



Artículo

El acceso a canales de información y la adopción de tecnologías de proceso

Jaime Gómez, Idana Salazar y Pilar Vargas*

Departamento de Economía y Empresa, Universidad de La Rioja, Cigüeña 60, 26004 Logroño, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 25 de enero de 2011

Aceptado el 2 de abril de 2012

On-line el 13 de julio de 2012

Códigos JEL:

L1

O3

Palabras clave:

Adopción

Difusión

Tecnología

Ventaja competitiva

RESUMEN

Los estudios sobre el proceso de difusión han mostrado que, para algunas empresas, la adopción de una tecnología puede producirse años después de su introducción en el mercado, o no tener lugar nunca. El propósito de este trabajo es explicar la heterogeneidad en la adopción de tecnologías de proceso a partir del acceso de la empresa a canales de información. Para ello identificamos 2 mecanismos a través de los que la empresa puede recibir indicaciones relevantes sobre la existencia y la rentabilidad de la tecnología: la actividad en el extranjero y los acuerdos de colaboración con otros agentes. Los resultados del trabajo tienen implicaciones para el estudio de la difusión de tecnologías y para la explicación de la existencia de diferencias en las dotaciones de recursos de las empresas.

© 2012 ACEDE. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

JEL classification:

L1

O3

Keywords:

Adoption

Diffusion

Technology

Competitive advantage

Access to information channels and the adoption of process technologies

ABSTRACT

The literature on diffusion has shown that, for some firms, the adoption of a technology can take place many years after the beginning of the diffusion process, or it can even never take place. Our objective in this paper is to provide evidence that firm's different access to information conditions the probability of technology adoption. We identify two mechanisms through which a given firm could obtain information on the existence and profitability of the technology: foreign activities and collaboration agreements. Our findings have implications for the study of technology diffusion and for the explanation of differences in firm's resource endowments.

© 2012 ACEDE. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

1. Introducción

Una de las conclusiones que pueden extraerse de los estudios sobre adopción de tecnologías es que no son utilizadas por todas las empresas de forma inmediata (véase, p. ej., Geroski, 2000). De hecho, una parte de la investigación se ha dedicado al análisis de los factores que explican el porqué del aparente retraso de algunas empresas en su adopción. Si bien algunos de estos factores tienen que ver con la existencia de diferencias en la utilidad de la tecnología para la empresa, algunos trabajos sugieren que el motivo para que una empresa «retrase» o incluso no adopte tiene que ver con

diferencias en el acceso a la información (Greve, 2009; Sorenson et al., 2006). Esta perspectiva se apoya en la idea de que la diseminación de la información sobre la tecnología está sujeta a continuos errores de transmisión y se ve condicionada por las relaciones de la empresa con el entorno y, en particular, con otros agentes de los que podría adquirirla (Greve, 2009; Abrahamson y Rosenkopf, 1999, 1997).

Nuestro objetivo en este trabajo es explicar la heterogeneidad en la adopción de tecnologías de proceso a partir del acceso a canales de información. Para ello identificamos 2 mecanismos a través de los que la empresa puede recibir indicaciones relevantes sobre la existencia y la rentabilidad de la tecnología: la actividad en el extranjero y los acuerdos de colaboración con otros agentes. En el primer caso, nuestra atención se centra en el comercio internacional y las inversiones de capital extranjero. A pesar de que la

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pilar.vargas@unirioja.es (P. Vargas).

literatura ha estudiado las consecuencias de estos factores sobre la productividad de las empresas (véase, p. ej., Keller, 2004), pocos trabajos han analizado directamente la relación entre el acceso a la información y la adopción de la tecnología. En el segundo caso, la empresa puede obtener información a través de los vínculos que mantiene con otros agentes con los que convive en su entorno social. En este sentido, hacemos uso de algunos argumentos que aparecen en la teoría de las redes sociales y nos centramos en los contactos que surgen como consecuencia de las relaciones de colaboración.

Para estudiar la importancia de estos 2 mecanismos usamos una muestra procedente de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales y compuesta por un total de 5.110 observaciones correspondientes a los años 1998, 2002 y 2006. Como es bien sabido, esta base de datos caracteriza las estrategias de una muestra representativa de empresas españolas e incluye, cada 4 años, información sobre la utilización de varias tecnologías de proceso, lo que resulta adecuado para nuestro objetivo. Los resultados proporcionan evidencia a favor de la importancia de las diferencias en el acceso a canales de información en la explicación de la difusión de la tecnología y sugieren la necesidad de incorporar una visión más sofisticada de la difusión de la información en su estudio.

El trabajo realiza 2 contribuciones fundamentales. Desde el punto de vista de la literatura de difusión de tecnologías, permite comprender mejor el proceso de contagio al que hacen referencia los modelos epidémicos tradicionales (Geroski, 2000). Si bien dichos modelos suelen relacionar la tasa de adopción de la tecnología con el número de adoptantes previos, los mecanismos a través de los que se produce la transmisión de información —y por tanto el contagio— son raramente estudiados. La incorporación del contexto en el que opera la empresa, y en particular del número e intensidad de sus relaciones con otros agentes, permite ofrecer una versión mejorada de la teoría de difusión de la tecnología.

Desde el punto de vista de la dirección estratégica, el hecho de que las limitaciones en la transmisión de información generen heterogeneidad en las dotaciones de recursos de las empresas nos aleja de los planteamientos que sostienen que el único modo de mantener una ventaja competitiva es basarse en las limitaciones impuestas por los mecanismos de protección habituales (Teece, 1986). En particular, centramos el análisis en innovaciones (las tecnologías de proceso productivo) que han sido desarrolladas por empresas distintas a aquella que las adopta y están libremente disponibles en el mercado. De acuerdo con algunos autores (Carr, 2003), las tecnologías de la información no permitirían explicar la sostenibilidad de las diferencias de rentabilidad entre las empresas al poderse adquirir con facilidad. Nuestro análisis podría ayudar a matizar la explicación ofrecida, al justificar la heterogeneidad de las empresas (al menos en el corto plazo) en relación a recursos sobre los que el régimen de apropiabilidad (Teece, 1986) es, aparentemente, débil.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente forma. El siguiente apartado plantea los principales argumentos que han sido utilizados para estudiar la difusión de tecnologías. A continuación se formulan las hipótesis sobre el acceso de la empresa a la información y su relación con la adopción. Después se describe la muestra que se usa para validarlas, incluyendo la definición de las variables, y se presenta la metodología. Finalmente, los 2 últimos apartados del trabajo se dedican a comentar los resultados y a discutir las principales implicaciones, tanto para la ventaja competitiva de las empresas como desde el punto de vista de la literatura de difusión.

2. La difusión de tecnología en la empresa

Una de las observaciones más importantes de la literatura que se ocupa de analizar la difusión de nuevas tecnologías es que estas no

son adoptadas por las empresas al mismo tiempo. Es más, en algunos casos las tecnologías no son utilizadas por todas las empresas ni siquiera cuando se analizan períodos de tiempo suficientemente largos, a pesar de su potencial para crear valor. Un hecho común a la mayoría de los estudios sobre difusión es que el proceso de difusión es sigmoide (curva de difusión en forma de S). Algunos de estos modelos muestran un número importante de analogías con los que han sido usados para estudiar las epidemias en biología y, por esta razón, se han denominado «modelos epidémicos».

Los modelos epidémicos tratan de explicar el proceso de difusión de la tecnología a partir de la difusión de información que se produce entre los miembros de una población, a través del contacto entre ellos. En su versión básica son solo los miembros de la población (empresas) quienes transmiten información. Sin embargo, a partir de la formulación general del modelo de difusión fundamental pueden distinguirse 2 casos particulares (Mahajan y Peterson, 1985). El modelo de influencia interna sería el más próximo a la situación descrita más arriba, puesto que considera que la adopción se ve favorecida por la información que surge de contactos interpersonales que tienen lugar entre quien ha adoptado (normalmente una empresa competidora) y el adoptante potencial. Por el contrario, el modelo de influencia externa asume que el proceso de adopción de la tecnología se ve favorecido por factores procedentes de fuera del sistema social, entre los que cabe destacar el efecto de la publicidad o los agentes de ventas. A partir de la consideración de estos 2 elementos (interno y externo), algunos autores han utilizado un modelo de influencias mixtas en el que ambos componentes juegan un papel en la difusión de la tecnología (véase, p. ej., el modelo de Bass, 1969).

Los modelos epidémicos han sido completados con la descripción de otros factores que también ayudan a explicar la decisión de invertir en determinadas tecnologías. Entre ellos destacan los denominados efectos *stock*, *rank* y *order* (Karshenas y Stoneman, 1995, 1993). Los primeros (*stock*) consideran que el beneficio asociado a la adopción de una tecnología disminuye conforme el número de usuarios aumenta (Reinganum, 1981). El motivo es que el uso de la tecnología reduciría los costes de producción, con el consiguiente efecto a la baja sobre los precios de mercado. Los efectos *order* son similares a los anteriores en tanto en cuanto consideran relevante el momento en el que la empresa adopta la tecnología en relación a cuándo lo hacen sus rivales (Fudenberg y Tirole, 1985). Es decir, las empresas que ocuparan una posición más adelantada en el orden de adopción obtendrían mejores resultados que las empresas más tardías.

