy importante).
3. Una variable *dummy* que indica si la empresa participa en actividades de colaboración con universidades o centros de investigación públicos y, al mismo tiempo, considera que la información pública constituye una fuente muy importante para la innovación.
4. Una variable *dummy* que indica si la empresa ha participado en actividades de publicación: se le da un valor de 1 si la empresa ha publicado al menos un artículo. Los datos sobre publicaciones se recopilan de la base de datos ISI-Web of Knowledge. Una publicación se considera científica si se encuentra en la ISI Web of Knowledge (con fechas de publicación entre 1990 y 1995).
5. Una variable *dummy* que indica si la empresa posee patentes (al menos una patente) que contienen referencias a artículos científicos (al menos una referencia científica que no sea una patente), es decir; encontrados en la ISI-Web of Science. Hemos buscado las patentes concedidas a nuestra muestra de

empresas CIS-3 en la base de datos de patentes europeas (EPO SPACE-B). Se encontraron 1.186 patentes concedidas en la Oficina Europea de Patentes, con fechas de concesión entre 1995 y 2001, para un total de 79 empresas incluidas en la CIS-3.

Las Tablas 1 y 2 muestran la distribución de las empresas en función del tipo de vínculo con la comunidad científica y del sector. Corroborando investigaciones anteriores, el uso de la información científica y la colaboración con universidades y centros de investigación públicos por las empresas belgas se limitan a un número reducido de empresas pero existe cierta diversidad en las modalidades de acceso a los conocimientos científicos. El primer hallazgo que se desprende de estas tablas es la escasa frecuencia de vínculos con la comunidad científica relativa a la población total (empresas manufactureras). El 74,82 por 100 de estas empresas no tienen ningún vínculo con la comunidad científica. Como sería de esperar, la Tabla 2 muestra que los sectores poco intensivos en I+D tienen el mayor porcentaje de empresas sin vínculos con la comunidad científica (82 por 100), mientras se da la situación contraria en los sectores muy intensivos en I+D. Confirmando estudios anteriores, este segundo grupo de sectores ostenta el mayor porcentaje de empresas que establecen vínculos con la comunidad científica (relativo al número total de empresas): el 25 por 100 de las empresas participa en actividades de colaboración con instituciones públicas, el 33 por 100 considera que el uso de información pública es muy importante para la innovación y el 16 por 100 declara aplicar ambas estrategias. Esto está relacionado con la correlación sectorial evidenciada en la Taabla 1, en la que Electrónica e Instrumentos médicos y de precisión, seguidos de Química (dentro de la Industria farmacéutica) y Refino de petróleo tienen puntuaciones altas en todos los tipos de vínculos con la comunidad científica. Sin embargo, la tabla 1 muestra algunas variaciones sectoriales interesantes en el uso relativo entre sectores de los vínculos con la comunidad científica. Las empresas que se dedican a la Madera, Impresión y Edición o al Vidrio/Cerámica consideran relativamente más importantes las fuentes de información públicas que la formalización de acuerdos de colaboración. En cambio, las empresas que se dedican a los sectores de Instrumentos médicos y de precisión, Electrónica o Automóviles recurren más a la colaboración que a la información pública para sus vínculos con la actividad científica. Pocas empresas incluyen referencias a la literatura científica en sus patentes. Representan menos del 3 por 100 de la población de empresas manufactureras en la CIS, lo que hace cuestionar la relevancia de estos indicadores para comprender los vínculos con la comunidad científica en la población de empresas. Si consideramos sólo la población de empresas que solicitan patentes, el 24 por 100 (19 de 79 empresas) de estas empresas refieren un vínculo con la comunidad científica en sus patentes.

La Figura 1 va más allá al mostrar el solapamiento entre distintas estrategias de vínculos con la comunidad científica. Existe una asombrosa diversidad a nivel de empresas individuales. Si bien a nivel sectorial, parece existir una correlación sustancial

TABLA 1
DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS POR SECTOR Y TIPO DE VÍNCULO CON LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

Sector	Núm. de em-presas	Empre-sas sin vínculos con la comuni-dad cien-tífica	%	Colabo-ración con ins-titutos públicos = 1	%	Uso de infor-mación pública = 1	%	Colabo-ración y uso de infor-mación pública	%	Empre-sas con pa-ten-tes	%	Referen-cias cientí-fi-cas en pa-ten-tes = 1	%	Empre-sas con publi-ca-ciones	%
Alimentación y tabaco	74	59	79,73	9	12,16	8	10,81	2	2,70	3	4,05	0	0,00	0	0,00
Textil	68	55	80,88	9	13,24	8	11,76	4	5,88	2	2,94	0	0,00	0	0,00
Madera, impresión, edición	82	69	84,15	3	3,66	9	10,98	1	1,22	4	4,88	1	1,22	0	0,00
Química, refino de petróleo	85	54	63,53	14	16,47	16	18,82	7	8,24	10	11,76	5	5,88	3	3,53
Caucho y plástico	84	63	75,00	13	15,48	14	16,67	7	8,33	10	11,90	1	1,19	1	1,19
Vidrio, cerámica	39	31	79,49	3	7,69	4	10,26	1	2,56	2	5,13	1	2,56	1	2,56
Productos metálicos, metalurgia	121	91	75,21	14	11,57	19	15,70	7	5,79	15	12,40	3	2,48	3	2,48
Maquinaria, equipos	114	85	74,56	14	12,28	16	14,04	6	5,26	16	14,04	4	3,51	0	0,00
Electrónica	56	33	58,93	14	25,00	11	19,64	4	7,14	9	16,07	2	3,57	0	0,00
Instrum. médicos y de precisión	18	8	44,44	4	22,22	8	44,44	4	22,22	4	22,22	2	11,11	0	0,00
Automóviles	62	48	77,42	10	16,13	5	8,06	1	1,61	3	4,84	0	0,00	0	0,00
Muebles	39	34	87,18	3	7,69	3	7,69	1	2,56	1	2,56	0	0,00	0	0,00
Total	842	630	74,82	110	13,06	121	14,37	45	5,34	79	9,38	19	2,26	8	0,95

