

C. QUINTANA GARCÍA *
C. A. BENAVIDES VELASCO **

Configuración del portafolio tecnológico, diversidad e innovación: un estudio longitudinal ***

*SUMARIO: 1. Introducción. 2. Marco teórico. 2.1. Diversificación tecnológica: su incidencia en la capacidad de innovación. 2.2. Diversidad tecnológica relacionada y no relacionada, exploración y explotación. 3. Estudio empírico. 3.1. Marco de investigación. 3.2. Datos de patentes. 3.3. Muestra. 3.4. Medición de las variables. 3.5. Método estadístico. 4. Resultados. 5. Discusión y conclusión.
Referencias bibliográficas*

Recepción del original: 21/06/2006

Aceptación del original: 19/02/2007

RESUMEN: Partiendo de las teorías evolucionista y del aprendizaje organizacional, el presente artículo se ha centrado en determinar la influencia de desarrollar un portafolio tecnológico diverso en la innovación. El estudio longitudinal de una muestra de empresas bio-

* Profesora Titular de Universidad de Organización de Empresas. Dpto. Economía y Administración de Empresas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Campus El Ejido, s/n. 29071 Málaga (España). Teléfono: (34) 95 213 41 47 Fax: (34) 95 213 12 93. E-mail: cqg@uma.es

** Profesor Titular de Universidad de Organización de Empresas. Dpto. Economía y Administración de Empresas. E.T.S. Ingenieros Industriales. Campus El Ejido, s/n. 29071 Málaga (España). Teléfono: (34) 95 213 25 28 Fax: (34) 95 213 70 33. E-mail: cabv@uma.es

*** Los autores agradecen a Mauro Guillén, Mary Benner, Daniel Levinthal, Gary Pisano así como a los dos evaluadores anónimos los útiles e interesantes comentarios y discusiones que han ayudado a mejorar las versiones preliminares del presente trabajo. Éste es un estudio llevado a cabo en el seno del Grupo de Investigación «Innovación Tecnológica y Calidad» (SEJ-414), financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía. Los autores quieren ofrecer este artículo como homenaje al ingeniero D. Alfredo A. Quintana Sánchez (*In Memoriam*) por su valioso apoyo técnico-informático en la elaboración de las bases de datos.

tecnológicas confirma que la diversificación tecnológica afecta positivamente a la capacidad innovadora (medida a través de patentes), aunque dicha relación no es lineal sino curvilínea en forma de U invertida. Esto significa que fomentar una configuración diversificada de tecnologías en un grado óptimo favorece la generación de combinaciones novedosas para resolver problemas complejos, a la vez que permite la integración eficiente y consolidación del nuevo conocimiento. Además, un análisis diferenciado de la diversificación relacionada y no relacionada permite identificar el distinto impacto de cada estrategia en las capacidades de innovación exploratoria y explotativa. El trabajo finaliza discutiendo las implicaciones que para la teoría y la práctica empresarial tienen estos resultados, así como proponiendo líneas futuras de investigación.

Palabras clave: datos de panel, diversidad tecnológica, capacidad de innovación, patentes, industria de alta tecnología.

Códigos JEL: O31, O32, L65

ABSTRACT: Based on evolutionary and organizational learning theories, this article analyses the influence of a diverse technology portfolio on innovation. A longitudinal study of a sample of biotechnology firms verifies that technological diversification has a positive effect on innovative capability, which is measured as inventive activity (patents). However, such diversity is curvilinearly (taking an inverted U-shape) related to invention. This fact means that enhancing a diversified configuration of technologies increases the generation of novel combinations suitable to solve complex problems, and at the same time facilitates the efficient integration and consolidation of new knowledge. Moreover, a discriminant analysis of related and unrelated technological diversification allows identifying the different impact of each strategy on both exploratory and exploitative innovation capacities. The last section of the paper discusses the implications of these results for theory and managers, and proposes streams for further research.

Key words: panel data, technological diversification, innovative capability, patents, high technology industry.

JEL Classification: O31, O32, L65

1. Introducción

La diversificación tecnológica es una estrategia cada vez más implantada en la gestión de los proyectos de I+D debido a la creciente complejidad de los productos (Giuri *et al.*, 2002; Breschi *et al.*, 2003). En efecto, el rango de disciplinas relevantes para los procesos de innovación se está incrementando tanto en amplitud (número de tecnologías requeridas) como en profundidad (s sofisticación y especialización) (Wang y von Tunzelmann, 2000). Dicha diversidad está relacionada con la expansión de las competencias tecnológicas de una empresa, lo cual no está asociado necesariamente con la diversificación de productos (Granstrand *et al.*, 1997; Gambardella y Torrisi, 1998; Andersen y Walsh, 2000). De manera más concreta, podemos definir a la «diversificación tecnológica» como el aumento de la variedad y heterogeneidad en el portafolio de tecnologías utilizado por la empresa en sus procesos de innovación, entendiendo «tecnología» como el sistema de conocimientos derivado de la investigación, de la experimentación o de la experiencia, que unido a los métodos de producción, comercialización y gestión, permite crear una forma reproducible o generar nuevos o mejorados productos, procesos o servicios (Benavides, 1998:31).

El interés de los investigadores por la diversificación tecnológica es muy reciente (Granstrand, 1998; Gemba y Kodama, 2001; Suzuki y Kodama,

2004). De modo particular, la investigación sobre cómo la configuración de los recursos tecnológicos incide en la innovación es escasa, especialmente la encaminada a estudiar el efecto en las capacidades de innovación explotativa¹ y exploratoria. La innovación basada en la explotación se fundamenta en la búsqueda intensiva mediante la experimentación con el conocimiento existente en la empresa. La innovación exploratoria está enraizada en la búsqueda extensiva que promueve la creación de nuevo conocimiento (March, 1991). El primer tipo de innovación tiene como objetivo mejorar los métodos y materiales y aumentar la rentabilidad de la empresa y la satisfacción de los consumidores. En cambio, la exploración persigue la creación de métodos y materiales derivados de una base de conocimiento completamente nueva (Freeman y Soete, 1997)².

Se acepta que el rendimiento del proceso innovador está ligado a la habilidad de la empresa para utilizar sus recursos de conocimiento. Sin embargo, los aspectos acerca de cómo el conocimiento organizativo se acumula y se utiliza permanecen desconectados del estudio de las distintas clases de capacidad de innovación (Subramaniam y Youndt, 2005). En este sentido, con el objetivo de alcanzar tipos específicos de capacidades innovadoras resulta interesante conocer cuáles son sus agentes dinamizadores, y dentro de ellos, qué relevancia tiene la diversidad tecnológica.

Partiendo de las teorías evolucionista y del aprendizaje organizacional, el presente artículo contrasta un conjunto de hipótesis acerca de cómo el desarrollo de un portafolio tecnológico diversificado en un nivel óptimo mejora el rendimiento innovador de las empresas, e incide de modo diferente en la capacidad de innovación exploratoria y explotativa. En este análisis, se efec-

¹ Los términos en inglés referentes a la innovación o invención basadas en la exploración o explotación son: *exploratory innovation* y *exploitative innovation*. Para traducir el adjetivo «exploitative», en este artículo hemos optado por utilizar el término «explotativa», por pensar que el concepto «explotadora», incluido en el diccionario de la Real Academia Española tiene un significado que no se ajusta al contexto de este trabajo.

² No existe un acuerdo en la literatura acerca de la correspondencia de la distinción entre capacidad de innovación explotativa y exploratoria, e innovación incremental y radical. Son numerosos los trabajos que definen de manera similar a la innovación exploratoria y radical como aquéllas que representan cambios sustanciales en la tecnología, lo que supone creación de conocimiento y elevados riesgos técnicos, tiempo y costes (Dewar y Dutton, 1986; Cardinal, 2001). Las innovaciones explotativas o incrementales se consideran derivadas de mejoras o ajustes en la base tecnológica. En cambio, otras aportaciones (Abernathy y Clark, 1985; Subramaniam y Youndt, 2005), consideran que el carácter radical o incremental vendrá dado por la percepción del mercado. La exploración y explotación tienen una componente interna (más cercana al término invención) y están asociadas al estilo de aprendizaje tecnológico y a la capacidad de la empresa para renovar, adaptar y consolidar su base de conocimiento. Si el conocimiento generado vía explotación o exploración conduce a la transformación de los productos o procesos de la empresa, se estarán desarrollando innovaciones radicales. Se obtendrán innovaciones incrementales si el conocimiento generado es útil para perfeccionar y mejorar los productos y procesos existentes. El presente trabajo acepta esta segunda visión y se va a centrar de modo particular en cómo la diversidad tecnológica influye en la capacidad de innovación exploratoria y explotativa.

túa una importante distinción entre la diversificación relacionada y no relacionada, dado que tienen implicaciones distintas en términos de costes de integración con la base de conocimiento existente, oportunidades de aprendizaje, etc.

Nos centramos en esta cuestión aún no investigada porque es relevante tanto para la teoría como para la práctica empresarial. Desde esta última perspectiva, es importante analizar las consecuencias de desarrollar un sistema de conocimiento diverso. Incrementar la variedad de la base tecnológica es una opción (David, 1975; Ruttan, 2001), al igual que la diversificación corporativa o de mercados. Comparado con la concentración, desarrollar un portafolio tecnológico heterogéneo implica un proceso de construcción de competencias más complejo. Dicho proceso involucra diferentes tareas como el establecer nuevas instalaciones y operaciones de investigación, buscar nuevas tecnologías prometedoras mediante actividades como la vigilancia tecnológica, analizar la viabilidad de tales tecnologías, contratar especialistas en las áreas técnicas seleccionadas, desarrollar redes y alianzas estratégicas, integrar las nuevas tecnologías en la base de conocimiento de la empresa, etc. (Coombes y Metcalfe, 2000; Danneels, 2002). Por ello, la diversificación tecnológica constituye una decisión crítica especialmente en la industria de alta tecnología, donde los proyectos de investigación demandan elevadas inversiones y la consecución de innovaciones puede suponer varios años.