Si estos 2 primeros efectos explican los incentivos para adoptar la tecnología en función de cuándo lo hacen los rivales, los modelos *rank* (Davies, 1979) consideran la existencia de heterogeneidad entre las empresas para explicar el proceso de difusión. En estos modelos el comportamiento de la empresa hacia la tecnología se explica en función de los beneficios esperados por su utilización que, a su vez, dependen de ciertos rasgos de la organización o del mercado. Diferencias en variables tales como la concentración de la industria, la pertenencia a un grupo de sociedades y la intensidad de I+D, entre otras, han sido utilizadas como identificativas de esta heterogeneidad. Esta diversidad provoca que la rentabilidad derivada de la tecnología difiera entre las empresas y, por tanto, también lo haga su fecha óptima de adopción, lo que explicaría la adopción temprana de algunas empresas y el retraso de otras.

En resumen, la literatura de difusión de tecnologías ofrece una descripción bastante completa de los motivos por los que no observamos una adopción inmediata por parte de todas las empresas. Sin embargo, estos modelos han prestado menos atención a la forma en la que las interacciones entre una empresa y otros agentes la llevan a adquirir información sobre la tecnología. Por ejemplo, la versión básica de los modelos epidémicos (influencias internas) supone que la información sobre la tecnología solo podría

ser adquirida a partir de sus interacciones con el resto de miembros de la población, es decir, con sus competidores. Sin embargo, el número de canales de información o de agentes con los que interactúa suele ser mucho más amplio, lo que obligaría a considerarlos dentro de los mecanismos que condicionan la probabilidad de adopción.

Es en este contexto donde algunos artículos recientes han planteado la necesidad de considerar las relaciones que una empresa tiene con el entorno social en el que desarrolla sus actividades (Greve, 2009; Sorenson et al., 2006). En este sentido, es importante destacar que, aunque las empresas proveedoras de la tecnología sean uno de los primeros agentes a considerar, ya que tienen incentivos a vender la tecnología, la existencia de asimetría hace que no sean una fuente fiable. El comprador no conoce el efecto de la tecnología sobre sus resultados, pero el vendedor no tiene la suficiente credibilidad para ofrecerle una valoración correcta, por ser parte interesada (Keller, 2004). Por tanto, parece razonable que la investigación se centre en vías alternativas a través de las que las empresas pueden obtener información sobre la existencia de la tecnología o sus características. En el siguiente epígrafe analizamos el papel de los distintos canales de información con los que la empresa tiene contacto y que surgen como consecuencia de su participación en mercados exteriores, de la pertenencia de parte de su capital a propietarios extranjeros y de la colaboración con agentes tanto industriales como no industriales.

3. Hipótesis

3.1. Presencia de la empresa en canales de acceso a información originada en el extranjero

La literatura identifica 2 canales que ayudan a difundir la información a través de las fronteras internacionales: el comercio internacional y la inversión de capital extranjero (Keller, 2004). La existencia de estos canales ha sido documentada a través del estudio de los efectos positivos que sobre la productividad y el crecimiento de un país tienen las inversiones en el desarrollo de conocimientos y tecnologías efectuadas en otros países con los que este realiza transacciones. Estas externalidades positivas son conocidas como *spillovers* tecnológicos y su impacto suele relacionarse con la capacidad de absorción de conocimiento del país (Borensztein et al., 1998; Nelson y Phelps, 1966). Varios trabajos han demostrado su existencia desde un punto de vista empírico, tanto en el caso del comercio internacional (Coe et al., 1997; Coe y Helpman, 1995) como en el de la participación de capital extranjero (Van Pottelsberghe de la Potterie y Lichtenberg, 2001; Hejazi y Safarian, 1999; Mansfield y Romeo, 1980; Globerman, 1979). A continuación, ambas variables se relacionan con la difusión de la tecnología.

3.1.1. Comercio internacional

La apertura de la empresa al comercio internacional le reporta importantes ventajas, tales como el aumento del tamaño del mercado al que dirige sus productos y el acceso a productos y/o materias primas de otros países. Pero además, esta actividad internacional proporciona a la empresa el acceso a información relativa a las innovaciones originadas en los países con los que efectúa transacciones. Es decir, la orientación externa (Robertson y Gatignon, 1986) le permite acceder con mayor rapidez a información sobre innovaciones que a las empresas que poseen una orientación más local. El contenido de esta información puede ser una fuente importante para el aprendizaje sobre el funcionamiento de los negocios (Blalock y Gertler, 2004) y puede estar relacionado con innovaciones de distinta naturaleza, tales como técnicas de producción, métodos organizativos o condiciones del mercado (Helpman, 1997).

Una consecuencia asociada al comercio internacional es la interacción de la empresa con otros agentes, ya sean intermediarios, clientes o proveedores, situados en el extranjero. La información recibida a través de estos contactos puede producir un efecto positivo sobre el uso de nuevas tecnologías. En este sentido, y a través de estas relaciones, la empresa puede obtener información sobre la existencia y el funcionamiento de tecnologías desconocidas para ella. Además, estos contactos no solo aumentan la información disponible sobre la tecnología, sino que también proporcionan información sobre su penetración en el extranjero. Así, una elevada tasa de adopción puede ser percibida como una prueba social sobre su funcionamiento eficiente (Rao et al., 2001), reduciendo la incertidumbre sobre su adopción.

Ahora bien, la información recibida sobre la existencia de nueva tecnología y sobre su grado de adopción no es el único factor relacionado con el comercio internacional que puede ejercer un efecto positivo sobre la adopción de nueva tecnología. En este sentido, cabe destacar las exigencias tecnológicas que los clientes situados en otros países con un desarrollo tecnológico superior demandan. Estas demandas pueden traducirse en asesoramiento tecnológico, o en la exigencia de incorporar cierta tecnología para la fabricación de los productos que va a exportar. De la misma manera, la probabilidad de adopción de nuevas tecnologías también es mayor para las empresas que realizan importaciones de productos en cuyo proceso de fabricación se han utilizado nuevas tecnologías. La importación de estos productos aumenta la exposición de la empresa a las nuevas tecnologías inherentes en su proceso productivo. Es decir, el mayor contacto con estos productos mejora la información disponible sobre las nuevas tecnologías utilizadas en su fabricación (Comin y Hobijn, 2004; Grossman y Helpman, 1991) y, por tanto, disminuye la incertidumbre sobre su uso. Por último, la importación de productos fabricados con nuevas tecnologías proporciona a la empresa la posibilidad de aprender sobre su elaboración, para su posterior imitación (Helpman, 1997). Dicha imitación requeriría la adopción de los métodos utilizados en su fabricación, incluyendo la tecnología.

H1. *El comercio internacional tiene un efecto positivo sobre la adopción de nuevas tecnologías.*

3.1.2. Participación de capital extranjero

Además del comercio internacional, las empresas pueden recibir información sobre nuevas tecnologías a través de las inversiones directas. Estas inversiones tienen cierta tradición como canal para la difusión de la tecnología (Keller, 2004). En su forma más simple, la empresa matriz puede proporcionar información sobre la disponibilidad de tecnologías usadas en otros países (Gómez y Vargas, 2009). Sin embargo, las externalidades podrían extenderse a otros aspectos, como la formación de personal (Fosfuri et al., 2001). Un ejemplo característico de este tipo de transferencias de tecnología es el que nos proporciona Teece (1977). Una conclusión importante de su trabajo es que los costes asociados a la transferencia de tecnología son sustanciales, incluso cuando se producen dentro de una misma empresa¹.

Además de los argumentos anteriores, otro factor que puede afectar a la probabilidad de adopción de nuevas tecnologías por parte de las empresas pertenecientes a un grupo internacional es su mayor contacto con entornos en los que se difunde información especializada sobre su existencia y características (Bayo-Moriones y Lera-López, 2007; Swanson, 1994). En este contexto, cabe destacar la participación en encuentros profesionales, tales como congresos, ferias o convenciones. La participación en estos

¹ En particular, Teece (1977) se refiere a los costes de transmisión y absorción de todo el conocimiento que no está incorporado en la propia tecnología.

encuentros produce un beneficio doble a las empresas en forma de adquisición de conocimiento y aprendizaje (Chen, 2009). En primer lugar, permite obtener información sobre la existencia y el uso de los últimos desarrollos tecnológicos a través de la interacción con otros agentes. En segundo lugar, las empresas pueden obtener conocimientos tecnológicos a través del establecimiento de contactos con las empresas proveedoras de nuevas tecnologías.

En definitiva, nuestro principal argumento es que la probabilidad de adopción de nuevas tecnologías puede verse incrementada como consecuencia de la información recibida de los inversores extranjeros o por la mayor apertura hacia entornos en los que puedan estar siendo utilizadas. Este canal es especialmente importante en aquellos países que, como el caso de España, están caracterizados por poseer los indicadores de ciencia y tecnología por debajo de los de la media de la Unión Europea y un tejido industrial con un nivel tecnológico inferior al de sus competidores internacionales (Molero y Buesa, 1996).

H2. *La participación de capital extranjero tiene un efecto positivo sobre la adopción de nuevas tecnologías.*

3.2. Acuerdos de colaboración

La teoría sobre redes sociales (Gulati, 1999, 1995) sugiere que cuando las organizaciones están relacionadas a través de redes es probable que intercambien información detallada con el resto de miembros que configuran la red. A través de estas interacciones, las empresas pueden conseguir un mejor entendimiento de la organización interna de la industria y de sus tendencias competitivas. Algunos trabajos previos han analizado la importancia de los vínculos de red sobre la decisión de adopción (Greve, 2009; Geroski, 2000; Baptista, 2000, 1999; Abrahamson y Rosenkopf, 1997). En este sentido, se considera que las redes aceleran el proceso de difusión, incluso de aquellas prácticas que son ampliamente conocidas (Greve, 2009; Brass et al., 2004), debido a que se convierten en canales a través de los que fluye la información sobre los costes y beneficios derivados del uso de la tecnología con un elevado nivel de detalle.