NOTA: Sólo Colaboración con Institutos Públicos: empresas que declaran que las colaboraciones con universidades y/o institutos de investigación públicos (nacionales o internacionales) constituyen el único medio de acceder a conocimientos científicos; Sólo Uso de Fuentes Públicas: empresas que consideran que las fuentes de información públicas son muy importantes para la innovación (puntuación=3). Las fuentes de información son: universidades u otros institutos de enseñanza superior, institutos de investigación gubernamentales o privados sin ánimo de lucro, y conferencias, reuniones y revistas profesionales.

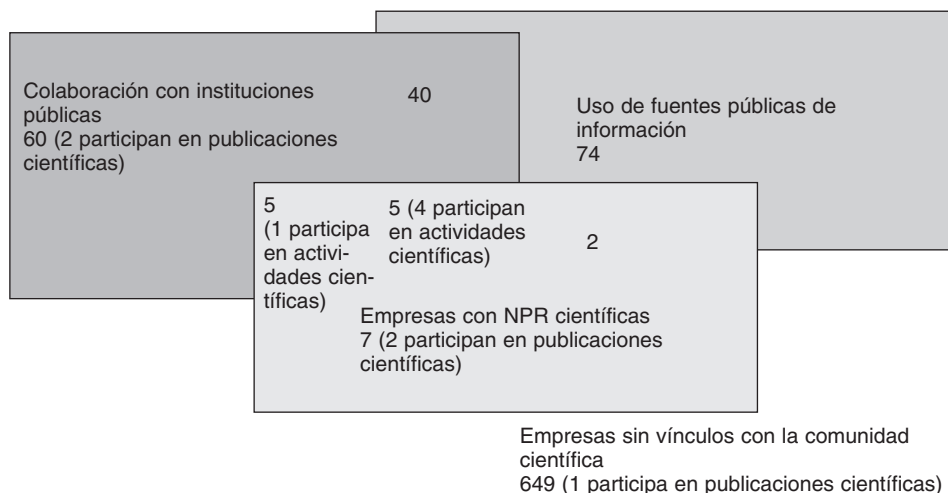
TABLA 2
DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS POR GRUPOS SECTORIALES Y TIPO DE VÍNCULO
CON LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

Grupo sectorial	Núm. de em- presas	Empre- sas sin vínculos con la comuni- dad cien- tífica	%	Colabo- ración con ins- titutos públicos = 1	%	Uso de infor- mación pública = 1	%	Colabo- ración y uso de infor- mación pública	%	Empre- sas con patentes	%	Referen- cias científi- cas en patentes = 1	%	Empre- sas con publica- ciones	%
Sectores con baja intensidad de I+D	263	217	82,51	24	9,13	28	10,65	8	3,04	10	3,80	1	0,38	0	0,00
Sectores con intensidad media-baja de I+D	257	197	76,65	31	12,06	38	14,79	16	6,23	28	10,89	5	1,95	5	1,95
Sectores con intensidad media-alta de I+D	271	194	71,59	42	15,50	38	14,02	13	4,80	31	11,44	7	2,58	2	0,74
Sectores con alta intensidad de I+D	51	22	43,14	13	25,49	17	33,33	8	15,69	10	19,61	6	11,76	1	1,96
Total	842	630	74,82	110	13,06	121	14,37	45	5,34	79	45,74	19	2,26	8	0,95

NOTA: Utilizamos los criterios aplicados por la OCDE (OECD, 2002). Las industrias de alta tecnología incluyen (ISIC, 3): Aeroespacial, Máquinas de oficina y ordenado-
res; Industria farmacéutica, Electrónica-comunicaciones. Tecnología Media agrupa las dos clases definidas por la OCDE: industrias de tecnología media-alta (Instrumentos
científicos, Industria del automóvil, Maquinaria eléctrica excluyendo equipos de comunicación, Química excluyendo productos farmacéuticos, Otro material de transporte,
y Maquinaria y equipo mecánico) e industrias de tecnología media-baja (Caucho y plástico, Construcción naval, Otras industrias manufactureras, Metales no férreos, Otros
minerales no metálicos, Productos metálicos, Refino de petróleo, Metales férreos). Las industrias de tecnología baja son: Papel, edición e impresión; Textil, confección y
cuero; Alimentación, bebidas y tabaco; y Madera.

entre estrategias, a nivel de empresas individuales encontramos una diversidad importante. La figura sugiere que las empresas que citan literatura científica no necesariamente se limitan a las que recurren a la colaboración o las que consideran muy importante el uso de información pública. El solapamiento entre colaboración y uso de información pública se da sólo en 45 empresas; de éstas, sólo 5 incorporan referencias a la literatura científica en sus patentes. Siete empresas que refieren la ausencia de cualquier vínculo con la comunidad científica incluyen referencias científicas en sus patentes; de éstas, 5 pertenecen a sectores con una intensidad media de I+D. De modo similar, muy pocas empresas (9) participan directamente en la ciencia abierta a través de la publicación, aunque sorprende constatar que 5 de estas 9 empresas se dedican a sectores con una intensidad media-baja de I+D⁹. Esta sencilla estadística descriptiva corrobora la heterogeneidad existente en las formas de acceso a los conocimientos científicos pero también revela que se encuentra alguna información adicional en los vínculos con la comunidad científica referidos en publicaciones y patentes.