Además, avanzar en el conocimiento sobre cómo una base tecnológica diversificada influye en tipos particulares de capacidad de innovación supone una cuestión relevante para la teoría del aprendizaje organizativo. El uso de un número creciente de tecnologías en las actividades de investigación enriquece el sistema de conocimiento de las empresas añadiendo nuevas variaciones y promoviendo combinaciones novedosas (Fleming, 2001; Katila y Ahuja, 2002). Como resultado, la diversificación tecnológica puede tener un mayor impacto en la capacidad de innovación exploratoria que la basada en la explotación. Diferentes niveles de incertidumbre y complejidad del entorno demandan distintos niveles de exploración y explotación, es decir, es necesario adoptar un enfoque contingente. Esto sugiere que a medida que los cambios ambientales son mayores, la exploración aumenta en importancia (Van den Bosch *et al.*, 1999; Cardinal, 2001; Benner y Tushman, 2003). Ahora bien, niveles extremadamente altos de diversidad tecnológica pueden dañar el equilibrio deseado entre explotación y exploración (March, 1991; Levinthal y March, 1993) y, por ende, la capacidad de la empresa de sostener una posición competitiva a través de los procesos combinados de creación, adaptación y consolidación de conocimiento.

El presente artículo se ha estructurado en cuatro secciones. En primer lugar, se ha formulado el marco teórico. A continuación, se explica la metodología seguida en la investigación empírica realizada a una muestra internacional de empresas biotecnológicas, así como se exponen los resultados obtenidos. En la última sección, se discuten dichos resultados, se identifican las limitaciones del estudio y se proponen líneas futuras de investigación.

2. Marco teórico

La complejidad de las actuales innovaciones exige el desarrollo e integración de múltiples áreas de conocimiento (Subramaniam y Youndt, 2005). La diversidad tecnológica puede incidir positivamente en las organizaciones al mejorar aspectos tales como la capacidad de introducir nuevas tecnologías en los productos y sistemas existentes para incrementar su rendimiento, de desarrollar nuevas funcionalidades, o de actualizar antiguas tecnologías gracias a su combinación con disciplinas emergentes (Granstrand *et al.*, 1997; Patel y Pavitt, 1997). De este modo, la diversidad de recursos tecnológicos puede influir en la capacidad de combinar y recombinar el *stock* de conocimientos existentes en la empresa con nuevas componentes que resulten en el desarrollo de invenciones. El conocimiento inserto en tal recombinación inventiva proporciona rentas diferenciales temporales en la medida que dicho conocimiento sea valorado por el mercado y permanezca inimitable (Winter, 1995; Nerkar, 2003).

A pesar de la importancia de investigar estas relaciones para los procesos de aprendizaje y toma de decisiones relacionados con las actividades de I+D, existe escasa investigación empírica que muestre como las diferencias en la configuración del portafolio tecnológico afectan a la invención e innovación. En los siguientes subapartados se desarrollarán una serie de hipótesis acerca del efecto que la diversificación de conocimiento tecnológico tiene sobre el nivel y tipos específicos de capacidad de innovación. Se va a utilizar como un indicador *proxy* de dicha capacidad la «invención», la cual se refiere al descubrimiento de nuevos métodos y materiales más que a su posterior comercialización (Freeman y Soete, 1997). Estudiar los determinantes de la invención es de especial relevancia porque representa una fuente valiosa de ventajas competitivas (Barney, 1991) y de creación de oportunidades (Ahuja y Lampert, 2001).

2.1. DIVERSIFICACIÓN TECNOLÓGICA: SU INCIDENCIA EN LA CAPACIDAD DE INNOVACIÓN

El estudio de los efectos de la diversificación tecnológica en la capacidad de innovación ha recibido escasa atención. Un reducido número de contribuciones teóricas y empíricas argumenta que la presencia de diversidad en las tecnologías de la empresa puede mejorar el rendimiento de las actividades de I+D. Mediante una investigación enraizada en la economía industrial del cambio técnico, Scherer (1982) confirmó que la variedad de la base de conocimiento de una industria explicaba las diferencias en el nivel de actividad inventiva entre los distintos sectores. Él sugirió que la inversión en generación de conocimiento científico y técnico abre nuevas posibilidades para el cambio tecnológico.

La teoría evolucionista y la literatura sobre trayectorias tecnológicas (Rosenberg, 1969; Dosi, 1982; Nelson y Winter, 1982) sugieren que mantener

posiciones en un rango diverso de tecnologías (por ejemplo, contratando científicos de diferentes disciplinas) es esencial, y reconocen la complementariedad existente entre distintas trayectorias, experiencias y habilidades (Rosenberg, 1976). Dado que una gran mayoría de innovaciones son diseñadas para resolver problemas complejos, las empresas que están más diversificadas tecnológicamente capturan más oportunidades y posibilidades técnicas para sus actividades de investigación (Nelson, 1959). En la fase emergente de un paradigma tecnológico, una empresa puede centrarse en una clase de tecnología y prestar escasa atención a otras. Si el avance tecnológico es logrado finalmente mediante la tecnología ignorada, las competencias centrales de la empresa pueden quedar obsoletas. De este modo, cuanto mayor sea el número de disciplinas incorporadas en un objetivo de investigación, mayor será la contribución que la empresa realice al avance técnico del enfoque que el mercado finalmente seleccione (Dosi, 1982; Cohen, 1995; Nelson y Winter, 1982).

La teoría del aprendizaje organizativo también apunta los beneficios de una base de conocimiento diversificada. Las empresas tienden a concentrarse en aquellas actividades en las que son más competentes. La naturaleza de auto-refuerzo del aprendizaje hace sostener el foco de atención actual y lleva a especializarse en nichos particularmente atractivos. Una consecuencia es que las empresas se ven cada vez más desplazadas de otras bases de experiencia y conocimiento, y por tanto, se hacen más vulnerables a los cambios del entorno tecnológico (David, 1985). En estos casos, como Levinthal y March (1993:103) afirman, cuando el conocimiento es necesitado, resulta demasiado tarde para asimilarlo y absorberlo. Antes de dicho momento, es difícil especificar qué conocimiento tecnológico será necesario. Por ello, es imprescindible crear un «inventario de competencias» aunque no se conozcan con precisión cuáles serán las futuras demandas de los proyectos de innovación.

Cuando una empresa invierte en el desarrollo de una nueva tecnología, expande su experiencia y base de conocimiento a la vez que aumenta sus competencias centrales. Por el contrario, cuando se disminuye la inversión, se limita la capacidad de desplegar nuevas competencias centrales a la vez que se refuerzan las existentes. Como resultado, en las industrias de alta tecnología, las empresas pueden verse expulsadas por el mercado (Schilling, 1998) debido a la imposibilidad de competir con los productos existentes y responder al cambio tecnológico. Así, la diversidad puede desempeñar un papel preventivo de las rigideces de las competencias centrales (*core rigidities*) (Leonard-Barton, 1992), al favorecer la generación y renovación de las trayectorias tecnológicas y la fertilización cruzada entre las mismas (Granstrand, 1998; Suzuki y Kodama, 2004). La adición de nuevas componentes de conocimiento a la base actual de la empresa mitiga las rutas de dependencia (*path dependencies*). Un sistema tecnológico amplio mejora y transforma los procesos de búsqueda, incrementa los enfoques para resolver un problema dado, y promueve la generación de innovaciones útiles (Ahuja y Lampert, 2001; McGrath, 2001).

Como apoyo a estos argumentos, existe evidencia empírica que muestra una relación positiva entre el alcance de la búsqueda y la innovación de pro-

ducto (Katila y Ahuja, 2002). Ahuja y Lampert (2001) confirman que la experimentación con tecnologías nuevas, emergentes y pioneras evita las rigideces de las competencias centrales y se correlaciona positivamente con el número de invenciones. Un estudio efectuado por Nicholls-Nixon y Woo (2003) examina la relación entre amplitud de la base de conocimiento tecnológico y el *output* técnico (número de productos y patentes) en una muestra de empresas farmacéuticas durante el período correspondiente a la fase emergente de la biotecnología como paradigma. Ellos no encontraron asociación entre las variables, aunque admitieron que el alto nivel de agregación utilizado para clasificar las tecnologías (siete clases muy básicas) fue insuficiente para obtener una adecuada varianza entre las empresas de la muestra. Estudios en la misma industria sugieren que la habilidad de acceder a un conjunto más diversificado de conocimiento e integrarlo flexiblemente en los proyectos de innovación de las empresas, beneficia el desarrollo de nuevos productos y procesos (Cockburn y Henderson, 2001; Henderson y Cockburn, 1996). Analizando una muestra amplia de empresas europeas pertenecientes a muy distintos sectores, García-Vega (2006) demuestra que la diversidad tecnológica impacta positivamente en la actividad innovadora medida a través de patentes.

No obstante, niveles extremos de diversificación dificultan la capitalización de los descubrimientos como consecuencia del creciente coste de integración de conocimiento y su decreciente fiabilidad (Katila y Ahuja, 2002; McGrath, 2001). La incorporación de nuevos conocimientos a la base tecnológica de la empresa requiere cambios en las redes de relación y comunicación dentro de la empresa y en sus sistemas interorganizativos (Henderson y Clark, 1990; Quintana y Benavides, 2006), por lo que la promoción de una diversidad tecnológica excesiva puede ser fuente de confusión y sobrecarga de información (Ahuja y Lampert, 2001). Además, elevados niveles de variedad tecnológica pueden limitar la capacidad de absorción, la habilidad de responder adecuadamente a la nueva información y a los cambios tecnológicos del entorno, así como impedir mejoras en el rendimiento de los procesos de innovación derivadas de las economías de escala y alcance. Por lo tanto, es necesario lograr un óptimo en la estrategia de diversificación que permita la consolidación de las competencias tecnológicas (Bachmann, 1998).

Hipótesis 1. *La diversificación tecnológica se relaciona de forma no lineal (U invertida) con la capacidad de innovación.*

2.2. DIVERSIDAD TECNOLÓGICA RELACIONADA Y NO RELACIONADA, EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Una clasificación conocida de capacidades de innovación y modos de búsqueda es aquella que distingue entre exploración y explotación. La investigación empírica, observando las citas en patentes, frecuentemente distingue entre invenciones que no utilizan el conocimiento existente en la empresa y las invenciones que se fundamentan en el *stock* previo de conocimientos (Benner y Tushman, 2002; Rosenkopf y Nerkar, 2001; Sørensen y Stuart, 2000).

Este enfoque asume, implícitamente, que la invención exploratoria requiere una búsqueda distante a las habilidades y competencias actuales de la empresa, esto es, se fundamenta en la transformación del conocimiento previo, mientras que la capacidad de innovación explotativa se basa en el refuerzo de dicho conocimiento (Subramaniam y Youndt, 2005).