Los tipos de colaboración establecidos con los diferentes agentes a través de estas redes suelen clasificarse en colaboraciones con agentes no industriales o científicos (universidades y centros de investigación) y con agentes industriales (suministradores, clientes y competidores). Esta clasificación es importante, puesto que el conocimiento adquirido a través de ellos es diferente en naturaleza. Por lo tanto, sirve para diferentes propósitos y se relaciona de forma diferente con las capacidades de la empresa (Vega-Jurado et al., 2009; Whitley, 2002).

La colaboración con instituciones, tales como universidades y centros de investigación, contribuye de forma importante al suministro y difusión de nuevo conocimiento científico y tecnológico (Tether, 2002). De hecho, la decisión por parte de una empresa de no adquirir conocimiento tecnológico a través de estos centros no industriales puede dejarla atrás en lo que se refiere al conocimiento sobre el estado del arte en lo que a tecnología se refiere (Spencer, 2003).

Por otro lado, aunque los agentes institucionales no han sido proclives a colaborar con la industria, la necesidad de obtener fondos (Gibbons et al., 1994) y los estímulos gubernamentales (Tether, 2002) les han animado a ello (Nieto y Santamaría, 2007). Con este cambio, las universidades y los centros de investigación se han convertido en agentes especializados en la producción de conocimiento basado en la resolución de problemas y se han constituido como una fórmula eficiente utilizada por las empresas para el desarrollo de investigaciones estratégicas que, de ser realizadas por estas últimas, serían muy difíciles de financiar (Tether, 2002). Por tanto, estos incentivos han podido provocar un incremento de las relaciones de

la empresa con agentes no industriales, y a través de estas relaciones han favorecido la difusión de información sobre la existencia o la utilidad de las tecnologías aplicables al proceso productivo.

H3. *La colaboración con agentes no industriales tiene un efecto positivo sobre la adopción de nuevas tecnologías.*

De la misma manera, la colaboración industrial con proveedores, clientes y competidores hace que sea más probable que se desarrollen competencias que les faciliten la integración de información procedente de una gran variedad de fuentes de información de la industria (Whitley, 2002).

Respecto a la colaboración con proveedores, son varios los motivos que justifican su participación en el proceso innovador, puesto que este tipo de acuerdos puede ayudar a reducir los tiempos de espera y los riesgos asociados al desarrollo de nuevos productos, a reducir los costes del proceso y a mejorar la calidad del producto final (Chung y Kim, 2003). En este sentido, los proveedores tienen un buen conocimiento de los componentes y piezas que suministran a la empresa, de sus interacciones y de cómo han de ser reconfigurados (Sánchez y Mahoney, 1996). Este conocimiento puede ayudar a la empresa a identificar problemas técnicos que pueden originarse en los procesos, al efectuar cambios en los diseños (Tsai y Wang, 2009) y en la tecnología. Además, y como consecuencia del intercambio de información entre fabricante y proveedor, estos acuerdos ofrecen la posibilidad de acceder a nuevos conocimientos sobre la existencia y las características de la tecnología. En definitiva, la colaboración con proveedores se puede convertir en una fuente valiosa de información que permite reducir la incertidumbre asociada al proceso de adopción.

En relación con la colaboración con clientes, una gran variedad de estudios han reconocido la importancia de la información que suministran estos agentes, a fin de conseguir desarrollar nuevos productos que consigan éxito en el mercado (Surroca y Santamaría, 2007). Esta información no solo permite identificar un conjunto de requerimientos del producto establecidos por los consumidores, sino además introducir mejoras en el producto después de su lanzamiento (Rothwell, 1994). Es decir, el desarrollo de este tipo de acuerdos ayuda a identificar tendencias y oportunidades de mercado y a entender mejor el comportamiento de los clientes, lo que permite ofrecer un producto más adaptado a sus necesidades. Ahora bien, a fin de optimizar el valor de esta información, las empresas necesitan disponer de tecnologías avanzadas de producción que les permitan introducir cambios rápidos tanto en los prototipos como en los productos finales (Bartel et al., 2007; Brynjolfsson y Hitt, 2000; Bharadwaj et al., 1999; Milgrom y Roberts, 1990) y, como consecuencia, mejorar la capacidad de respuesta de la empresa ante las nuevas oportunidades que le ofrece el mercado (Sánchez, 1995). Además, y junto con esta adopción voluntaria de tecnologías efectuada con el ánimo de optimizar la información recibida de sus clientes, existen otras decisiones de adopción que se producen como consecuencia de las presiones realizadas por los clientes de la empresa que poseen mayor poder negociador (Tiessen et al., 2001). Es decir, el cliente puede informar a su proveedor sobre la existencia y las características de una determinada tecnología y exigirle su adopción como condición necesaria para seguir proveyéndole².

Por último, y en relación con los competidores, una empresa colaborará con sus competidores cuando se enfrente a problemas que se encuentren fuera del terreno de la competencia (Santamaría y Rialp, 2007; Tether, 2002). En términos generales, el propósito

² Por ejemplo, Jiménez y Polo (2001) muestran que el número de socios comerciales o la presión de los suministradores y los clientes son elementos determinantes en la adopción del intercambio electrónico de datos en el sector de la distribución comercial.

de este tipo de acuerdos es llevar a cabo proyectos de investigación básica o establecer estándares (Bayona et al., 2003; Tether, 2002). Ahora bien, en el marco de este tipo de acuerdos a los socios les resulta más fácil acceder a información sobre sus competidores y apropiarse del conocimiento que estos poseen (Park y Russo, 1996). En este contexto, el conocimiento tecnológico de la competencia permite a la empresa obtener información sobre las nuevas tecnologías y aprender de sus competencias, errores y problemas tecnológicos (Tsai y Wang, 2009; Tether, 2002; Hamel et al., 1989).

H4. *La colaboración con agentes industriales tiene un efecto positivo sobre la adopción de nuevas tecnologías.*

4. Metodología

4.1. Descripción de la muestra

Los datos utilizados en este trabajo proceden de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE). La encuesta recoge anualmente datos contables así como información sobre las estrategias corporativas de una muestra de empresas desde el año 1990. Una de las características más destacadas de la ESEE es su representatividad. La selección de la muestra trata de conseguir una exhaustiva participación por parte de las empresas de mayor tamaño dentro de cada industria. El resto de empresas se incluyen mediante muestreo aleatorio (Fariñas y Jaumandreu, 1999, 1994).

Aunque no sea su objetivo principal, la encuesta incluye preguntas en torno a la adopción de una serie de tecnologías de proceso por parte de las empresas³. En concreto, para nuestro análisis seleccionamos las que hacen alusión a si la empresa ha introducido máquinas de control numérico, diseño asistido por ordenador, robótica o sistemas flexibles de fabricación. A pesar del carácter anual de la encuesta, la periodicidad con la que se plantean las preguntas relativas a la adopción de tecnologías de proceso es cuatrienal, lo que restringe el número de observaciones con las que contamos. Además, las cuestiones relativas a la cooperación entre empresas, uno de los elementos centrales de nuestras hipótesis, no se incluyeron hasta 1998. Por estos motivos, la muestra utilizada en este trabajo corresponde a los años 1998, 2002 y 2006 y está compuesta por 5.110 observaciones. La tabla 1 muestra la distribución de las observaciones por tecnología, año y tamaño. Los resultados muestran diferentes tasas de adopción en función de la tecnología analizada, siendo las máquinas de control numérico la más utilizada, seguida del diseño asistido por ordenador, la robótica y, por último, los sistemas flexibles de fabricación.

Dado que la tasa de adopción de una tecnología varía sustancialmente en función de la actividad principal de la empresa, la tabla 2 muestra, para el año 2006, la distribución sectorial de las empresas teniendo en cuenta si han incorporado o no cada una de las tecnologías consideradas. Es interesante observar el comportamiento tan heterogéneo que se da entre las empresas en función de su actividad. Así, los sectores denominados «Vehículos de motor» y

³ Como señala uno de los evaluadores, la ESEE no es ideal a efectos de la realización de análisis como los que aquí se presentan. Sin embargo, la escasez de datos sobre difusión de tecnologías en la empresa ha hecho que muchos trabajos utilicen muestras similares a la nuestra. Dado que la información disponible no nos permite establecer la fecha de adopción de la tecnología y relacionarla con las variables relevantes en el momento previo a la adopción, las relaciones que se detectan podrían no ser causales. En todo caso, los análisis adicionales realizados sobre los datos indican que tanto las variables de control como las principales presentan valores relativamente estables a lo largo de todo el periodo estudiado. Dada esta observación, los valores de los coeficientes deberían entenderse como una estimación conservadora de los reales: las empresas más proclives a adoptar la tecnología serían las primeras en invertir en ella y vendrían seguidas por aquellas con menor propensión a hacerlo. Es decir, las variables seleccionadas perderían, poco a poco, su poder explicativo conforme el proceso de difusión de la tecnología avanzara.