FIGURA 1
VÍNCULOS CON LA COMUNIDAD CIENTÍFICA DE EMPRESAS FLAMENCAS
(CIS 3)



⁹ Utilizamos los criterios aplicados por la OCDE (OECD Science and Technology, 2001). Las industrias manufactureras se clasifican en tres categorías distintas de intensidad tecnológica: tecnología alta, tecnología media (agrupando tecnología media-alta y tecnología media-baja) y tecnología baja. Las industrias de alta tecnología incluyen (ISIC. 3): Aeroespacial, Máquinas de oficina y ordenadores; Industria farmacéutica, Electrónica-comunicaciones. Tecnología Media agrupa las dos clases definidas por la OCDE: industrias de tecnología media-alta (Instrumentos científicos, Industria del automóvil, Maquinaria eléctrica excluyendo equipos de comunicación, Química excluyendo productos farmacéuticos, Otro material de transporte, y Maquinaria y equipo mecánico) e industrias de tecnología media-baja (Caucho y plástico, Construcción naval, Otras industrias manufactureras, Metales no ferreos, Otros minerales no metálicos, Productos metálicos, Refino de petróleo, Metales ferreos). Las industrias de tecnología baja son: Papel, edición e impresión; Textil, confección y cuero; Alimentación, bebidas y tabaco; y Madera.

3. Impacto económico de los vínculos con la comunidad científica

En este apartado, evaluamos si los vínculos con la comunidad científica permiten a las empresas lograr un mayor impacto económico de la innovación. A juzgar por la literatura que se acaba de exponer, sería de esperar que las empresas con vínculos con la comunidad científica desarrollen ventajas comparativas en la producción de innovaciones y, sobre todo, en la producción de innovaciones radicales. Al facilitar la asimilación y la comprensión de conocimientos fundamentales, los vínculos con la comunidad científica permiten a las empresas desarrollar descubrimientos nuevos, mejorar sus competencias tecnológicas internas y detectar nuevas oportunidades para la innovación industrial. Se presentan dos niveles de análisis. Primero, identificamos la relación entre los vínculos con la comunidad científica y los indicadores del impacto económico de la innovación a nivel de empresas individuales, según los datos de la CIS 1998-2000. La medida clave de la innovación es la innovación novedosa para el mercado y los indicadores del impacto económico son las ventas atribuibles a la innovación y las ventas atribuibles a la introducción en el mercado.

Segundo, aportamos una medida adicional del impacto económico de la innovación dentro de la empresa a nivel de invento individual que, al mismo tiempo, controla para los vínculos con la comunidad científica a nivel de empresa individual. Comparamos las diferencias en la calidad (citas posteriores)¹⁰ de las patentes de empresas con vínculos con la comunidad científica respecto a las patentes de otras empresas, para la submuestra de empresas que presentan solicitudes de patente. La investigación empírica previa ha mostrado que las patentes académicas, al basarse en conocimientos más fundamentales, tienen un alcance más amplio y se citan con más frecuencia que las patentes privadas (por ejemplo, Jaffe *et al.*, 1993; Henderson *et al.*, 1998). Los análisis de las citas de patentes indican que los artículos académicos y las patentes universitarias se citan con mayor frecuencia que sus homólogos de empresas privadas, lo que sugiere que la ciencia pública constituye un *input* importante para las actividades innovadoras de las empresas (Jaffe *et al.*, 1993; Narin *et al.*, 1997). Sin embargo, no existen pruebas sobre la efectividad de la ciencia para explicar el impacto tecnológico de las patentes privadas¹¹. Por lo tanto, al llevar el análisis al nivel de invento, queremos validar el significado de las referencias a la literatura científica en las patentes y determinar si estas (pocas) empresas realmente son capaces de alcanzar un nivel tecnológico superior a través

¹⁰ Nos adherimos a la investigación anterior sobre la calidad de patentes (or ejemplo, HENDERSON *et al.*, 1998; HARHOFF *et al.*, 1999) y utilizamos el número de citas posteriores recibidas por una patente como indicación de su impacto tecnológico e importancia económica.

¹¹ Los investigadores han intentado controlar para el tipo de organización titular de la patente; p.ej. organizaciones públicas y privadas, universidades vs. empresas (HENDERSON *et al.*, 1998).

de una referencia directa a la actividad científica o un vínculo indirecto a nivel de la empresa¹².