Numerosos estudios, fundamentados en diferentes perspectivas teóricas, han demostrado que la exploración y la explotación requieren distintas estructuras, recursos, procesos, estrategias y culturas que influyen en la adaptación y el rendimiento de la empresa (Cardinal, 2001; McGrath, 2001; Sørensen y Stuart, 2000; Benner y Tushman, 2002; He y Wong, 2004; Subramaniam y Youndt, 2005). De manera particular, si la empresa desea promover una capacidad de innovación exploratoria, de desarrollo de conceptos completamente nuevos, requerirá una mayor diversidad tecnológica que en el caso de actividades de investigación basadas en la explotación.

En este sentido, la teoría evolucionista establece que las invenciones se derivan de nuevas combinaciones de componentes conocidas (Nelson y Winter, 1982; Sahal, 1985). La repetición y la práctica perfeccionan las rutinas a lo largo del tiempo mediante procesos de aprendizaje incremental y acumulativo (Malerba, 1992; Levinthal y March, 1993). Así, la «búsqueda local» es un concepto central de la teoría evolucionista que hace referencia a la concentración de las empresas en tecnologías similares, de modo que se incremente la experiencia en las disciplinas ya dominadas, y se potencie la mejora de los productos y procesos.

Patel y Pavitt (1997) sugieren que la variedad tecnológica es una característica necesaria del cambio revolucionario. Dicha diversidad es esencial para la experimentación y selección efectiva ante condiciones de gran incertidumbre, dependiendo la ventaja competitiva sostenible de la habilidad de sobrepasar el alcance de la búsqueda local y de reconfigurar el conocimiento base de la empresa (Kogut y Zander, 1992; Rosenkopf y Nerkar, 2001). Concretamente, se acepta que el desarrollo y aplicación de nuevos campos tecnológicos facilita la resolución de problemas complejos y la generación de nuevas combinaciones que conducen a capacidades de innovación exploratoria (Christensen, 2002a).

Mediante un estudio de casos, Danneels (2002) muestra que para los proyectos de investigación explotativos, las empresas utilizan sus conocimientos tecnológicos y de mercados; en cambio, la innovación exploratoria requiere generalmente una búsqueda tecnológica extensiva y de gran alcance, lo que ocurre cuando se diversifica tecnológicamente, esto es, la actividad de aprendizaje añade nuevas componentes a la base de conocimientos de la empresa. De modo similar, algunos estudios sugieren que el potencial de innovación se puede gestionar controlando una serie de antecedentes condicionantes, tales como la selección de un amplio rango de especialistas científicos (Ettlie *et al.*, 1984; Dewar y Dutton, 1986; Cardinal, 2001). Estas investigaciones demuestran cómo la adopción de innovaciones exploratorias ocurre más frecuentemente en empresas con una política tecnológica agresiva y una masa crítica de especialistas técnicos representativos de recursos de conocimiento diversos. La disponibilidad de experiencia en múltiples áreas científicas permite de-

sarrollar nuevo conocimiento y expandir el actual mediante la fertilización cruzada de ideas.

Este desigual impacto de la variedad tecnológica sobre la exploración y explotación puede venir explicado además por las diferentes formas de diversificación. Tanto la diversificación «relacionada» como la «no relacionada» benefician la exploración. La incorporación de nuevo conocimiento relacionado con el sistema tecnológico existente en la empresa promueve la capacidad de absorción que permite la captación de oportunidades, es decir, del potencial comercial de los avances tecnológicos, así como la utilización efectiva y creativa del nuevo conocimiento para el desarrollo de innovaciones (Cohen y Levinthal, 1990). Por su parte, aunque la ampliación de la base tecnológica en campos no relacionados implica mayores costes de integración, su presencia en cierto grado ofrece oportunidades para experimentar nuevas combinaciones y obtener soluciones novedosas para problemas complejos que desemboquen en innovaciones exploratorias (March, 1991; Schidt, Maula y Keil, 2005).

En cambio, como complemento a una estrategia de especialización, sólo la diversificación tecnológica «relacionada» puede tener un impacto positivo en la explotación, pues la incorporación de tecnologías similares puede enriquecer y reforzar el comportamiento de «búsqueda local». Sin embargo, la incidencia de la diversificación relacionada en la explotación puede ser menor que en la exploración. En un primer momento, la diversificación tecnológica, aunque relacionada, introduce una heterogeneidad en los proyectos de investigación y una modificación en la organización de las actividades de I+D que favorecen la fertilización cruzada entre los campos técnicos y el desarrollo de invenciones exploratorias (Christensen, 2002b). Las nuevas tecnologías que conduzcan a resultados satisfactorios se mantendrán en la empresa (Fai, 2003), y a través de la repetición, replicación y práctica se irán integrando progresivamente en las competencias centrales, a la vez que potenciarán la capacidad de innovación explotativa y el desarrollo de mejoras incrementales (Malerba, 1992; Lee y Fixson, 2006).

Ahora bien, aplicando los argumentos utilizados en la formulación de la primera hipótesis, es posible aceptar que la diversificación del portafolio tecnológico relacionada y no relacionada no influyen linealmente en el resultado innovador. En relación con la expansión relacionada, la adquisición de conocimiento similar facilita la integración y el aprendizaje (Kogut y Zander, 1992); pero si dicho conocimiento se encuentra excesivamente relacionado con la base tecnológica existente en la empresa se limitan las posibilidades de fertilización cruzada entre los distintos campos técnicos, de adopción de nuevos enfoques en la solución de problemas, a la vez que se fomenta el estancamiento (efecto *lock-in*) y la aparición de rigideces en las competencias centrales (Leonard-Barton, 1992). Por su parte, la diversificación no relacionada en un cierto nivel favorece el aprendizaje exploratorio. Sin embargo, si la empresa evita la dinámica reproductiva, de consolidación de las tecnologías adquiridas, mediante la búsqueda continua de campos inconexos, surgen problemas de asimilación y sobrecarga de información, decrece la coherencia del portafolio tecnológico y se limitan las posibilidades de lograr economías de

escala y alcance (Kogut y Zander, 1992; Levinthal y March, 1993; Christensen, 2002a).

Los argumentos previos nos conducen a formular las siguientes hipótesis:

Hipótesis 2. La diversificación tecnológica (relacionada y no relacionada) influye de forma no lineal (U invertida) en la capacidad de innovación exploratoria.

Hipótesis 3. La diversificación tecnológica relacionada influye de forma no lineal (U invertida) en la capacidad de innovación explotativa.

Hipótesis 4. La diversificación tecnológica relacionada tiene un efecto mayor en la capacidad de innovación exploratoria que en la de naturaleza explotativa.

3. Estudio empírico

3.1. MARCO DE INVESTIGACIÓN

Nuestro estudio se centra en el sector biotecnológico para contrastar las hipótesis formuladas acerca de los efectos de la diversificación tecnológica en el nivel y tipos de capacidades de innovación. Algunos factores y rasgos justifican la importancia de promover la innovación y la variedad de tecnologías en el sector seleccionado. La biotecnología es en sí una tecnología revolucionaria, donde las rápidas innovaciones radicales amenazan en convertir obsoletos los productos actuales en períodos de tiempo relativamente cortos. De este modo, sostener una ventaja competitiva exige un esfuerzo continuo para el desarrollo de proyectos de I+D que den como resultados productos valiosos y patentables (Powell *et al.*, 1996).

Por otro lado, actualmente la investigación en el sector biotecnológico depende de una diversidad de competencias y de un amplio sistema de conocimientos (biología molecular, microbiología, enzimología, biología celular, etc.), donde cada componente posee su propia dinámica en relación con otras disciplinas. Esta variedad ha sido un fenómeno creciente a lo largo del tiempo. En los inicios, principios de los años setenta, comparado con otras industrias (farmacéutica, síntesis química, etc.), el sector biotecnológico se fundamentaba en una teoría relativamente inmadura y una escasa experiencia práctica. Esta débil base de conocimiento asociada a las actividades de investigación y producción significaba la existencia de una limitada habilidad para integrar disciplinas y generar nuevo conocimiento relevante (Pisano, 1994). Sin embargo, desde mediados de los setenta, la aparición de avances sustanciales en los campos de la fisiología, enzimología, biología celular, bioingeniería, etc., posibilitaron un gran progreso en la habilidad de entender los mecanismos de acción de algunas drogas existentes y tuvieron un gran impacto en el proceso de descubrimiento de otras nuevas. Estos avances explican que la investigación actual en biotecnología necesita como *input* especialistas en un amplio rango de disciplinas, creciendo la importancia de las economías

de alcance (Henderson y Cockburn, 1996; Cockburn y Henderson, 2001; Malerba y Orsenigo, 2002).

La juventud de las empresas biotecnológicas hace de ellas un excelente contexto en el cual estudiar los procesos organizativos que influyen en la acumulación inicial de las capacidades (Pisano, 2002:129). Esta realidad junto a la progresiva diversidad de conocimientos científicos y técnicos experimentados por el sector, justifican su elección como marco de investigación para contrastar los efectos de la diversificación tecnológica en la capacidad de innovación en el período 1976-2002.

3.2. DATOS DE PATENTES

Los datos de patentes representan la principal fuente de información de nuestro estudio. Aunque las patentes tienen ciertas limitaciones³, existe un gran consenso al identificarlas como un buen indicador de la capacidad de innovación de las empresas. Cuando una empresa solicita una patente en un campo tecnológico determinado significa que está próxima a la frontera tecnológica y que posee competencias tecnológicas avanzadas (Breschi *et al.*, 2003). Algunos autores que son críticos con el uso de patentes, admiten que esta medida puede ser un indicador apropiado en el contexto de muchos sectores de alta tecnología (Mansfield, 1986). Comparado con el uso exclusivo de los gastos de I+D, las patentes ofrecen una información más rica de las fortalezas de una empresa en relación con su base tecnológica (Silverman, 1999). Entre los datos disponibles en los documentos de patentes, los códigos de clasificación identifican los tipos de tecnología insertos en la invención. Las subclases de patentes se pueden observar como el proceso indirecto de recombinación y aprendizaje efectuado por la empresa (Fleming, 2001).

La medida que utilizaremos para la «diversificación tecnológica» supone un avance con respecto a la investigación existente sobre sus efectos en la innovación, la cual captura dicho concepto parcialmente mediante la variedad de especialistas técnicos o socios colaboradores. Como una invención, es posible considerar a la patente como el resultado final de un proyecto de investigación. Por lo tanto, los códigos de clasificación de tecnologías mostrados en las patentes pueden ser utilizados para observar de manera más integral la diversidad tecnológica procedente de cualquier fuente (alianzas, personal interno de I+D, etc.).