Tabla 1
Distribución del número de adoptantes y no adoptantes por tecnología, tamaño de la empresa y año

	Máquinas de control numérico						Robótica						CAD						Sistemas de fabricación flexibles					
	Total		Tamaño < 200 trabajadores		≥ 200 trabajadores		Total		Tamaño < 200 trabajadores		≥ 200 trabajadores		Total		Tamaño < 200 trabajadores		≥ 200 trabajadores		Total		Tamaño < 200 trabajadores		≥ 200 trabajadores	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
1998	714	910	430	740	284	170	401	1223	172	998	229	225	571	1053	316	854	255	199	412	1212	179	991	233	221
2002	782	804	464	641	318	163	444	1142	191	914	253	228	597	989	342	763	255	226	372	1214	183	922	189	292
2006	935	965	599	787	336	178	547	1353	270	1116	277	237	740	1160	467	919	273	241	495	1405	271	1115	224	290

Las expresiones «Sí» y «No» indican si las empresas han adoptado o no la tecnología.

Tabla 2
Distribución del número de adoptantes y no adoptantes por tecnología e industria en 2006

Sector de actividad	Máquinas de control numérico		Robótica		CAD		Sistemas de fabricación flexible	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Industria cárnica	22	30	9	43	2	50	8	44
Productos alimenticios y tabaco	72	97	51	118	18	151	35	134
Bebidas	16	27	13	30	5	38	12	31
Textil y vestido	53	89	28	114	58	84	33	109
Cuero y calzado	16	36	5	47	8	44	3	49
Industria de la madera	37	37	18	56	16	58	8	66
Industria del papel	28	32	23	37	25	35	20	40
Edición y artes gráficas	41	61	13	89	37	65	23	79
Productos químicos	42	79	22	99	24	97	34	87
Productos de caucho y plástico	49	48	39	58	42	55	26	71
Productos minerales no metálicos	74	79	55	98	42	111	36	117
Metales férreos y no férreos	38	23	23	38	32	29	23	38
Productos metálicos	138	110	70	178	109	139	61	187
Máquinas agrícolas e industriales	81	55	41	95	104	32	48	88
Máquinas de oficina, proceso de datos, etc.	13	17	10	20	17	13	9	21
Maquinaria y material eléctrico	55	41	35	61	58	38	36	60
Vehículos de motor	65	26	59	32	66	25	41	50
Otro material de transporte	20	12	13	19	24	8	12	20
Industria del mueble	60	41	16	85	42	59	20	81
Otras industrias manufactureras	15	25	4	36	11	29	7	33
Total	935	965	547	1353	740	1160	495	1405
χ^2	78,97***		131,99***		320,95***		69,53***	

***: diferencias estadísticamente significativas al 99%.

«Otro material de transporte» son los que muestran un comportamiento más activo en cuanto a la decisión de adopción de nuevas tecnologías se refiere. En el extremo opuesto se encontrarían los denominados «Cuero y calzado» e «Industria cárnica».

4.2. Medición de las variables

4.2.1. Variable dependiente: adopción de tecnologías de proceso

La adopción de tecnologías de proceso por parte de las empresas se recoge a través de 4 variables dicotómicas que toman valor 1 si la empresa utiliza cada una de las tecnologías consideradas (máquinas de control numérico, robótica, diseño asistido por ordenador y sistemas de producción flexible) y 0 en caso contrario. Como se ha indicado, la información sobre esta variable solo está disponible cada 4 años.

4.2.2. Variables independientes

El primer conjunto de variables independientes son las que hacen referencia a la presencia de la empresa en canales de acceso a información originada en el extranjero. Para medir la intensidad del comercio internacional (hipótesis 1) se han construido 2 variables: la intensidad importadora, medida como el valor de las importaciones sobre las ventas de la empresa, y la intensidad exportadora, medida como el valor de las exportaciones sobre las ventas de la empresa. Al utilizar estas medidas pretendemos recoger la exposición de la empresa a los mercados exteriores y a la información que se pueda generar en ellos sobre la tecnología. Nuestra expectativa es que los coeficientes que acompañen a estas 2 variables tengan signo positivo, si bien la evidencia de los beneficios de las exportaciones es más débil que en el caso de las importaciones (Keller, 2004).

Para medir la participación de capital extranjero (hipótesis 2) se construyó una variable dicotómica que toma valor 1 cuando la participación de capital extranjero es igual o superior al 30% del capital social de la empresa, y 0 en caso contrario. La elección de este punto de corte se basa en el umbral establecido en otros trabajos (véase, p. ej., Merino y Salas, 1996, 1995). Como en el caso de las 2 variables anteriores, esperamos que el signo de esta variable sea positivo.

El segundo conjunto de variables independientes son las que hacen referencia a la cooperación tecnológica de la empresa con otros agentes (hipótesis 3 y 4). En este trabajo, y siguiendo la clasificación propuesta por Vega-Jurado et al. (2009), se ha distinguido entre aquellas empresas que cooperan con agentes industriales y aquellas que lo hacen con agentes institucionales. En relación a los primeros, su medición se ha realizado a través de la construcción de un indicador compuesto por 3 variables dicotómicas que toman valor 1 si la empresa colabora con cada uno de los agentes considerados, proveedores, clientes y competidores, y 0 en caso contrario (el alfa de Crombach es de 0,669). En relación a la cooperación con agentes institucionales, esta se ha aproximado a partir de una variable dicotómica que toma valor 1 cuando la empresa colabora con universidades y/o centros tecnológicos, y 0 en caso contrario.

4.2.3. Variables de control

Como se ha señalado anteriormente, se han incluido en el modelo algunas variables de control cuyo análisis es necesario a fin de comprender el fenómeno analizado. Son las siguientes: el tamaño de la organización, las restricciones financieras, la intensidad de las inversiones en investigación y desarrollo y el sector de actividad de la empresa. Estas variables tratan, fundamentalmente, de recoger el efecto *rank* al que se hacía referencia con anterioridad. Al mismo tiempo, el trabajo introduce variables ficticias que recogen, al menos parcialmente, los efectos *order* y *stock*.

- **Tamaño de la organización.** El tamaño de la empresa ha desempeñado tradicionalmente un papel destacado en los modelos de difusión, en los que el efecto sobre la probabilidad de adopción suele ser positivo (Astebro, 2002). En nuestro análisis, esta variable ha sido aproximada a través del número total de trabajadores, expresados en miles, y se espera una relación positiva con la probabilidad de adopción de las tecnologías consideradas.
- **Restricciones financieras.** La literatura sobre difusión atribuye a la existencia de restricciones financieras un papel importante en la predicción de la adopción de nuevas tecnologías. A pesar de esta importancia, y salvo algunas excepciones (véase, p. ej., Gómez y Vargas, 2009; Canepa y Stoneman, 2005 o Romeo, 1975), son pocos los trabajos que han separado su efecto del de la variable

tamaño. En nuestro análisis, esta variable ha sido aproximada de forma inversa a través del ratio de deuda entre total activo. Es decir, el supuesto es que las empresas con mayores niveles de endeudamiento tendrán menor capacidad para tomar decisiones de compra de nuevas tecnologías.

- *Intensidad de las inversiones en investigación y desarrollo.* Esta variable se incluye a fin de aproximarnos al concepto de capacidad de absorción tal y como sugieren [Cohen y Levinthal \(1990\)](#). En este contexto, consideramos que las empresas con mayores inversiones en I+D tendrán una mayor propensión a la adopción de nuevas tecnologías ya que disponen de una mayor capacidad de aprendizaje. En el contexto de la difusión de tecnologías, el concepto de capacidad de absorción sugiere un refinamiento de los supuestos subyacentes en los modelos epidémicos de difusión, que permite completar los argumentos desarrollados en las hipótesis que se han presentado más arriba. La inclusión de esta variable de control reconoce que la difusión no depende exclusivamente de la cantidad de información disponible en el entorno (competidores, mercados exteriores, proveedores, clientes...), sino que también depende de la capacidad de la empresa de asimilarla y aplicarla para fines comerciales. Estos argumentos hacen esperar un signo positivo en el coeficiente de la capacidad de absorción, que ha sido aproximada a través del ratio del gasto en I+D y las ventas de la empresa.
- *Efecto sector.* En nuestro análisis hemos considerado 2 posibles efectos del sector sobre la probabilidad de adopción de la tecnología: la estructura y otras características específicas del sector.

El efecto de la estructura de mercado en la innovación ha sido una de las relaciones más debatidas por los investigadores. Por un lado, la competencia es un incentivo para adoptar innovaciones que permitan reducciones de costes. Por otra parte, la capacidad de las empresas para apropiarse de las rentas derivadas de la innovación crece con la concentración. La evidencia empírica demuestra que la tasa de difusión de las tecnologías está relacionada de forma positiva con el número de competidores y de forma negativa con la existencia de diferencias en sus tamaños. Es decir, en los sectores menos concentrados, la innovación tendería a difundirse con mayor rapidez que en otros más concentrados ([Stoneman y Diederer, 1994](#); [Levin et al., 1987](#); [Romeo, 1977, 1975](#); [Mansfield, 1961, 1968](#)). En nuestro análisis, la estructura de mercado se captura mediante la consideración de un índice de concentración, de forma que para cada sector manufacturero de la muestra, se ha incluido la cuota de mercado de las 4 mayores empresas (CR₄).