3.1. Vínculos con la comunidad científica y rendimiento económico

La Tabla 3 ofrece una estadística descriptiva y tests de la *t* para la comparación de medias entre vínculos. Presenta las medias para la intensidad de I+D, tamaño de la empresa y medidas de innovación y rendimiento económico, desglosadas por tipos de vínculo con la comunidad científica. También se incluye en la última fila las frecuencias de empresas que declaran innovaciones novedosas para el mercado. Como es de esperar, las empresas con al menos un vínculo con la comunidad científica (columna 2) tienen más volumen de negocio, más empleados y una mayor intensidad de I+D. Al mismo tiempo –corroborando la hipótesis planteada en la literatura– las empresas con vínculos con la comunidad científica tienen un mayor porcentaje de ventas correspondientes a productos nuevos o mejorados (peso de la innovación sobre las ventas) y un mayor porcentaje de ventas correspondientes a productos innovadores que son novedosos para el mercado (y no sólo novedosos para la empresa). Las empresas que tienen vínculos con la comunidad científica también presentan una mayor frecuencia de innovaciones novedosas para el mercado (0,47 por 100 vs. 0,38 por 100). Al comparar distintos vínculos con la comunidad científica, las empresas que refieren colaborar con las instituciones públicas y también consideran muy importante el uso de fuentes públicas de información (columna 5) presentan una frecuencia elevada de introducción de innovación novedosa para el mercado (44 por 100), pero el grupo de empresas con referencias científicas en sus patentes (columna 7) parece tener el mayor porcentaje de empresas que han introducido innovaciones radicales (63 por 100). Las empresas con este vínculo con la comunidad científica también muestran el mayor peso de la innovación sobre las ventas y el mayor porcentaje de ventas atribuibles a la introducción en el mercado, pero estas empresas también son más grandes y se caracterizan por una intensidad de I+D significativamente superior. Si bien las empresas con distintos vínculos presentan diferencias significativas de tamaño e intensidad de I+D, las diferencias en el volumen de innovación no son significativas¹³.

¹² Algunos investigadores opinan (por ejemplo, JAFFE *et al.*, 1993) que las referencias a patentes y otras informaciones científicas es una «señal ruidosa» de los flujos de conocimientos y los examinadores aportan una parte importante del ruido. Puesto que las referencias a patentes y otras informaciones científicas se originan de la revisión por el examinador del estado del arte en la Oficina Europea de Patentes, las citas pueden reflejar o coincidir en raras ocasiones con la información científica utilizada por los inventores.

¹³ El reducido tamaño de muestra claramente resulta problemático aquí.

TABLA 3

VÍNCULOS CON LA COMUNIDAD CIENTÍFICA Y RENTABILIDAD DE LA EMPRESA

Variable	Sin vínculo con la comunidad científica	Al menos un vínculo con la comunidad científica	Colaboración con institutos públicos	Uso de información pública	Colaboración y uso de información pública	Referencias científicas en patentes	Empresas con publicaciones
	1	2	3	4	5	6	7
Intensidad de I+D (por empleado)	76,49672	210,15***	258,46***	191,804**	290,29**	540,31**	510,0542
Empleados	122,0722	440,373***	637,69***	259,84	477,04**	1.739,37***	2.309,125**
Volumen de ventas	1.117,340	5.649,051 ***	8.279,243***	3.477,041 *	7.210,230**	22.100,000**	31.200,000**
Ventas atribuibles a la innovación	0,1002181	0,2010638***	0,1851818**	0,194***	0,15	0,2452632**	0,1125
Ventas atribuibles a introducciones novedosas en el mercado	0,0295483	0,0843085***	0,0959091 ***	0,0703306**	0,082 *	0,1336842 *	0,04125
Introducciones novedosas en el mercado	0,38	0,47	0,42	0,36	0,44	0,63	0,57

NOTA: La significación de los tests de la t (Pr(T < t) en la comparación de medias entre el grupo y el resto de empresas que carecen de un vínculo de este tipo se indica mediante: * al 10 por 100, ** 5 por 100, *** 1 por 100.

La matriz de correlación que aparece en la Tabla 4 ofrece información adicional sobre la correlación de los vínculos con la comunidad científica respecto al rendimiento económico. Concordando con nuestro hallazgo relativo a la diversidad de los vínculos de las empresas con la comunidad científica, encontramos que tener un vínculo (columna 1) tiene la máxima correlación con el peso de la innovación sobre las ventas, el peso de las innovaciones novedosas para el mercado sobre las ventas y el indicador de introducciones novedosas para el mercado, aunque ningún vínculo específico parece explicar este efecto positivo. Además, exceptuando la importancia de la información pública, todas las correlaciones son más estrechas para las introducciones novedosas para el mercado relativas a la innovación global.

3.2. Vínculos con la comunidad científica y calidad de las patentes

A continuación, abordaremos las diferencias en la calidad de los inventos (patentes) respecto a los vínculos con la comunidad científica. La muestra consiste en 1.161 patentes de 79 empresas para las cuales se han encontrado patentes concedidas por la Oficina Europea de Patentes. Estas patentes se han concedido con fechas de concesión entre 1995 y 2001. Su tasa de citas posteriores se calcula hasta el último año disponible en nuestra base de datos EPO-SPACE B, que es el 2003. Investigaciones anteriores han demostrado que el número de citas que recibe una patente se asocia estrechamente a su importancia tecnológica y valor social (Trajtenberg, 1990) y se correlaciona con la prórroga de patentes, el valor económico estimado de los inventos y la oposición a las patentes (Lanjouw y Schankerman, 1999; Harhoff *et al.*, 1999; Hall *et al.*, 2000; Harhoff *et al.*, 1999).

También hemos calculado dos indicadores del impacto tecnológico basados en las citas posteriores: generalidad y dispersión geográfica. La medida de generalidad se ha utilizado como indicador del impacto de una patente, una puntuación alta para la generalidad sugiere que la patente presumiblemente tuvo un impacto ya que influyó en innovaciones posteriores en una diversidad de campos (Hall *et al.*, 2001). Este indicador se incorpora como un índice de Herfindahl (Jaffe *et al.*, 1997; Hall *et al.*, 2001): $generalidad = 1 - \sum_i^n s_{ij}^2$, siendo s_{ij} el porcentaje de citas recibidas por la patente i que pertenece a la clase de patentes j , de n_i clases de patentes (obsérvese que la suma es el índice de concentración de Herfindahl). El índice de la dispersión geográfica se construye de forma similar (1-índice de Herfindahl de la concentración geográfica).