Dado que el presente estudio analiza una muestra internacional de empresas, el problema de las diferentes legislaciones sobre propiedad industrial es superado con el uso de información procedente de una única oficina de paten-

³ Algunas limitaciones de las patentes son (Silverman, 1999): a) parte del conocimiento técnico de las empresas permanecen no patentado, bien porque no es posible o porque se decide mantener en secreto industrial; b) pueden existir diferencias entre empresas e industrias en la propensión a patentar.

tes, de modo que ayude a mantener cierto grado de consistencia y comparabilidad. En nuestro caso, hemos considerado adecuado seleccionar la oficina de patentes norteamericana, *the United States Patent and Trademark Office* (USPTO). Esto puede implicar un sesgo a favor de las empresas de Estados Unidos (EEUU). Pero teniendo en cuenta la importancia y la sofisticación tecnológica del mercado norteamericano, la superior protección ofrecida por sus autoridades, es razonable asumir que las invenciones patentadas en EEUU tienen el mayor impacto económico y tecnológico, y es frecuentemente una obligación para las empresas no estadounidenses solicitar patentes en dicho país (Hagedoorn y Cloudt, 2003; Cantwell y Vertova, 2004). La USPTO asigna a cada patente múltiples subclases de tecnologías contempladas en una clasificación que es actualizada cada año a medida que se producen cambios tecnológicos en las industrias; todas las patentes son revisadas para asignarles si procede los nuevos códigos. Esta actualización retrospectiva permite una consistencia histórica en la medición y observación de la información para la realización de estudios longitudinales (Fleming, 2001).

3.3. MUESTRA

La unidad de análisis del estudio es empresa-año. Para ello, se han agregado por cada año las patentes aprobadas de la empresa, lo cual proporciona una visión de las estrategias de innovación que predominan en la compañía (Rosenkopf y Nerkar, 2001). La muestra de empresas dedicadas a la biotecnología (EDB) fue construida a partir de información procedente de la *United States Patent and Trademark Office*.

Las patentes biotecnológicas se asignan frecuentemente al código 435 de la clasificación de la USPTO. Esta oficina ofrece una lista de empresas y otras organizaciones (universidades, laboratorios de investigación, etc.) que tienen al menos cinco patentes aprobadas durante el período 1969-2003 en todos los códigos de la clasificación.

La lista relacionada con el código 435 durante dicho intervalo de tiempo muestra un total de 1.239 organizaciones. A partir de esta información, realizamos búsquedas en diversas bases de datos, tales como *CorpTech Explore*, *D&B International Million Dollar Database*, *Amadeus* y *Worldscope*, para identificar empresas completamente dedicadas a la actividad biotecnológica⁴.

⁴ Las «empresas completamente dedicadas a la biotecnología» son aquellas que hacen de la investigación biotecnológica su principal y única actividad (Asebio, 2006:44). De la muestra excluimos por tanto las «empresas parcialmente dedicadas a la biotecnología», que son aquellas que están ligadas a la biotecnología en algún punto de su cadena de valor pero no constituye su actividad principal, y las «empresas usuarias de biotecnología» entre las que se encuentran compañías del sector químico, farmacéutico, agroalimentario, etc.

En cuanto al término biotecnología significa, aún hoy, diversas cosas para distintos grupos o individuos. En los Estados Unidos, el Congreso, implicado de modo creciente en las cuestiones de políticas públicas relacionadas con la biotecnología, ha procurado definir el estatuto de los productos biotecnológicos como «aquéllos que son manufacturados primariamente por la vía del ADN

Mediante este proceso se confeccionó una segunda lista de carácter internacional con un total de 514 EDB. Información histórica obtenida de las bases *Mergerstat*, *CorpTech Explore* y *Worldscope* permitió conocer las empresas que estaban inactivas bien porque fracasaron, bien porque participaron en transacciones de fusiones y adquisiciones. Estas compañías no fueron excluidas del marco de la investigación para evitar el sesgo de supervivencia. Además, mediante el directorio internacional *Corporate Affiliations* se identificaron empresas que realmente eran subsidiarias de otras, lo cual permitió agregar la información de patentes al ámbito corporativo. Tras la consulta a las bases de datos ya citadas se logró reunir información de las variables de control, durante el período 1976-2002, para 129 bioempresas matrices, de las cuales 111 eran de Estados Unidos, 4 canadienses, 12 europeas y 2 australianas. Las 129 compañías fueron incluidas en la muestra final, y representan tanto empresas privadas como empresas que cotizan en bolsa. La recogida de información de las variables dependientes y de la principal variable independiente fue efectuada durante el primer semestre de 2005. En esa fecha, el número de patentes aprobadas por las empresas después del año 2002 era muy reducido, la mayoría de las solicitudes se encontraban en fase de evaluación. Este hecho justifica que el período de estudio se cierre en 2002. Dado que utilizamos variables independientes y de control retardadas (en particular, dos retardos de la variable «diversificación tecnológica»), se pierden las dos primeras observaciones de la variable dependiente de cada empresa. Como resultado, el número total de observaciones para las 129 empresas en el período 1976-2002 es 965. El número de observaciones (años) no es igual para todas las empresas. Dicho número será menor para las empresas que fueron fundadas con posterioridad al año 1976, o que fracasaron, se fusionaron o fueron absorbidas antes del año 2002. En cualquier caso, ninguna empresa de la muestra presenta un número inferior a cinco observaciones.

3.4. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

Capacidad de innovación. Esta variable dependiente representa el número total de patentes obtenidas en cada año por una empresa, independientemente del código de la clasificación de tecnologías presente en ellas. Para analizar el efecto de la diversidad de conocimiento en esta variable, en el cálculo del computo anual se ha utilizado la fecha de solicitud de la patente aprobada. De este modo, se refleja más fielmente el momento en que los proyectos de investigación fueron llevados a cabo. Para calcular esta variable, realiza-

recombinante, del ARN recombinante, de la tecnología de los hibridomas —proceso de fusión celular— y por otros procesos que implican técnicas específicas de manipulación genética» (COTEC, 1997:9). La Asociación Española de Bioempresas (Asebio, 2002:269) define a la biotecnología como «toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados, para la creación o modificación de productos o procesos en usos específicos».

mos búsquedas en la base de datos en línea de la USPTO que incluye todas las patentes solicitadas y aprobadas desde 1976 a la actualidad. Nos centramos en el período de análisis 1976-2002.

Capacidad de innovación explotativa y exploratoria (variables dependientes). El total de patentes obtenidas por cada empresa fue clasificado en dos grupos: invenciones exploratorias e invenciones basadas en la explotación. Para realizar esta distinción nos apoyamos en la información sobre citación que contiene cada patente. La capacidad de innovación exploratoria representa la habilidad de realizar búsquedas extensivas que den como resultado nuevos métodos o materiales tecnológicamente distantes de las actividades pasadas de la empresa. En cambio, las invenciones fundamentadas en la explotación mejoran los métodos y materiales utilizando el conocimiento acumulado. Siguiendo la definición propuesta por diversos estudios (Sørensen y Stuart, 2000; Benner y Tushman, 2002), la «capacidad de innovación exploratoria» se ha estimado mediante el número de patentes que se aleja completamente del *stock* previo de conocimientos, esto es, el número de patentes en cada año que no contiene citas repetidas o auto-citas (incluso aunque la propia patente de la empresa no hubiera sido citada previamente). Las patentes que la empresa había citado previamente (citas repetidas) o representaban invenciones previas de ella (auto-citas) conforman la base de conocimiento existente en la empresa. De este modo, la «capacidad de innovación explotativa» es el número de patentes en cada año que incluye una o más citas repetidas o autocitas.

Diversificación tecnológica (variable independiente). Existen diversos indicadores alternativos para medir la diversidad tecnológica. En este trabajo se ha seleccionado el *índice de entropía de diversificación Jacquemin-Berry* (Jacquemin y Berry, 1979), utilizado tradicionalmente para medir el grado de diversificación corporativa. Esta medida además de capturar la diversidad total, permite descomponer ésta en diversificación «relacionada» y «no relacionada». Se considerarán tecnologías relacionadas aquéllas que pertenezcan a un mismo grupo homogéneo. El índice de entropía de Jacquemin-Berry se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Diversificación Tecnológica Total} \quad \text{DTT: } \sum_{i=1}^N P_i * \ln(1/P_i)$$

$$\text{Diversificación Tecnológica Relacionada} \quad \text{DTR: } \sum_{j=1}^M \text{DTR}_j * P_j$$

$$\text{donde} \quad \text{DTR}_j: \sum_{i \in j} P_i^j * \ln(1/P_i^j)$$

$$\text{Diversificación Tecnológica No Relacionada DTNR: } \sum_{i=1}^M P_j * \ln(1/P_j)$$

donde: M es el número de grupos tecnológicos; N el número subcampos tecnológicos; P_i denota la proporción de patentes de una empresa en el subcampo tecnológico i; P_j es el porcentaje o representatividad de las patentes del grupo j sobre las patentes totales de la empresa; P_i^j es el porcentaje o representatividad de las patentes del subcampo tecnológico i en el grupo tecnológico j al que pertenece.

El indicador tendrá un valor 0 cuando la empresa patente en una única tecnología, y tomará un valor creciente a medida que aumenta el nivel de diversificación⁵.

Para el cálculo de la diversificación tecnológica se han utilizado diversas taxonomías de patentes que distinguen por ejemplo treinta clases (OCDE), treinta y cuatro (SPRU), etc. Consideramos que estas clasificaciones son excesivamente globales y muy próximas a la idea de categoría sectorial, de modo que la diversidad tecnológica se convierte en un concepto muy próximo al de diversificación de mercados. Ello no permite, además, efectuar una exploración en profundidad de cómo la interacción de las componentes de conocimiento impacta en el proceso innovador. Así, resulta más interesante considerar una taxonomía más detallada que muestre los subcampos tecnológicos. En este trabajo, hemos utilizado la clasificación USPTO de tres dígitos que comprende alrededor de 400 tecnologías (subcampos tecnológicos i). Estas tecnologías se encuentran a su vez agregadas en grupos tecnológicos (j), los cuales se han utilizado para identificar las tecnologías relacionadas⁶.

Al igual que en estudios previos (Argyres, 1996), las patentes asignadas a más de un campo técnico han sido tratadas como una solicitud diferente para capturar mejor la diversidad de conocimiento. El índice de entropía de diversificación Jacquemin-Berry se ha computado teniendo en cuenta los subcampos tecnológicos del total de patentes acumuladas por una empresa hasta el año de observación.