Además de la concentración, otras características relacionadas con el sector podrían condicionar la decisión de adopción. Las industrias difieren en las actividades que realizan y, por tanto, en la necesidad de utilizar una determinada tecnología. Para recoger este efecto se han introducido en los análisis 19 de las 20 variables ficticias con que la ESEE clasifica a las empresas del sector industrial español.

- *Efecto temporal.* Por último, también se han considerado las consecuencias de la evolución del número de empresas que han adoptado la tecnología ([Karshenas y Stoneman, 1993](#)). Por un lado, un mayor número de adoptantes supondría que las empresas que no han adoptado tendrían una mayor probabilidad de conseguir información sobre la tecnología (efecto epidémico). Por otro lado, conforme el número de adoptantes se incrementa, los incentivos de las empresas a adoptar la tecnología se reducen, dado que el beneficio marginal de la adopción disminuye. Puesto que los 2 efectos presentan un signo contrapuesto, resulta difícil predecir el efecto neto ([Luque, 2002](#); [Baptista, 2000](#)). Ambos efectos son recogidos a través de 2 variables dicotómicas que toman el valor 1 en los años 2002 y 2006. Estas 2 variables tienen también en cuenta cualquier otro efecto temporal que pudiera haber

afectado a la probabilidad de utilizar las distintas tecnologías en esos 2 años.

4.3. Metodología

Dado el carácter dicotómico de las variables dependientes utilizadas (la decisión de adoptar o no las diferentes tecnologías de proceso analizadas), la metodología más adecuada se encuentra entre las propuestas por los modelos de respuesta binaria. En concreto, y dadas las posibles relaciones que pueden existir en la adopción de múltiples tecnologías, hemos estimado un modelo probit multivariante. La razón es que este modelo nos permite estimar de forma conjunta la adopción de los 4 tipos de tecnologías consideradas: máquinas de control numérico, robótica, diseño asistido por ordenador y sistemas de producción flexible y, por tanto, tiene en cuenta el hecho de que las empresas pueden estar utilizando todas, alguna o ninguna de estas tecnologías simultáneamente. Es decir, este modelo permite que existan correlaciones sistemáticas en la adopción de las diferentes tecnologías, que pueden ser debidas a que el uso simultáneo de múltiples tecnologías presente interrelaciones positivas o negativas. Si las correlaciones entre diferentes tecnologías fueran positivas estas podrían deberse a la existencia de relaciones de complementariedad o a la presencia de variables omitidas que afecten a la decisión de utilizar dichas tecnologías ([Santamaría y Rialp, 2007](#); [Belderbos et al., 2004](#)). En este sentido, si bien esta metodología permite tener en cuenta las interrelaciones que existen en la adopción de múltiples tecnologías, no es capaz de discriminar entre los 2 orígenes descritos. En cualquier caso, si tales correlaciones fueran significativas, la estimación de los determinantes de la adopción de tecnologías de proceso por medio de modelos probit separados sería ineficiente.

Para la estimación del modelo probit multivariante hemos seguido la rutina de Stata, desarrollada por [Cappellari y Jenkins \(2003\)](#), que utiliza el método de máxima verosimilitud simulada. Este método usa el simulador Gewekw-Hajivassiliou-Keane (GHK) para estimar la función de verosimilitud. La matriz de varianzas y covarianzas es una matriz simétrica que tiene el valor de uno para los elementos de la diagonal principal y el valor ρ_{jk} para el resto de elementos. El parámetro ρ_{jk} es la covarianza entre los términos de error de las ecuaciones j y k , que nos permitirá conocer las relaciones de complementariedad o sustituibilidad entre las tecnologías estudiadas.

5. Resultados

Una primera aproximación a las hipótesis planteadas puede efectuarse a través de la información ofrecida en la [tabla 3](#). En ella se muestra, para cada una de las tecnologías estudiadas, los valores medios y desviaciones típicas de las variables independientes consideradas, distinguiendo estos valores entre el conjunto de empresas que utilizan dicha tecnología y las que no. Con el objetivo de analizar diferencias en estos valores medios se ha aplicado el estadístico de contraste U de Mann-Whitney. Como resultado de la aplicación de este estadístico, observamos que las empresas que han adoptado tecnologías poseen en términos medios mayor tamaño, intensidad en I+D, intensidad a la exportación e importación y están en industrias con índices de concentración ligeramente superiores. Sin embargo, a excepción del CAD, las empresas que han adoptado tecnologías poseen menores valores medios en el ratio de endeudamiento.

La [tabla 3](#) también muestra el número de empresas que han adoptado tecnologías y en las que existe una participación de inversores extranjeros en su capital o colaboran con distintos agentes. El estadístico de contraste nos muestra que estas 2 variables están relacionadas con la adopción de tecnología.

Tabla 3
Variables explicativas y la adopción de tecnologías productivas en el sector manufacturero español

	Máquinas de control numérico			Robótica			CAD			Sistemas de fabricación flexible		
	Media		Z (pv)	Media		Z (pv)	Media		Z (pv)	Media		Z (pv)
	Sí 2431	No 2679		Si 1392	No 3718		Si 1908	No 3202		Si 1279	No 3831	
Tamaño	0,298	0,146	-19,721***	0,465	0,126	-28,747***	0,324	0,156	-18,336***	0,449	0,142	-22,609***
Endeudamiento	0,575	0,578	-0,819	0,550	0,587	-5,621***	0,583	0,574	-0,976	0,553	0,585	-4,777***
Intensidad I+D	0,008	0,006	-11,485***	0,011	0,005	-19,068***	0,011	0,004	-19,151***	0,011	0,005	-16,619***
CR ₄	0,404	0,397	-2,164**	0,409	0,397	-2,586***	0,407	0,397	-2,001**	0,404	0,399	-1,196
Intensidad exportación	0,230	0,153	-12,935***	0,289	0,152	-20,171***	0,253	0,152	-16,353***	0,262	0,166	-14,377***
Intensidad Importación	0,115	0,083	-10,733***	0,147	0,080	-18,171***	0,119	0,086	-13,445***	0,133	0,087	-13,165***
	Máquinas de control numérico			Robótica			CAD			Sistemas de fabricación flexible		
	Sí	No	χ^2	Sí	No	χ^2	Sí	No	χ^2	Sí	No	χ^2
<i>Participación capital</i>												
Sí	552	383	60.303***	459	476	275.664***	454	481	61.549***	355	580	103.096***
No	1979	2296		933	3.242		1.454	2.721		924	3.251	
<i>Colaboración agentes industriales</i>												
Sí	773	517	111.743***	615	675	365.959***	743	547	304.307***	533	757	253.445***
No	1.658	2.162		777	3.043		1.165	2.655		746	3.074	
<i>Colaboración agentes no industriales</i>												
Sí	664	446	85.268***	530	580	300.873***	590	520	151.580***	467	643	219.493***
No	1.767	2.233		862	3.138		1.318	2.682		812	3.188	

** ***: coeficientes estadísticamente significativos al 95% o al 99%, respectivamente.

Las expresiones «Sí» y «No» indican si las empresas han adoptado o no la tecnología, si poseen o no capital extranjero o si colaboran o no con agentes industriales y no industriales.

La tabla 4 muestra los resultados de la estimación del probit multivariante para las 5.110 observaciones disponibles. Las primeras 4 columnas muestran los resultados de la estimación del modelo base para las 4 tecnologías estudiadas. A la derecha de estas aparecen los resultados del modelo completo, que incluye las variables asociadas a las hipótesis planteadas. Un primer resultado a destacar es que los modelos son globalmente significativos en todos los casos, tal y como indica el test de Wald. Además, el ajuste mejora al estimar el modelo completo, lo que favorece la elección de las estimaciones en las que se incluyen todas las variables⁴.

El modelo básico permite observar algunas relaciones de interés. Tal y como indica la literatura sobre difusión de innovaciones, las empresas más grandes tienen una mayor probabilidad de adoptar cualquier tecnología. Por otra parte, la existencia de mayores niveles de endeudamiento hace que la probabilidad de que una empresa esté usando sistemas de producción flexible o robots en el proceso productivo disminuya. Sin embargo, esta relación no se observa para las máquinas de control numérico o el diseño asistido por ordenador. Los resultados de este modelo también apuntan hacia la importancia que las inversiones en investigación y desarrollo tienen a la hora de explicar la probabilidad de que una empresa utilice la tecnología. Así, la variable correspondiente muestra un signo positivo y altamente significativo para las 4 tecnologías estudiadas. Finalmente, la estructura del mercado en el que opera la empresa no parece tener ninguna influencia sobre la probabilidad de adoptar.

El resto de la información que aparece en la tabla 4 está dirigida a comprobar la validez de las hipótesis que se han propuesto. La hipótesis 1 planteaba una relación positiva entre la exposición de la empresa a los mercados exteriores y la adopción de nuevas tecnologías. Los coeficientes de las variables intensidad de exportación son positivos y estadísticamente significativos en todos los casos. El resultado es similar en el caso de la intensidad de la importación, aunque con la excepción del diseño asistido por ordenador⁵. En consecuencia, los resultados confirman la hipótesis 1, salvo en el caso reseñado.

Respecto a la participación de capital extranjero, la hipótesis 2 predice una mayor probabilidad de adopción por parte de aquellas empresas en las que inversores extranjeros poseen una parte del capital. Los resultados obtenidos muestran que la relación varía en función de la tecnología considerada y únicamente es significativa para la robótica⁶. En este caso, y tal y como esperábamos, el coeficiente de esta variable es positivo y confirma una mayor probabilidad de adopción por parte de aquellas empresas que se encuentran participadas por capital extranjero.