La Tabla 5 presenta el desglose de las medidas de calidad de las patentes en función de los tipos de vínculo de las empresas con la comunidad científica, e incluye tests de la t (de una cola) sobre la comparación de medias. Como es de esperar, las empresas que tienen al menos un vínculo (de cualquier tipo) con la comunidad científica refieren una frecuencia superior de citas, parecen tener un alcance más global (se citan en distintas clases tecnológicas, IPC) y presentan una mayor dispersión

TABLA 4
MATRIZ DE CORRELACIÓN

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Al menos un vínculo con la comunidad científica	1,0000											
2 Colaboración con institutos públicos	0,7109*	1,0000										
3 Uso de información pública	0,7512*	0,2933*	1,0000									
4 Colaboración y Uso de información pública	0,4357*	0,6130*	0,5800*	1,0000								
5 Referencias científicas en patentes	0,2786*	0,1784*	0,0973*	0,1417*	1,0000							
6 Empresas con publicaciones	0,1631*	0,1653*	0,0891*	0,1807*	0,5286*	1,0000						
7 Intensidad de I+D (por empleado)	0,0696	0,0673	0,0410	0,0572	0,1520*	0,0906	1,0000					
8 Empleados	0,2458*	0,3190*	0,0484	0,1250*	0,4391*	0,3638*	0,0977*	1,0000				
9 Introducciones novedosas en el mercado	0,2228*	0,1963*	0,1527*	0,1356*	0,1564*	0,0593	0,0714	0,1133*	1,0000			
10 Volumen de ventas	0,2303*	0,2943*	0,0675	0,1490*	0,3746*	0,3299*	0,1295*	0,7913*	0,1080*	1,0000		
11 Ventas atribuibles a la innovación	0,2001*	0,1170*	0,1424*	0,0259	0,0898*	-0,0029	0,0532	0,1553*	0,2769*	0,0603	1,0000	
12 Ventas atribuibles a introducciones novedosas en el mercado	0,1808*	0,1712*	0,0957*	0,0793*	0,1138*	-0,0042	0,1100*	0,0584	0,5836*	0,0451	0,5004*	1,0000

NOTA: * correlación significativa al 5 por 100 o mejor.

TABLA 5
CALIDAD DE LAS PATENTES Y VÍNCULOS CON LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

	Todas	Sin vínculo	Al menos un vínculo con la comunidad	Colabora ción con instituciones públicas	Uso de fuentes públicas	Colabora ción y uso de informa- ción pública	Empresa científica (publica- ciones)	Patentes con NPR	Patentes sin NPR	7 vs. 8
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cita posterior ^b	0,67	0,70	0,67	0,69*	0,71*	0,65	0,72*	0,64	0,67	0,193
Generalidad ^b	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,17	0,08	-2,14*
Impacto geográfico ^b	0,22	0,14	0,188*	0,19	0,19	0,20	0,194*	0,23	0,18	-1,14
Dummy cita posterior ^a	0,33	0,30	0,33*	0,34*	0,34*	0,34*	0,35**	0,24	0,33	4,26*

NOTA.: * significación al 10 por 100, ** al 5 por 100. Al menos un vínculo: empresas que colaboran o usan información pública o participan en publicaciones científicas. Las citas posteriores constituyen el número de citas recibidas por otras patentes en la EPO. Las medidas de generalidad e impacto geográfico así como las pruebas para la comparación de medias (y proporciones) sólo se calculan en las patentes que han recibido citas posteriores. ^a: Test de la chi al cuadrado de Pearson para la significación de la relación entre los dos grupos (variables categóricas); ^b: test de la t para la significación de la diferencia entre las medias.

geográfica. Sin embargo, la diferencia entre las medias es significativa (en el nivel del 10 por 100) sólo para la dispersión geográfica y la frecuencia de ser citado al menos una vez (variable *dummy* para citas posteriores). Las empresas que colaboran con la comunidad científica o utilizan fuentes públicas de información refieren una media de 0,70 citaciones y las empresas que participan directamente en la actividad científica a través de publicaciones refieren una media de 0,72 citas posteriores. Sin embargo, estos efectos sólo son marginalmente significativos. Confirmamos el rendimiento superior en términos de calidad de las patentes de las empresas que tienen vínculos con la comunidad científica: las empresas que establecen colaboraciones con la comunidad científica o consideran muy importante la información pública y, sobre todo, las empresas que participan en publicaciones tienen todas ellas una mayor probabilidad de ser citadas y una media superior de citas posteriores frente a las patentes de empresas que carecen de estos vínculos (sin embargo, los tests de la *t* presentan una significación estadística débil).

Al comparar las patentes con referencias científicas (NPR) y las patentes sin referencias científicas, encontramos que las patentes sin NPRs tienen más probabilidades de ser citadas (33 por 100 vs. 24 por 100) y una media superior de citas posteriores, pero las patentes con NPR son más generales y se citan con una mayor dispersión geográfica. La diferencia en las medias entre las patentes con NPR y las patentes sin estas referencias sólo es significativa para la generalidad y la probabilidad de citas posteriores. Esto sugiere que, si bien las patentes con referencias científicas protegen tecnologías amplias, las patentes más aplicadas –patentes sin referencias científicas– son las que conservan el valor para la empresa. Por lo tanto, las patentes que citan una publicación científica parecen abarcar conocimientos más fundamentales y, por lo tanto, tienen más probabilidades de ser citadas en un amplio espectro de clases tecnológicas y países. Sin embargo, este tipo de patentes tiene menos probabilidades de ser citado y no difiere del resto de las patentes en cuanto al número medio de citas recibidas. Este hallazgo puede sugerir que no todo el mundo puede inventar en torno a patentes básicas y que las personas que citan esas patentes pueden ser un tipo muy específico de inventor capaz de trabajar con tecnologías basadas en conocimientos muy básicos.