⁵ Otra medida de diversidad muy utilizada es el *índice de diversificación Herfindahl*, cuya expresión es la siguiente: $D = 1 - HHI = 1 - \sum_i P_i^2$, siendo P_i la proporción de patentes de una empresa en el campo técnico i. Este índice toma valores entre [0-1], representando 0 el caso de máxima concentración. El principal inconveniente de este indicador es que no permite descomponer la diversificación total en diversidad relacionada y no relacionada.

⁶ El sistema de clasificación de la USPTO se compone de cuatro grandes grupos tecnológicos: Grupo I: química y técnicas relacionadas; Grupo II: comunicaciones, energía radiante, armas, electricidad y técnicas relacionadas; Grupo III: tratamiento y cuidado corporal, frío y calor, tratamiento de materiales, fabricación mecánica, energía mecánica, estática y técnicas relacionadas; Grupo IV: diseño industrial. Estos grandes grupos se dividen a su vez en subgrupos compuestos ya por las tecnologías codificadas con tres dígitos. Son estos subgrupos tecnológicos los que hemos considerado como «grupos tecnológicos (j)» para calcular el índice de entropía de diversificación.

Se puede asumir que la variedad de conocimiento acumulada influye positivamente en los sucesivos proyectos de investigación desarrollados por la empresa, ya que lo que una organización sabe hacer es una función de lo que ha aprendido previamente (Pisano, 2002). Por ello, la diversificación tecnológica total, relacionada y no relacionada son variables retardadas un período (para homogeneizar, el resto de variables de control también están retardadas un año). Dicho retardo permite además reducir el riesgo de causalidad reversa. Adicionalmente, se ha incorporado un segundo retardo de tales variables independientes para tener en cuenta en mayor medida los efectos de los proyectos de investigación que en ocasiones pueden durar un período superior al año. Por último, se ha incluido en el modelo el cuadrado de cada una de las variables representativas de diversificación tecnológica para contrastar la relación curvilínea en forma de U invertida planteada en las hipótesis.

Variables de control. Son numerosos los factores, más allá de la variedad tecnológica, que pueden incidir en la capacidad de innovación. Por ello, hemos incluido diversas variables de control retardadas en el panel de datos relacionadas con cambios que pueden experimentar las empresas a lo largo del tiempo, tales como la intensidad en investigación y desarrollo (I+D), número de empleados y *stock* de patentes.

La intensidad en I+D se ha utilizado en muchos estudios como una variable de aproximación al nivel de oportunidad tecnológica. Para medir tal intensidad, hemos incluido el porcentaje de gastos de I+D (en millones de dólares) sobre la cifra de ventas facturadas (en millones de dólares). El número de empleados es útil para controlar diferencias de dimensión entre las empresas. La información relativa a estas variables (gastos de I+D, ventas facturadas, y número de empleados) se obtuvo de las bases de datos *Compustat*, *Worldscope* e *Investext Plus*.

También se ha incorporado al modelo la variable de control «*stock* de patentes» que recoge el número total de patentes que la empresa posee en t-1 (por tanto es la suma de las patentes exploratorias y explotativas). El *stock* de patentes está relacionado con las condiciones acumulativas del aprendizaje. El conocimiento previo acumulado permite a la empresa efectuar una mejor evaluación de la relevancia de los avances tecnológicos, e identificar oportunidades que puedan ser capitalizadas en forma de innovaciones. Además, esta variable al capturar el número total de invenciones exploratorias y explotativas en t-1, supone un control adicional para compensar la potencial heterogeneidad no observada.

Por último, para controlar las «diferencias institucionales» se ha incluido una variable ficticia que distingue entre empresas biotecnológicas estadounidenses (valor 1) y no estadounidenses (Rothaermel y Deeds, 2004). Las disimilitudes entre países en su marco institucional, conformado por la legislación sobre propiedad intelectual, el sistema educativo, la cultura de cooperación universidad-empresa, etc., justifican la importancia de la localización geográfica (Nelson, 1994; Teece *et al.*, 1997). Las pautas en la investigación biotecnológica están relacionadas con la configuración de los sistemas nacionales de innovación que apoyan (o inhiben) la acumulación y difusión

del conocimiento científico y tecnológico (Bartholomew, 1997; Quintana y Benavides, 2004).

3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO

Las variables dependientes del estudio representan el número total de invenciones, y dentro de éste, el número total de invenciones explotativas y exploratorias. Dichas variables toman sólo valores discretos positivos, muestran una gran dispersión y tienen una naturaleza longitudinal. Estos hechos dificultan la utilización del modelo de regresión lineal general que asume homoscedasticidad y errores normalmente distribuidos, siendo más apropiados los modelos de recuento (*count models*). Entre ellos, el modelo de Poisson requiere que la media y la varianza de la distribución observada sean iguales (Long, 1997). Para ajustar la dispersión, hemos utilizado el modelo binomial negativo, que es una generalización del modelo de Poisson que relaja la asunción de igualdad entre la media y la varianza (Hausman *et al.*, 1984). Con el objetivo de controlar la heterogeneidad empresarial se ha aplicado la ecuación de estimación generalizada (*generalized estimating equation*, GEE). Este método es útil cuando no se cumple el supuesto de independencia entre las observaciones, y toma en consideración la correlación existente entre los datos del mismo conglomerado (datos sobre la misma empresa durante sucesivos períodos de tiempo), suministrando estimaciones mejoradas de los errores estándares (Liang y Zeger, 1986; Zorn, 2001). La ecuación de estimación generalizada es menos intensiva computacionalmente que los efectos fijos y aleatorios, provocando menos problemas de inestabilidad y convergencia. Los efectos fijos suelen suministrar un mejor control para la heterogeneidad no observada (en nuestro modelo controlada por la variable *stock* de patentes), pero presenta como principal inconveniente que no tiene en cuenta los conglomerados en los que la variable dependiente permanezca invariable durante todo el período analizado (Allison, 2000; Hardin y Hilbe, 2003). Por ejemplo, en la muestra se observa un número de empresas que no alcanzan ninguna patente explorativa en el período de estudio, de utilizar el modelo de efectos fijos, estas empresas serían eliminadas en el proceso de estimación estadística. Por ello, se acepta que el método de la ecuación de estimación generalizada utiliza más eficientemente la información disponible para estimar los coeficientes de regresión. Por su parte, se descartó la utilización del modelo de efectos aleatorios, por considerar a los elementos muestrales procedentes de situaciones distintas y aleatorias, tratando las diferencias entre grupos como realizaciones de una distribución probabilística. Este rasgo elimina la posibilidad de realizar explicaciones alternativas derivadas de las discrepancias entre las empresas.

Complementariamente, en el modelo se ha incorporado una variable ficticia por cada año para controlar aquellos factores que afectan por igual a todas las unidades transversales (empresas) pero que varían a lo largo del tiempo (por ejemplo, magnitudes económicas).

4. Resultados

La tabla 1 muestra los estadísticos descriptivos y las correlaciones para las variables del estudio.

En la tabla 2 se exponen los resultados del análisis de regresión efectuado mediante el modelo binomial negativo haciendo uso de la ecuación de estimación generalizada. Los coeficientes regresores se acompañan de los errores estándares, y se señalan aquéllos que son significativos para un test de dos colas.

Los modelos 1, 3 y 5 incluyen sólo las variables de control. En los modelos 2, 4 y 6 se añaden las variables independientes relativas a los distintos tipos de diversificación tecnológica para poder contrastar las hipótesis formuladas. Se puede observar que, como consecuencia de perder observaciones al incluir dos retardos de las variables independientes, la medida de bondad de ajuste (χ^2 de Wald suministrado por STATA) disminuye ligeramente. De todos modos, los seis modelos estimados son significativos ($p = 0.000$), y gracias a la inclusión de los retardos, los modelos 2, 4 y 6 ganan en poder explicativo sobre la evolución a largo plazo del impacto de la diversidad del portafolio tecnológico en la capacidad de innovación.

La hipótesis 1 proponía que la diversificación tecnológica tiene un efecto positivo en la capacidad de innovación de las empresas, aunque no con una relación lineal, sino en forma de U invertida. Los modelos 1 y 2 representan las regresiones útiles para analizar esta formulación. El coeficiente significativo y positivo de la variable «diversificación tecnológica total» demuestra los beneficios de la diversidad de los recursos tecnológicos en la capacidad de innovación, pero, al mismo tiempo, el coeficiente del cuadrado de dicha variable es negativo y significativo. Por tanto, podemos aceptar la hipótesis 1 que asume la necesidad de buscar un nivel óptimo de variedad en el portafolio tecnológico de la empresa.

Las hipótesis 2, 3 y 4 analizan el diferente impacto que la diversidad tecnológica tiene en la capacidad de innovación exploratoria y explotativa, para lo cual se efectúa una distinción entre la diversificación relacionada y no relacionada. Los resultados mostrados en el modelo 4 permiten aceptar la hipótesis 2. La diversificación tecnológica tanto relacionada como no relacionada promueve la capacidad de innovación exploratoria; la combinación de ambas potencia la capacidad de absorción y de transformación y adaptación eficiente del conocimiento de la empresa, pero elevados niveles de familiaridad (diversidad relacionada) como de búsqueda de conocimientos excesivamente inconexos (diversificación no relacionada) produce efectos negativos en la exploración. Por su parte, es posible confirmar parcialmente la hipótesis 3. Podemos observar en el modelo 6 que la variable «diversificación tecnológica relacionada» es significativa en su segundo retardo pero no en el primero. Ello induce a pensar que en un primer momento, el incremento en la variedad de los recursos tecnológicos de la empresa no influye en los procesos de aprendizaje explotativo caracterizados por la búsqueda de la mejora y el perfeccionamiento del conocimiento existente en la empresa. Ahora bien, a medi-