Finalmente, las 2 últimas hipótesis se referían a la posibilidad de que los acuerdos de colaboración pudieran mejorar la información disponible sobre nuevas tecnologías. Por un lado, la hipótesis 3 establecía una mayor probabilidad de adopción por parte de las empresas que colaboran con agentes no industriales. Como puede observarse, los coeficientes de esta variable son positivos y significativos para todas las tecnologías estudiadas. Este resultado nos permite confirmar una mayor probabilidad de adopción de estas

⁴ Se han calculado los factores de inflación de la varianza, y sus valores parecen descartar que las estimaciones puedan tener problemas de multicolinealidad. El valor máximo del VIF es 5,97, y el valor medio, 2,47.

⁵ Como se explica más adelante, Rogers y Shoemaker (1971) señalan que algunas características de la tecnología, como la complejidad o la observabilidad, también condicionan su adopción. Desafortunadamente, al no disponer de información más detallada, solo podemos presentar la conjetura de que estos aspectos podrían tener una influencia determinante sobre las diferencias observadas entre tecnologías en las hipótesis 1 y 2.

⁶ La consideración del país origen del capital permitiría explicar mejor las diferencias encontradas entre tecnologías, de forma que se esperaría un efecto positivo en la participación procedente de los países más cercanos y desarrollados (Griffith et al., 2006; Keller, 2004). Lamentablemente, esta información no se encuentra disponible.

Tabla 4 Probit multivariante. Variable dependiente: uso de tecnologías en el proceso productivo

	Máquinas de control numérico	Robótica	CAD	Sistemas de fabricación flexible	Máquinas de control numérico	Robótica	CAD	Sistemas de fabricación flexible
Intensidad exportación	0,298*** (6,84)	0,721*** (14,39)	0,265*** (6,73)	0,507*** (12,06)	0,356*** (4,47)	0,471*** (5,58)	0,292*** (3,44)	0,215** (2,54)
Intensidad importación	-0,089 (-1,13)	-0,407*** (-4,68)	0,043 (0,51)	-0,315*** (-3,62)	0,452*** (3,24)	0,738*** (5,05)	0,038 (0,25)	0,258* (1,75)
Participación capital extranjero	2,466** (2,55)	4,224*** (4,17)	7,770*** (7,29)	5,164*** (5,22)	0,033 (0,58)	0,223*** (3,87)	0,031 (0,54)	0,047 (0,82)
Colaboración no industriales	-0,375 (-1,29)	-0,345 (-1,12)	0,084 (0,28)	0,048 (0,15)	0,169*** (3,12)	0,256*** (4,63)	0,302*** (5,34)	0,255*** (4,68)
Colaboración industriales	0,123*** (2,70)	0,110* (2,20)	0,097** (2,00)	-0,051 (-1,03)	0,091*** (3,10)	0,188*** (6,31)	0,178*** (5,97)	0,155*** (5,36)
Tamaño	0,120*** (2,73)	0,138*** (2,86)	0,137*** (2,94)	0,036 (0,75)	0,173*** (3,89)	0,450*** (8,58)	0,141** (3,55)	0,376*** (8,50)
Endeudamiento	-0,318*** (-1,78)	-0,944*** (-4,72)	-1,966*** (-8,32)	-1,147*** (-5,61)	-0,047 (-0,59)	-0,346*** (-3,87)	0,099 (1,16)	-0,276** (-3,13)
Intensidad I+D		1,677,15***			-0,066 (-0,06)	0,009 (0,01)	3,404*** (3,00)	1,528 (1,44)
CR ₄					-0,395 (-1,35)	-0,338 (-1,07)	0,067 (0,22)	0,062 (0,19)
2002					0,114** (2,48)	0,096* (1,86)	0,081 (1,65)	-0,068 (-1,35)
2006					0,123*** (2,77)	0,156*** (3,16)	0,143*** (3,04)	0,038 (0,79)
Sector							Si	
Constante					-0,395*** (-2,19)	-1,086*** (-5,33)	-2,124*** (-8,81)	-1,264*** (-6,10)
Test de Wald							2,076,44***	
Comparación de modelos							414,98***	
Observaciones							5,110	
Rho ₀₁							0,441*** (21,26)	
Rho ₀₁							0,472*** (24,46)	
Rho ₀₁							0,335*** (15,30)	
Rho ₀₂							0,403*** (18,67)	
Rho ₀₂							0,354*** (16,06)	
Rho ₀₃							0,443*** (20,82)	
LR test de Rho _{jk} =0 v j ≠ k							1441,28***	

*, **, ***: coeficientes estadísticamente significativos al 90%, al 95% o al 99%, respectivamente.

tecnologías por parte de las empresas que colaboran con agentes no industriales. Por otro lado, la inclusión de la variable «colaboración con agentes industriales» nos permite analizar la relación entre la colaboración con estos agentes y la adopción de nuevas tecnologías (hipótesis 4). El signo positivo y estadísticamente significativo de esta variable nos indica, tal y como se establecía en la hipótesis, que la colaboración con agentes industriales influye de forma positiva en la probabilidad de adopción de todas las tecnologías consideradas.

En relación con las variables de control, los resultados muestran el efecto positivo del tamaño sobre la probabilidad de adopción de todas las tecnologías. Asimismo, el valor y la significatividad de los coeficientes asociados a las variables temporales indican la importancia del efecto epidémico. En cuanto a la disponibilidad de recursos financieros, se puede observar que esta variable es significativa para el caso de la adopción de robótica y de sistemas flexibles de fabricación. La explicación a este comportamiento podría estar en la distinta naturaleza de las tecnologías analizadas, lo que incluiría, entre otros aspectos, su coste de adquisición. Por otro lado, y en cuanto a la intensidad en I+D, los resultados obtenidos son significativos únicamente en el caso de la adopción del diseño asistido por ordenador. En este sentido, si bien hemos utilizado un indicador ampliamente utilizado para aproximarnos a la capacidad de absorción (véase el trabajo de Jimenez-Barrionuevo et al., 2011), algunos autores señalan su naturaleza multidimensional (Fosfuri y Tribó, 2008; Zahra y George, 2002), lo que podría explicar la pérdida de significatividad de esta variable en la estimación del modelo completo.

La tabla 4 también contiene las estimaciones de las correlaciones entre los errores (ρ) de las 4 ecuaciones planteadas (una por tecnología). Conviene recordar que estas correlaciones nos indican si hay factores comunes asociados a la adopción de todas las tecnologías, distintos de los recogidos por las variables del modelo, o si las tecnologías pueden estar relacionadas. Todos los coeficientes son positivos y estadísticamente significativos y varían en un rango comprendido entre 0,317 (para la relación entre los sistemas de fabricación flexible y las máquinas de control numérico) y 0,460 (entre las máquinas de control numérico y el diseño asistido por ordenador). El signo positivo nos indica que existen interdependencias en la elección de la tecnología, aunque el tipo de análisis realizado no permite determinar a cuál de los 2 motivos aludidos corresponde este resultado.

6. Conclusiones

Los resultados que se presentan en este trabajo sugieren, con carácter general para todas las tecnologías, que la mayor disponibilidad de información sobre las mismas podría adquirirse tanto a través del comercio internacional como mediante acuerdos de colaboración, facilitando el proceso de difusión. Además, los modelos planteados permiten recoger otras influencias que se han destacado en la literatura de difusión. Concretamente, la probabilidad de adopción de nuevas tecnologías aumenta con el tamaño para todas las tecnologías consideradas y disminuye como consecuencia de la existencia de restricciones financieras, aunque este último efecto solo es observado en el caso de la robótica y de los sistemas flexibles de fabricación.

Las implicaciones que se derivan de estos resultados son varias. Desde el punto de vista de la literatura de difusión de tecnologías, permiten ofrecer una visión refinada acerca de cómo se produce la diseminación de información a la que hacen referencia los modelos epidémicos tradicionales (Geroski, 2000). En este caso, la consideración de canales de información distintos a los habituales permite ofrecer una versión perfeccionada de la teoría. Como se ha indicado, las empresas más conectadas con el entorno en el

que desarrollan sus actividades (no solo competidores, sino también clientes, proveedores o centros de investigación) tienen una mayor probabilidad de usar la tecnología. En este sentido, nuestro intento es similar a otros recientes (Greve, 2009; Sorenson et al., 2006) en los que se anima a la consideración de las relaciones sociales de las empresas a la hora de entender la difusión de información. Tanto en esos casos como en el nuestro, las conexiones de una empresa con su entorno incrementan la probabilidad de recibir información relevante. De igual forma, las empresas más abiertas al comercio internacional, bien sea en el papel de importadoras o exportadoras, tienen una mayor propensión a adoptar.

Un elemento que parece relevante una vez vista la importancia de las conexiones sociales para la difusión de la información es la complejidad asociada a la tecnología en cuestión. Sorenson et al. (2006) argumentan que el valor de las conexiones es mayor en aquellos casos en que el conocimiento que se difunde tiene una complejidad media. Así, en aquellos casos en que dicho conocimiento es simple, la difusión del mismo está sujeta a menos errores de transmisión y estos pueden ser corregidos con facilidad acudiendo a la fuente original o a otros poseedores del mismo. Por el contrario, cuando el conocimiento es complejo los errores de transmisión podrían ser frecuentes y ni siquiera el acceso a la fuente original permitiría corregirlos. Por tanto, en aquellos casos en que la complejidad del conocimiento fuera media existiría una mayor probabilidad de que las conexiones sociales fueran más relevantes.