Por último, en la Tabla 6 controlamos para los vínculos a nivel de empresas individuales con la comunidad científica y comparamos la calidad de las patentes entre empresas con y sin vínculos con la comunidad científica. En el primer bloque, sólo incluimos las empresas con publicaciones científicas y examinamos la calidad de las patentes con y sin referencias científicas. Confirmamos que las patentes con referencias científicas son más generales y las citas tienen una mayor dispersión geográfica pero sus probabilidades de ser citadas son menores. Sin embargo, curiosamente, al comparar las citas posteriores de patentes sin referencias científicas de estas empresas con las patentes sin referencias científicas de otras empresas (que no tienen publicaciones), encontramos que estas patentes tienen una mayor probabilidad de ser citadas y recibir más citas. Interpretamos este hallazgo en el sentido de

TABLA 6
REFERENCIAS A LA LITERATURA CIENTÍFICA Y VÍNCULOS
CON LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

	Empresas con publicaciones científicas		Empresas sin publicaciones científicas	
Indicadores de patentes	Con NPR	Sin NPR	Con NPR	Sin NPR
	1	2	3	4
Dummy cita posterior ^a	0,25	0,36**	0,22	0,27
Cita posterior ^b	0,71	0,72*	0,407	0,55
Generalidad ^b	0,16	0,09	0,24	0,084
Impacto geográfico ^b	0,21	0,19*	0,32	0,14
	Empresas que colaboran con instituciones públicas		Empresas que no colaboran con instituciones públicas	
Indicadores de patentes	Con NPR	Sin NPR	Con NPR	Sin NPR
	1	2	3	4
Dummy cita posterior ^a	0,27*	0,35*	0,058	0,27
Cita posterior ^b	0,73	0,69	0,11	0,57
Generalidad ^b	0,16 ^c	0,091	0,5	0,072
Impacto geográfico ^b	0,23	0,18	0,22	0,15
	Empresas que consideran muy importantes las fuentes públicas de información		Empresas que no consideran muy importantes las fuentes públicas de información	
Indicadores de patentes	Con NPR	Sin NPR	Con NPR	Sin NPR
	1	2	3	4
Dummy cita posterior ^a	0,25	0,355*	0,22	0,29
Cita posterior ^b	0,71	0,71*	0,407	0,57
Generalidad ^b	0,16	0,09	0,24	0,08
Impacto geográfico ^b	0,21	0,189*	0,32	0,15

NOTA: * significación al 10 por 100, ** al 5 por 100. Las medidas de generalidad e impacto geográfico así como las pruebas para la comparación de medias (y proporciones) sólo se calculan en las patentes que han recibido citas posteriores. ^a: Test de la chi al cuadrado de Pearson para la significación de la relación entre los dos grupos (variables categóricas); ^b: test de la t para la significación de la diferencia entre las medias. ^c: no se ha calculado el test de la t porque sólo hay una observación para patentes con referencias a publicaciones distintas de patentes de empresas que no colaboran.

que las empresas con publicaciones científicas no sólo tienen patentes con referencias científicas, sino también tienen patentes aplicadas de mayor calidad gracias a sus conocimientos más profundos de la tecnología. Este resultado se confirma para las empresas que consideran muy importantes las fuentes públicas de información. Las patentes de las empresas que establecen colaboraciones –con NPR y sin NPR– parecen ser superiores a sus homólogas de empresas que no establecen colaboraciones en términos de probabilidad de ser citadas. Por lo tanto, concluimos que, al eva-

luar la calidad de las patentes, es fundamental controlar para los vínculos a nivel de empresas individuales con la comunidad científica para detectar el impacto sobre la innovación de estos vínculos con la comunidad científica: el mayor contenido de innovación novedosa para el mercado.

4. Conclusiones

Este trabajo examina la diversidad de los vínculos con la comunidad científica y su asociación con el impacto económico de la innovación para una muestra de empresas belgas (CIS-3). Identificamos distintas formas de acceder a los conocimientos científicos a través de los indicadores de la CIS e incorporamos medidas adicionales sobre el uso de la información científica por las empresas, analizando los datos de publicaciones y las referencias a la literatura científica en las patentes de estas empresas. Confirmamos los hallazgos de la literatura en el sentido de que las empresas con vínculos con la comunidad científica parecen disfrutar de un impacto económico superior de la innovación. Además, demostramos que, a nivel de inventos individuales, las patentes de empresas con vínculos con la comunidad científica se citan con mayor frecuencia y tienen un impacto tecnológico más amplio.