TABLA 1.—Estadísticos descriptivos y correlaciones

Variables	Media	D.T.	Mín.	Max.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1. Capacidad de innovación	8.86	20.06	0	244	1.00																			
2. Capacidad de innovación exploratoria	3.76	12.79	0	223	0.84*	1.00																		
3. Capacidad de innovación explotativa	5.13	11.52	0	202	0.80*	0.36*	1.00																	
4. Diversificación tecnológica total (t-1)	1.37	0.52	0	2.54	0.26*	0.16*	0.27*	1.00																
5. Diversificación tecnológica total (t-2)	1.35	0.53	0	2.54	0.23*	0.14*	0.25*	0.89*	1.00															
6. Diversificación tecnológica total ² (t-1)	2.14	1.37	0	6.49	0.28*	0.17*	0.29*	0.96*	0.86*	1.00														
7. Diversificación tecnológica total ² (t-2)	2.10	1.38	0	6.49	0.24*	0.14*	0.26*	0.88*	0.96*	0.91*	1.00													
8. Diversificación tecnológica relacionada (t-1)	0.56	0.34	0	1.63	0.11*	0.32*	0.11*	0.73*	0.66*	0.73*	0.68*	1.00												
9. Diversificación tecnológica relacionada (t-2)	0.55	0.34	0	1.63	0.11*	0.29*	0.17*	0.64*	0.74*	0.65*	0.74*	0.88*	1.00											
10. Diversificación tecnológica relacionada ² (t-1)	0.43	0.41	0	2.68	0.08*	0.30*	0.13*	0.66*	0.61*	0.72*	0.68*	0.93*	0.82*	1.00										
11. Diversificación tecnológica relacionada ² (t-2)	0.42	0.41	0	2.68	0.07*	0.17*	0.15*	0.60*	0.66*	0.66*	0.72*	0.84*	0.92*	0.90*	1.00									
12. Diversificación tecnológica no relacionada (t-1)	0.80	0.35	0	1.62	0.27*	0.26*	0.09*	0.76*	0.67*	0.70*	0.62*	0.12*	0.09	0.08*	0.07*	1.00								
13. Diversificación tecnológica no relacionada (t-2)	0.79	0.35	0	1.62	0.24*	0.19*	0.11*	0.70*	0.76*	0.66*	0.70*	0.14*	0.13*	0.11*	0.09*	0.90*	1.00							
14. Diversificación tecnológica no relacionada ² (t-1)	0.77	0.51	0	2.65	0.31*	0.24*	0.10*	0.71*	0.63*	0.71*	0.63*	0.11*	0.09*	0.07*	0.06*	0.94*	0.85*	1.00						
15. Diversificación tecnológica no relacionada ² (t-2)	0.76	0.61	0	2.65	0.27*	0.21*	0.13*	0.68*	0.72*	0.68*	0.72*	0.15*	0.13*	0.12*	0.09*	0.85*	0.94*	0.89*	1.00					
16. Intensidad en I+D (t-1)	36.72	29.16	0.02	368	0.28*	0.23*	0.27*	0.15*	0.12*	0.16*	0.12*	0.10*	0.17*	0.08*	0.12*	0.12*	0.11*	0.09*	0.10*	1.00				
17. Empleados (t-1)	404.53	961.79	3	7700	0.38*	0.26*	0.37*	0.31*	0.33*	0.36*	0.36*	0.15*	0.16*	0.11*	0.12*	0.31*	0.33*	0.39*	0.40*	0.14*	1.00			
18. Stock de patentes (t-1)	47.17	100.63	0	760	0.44*	0.29*	0.44*	0.31*	0.36*	0.34*	0.38*	0.16*	0.20*	0.13*	0.16*	0.30*	0.34*	0.39*	0.15*	0.51*	1.00			
19. Diferencias institucionales	0.88	0.31	0	1	0.09*	0.05*	0.10*	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.00	0.01	0.00	0.03	0.09*	1.00		

* p < .05 D.T.: desviación típica

TABLA 2.—Estimación de los modelos de regresión

	Capacidad de innovación		Capacidad de innovación exploratoria		Capacidad de innovación explotativa	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Diversificación tecnológica total (t-1)		0.390*** (0.059)				
Diversificación tecnológica total (t-2)		0.147** (0.050)				
Diversificación tecnológica total ² (t-1)		-0.102*** (0.015)				
Diversificación tecnológica total ² (t-2)		-0.029* (0.013)				
Diversificación tecnológica relacionada (t-1)				1.219*** (0.156)		0.085 (0.090)
Diversificación tecnológica relacionada (t-2)				0.619*** (0.111)		0.204* (0.088)
Diversificación tecnológica relacionada ² (t-1)				-1.060*** (0.122)		-0.074 (0.067)
Diversificación tecnológica relacionada ² (t-2)				-0.774*** (0.091)		-0.108** (0.044)
Diversificación tecnológica no relacionada (t-1)				1.022*** (0.158)		0.164 (0.118)
Diversificación tecnológica no relacionada (t-2)				0.356** (0.103)		0.115 (0.085)
Diversificación tecnológica no relacionada ² (t-1)				0.951*** (0.075)		0.080 (0.062)
Diversificación tecnológica no relacionada ² (t-2)				-0.529*** (0.061)		-0.014 (0.071)
Intensidad en I+D (t-1)	0.063* (0.023)	0.008* (0.002)	0.019** (0.009)	0.069*** (0.001)	0.027* (0.036)	0.019* (0.003)
Empleados (t-1)	0.042*** (0.000)	0.025*** (0.001)	0.019*** (0.000)	0.024*** (0.003)	0.027*** (0.000)	0.019*** (0.000)
Stock de patentes (t-1)	0.067*** (0.002)	0.059*** (0.000)	0.062*** (0.003)	0.091*** (0.004)	0.060*** (0.002)	0.038*** (0.002)
Diferencias institucionales	0.029* (0.016)	0.067*** (0.016)	0.169*** (0.029)	0.154*** (0.022)	0.107*** (0.029)	0.097** (0.028)
Variables ficticias por año (25 años)	17 años*	13 años*	18 años*	15 años*	11 años*	7 años*
Constante	-0.571*** (0.012)	-0.803*** (0.042)	-0.475*** (0.033)	-1.093*** (0.063)	-0.643*** (0.033)	-0.622*** (0.048)
N (número de empresas-año)	1254	965	1254	965	1254	965
Número de empresas	129	129	129	129	129	129
Chi-cuadrado de Wald	1021.04	962.53	998.20	968.17	1005.68	945.31
(Valor p)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)

Notas:

Los errores estándares se muestran entre paréntesis debajo de los coeficientes de regresión

*** p < .001 ** p < .01 * p < .05 † p < .10 (test de dos colas).

da que se adquiere experiencia sobre las nuevas tecnologías, éstas se van integrando y consolidando en todos los proyectos de investigación beneficiando tanto la exploración como la explotación. En esta ocasión, también se constata la relación curvilínea en forma de U invertida entre la diversificación tecnológica relacionada y la capacidad de innovación explotativa. Como se argumentaba en el marco teórico, la diversidad tecnológica no relacionada no incide en dicha capacidad.

Comparando los modelos 4 y 6 se puede aceptar que la diversidad tecnológica relacionada tiene un efecto mayor en la capacidad de innovación exploratoria que en la de carácter explotativo (hipótesis 4). El primer retardo de la variable diversificación tecnológica relacionada es sólo significativo para la exploración (modelo 4). Por lo que respecta al coeficiente del segundo retardo, es positivo y significativo en ambos modelos, pero el coeficiente para la exploración (modelo 4: $\beta = 0.619$, $p < 0.001$) es superior que para la explotación (modelo 6: $\beta = 0.204$, $p < 0.05$). Aplicando un test de Wald de igualdad entre ambos coeficientes, se obtiene un χ^2 de 31.92 con un grado de libertad, el cual se rechaza con una $p < 0.001$. Por tanto, las empresas diversificadas tecnológicamente innovan a una escala superior que las que presentan más concentración en su base de conocimiento, pero además tienen una habilidad superior para generar soluciones novedales con respecto al conocimiento previamente acumulado. Ello significa que promover la variedad de tecnologías en un grado óptimo puede evitar rigideces en las competencias esenciales mediante la renovación de las rutinas inherentes a los procesos de innovación.

En relación con las variables de control, en la tabla 2 se puede observar como la intensidad en I+D es significativa en todos los modelos. Además, las grandes empresas patentan a una tasa superior a la de las pequeñas, midiendo la dimensión a través del número de empleados. El *stock* de patentes, como indicador de la experiencia de la empresa, muestra el efecto positivo esperado en ambos tipos de capacidad de innovación. Finalmente, el marco institucional de EE.UU. parece promover mejor el *stock* y flujo de conocimientos tecnológicos. Comparado con Europa u otros contextos territoriales, el liderazgo actual del mercado norteamericano parece fundamentarse en rasgos tales como: la proliferación de nuevas empresas de base tecnológica (*start-ups*) apoyadas por académicos emprendedores, una próxima cooperación entre la universidad y la industria que facilita la conversión de descubrimientos científicos en oportunidades comerciales, un mercado laboral dinámico y un adecuado mercado financiero (capital riesgo) entre otras cuestiones (Bartholomew, 1997; Henderson *et al.*, 1999; Quintana y Benavides, 2004).

5. Discusión y conclusión

El presente artículo se ha centrado en determinar la influencia que la diversidad en el portafolio tecnológico puede tener en la propensión a innovar. Este estudio tiene implicaciones para la teoría del aprendizaje organizacional y representa un avance en el conocimiento de las rutas concretas que conducen a tipos específicos de capacidad de innovación. Los resultados

muestran que un sistema tecnológico diversificado mantiene una relación curvilínea (forma de U invertida) con la intensidad innovadora de una empresa. Esta evidencia confirma la premisa teórica acerca del valor de crear un conglomerado de competencias que posibilite la efectiva utilización de nuevo conocimiento, y favorezca la acumulación de capacidad de absorción que permita predecir la naturaleza y el potencial de comercialización de los avances tecnológicos (Cohen y Levinthal, 1990; Levinthal y March, 1993). En efecto, es necesario fomentar una configuración óptima (en términos de variedad) del portafolio tecnológico para generar complementariedades y soluciones novedosas y acelerar el ratio de invención. Situaciones extremas de baja o excesiva diversidad perjudican los procesos de innovación. Así, las aplicaciones repetidas de un conjunto particular de tecnologías eventualmente inhiben el desarrollo de nuevas combinaciones (Kim y Kogut, 1996). Por otro lado, una gran diversidad conduce a problemas organizativos, elevados costes de integración, riesgos, y limitaciones en la capacidad de absorción.