La consideración de la complejidad podría permitir entender por qué la respuesta de la tecnología ante la densidad de contactos de una empresa pudiera ser diferente. Por ejemplo, entre las tecnologías consideradas en este trabajo la robótica es la que parece responder de forma más importante ante la existencia de vínculos de la empresa con su entorno. Sorprende, por ejemplo, que sea la única tecnología que parece responder de forma positiva a las inversiones de capital extranjero. Sin embargo, este resultado puede ser interpretado a la luz de las conclusiones de Sorenson et al. (2006): al tratarse, con toda probabilidad, de una tecnología más compleja que el CAD o las máquinas de control numérico, exige un contacto más próximo a la fuente que el que pueden proporcionar las colaboraciones con agentes externos o el desarrollo de actividades en el exterior.

En todo caso, la literatura de difusión argumenta que las tecnologías no solo difieren en su complejidad, sino también en función de otros factores. Rogers y Shoemaker (1971) proponen otros 4 atributos que deberían ser considerados: a) la ventaja relativa de la tecnología respecto al factor que sustituye; b) su compatibilidad con los valores, las experiencias y las necesidades de la organización; c) la posibilidad de experimentar con ella antes de su adopción, y d) la observabilidad, o el grado en que los resultados de la tecnología son visibles para otros. Es decir, las características de la tecnología en términos de estas 5 dimensiones podrían ayudar a explicar el mayor o menor grado de heterogeneidad en su difusión.

Del trabajo también se derivan implicaciones en el ámbito de la dirección estratégica y de la teoría de recursos. La visión clásica de la teoría de recursos establece que la ventaja competitiva no puede sostenerse si resulta fácil para otras empresas acceder o desarrollar los recursos sobre los que esta está construida. Dada su alta accesibilidad, la adopción de una tecnología por parte de una empresa genera en el resto de empresas competidoras la «necesidad estratégica» (Clemons y Kimbrough, 1986) de disponer de ella si no quieren perder su posición relativa. Es decir, la alta movilidad de estos recursos, junto con la necesidad de adoptarlos, provocaría que no pudieran generarse rentas duraderas. Sin embargo, los resultados sugieren que el proceso de adopción de tecnologías es lo suficientemente heterogéneo como para explicar la disimilitud en

la dotación de recursos tecnológicos de que disponen las empresas. En concreto, la colaboración de las empresas con otros agentes o su participación en mercados internacionales podría explicar por qué algunas empresas introducen la tecnología de forma rápida, mientras que otras retrasan su incorporación o no llegan a adoptarla nunca. Una implicación que se deriva de estos resultados es que la difusión de estas tecnologías podría no ser tan inmediata como se argumenta en algunos trabajos. Si esto fuera así, algunas empresas podrían disfrutar de una ventaja competitiva, siquiera temporal, derivada de las diferencias en términos de la información disponible sobre la tecnología. Como se señalaba en la introducción, las diferencias en cuanto a la disponibilidad de información podrían justificar el que algunas empresas obtengan resultados superiores por la posesión de recursos caracterizados por un régimen de apropiabilidad débil.

A la luz de nuestros resultados, la importancia de los contactos sociales en la explicación de la heterogeneidad en recursos parece mayor en la medida en que se trate de tecnologías con un nivel mínimo de complejidad. En el caso de tecnologías muy simples, la difusión podría producirse a través de contactos informales entre las empresas o la recepción de información a través de otros canales que permiten codificar el conocimiento simple. Es decir, deberíamos observar que la heterogeneidad disminuye de forma relativamente rápida a través de la adopción de la tecnología. Por tanto, las tecnologías más complejas podrían generar mayor heterogeneidad, al ser más lenta su difusión. Una ventaja de la incorporación de los contactos sociales a la explicación de la difusión es que nos revela el ámbito en el que la dirección de la empresa puede actuar para reducir la heterogeneidad: los acuerdos de colaboración o el desarrollo de su actividad en mercados internacionales facilitarían la adquisición de información sobre la tecnología.

Los resultados obtenidos invitan a seguir trabajando en esta dirección. La teoría de recursos establece que la generación de rentas duraderas se basa en las distintas dotaciones de recursos entre las empresas. Aunque el estudio ofrece evidencia de que la disponibilidad de información puede generar diferencias en la dotaciones de recursos tecnológicos entre empresas, futuras investigaciones deberían verificar si esta heterogeneidad puede explicar la obtención de ventajas competitivas, al menos, en el corto plazo.

Para terminar, es preciso destacar que nuestro trabajo no carece de limitaciones. En primer lugar, los datos no permiten seguir el proceso de difusión de la tecnología desde el inicio del mismo, lo que condiciona la interpretación de los resultados. En segundo lugar, la información disponible se refiere únicamente a 4 tecnologías. Como se ha argumentado, el proceso de difusión puede verse afectado de forma diferente por distintos factores en función de cuál sea la tecnología analizada, por lo que sería conveniente ampliar el número de las consideradas. En este sentido, parece razonable que la elección no solo pase por la selección de tecnologías con distintos grados de complejidad, sino que también presenten diferencias en las otras características señaladas. En tercer lugar, el análisis no permite observar la transmisión de información sobre la tecnología, sino simplemente inferir que esta se produce a partir de la consideración de las relaciones que la empresa tiene establecidas con otros agentes y por su presencia internacional. De hecho, en algunos casos las relaciones observadas podrían explicarse con argumentos alternativos (por ejemplo, la participación en mercados internacionales podría generar más presiones competitivas y fomentar la adopción de nuevas tecnologías). En todo caso, los resultados parecen sugerir la importancia de estudiar el proceso a través del cual las empresas pueden obtener información, aspecto que, como hemos señalado, podría tener implicaciones importantes desde el punto de vista de la rentabilidad empresarial.

7. Financiación

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación y FEDER (proyectos ECO2008-04129 y ECO2011-22947), la Diputación General de Aragón (S09/PM062) y la Universidad de La Rioja (API09/18 y API11/28).

Bibliografía

- Abrahamson, E., Rosenkopf, L., 1997. Social network effects on the extent of innovation diffusion: a computer simulation. *Organization Science* 8 (3), 289–309.
- Abrahamson, E., Rosenkopf, L., 1999. Modeling reputational and informational influences in threshold models of bandwagon innovation diffusion. *Computational and Mathematical Organization Theory* 5 (4), 361–384.
- Astebro, T., 2002. Noncapital investment costs and the adoption of CAD and CNC in US metalworking industries. *Rand Journal of Economics* 33 (4), 672–688.
- Baptista, R., 1999. The diffusion of process innovations: a selective review. *International Journal of the Economics of Business* 6, 107–129.
- Baptista, R., 2000. Do innovations diffuse faster within geographical clusters? *International Journal of Industrial Organisation* 18, 515–535.
- Bartel, A., Ichniowski, C., Shaw, K., 2007. How does information technology affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation process improvement and worker skills. *The Quarterly Journal of Economics* 122 (4), 1721–1758.
- Bass, F., 1969. A new product growth model for consumer durables. *Management Science* 15, 215–227.
- Bayo-Moriones, A., Lera-López, F., 2007. A firm-level analysis of determinants of ICT in Spain. *Technovation* 27, 352–366.
- Bayona, C., García, T., Huerta, E., 2003. ¿Cooperar en I+D? Con quién y para quién. *Revista de Economía Aplicada* 31, 103–134.
- Belderbos, R., Carree, M., Diederer, B., Lokshin, B., Veugelers, R., 2004. Heterogeneity in R&D cooperation strategies. *International Journal of Industrial Organization* 22, 1237–1263.
- Bharadwaj, A., Bharadwaj, S., Konsynski, B., 1999. Information technology effects on firm performance as measured by Tobin's Q. *Management Science* 45 (6), 1008–1024.
- Blalock, G., Gertler, P., 2004. Learning from exporting revisited in a less developed setting. *Journal of Development Economics* 75, 397–416.
- Borensztein, E., Gregorio, J., Lee, J., 1998. How does foreign direct investment affect economic growth. *Journal of International Economics* 45, 115–135.
- Brass, D., Galaskiewicz, J., Greve, H., Tsai, W., 2004. Taking stock of networks and organizations: a multilevel perspective. *Academy of Management Journal* 47, 795–817.
- Brynjolfsson, E., Hitt, L., 2000. Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance. *Journal of Economic Perspectives* 14 (4), 23–48.
- Canepa, A., Stoneman, P., 2005. Financing constraints in the inter firm diffusion of new process technologies. *The Journal of Technology Transfer*, Springer 30 (2–2), 159–169.
- Cappellari, L., Jenkins, S.P., 2003. Multivariate probit regression using simulated maximum likelihood. *The Stata Journal* 3 (3), 278–294.
- Carr, N.G., 2003. IT doesn't matter. *Harvard Business Review* 81 (5), 41–49.
- Chen, L., 2009. Learning through informal local and global linkages: the case of Taiwan's machine tool industry. *Research Policy* 38, 527–535.
- Chung, S.A., Kim, G.M., 2003. Performance effects of partnership between manufacturers and suppliers for new product development. *Research Policy* 32, 587–603.
- Clemons, E.K., Kimbrough, S., 1986. Information systems, telecommunications, and their effect on industrial organization. En: *Proceedings of the 7th International Conference on Information Systems*, San Diego, CA.
- Coe, D.T., Helpman, E., 1995. International R&D spillovers. *European Economic Review* 39, 859–887.
- Coe, D.T., Helpman, E., Hoffmeister, A.W., 1997. North-South R&D spillovers. *Economic Journal* 107, 134–149.
- Cohen, W.M., Levinthal, D.A., 1990. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly* 35, 128–152.
- Comin, D., Hobijn, B., 2004. Cross-country technology adoption: making the theories face the facts. *Journal of Monetary Economics* 51, 39–83.
- Davies, S., 1979. *The diffusion of process innovations*. Cambridge University Press.
- Fariñas, J.C., Jaumandreu, J., 1994. La Encuesta sobre Estrategias Empresariales: características y usos. *Economía Industrial* 299, 109–119.
- Fariñas, J.C., Jaumandreu, J., 1999. Diez años de Encuesta sobre Estrategias Empresariales. *Economía Industrial* 329, 29–42.
- Fosfuri, A., Motta, M., Ronde, T., 2001. Foreign direct investment and spillovers through workers' mobility. *Journal of International Economics* 53, 205–222.
- Fosfuri, A., Tribó, J., 2008. Exploring the determinants of potential absorptive capacity and its impact on innovation performance. *Omega* 36 (2), 173–187.
- Fudenberg, D., Tirole, J., 1985. Pre-emption and rent equalization in the adoption of new technology. *Review of Economic Studies* 52, 383–401.
- Geroski, P.A., 2000. Models of technology diffusion. *Research Policy* 29, 603–625.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., Trow, M., 1994. *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Sage Publications, London.
- Globerman, S., 1979. Foreign direct investment and spillover efficiency benefits in Canadian manufacturing industries. *Canadian Journal of Economics* 12, 42–56.