A pesar del limitado tamaño de la muestra de empresas, aportamos algunas orientaciones claras para el desarrollo de indicadores para estos Vínculos Industria-Ciencia (VIC):

- Existe un conjunto diverso de posibles indicadores de los VIC, como colaboración con institutos de investigación públicos y universidades; la importancia de la información pública; las publicaciones por las empresas; las referencias a la literatura científica en las patentes de las empresas; etc.
- Si bien a nivel sectorial, los VICs se correlacionan con la intensidad de I+D del sector, existe una elevada variación a nivel de empresas individuales, es decir, no hay mucho solapamiento entre distintos tipos de VIC a nivel de empresas individuales.
- Ningún indicador es un dato estadístico suficiente por sí solo para demostrar el efecto de los VIC sobre el impacto económico de la innovación. Tener un vínculo con la comunidad científica se correlaciona estrechamente con el impacto económico de la innovación para las empresas, sobre todo los productos novedosos para el mercado, pero ningún indicador parece dominar este efecto.
- A nivel de inventos individuales, distinguimos entre el efecto de vínculos directos e indirectos con la comunidad científica sobre la calidad de las patentes. Los vínculos directos con la comunidad científica, las referencias a la literatura científica en las patentes, se asocian a patentes más generales y citadas de forma más amplia. Por lo tanto, este vínculo capta la profundidad de la base

de conocimientos tecnológicos de la empresa. La importancia de los vínculos indirectos de la empresa se ve reflejada en la calidad promedio de sus patentes, incluyendo aquellas que no tienen una referencia a la ciencia (vínculo directo). Estas últimas se citan de forma más amplia que las patentes homólogas de empresas que no tienen ningún lazo con la comunidad científica. Esto sugiere la existencia de mecanismos internos a la empresa que permiten producir más alta calidad tecnológica sobre inventos precedentes patentados por la empresa que reposan sobre la ciencia. La distinción de las características de la empresa en el invento permite así identificar el contexto (empresarial) donde la ciencia aparece más útil.

En conclusión, nuestros resultados indican que es necesario hacer un seguimiento de varios indicadores para hacerse una idea representativa de la actividad en materia de VIC de un país determinado. Además, para conocer el verdadero efecto de estos vínculos, deben tenerse en cuenta los indicadores tanto a nivel de empresa como a nivel de invento.

Bibliografía

- [1] ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D. B. y FELDMAN, M. P. (1992). «Real Effects of Academic Research», *American Economic Review*, 82: 363-367.
- [2] ADAMS, J. D. (1990). «Fundamental stocks of knowledge and productivity growth», *Journal of Political Economy*, 98: 673-702.
- [3] ADAMS, J.; CHIANG, E. y JENSEN, J. (2000). *The influence of federal laboratory R&D on industrial research*, NBER working paper 7612.
- [4] ARORA, A. y GAMBARDELLA, A. (1990). «Complementarity and External linkages: the strategies of the large firms in Biotechnology», *Journal of Industrial Economics*, 38: 361-379.
- [5] ARROW, K. J. (1962). «Economic welfare and the allocation of resources for invention», en Richard R. Nelson (ed.), *The rate and direction of inventive activity*, Princeton University Press, Princeton.
- [6] ARUNDEL, A. y GEUNA, A. (2004). «Proximity and the Use of Public Science by Innovative European Firms», *Economics of Innovation and New Technology*, 13: 559-580, 2004.
- [7] AUDRETSCH, D. B. y STEPHAN, R. E. (1996). «Company-scientist locational links: the case of biotechnology», *American Economic Review*, 86: 641-652.
- [8] BELDERBOS, R.; CARREE, M. y LOKSHIN, B. (2005). «Cooperative R&D and Firm Performance», *Research Policy*, 33: 1477-1492.
- [9] BRANSTETTER, L. (2004). *Exploring the Link between Academic Science and Industrial innovation*, unpublished working paper.
- [10] COCKBURN, I.; HENDERSON, R. y STERN, S. (1999). *The Diffusion of Science-Driven Drug Discovery: Organizational Change in Pharmaceutical Research*, NBER document de travail no. 7359, National Bureau of Economic Research, Inc.

- [11] COCKBURN, I. y HENDERSON, R. (1998). «Absorptive capacity, coauthoring behavior, and the organization of research in drug discovery», *The Journal of Industrial Economics*, 46 (2): 157-182.
- [12] COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. (1990). «Absorptive capacity, a new perspective of learning and innovation», *Administrative Science Quarterly*, 35: 128-152
- [13] COHEN, W. M. y LEVINTHAL, D. A. (1989). «Innovation and learning: the two faces of R&D», *The Economic Journal*, 99: 569-596.
- [14] COHEN, W. M.; NELSON, R.; WALSH, R. y JOHN, P. (2002). «Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D» *Management Science*, 48 (1): 1-23.
- [15] DARBY, M. y ZUCKER, L. G. (2005). «Grilichesian breakthroughs: Inventions of methods of invention and firm entry in nanotechnology», *Annales d'Economie et Statistique*, forthcoming.
- [16] DARBY, M. R. y ZUCKER, L. G. (2001). «Change or die: The adoption of biotechnology in the Japanese and U.S. pharmaceutical industries», *Res. Tech. Innovation, Management, Policy* 7: 85-125.
- [17] DASGUPTA, P. y DAVID, P. (1994). «Towards a new economics of science», *Research policy*, 23: 487-521.
- [18] EVENSON, R. E. y KISLEV, Y. A (1976). «Stochastic Model of Applied Research», *Journal of Political Economy*, 84: 265-281.
- [19] GRILICHES, Z. (1979). «Issues in Assessing the contribution of research an development to productivity growth», *Bell Journal of Economics*, 10 (1): 92-116.
- [20] FLEMING, L. y SORENSON, O. (2004). «Science as a map in technological search», *Strategic Management Journal*, 25: 909-9280.
- [21] GAMBARDELLA, A. (1992). «Competitive advantages from in-house scientific research: the U.S. pharmaceutical industry in the 1980s», *Research Policy*, 21: 391-407.
- [22] GAMBARDELLA, A. (1994). «The changing technology of technical change: General and abstract knowledge and the division of innovative labor», *Research Policy*, 23: 523-532.
- [23] HALL, B. H.; JAFFE, A. D. y TRAJTENBERG, M. (2000). *Market Value and Patent Citations: A First Look*, Economics Department Working Paper E00-277, University of California.
- [24] HALL, B.H.; LINK, A. y SCOTT, J. T. (2001). *Universities as research partners*, NBER working paper 7643.
- [25] HARHOFF, D.; NARIN, F.; SCHERER, F. M. y VOPEL, K. (1999). «Citation Frequency and The Value of Patented Inventions», *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, vol. 81 (3): 511-515.
- [26] HEDERSON, R. y COCKBURN, I. (1996). «Scale, scope and spillovers: the determinants of research productivity in drug discovery», *RAND Journal of Economics*, 27 (1): 401-424.
- [27] HENDERSON, R.; JAFFE, A. y TRAJTENBERG, M. (1998). «Universities as a source of commercial technology: A detailed analysis of University patenting, 1965-1988», *Review of Economics and Statistics*, 65: 119-127.
- [28] HICKS, D.; BREITZMAN, T.; OLIVASTRO, D. y Hamilton, K. (2001). «The changing composition of innovative activity in the US a portrait based on patent analysis», *Research Policy*, 30: 681-703.