Además, este estudio contribuye al conocimiento de los efectos de la diversificación tecnológica en la exploración y la explotación. Aceptando un comportamiento no lineal, la diversidad relacionada de recursos tecnológicos influye en mayor medida en la capacidad de innovación exploratoria que en la explotativa. Esto supone que la exploración demanda más información y la exposición a una multiplicidad de tecnologías con las cuales resolver problemas complejos, e incluso se beneficia de la incorporación en cierto grado de tecnologías no relacionadas con el *stock* de conocimientos de la empresa. En efecto, experimentar con clases tecnológicas no relacionadas con dicho *stock*, amplía el alcance de los proyectos de investigación y posibilita el contacto con otros agentes (empresas, universidades, etc.) distantes tecnológicamente, lo que favorece la obtención de invenciones con un elevado grado de novedad (Cusmano, 2000). En cambio, la diversificación tecnológica no relacionada no incide significativamente en la explotación. La incorporación en la empresa de tecnologías no relacionadas con su base de conocimiento, no promueve la búsqueda de soluciones familiares, el refuerzo de las competencias centrales a través de combinaciones complementarias, y por tanto, no fomenta las mejoras incrementales representativas de las invenciones explotativas (Lee y Fixson, 2006).

Esta investigación también tiene implicaciones para la práctica. Las empresas deberían reconocer que desarrollar una base amplia de conocimiento tecnológico para incorporar fuentes de variación y nuevas combinaciones, puede tener una influencia distinta en las invenciones exploratorias y explotativas. Esta cuestión es relevante y crea un dilema en el diseño de los programas de investigación. La exploración y la explotación comprenden decisiones y procesos de adopción específicos que involucran diferentes niveles de riesgo y ambigüedad. Diversificar la base de conocimiento tecnológico para potenciar las invenciones exploratorias requiere una gran inversión en diferentes proyectos de investigación, y en mecanismos de procesamiento de información así como de integración para asegurar la fertilización cruzada y la combinación de diferentes tecnologías. La heterogeneidad necesita una inversión explícita en actividades cognitivas para gestionar los diferentes con-

textos, y potenciar capacidades específicas. El nivel de tal inversión será menor cuando la empresa tienda a actuar mediante los procedimientos conocidos y la experiencia acumulada (Zollo y Winter, 2002). Por tanto, la exploración genera unos beneficios más distantes en el tiempo que la explotación, pero mejora la habilidad de adaptarse al entorno cambiante (McGrath, 2001). En un contexto en que las condiciones competitivas y tecnológicas están sujetas a rápidos cambios, las mejoras incrementales en las mismas rutinas pueden tener efectos negativos sobre la organización (Zollo y Winter, 2002: 341). Ahora bien, la explotación es también requerida para proveer soluciones eficientes y apoyar la viabilidad actual de la empresa mediante retornos ciertos y cercanos. De este modo, las empresas, de acuerdo a sus objetivos específicos relacionados con el equilibrio entre la exploración y la explotación, tendrán que determinar la configuración y el grado de heterogeneidad necesario en el portafolio tecnológico.

A pesar de los argumentos anteriores, reconocemos la existencia de una serie de limitaciones en el presente estudio. Así, el análisis se centra en un único sector, el biotecnológico. Sus características singulares dificultan la generalización de las conclusiones a otras industrias. Por ello, sería interesante examinar, en investigaciones futuras, otras industrias que permitan identificar diferencias sectoriales en la importancia de la diversificación tecnológica y su impacto en el rendimiento innovador. Otra limitación viene dada por el uso de las patentes para medir las variables principales. Un inconveniente generalmente apuntado es que parte del conocimiento no se patenta, porque no es posible o porque la empresa decide mantenerlo en secreto industrial. Así pues, parte de la actividad inventiva permanece sin observar. Además, las patentes no son útiles para analizar la radicalidad de las innovaciones desde la perspectiva comercial. Aunque la biotecnología es un sector basado en la ciencia, la radicalidad de las innovaciones puede no estar exactamente relacionada con la novedad de las invenciones. Futuras investigaciones podrían medir cómo la diversidad tecnológica complementa a las competencias de producción y comercialización (*downstream competentes*) para promover diferentes tipos de innovación. Esta cuestión sería interesante estudiarla mediante la combinación de fuentes primarias y secundarias de información.

La investigación sobre diversificación tecnológica (relacionada y no relacionada) también se podría conectar con los modelos evolucionistas del cambio técnico (Dosi, 1982; Nelson y Winter, 1982; Sahal, 1985). Los requerimientos de diversidad tecnológica pueden depender de la evolución y madurez de los paradigmas tecnológicos. En períodos pre-paradigmáticos o de madurez (saturación), la especialización en unos pocos campos técnicos es una estrategia arriesgada porque la inestabilidad del entorno puede llevar a las empresas a adoptar trayectorias tecnológicas que finalmente no sean aceptadas por el mercado (Nesta y Dibiaggio, 2003). En cambio, con la emergencia de un paradigma dominante, las empresas pueden cesar en la inversión en aprendizaje y concentrarse en las tecnologías más productivas, dando como resultado innovaciones más incrementales.

Así mismo, resulta interesante ligar el estudio de la diversificación tecnológica al de la diversificación de productos. En este trabajo se pone de manifiesto

cómo una estrategia óptima de diversificación tecnológica influye positivamente en la capacidad de innovación. En cambio, de manera general se acepta que es más bien la concentración de productos lo que incentiva la innovación. Esto, sin embargo, no representa una contradicción, debido a que el conocimiento tecnológico y de mercado de productos se originan en diferentes etapas de la cadena de valor (García-Vega, 2006). La evidencia empírica demuestra que el rendimiento de las empresas mejora cuando se concentra en los productos representativos de sus competencias centrales a la vez que mantienen un amplio espectro de competencias tecnológicas (Granstrand *et al.*, 1997; Patel y Pavitt, 1997; Gambardella y Torrisi, 1998). Una mayor comprensión de esta relación inversa requiere profundizar acerca del proceso de selección e integración de las tecnologías en las innovaciones de producto, y de cómo aspectos tales como el ciclo de vida del producto moderan dicha relación.

Este trabajo contribuye a mejorar el conocimiento de las relaciones existentes entre la diversidad del portafolio tecnológico y tipos particulares de capacidades de innovación. Las evidencias empíricas ofrecidas tienen implicaciones teóricas y gerenciales al demostrar que la búsqueda de la variedad puede afectar al equilibrio entre la explotación y la exploración. Estos resultados representan una motivación para continuar el estudio de líneas prometedoras de investigación.

Referencias bibliográficas

- ABERNATHY, W.J. y CLARK, K. (1985), «Innovation: Mapping the winds of creative destruction», *Research Policy*, vol. 14, núm. 1, págs. 3-22.
- AHUJA, G. y LAMPERT, C.M. (2001), «Entrepreneurship in the large corporation: a longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions», *Strategic Management Journal*, vol. 22, núm. 6/7, págs. 521-543.
- ALLISON, P.D. (2000), *Logistic Regression Using the SAS System*. Ed. SAS Institute. Cary, NC.
- ANDERSEN, H.B. y WALSH, V. (2000), «Co-evolution within chemical technology systems: a competence bloc approach», *Industry and Innovation*, vol. 7, núm. 1, págs. 77-115.
- ARGYRES, N. (1996), «Capabilities, technological diversification and divisionalization», *Strategic Management Journal*, vol. 17, núm. 5, págs. 395-410.
- ASEBIO (2002), *Informe ASEBIO 2002*. Ed. Asociación Española de Bioempresas, Antares Consulting, Madrid.
- (2006), *Informe ASEBIO 2005*. Ed. Asociación Española de Bioempresas, Madrid.
- BACHMANN, A. (1998), «Profiles of corporate technological capabilities - a comparison of large British and German pharmaceutical companies», *Technovation*, vol. 18, núm. 10, págs. 593-604.
- BARNEY, J. (1991), «Firm resources and sustained competitive advantage», *Journal of Management*, vol. 17, núm. 1, págs. 99-120.
- BARTHOLOMEW, S. (1997), «National systems of biotechnology innovation: complex interdependence in the global system», *Journal of International Business Studies*, vol. 28, núm. 2, págs. 241-266.
- BENAVIDES VELASCO, C.A. (1998), *Tecnología, innovación y empresa*. Ed. Pirámide, Madrid.

- BENNER, M. y TUSHMAN, M. (2002), «Process Management and Technological Innovation: A Longitudinal Study of the Photography and Paint Industries», *Administrative Science Quarterly*, vol. 47, núm. 4, págs. 676-706.
- (2003), «Exploitation, exploration, and process management: the productivity dilemma revisited», *Academy of Management Review*, vol. 28, núm. 2, págs. 238-256.
- BRESCHI, S.; LISSONI, F. y MALERBA, F. (2003), «Knowledge-relatedness in firm technological diversification», *Research Policy*, vol. 32, núm. 1, págs. 69-87.
- CANTWELL, J.A. y VERTOVA, G. (2004), «Historical evolution of technological diversification», *Research Policy*, vol. 33, núm. 3, págs. 511-529.
- CARDINAL, L.B. (2001), «Technological Innovation in the Pharmaceutical Industry: The Use of Organizational Control in Managing Research and Development», *Organization Science*, vol. 12, núm. 1, págs. 19-36.
- CHRISTENSEN, J.F. (2002a), «Building innovate assets and dynamic coherence in multi-technology companies», en Foss, N.J. y Robertson, P.L. (Eds.), *Resource, Technology and Strategy. Explorations in the resource-based perspective*, Ed. Routledge, Londres, págs. 123-152.
- (2002b), «Corporate strategy and the management of innovation and technology», *Industrial and Corporate Change*, vol. 11, núm. 2, págs. 263-288.
- COCKBURN, I.M. y HENDERSON, R.M. (2001), «Scale, scope in drug development: unpacking the advantages of size in pharmaceutical research», *Journal of Health Economics*, vol. 20, núm. 6, págs. 1033-1057.
- COHEN, W.M. (1995), «Empirical Studies of Innovative Activity», en Stoneman, P. (Ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Ed. Blackwell, Oxford, págs. 82-264.
- COHEN, W.M. y LEVINTHAL, D.A. (1990), «Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation», *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, núm. 1, págs. 128-152.
- COOMBS, R. y METCALFE, S. (2000), «Organising for Innovation: Co-ordinating Distributed Innovation Capabilities», en Foss, N. y Mahnke, V. (Eds.), *Competence, Governance and Entrepreneurship*. Ed. Oxford University Press, Oxford, págs. 209-231.
- COTEC (1997), *Bioteología. Documentos Cotec sobre Oportunidades Tecnológicas*, núm. 10, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- CUSMANO, I. (2000), «Technology policy and co-operative R&D: the role of relational research capacity», *DRUID Winter Conference on Industrial Dynamics*, Hillerød, Dinamarca, enero.
- DANNEELS, E. (2002), «The dynamics of product innovation and firm competences», *Strategic Management Journal*, vol. 23, núm. 1, págs. 1095-1121.
- DAVID, P.A. (1975), *Technical choice, innovation and economic growth*. Ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- (1985), «Clio and the economics of QWERTY», *American Economic Review*, vol. 75, págs. 332-337.
- DEWAR, R.D. y DUTTON, J.E. (1986), «The adoption of radical and incremental innovations: An empirical analysis», *Management Science*, vol. 32, núm. 11, págs. 1422-1433.
- DOSI, G. (1982), «Technological Paradigms and Technological Trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change», *Research Policy*, vol. 11, núm. 3, págs. 147-162
- ETTLIE, J.E.; BRIDGES, W.P. y O'KEEFE, R.D. (1984), «Organization strategy and structural differences for radical versus incremental innovation», *Management Science*, vol. 30, núm. 6, págs. 682-695.