- Gómez, J., Vargas, P., 2009. The effect of financial constraints, absorptive capacity and complementarities on the adoption of multiple process technologies. *Research Policy* 38, 106–119.
- Greve, H.R., 2009. Bigger and safer: the diffusion of competitive advantage. *Strategic Management Journal* 30, 1–23.
- Griffith, R., Harrison, R., Van Reenen, J., 2006. How special is the special relationship? Using the impact of U. S. Spillovers on U. K. firms as a test of technology sourcing. *The American Economic Review* 96 (5), 1859–1875.
- Grossman, G.M., Helpman, E., 1991. *Innovation and Growth in the Global Economy*. MIT Press, Cambridge MA.
- Gulati, R., 1995. Social structure and alliance formation patterns: a longitudinal analysis. *Administrative Science Quarterly* 40, 619–652.
- Gulati, R., 1999. Network location and learning: the influence of network resources and firm capabilities on alliance formation. *Strategic Management Journal* 20, 397–420.
- Hamel, G., Doz, Y., Prahalad, C.K., 1989. Collaborate with your competitors and win. *Harvard Business Review* 67, 190–196.
- Hejazi, W., Safarian, A.E., 1999. Trade, foreign direct investment, and R&D spillovers. *Journal of International Business Studies* 30, 491–511.
- Helpman, E., 1997. R&D and productivity: the international connection. Working Paper No. 6101. Cambridge, MA: NBER.
- Jimenez-Barrionuevo, M.M., García-Morales, V.J., Molina, L.M., 2011. Validation of an instrument to measure absorptive capacity. *Technovation* 31, 190–202.
- Jiménez, J., Polo, Y., 2001. Key variables in the EDI adoption by retail firms. *Technovation* 21, 385–394.
- Karshenas, M., Stoneman, P., 1993. Rank, stock, order, and epidemic effects in the diffusion of new process technologies: an empirical model. *Rand Journal of Economics* 24 (4), 503–528.
- Karshenas, M., Stoneman, P., 1995. Technological diffusion. En: Stoneman, P. (Ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and New Technology*. Blackwell.
- Keller, W., 2004. International technology diffusion. *Journal of Economic Literature* 42, 752–782.
- Levin, S.G., Levin, S.L., Meisel, J.B., 1987. A dynamic analysis of the adoption of a new technology, the case of optical scanners. *The Review of Economics and Statistics* 69 (1), 12–17.
- Luque, A., 2002. An option value approach to technology adoption in U.S. manufacturing: Evidence from microdata. *Economics of Innovation and New Technology* 11 (6), 543–568.
- Mahajan, V., Peterson, R.A., 1985. *Models for Innovation Diffusion*. Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences. Sage Publications.
- Mansfield, E., 1961. Technical change and the rate of imitation. *Econometrica* 29 (4), 741–766.
- Mansfield, E., 1968. *Industrial Research and Technological Innovation*. Norton, New York.
- Mansfield, E., Romeo, A., 1980. Technology transfer to overseas subsidiaries by US-based firms. *The Quarterly Journal of Economics* 94, 863–873.
- Merino, F., Salas, V., 1995. Empresa extranjera y manufactura española: efectos directos e indirectos. *Revista de Economía Aplicada* 9, 105–131.
- Merino, F., Salas, V., 1996. Diferencias de eficiencia entre empresas nacionales y extranjeras en el sector manufacturero. *Papeles de Economía Española* 66, 191–207.
- Milgrom, P., Roberts, J., 1990. The economics of modern manufacturing: technology, strategy and organization. *The American Economic Review* 80 (3), 511–528.
- Molero, J., Buesa, M., 1996. Patterns of technological change among Spanish innovative firms: The case of the Madrid region. *Research Policy* 25, 647–663.
- Nelson, R., Phelps, E., 1966. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *American Economic Review* 56 (1/2), 65–75.
- Nieto, M.J., Santamaría, L., 2007. The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. *Technovation* 27 (6-7), 367–377.
- Park, S., Russo, M., 1996. When competition eclipses cooperation: an event history analysis of joint venture failure. *Management Science* 42, 875–890.
- Rao, H., Greve, H.R., Davis, G., 2001. Fool's gold: social proof in the initiation and abandonment of coverage by Wall Street analysts. *Administrative Science Quarterly* 46 (3), 502–526.
- Reinganum, J.F., 1981. Market structure and the diffusion of new technology. *The Bell Journal of Economics* 12 (2), 618–624.
- Robertson, T.S., Gatignon, H., 1986. Competitive effects on technology diffusion. *The Journal of Marketing* 50 (3), 1–12.
- Rogers, E.M., Shoemaker, F.F., 1971. *Communication and innovation: a cross-cultural approach*. The Free Press, New York.
- Romeo, A.A., 1975. Interindustry and interfirm differences in the rate of diffusion of an innovation. *Review of Economics and Statistics* 5 (3), 311–319.
- Romeo, A.A., 1977. The rate of imitation of a capital-embodied process innovation. *Economica* 44, 63–69.
- Rothwell, R., 1994. Issues in user-producer relations in the innovation process: the role of government. *International Journal of Technology Management* 9, 629–649.
- Sánchez, R., 1995. Strategic flexibility in product competition. *Strategic Management Journal* 16, 135–159.
- Sánchez, R., Mahoney, J., 1996. Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. *Strategic Management Journal* 17, 63–76.
- Santamaría, L., Rialp, J., 2007. La elección del socio en las colaboraciones tecnológicas: un análisis empírico. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa* 31, 67–96.
- Sorenson, O., Rivkin, J.W., Fleming, L., 2006. Complexity, networks and knowledge flow. *Research Policy* 35, 994–1017.
- Spencer, J.W., 2003. Firm's knowledge-sharing strategies in the global innovation system: empirical evidence from the flat panel display industry. *Strategic Management Journal* 24, 217–233.
- Stoneman, P., Diederer, P., 1994. Technology diffusion and public policy. *The Economic Journal* 104, 918–930.
- Surroca, J., Santamaría, L., 2007. La cooperación tecnológica como determinante de los resultados empresariales. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa* 33, 31–62.
- Swanson, E.B., 1994. Information systems innovation among organizations. *Management Science* 40 (9), 1069–1090.
- Tether, B.S., 2002. Who co-operates for innovation, and why. An empirical analysis. *Research Policy* 31, 947–967.
- Teece, D.J., 1977. Technology transfer by multinational firms: the resource cost of transferring technological know-how. *The Economic Journal* 87 (346), 242–261.
- Teece, D., 1986. Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy* 15, 285–305.
- Tiessen, J.H., Wright, R.W., Turner, I., 2001. A model of e-commerce use by internationalizing SMEs. *Journal of International Management* 7, 211–233.
- Tsai, K.-H., Wang, J.C., 2009. External technology sourcing and innovation performance in LMT sectors: an analysis based on the Taiwanese technological innovation survey. *Research Policy* 38, 518–526.
- Van Pottelsberghe de la Potterie, B., Lichtenberg, F., 2001. Does foreign direct investment transfer technology across borders? *Review of Economics and Statistics* 83, 490–497.
- Vega-Jurado, J., Gutiérrez-Gracia, A., Fernández-de-Lucio, I., 2009. Does external knowledge sourcing matter for innovation? Evidence from the Spanish manufacturing firms. *Industrial and Corporate Change* 18 (4), 637–670.
- Whitley, R., 2002. Developing competences: the role of institutional frameworks. *Industrial and Corporate Change* 11 (3), 497–528.
- Zahra, S.A., George, G., 2002. Absorptive capacity: A review, reconceptualisation, and extension. *Academy of Management Review* 27 (2), 185–203.