- [29] JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M. y HENDERSON, R. (1993). «Geographic Localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations», *Quarterly Journal of Economics* 108, 577-598.
- [30] JAFFE, A. (1989): «The Real Effects of Academic Research», *American Economic Review*, 79 (5): 957-70.
- [31] JENSEN, R. y THURSBY, M. (2001). «Proofs and Prototypes for Sale: The Licensing of University Inventions», *American Economic Review*, 91 (1): 240-59.
- [32] KIM, J.; SANGJOON, L. J. y MARSCHKE, G. (2005). *The influence of university research on industrial innovation*, NBER working Paper 11447, June 2005.
- [33] LANJOUW, J. O. y SCHANKERMAN, M. (1999). *The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators*. NBER, Boston, MA.
- [34] LIEBESKIND J. P.; OLIVER, A. L.; ZUCKER, L. y BREWER, M. (1996). «Social networks, learning, and flexibility: sourcing scientific knowledge in new biotechnology firms», *Organization Science*, 7 (4): 428-442.
- [35] MANSFIELD, E. (1995). «Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources, Characteristics, and Financing», *The Review of Economics and Statistics*, 77: 55-65.
- [36] MANSFIELD, E. (1991). «Academic Research and Industrial Innovation», *Research Policy*, 20 (1):1-12.
- [37] NAGAOKA, S. (2005). *Patent quality, cumulative innovation and market value: Evidence from Japanese firm level panel data*. Hitotsubashi University, mimeo.
- [38] NARIN, F. y ROZEK, R. P. (1988). «Bibliometric Analysis of US Pharmaceutical Industry Research Performance», *Research Policy*, 17: 139-15.
- [39] NARIN, F.; HAMILTON, K. y OLIVASTRO, D. (1997). «The increasing linkage between US technology and public science», *Research Policy*, 26: 317-330.
- [40] NELSON, R. R. (1982). «The role of knowledge spillovers in R&D efficiency», *Quarterly Journal of Economics*, 97: 297-306.
- [41] NELSON, R. R. y Winter, S. G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge (Mass.).
- [42] OECD (2001). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard*. Organization for Economic Co-operation and Development.
- [43] POYAGO-THEOTOKY, J.; BEATH, D. S. y SIEGEL, J. (2002). «Universities and fundamental research: reflections on the growth of university-industry partnerships», *Oxford Review of Economic Policy*, 18 (1): 10-21.
- [44] REITZIG, M. (2003). *What do patent indicators really measure? A structural test of novelty and inventive step as determinants of patent profitability*, LEFIC WP 2003-1.
- [45] ROSENBERG, N. (1990). «Why do firms do basic research (with their own money)?», *Research Policy*, 19: 165-174.
- [46] SALTER, A. y MARTIN, B. R. (2001). «The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review», *Research Policy*, 30: 509-532.
- [47] STERN, S. (1999). *Do Scientists Pay to Be Scientists?*, NBER Working Papers 7410, National Bureau of Economic Research, Inc.
- [48] THURSBY J. G. y THURSBY, M. C. (2002). «Who is selling the Ivory Tower? Sources of growth in university licensing», *Management Science*, 48: 90-104.
- [49] TRAJTENBERG, M. (1990). «A penny for your quotes: patent citations and the value of innovation», *RAND Journal of Economics*, 21 (1): 172-187.

- [50] VAN LOOY, B.; MAGERMAN, T. y DEBACKERE, K. (2004). *Developing technology in the vicinity of science: An examination of the relationship between science intensity and technological productivity within the field of biotechnology*. KU Leuven, mimeo.
- [51] VEUGELERS, R. y CASSIMAN, B. (2005). *R&D Cooperation between firms and universities: Some empirical evidence from Belgian manufacturing*. Forthcoming International Journal of Industrial Organization.
- [52] ZUCKER, L. G. y DARBY, M. R. (2001). «Capturing Technological Opportunity via Japan's Star Scientists: Evidence from Japanese Firms' Biotech Patents and Products», *The Journal of Technology Transfer*, Springer, 26 (1-2): 37-58.
- [53] ZUCKER, L., DARBY, M. y BREWER, M. (1998). «Intellectual Capital and the Birth of U.S. Biotechnology Enterprises», *American Economic Review*, 88: 290-306.
- [54] ZUCKER, L. G.; DARBY, M. R. y ARMSTRONG, J. S. (2002). «Commercializing Knowledge: University Science, Knowledge Capture, and Firm Performance in Biotechnology», *Management Science*, 48 (1), 2002.