- FAI, F. (2003), *Corporate Technological Competence and the Evolution of Technological Diversification*. Ed. Edward Elgar, Cheltenham.
- FLEMING, L. (2001), «Recombinant uncertainty in technological search», *Management Science*, vol. 47, núm. 1, págs. 117-132.
- FREEMAN, C. y SOETE, L. (1997), *The economics of industrial innovation*. Ed. MIT Press, Cambridge, MA.
- GAMBARDELLA, A. y TORRISI, S. (1998), «Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry», *Research Policy*, vol. 27, núm. 5, págs. 445-463.
- GARCÍA-VEGA, M. (2006), «Does technological diversification promote innovation? An empirical analysis for European firms?», *Research Policy*, vol. 35, núm. 2, págs. 230-246.
- GEMBA, K. y KODAMA, F. (2001), «Diversification dynamics of the Japanese industry», *Research Policy*, vol. 30, núm. 8, págs. 1165-1184.
- GIURI, P.; HAGEDOORN, J. y MARIANI, M. (2002), «Technological diversification and strategic alliances», *Laboratory of Economics and Management Working Paper Series*, no. 2002/4, Pisa.
- GRANSTRAND, O. (1998), «Towards a theory of technology-based firm», *Research Policy*, vol. 27, núm. 5, págs. 465-489.
- GRANSTRAND, O.; PATEL, P. y PAVITT, K. (1997), «Multi-Technology Corporations: Why They Have «Distributed» Rather Than «Distinctive Core» Competencies», *California Management Review*, vol. 39, núm. 4, págs. 8-25.
- HAGEDOORN, J. y CLOODT, M. (2003), «Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators?», *Research Policy*, vol. 32, núm. 8, págs. 1365-1379.
- HARDIN, J.W. y HILBE, J.M. (2003), *Generalized Estimating Equations*. Ed. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.
- HAUSMAN, J.A.; HALL, B.H. y GRILICHES, Z. (1984), «Econometric models for count data with an application to the patents-R&D relationship», *Econometrica*, vol. 52, págs. 909-938.
- HE, Z. y WONG, P. (2004), «Exploration vs. Exploitation: An Empirical Test of the Ambidexterity Hypothesis», *Organization Science*, vol. 15, núm. 4, págs. 481-494.
- HENDERSON, R.M. y CLARK, K. (1990), «Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms», *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, núm. 1, págs. 9-30.
- HENDERSON, R.M. y COCKBURN, I. (1996), «Scale, Scope and Spillovers: The Determinants of Research Productivity in Drug Discovery», *Rand Journal of Economics*, vol. 27, núm. 1, págs. 32-59.
- HENDERSON, R.; ORSENIGO, L. y PISANO, G.P. (1999), «The Pharmaceutical Industry and the Revolution in Molecular Biology: Interactions among Scientific, Institutional, and Organization Change», en Morewy, D.C. y Nelson, R.R. (Eds.), *Sources of Industrial Leadership. Studies of Seven Industries*. Ed. Cambridge University Press, Cambridge, págs. 267-311.
- JACQUEMIN, A.P. y BERRY, C.H. (1979), «Entropy measure of diversification and corporate growth», *Journal of Industrial Economics*, vol. 27, núm. 4, págs. 359-369.
- KATILA, R. y AHUJA, G. (2002), «Something old, something new: a longitudinal study of search behavior and new product introduction», *Academy of Management Journal*, vol. 45, núm. 6, págs. 1186-1194.
- KIM, D. y KOGUT, B. (1996), «Technological platforms and diversification», *Organization Science*, vol. 7, núm. 3, págs. 283-301.
- KOGUT, B. y ZANDER, U. (1992), «Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology», *Organization Science*, vol. 3, núm. 3, págs. 383-397.

- LEE, W. H. y FIXSON, S.K. (2006), «The dynamic role of knowledge relatedness at industry birth: the evolution of the automotive airbag industry», *6th Annual Technology Mini-Conference*. Mack Center for Technological Innovation. Wharton School. Filadelfia (EE.UU.), abril.
- LEONARD-BARTON, D. (1992), «Core capabilities and core rigidities: a paradox in managing new product development», *Strategic Management Journal*, vol. 13, págs. 111-126.
- LEVINTHAL, D. y MARCH, J.G. (1993), «The myopia of learning», *Strategic Management Journal*, vol. 14, núm. 8, págs. 95-112.
- LIANG, K.Y. y ZEGER, S.L. (1986), «Longitudinal data analysis using generalized linear models», *Biometrika*, vol. 73, págs. 13-22.
- LONG, J. (1997), *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. Ed. Sage Publications, Londres.
- MALERBA, F. (1992), «Learning by firms and incremental technical change», *Economic Journal*, vol. 102, núm. 3/4, págs. 845-859.
- MALERBA, F. y ORSENIGO, L. (2002), «Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: towards a history-friendly model», *Industrial and Corporate Change*, vol. 11, núm. 4, págs. 667-703.
- MANSFIELD, E. (1986), «Patents and innovation: an empirical study», *Management Science*, vol. 32, núm. 2, págs. 173-181.
- MARCH, J.G. (1991), «Exploration and exploitation in organizational learning», *Organization Science*, vol. 2, núm. 1, págs. 71-87.
- MCGRATH, R.G. (2001), «Exploratory learning, innovative capacity, and managerial oversight», *Academy of Management Journal*, vol. 44, núm. 1, págs. 118-131.
- NELSON, R.R. (1959), «The simple economics of basic scientific research», *Journal of Political Economics*, vol. 67, núm. 3, págs. 297-306.
- (1994), «The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions», *Industrial and Corporate Change*, vol. 3, núm. 1, págs. 47-63.
- NELSON, R.R. y WINTER, S.G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Ed. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.
- NERKAR, A. (2003), «Old is gold? The value of temporal exploration in the creation of new knowledge», *Management Science*, vol. 49, núm. 2, págs. 211-229.
- NICHOLLS-NIXON, C. y WOO, C. (2003), «Technology sourcing and output of established firms in a regime of encompassing technological change», *Strategic Management Journal*, vol. 24, núm. 7, págs. 651-666.
- PATEL, P. y PAVITT, K. (1997), «The technological competencies of the world's largest firms: complex and path-dependent, but not much variety», *Research Policy*, vol. 26, núm. 2, págs. 141-156.
- PISANO, G. (1994), «Knowledge, integration, and the locus of learning: an empirical analysis of process development», *Strategic Management Journal*, vol. 15, págs. 85-100.
- (2002), «In Search of Dynamic Capabilities», en Dosi, G.; Nelson, R.R. y Winter, S.G. (Eds), *The nature and dynamics of organizational capabilities*. Ed. Oxford University Press, Nueva York, págs. 129-154.
- QUINTANA GARCÍA, C. y BENAVIDES VELASCO, C.A. (2004), «Sistemas nacionales de innovación biotecnológica. Una comparación internacional», *Revista Asturiana de Economía*, núm. 30, mayo-agosto, págs. 87-114.
- (2006), «Searching for complementary technological knowledge and downstream competences: clustering and cooperation», *International Journal of Technology Management*, vol. 35, núm. 1/2/3/4, págs. 262-283.
- POWELL, W.W.; KOGUT, K.K. y SMITH-DOERR, L. (1996), «Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology»,

- Administrative Science Quarterly*, vol. 41, núm. 1, págs. 116-145.
- ROSENBERG, N. (1969), «The Direction of Technological Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices», *Economic Development and Cultural Change*, vol. 18, núm. 1, págs. 1-24.
- (1976), *Perspectives on Technology*. Ed. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- ROSENKOPF, L. y NERKAR, A. (2001), «Beyond local search: Boundary-spanning, exploration, and impact in the optical disk industry», *Strategic Management Journal*, vol. 22, núm. 4, págs. 287-306.
- ROTHAERMEL, F.T. y DEEDS, D.L. (2004), «Exploration and exploitation alliances in biotechnology: a system of new product development», *Strategic Management Journal*, vol. 25, núm. 3, págs. 201-221.
- RUTTAN, V.W. (2001), *Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective*. Oxford University Press, Nueva York.
- SAHAL, D. (1985), «Technological guideposts and innovation avenues», *Research Policy*, vol. 14, núm. 2, págs. 61-82.
- SCHERER, F.M. (1982), «Demand Pull and Technological Inventions: Schmookler Revisited», *Journal of Industrial Economics*, vol. 30, núm. 3, págs. 225-237.
- SCHILDT, H.A.; MAULA, M.V.J. y KEIL, T. (2005), «Explorative and Exploitative Learning from External Corporate Ventures», *Entrepreneurship Theory and Practice*, vol. 29, núm. 4, págs. 493-515.
- SCHILLING, M.A. (1998), «Technological lockout: An integrative model of the economic and strategic factors driving technology success and failure», *Academy of Management Review*, vol. 23, núm. 2, págs. 267-284.
- SILVERMAN, B.S. (1999), «Technological resources and the direction of corporate diversification: toward and integration of the resource-based view and transaction cost economics», *Management Science*, vol. 45, núm. 8, págs. 1109-1124.
- SØRENSEN, J.B. y STUART, T.E. (2000), «Aging, Obsolescence, and Organizational Innovation», *Administrative Science Quarterly*, vol. 45, núm. 1, págs. 81-112
- SUBRAMANIAM, M. y YOUNDT, M.A. (2005), «The influence of intellectual capital on the types of innovative capabilities», *Academy of Management Journal*, vol. 48, núm. 3, págs. 450-463.
- SUZUKI, J. y KODAMA, F. (2004), «Technological diversity of persistent innovator in Japan. Two case studies of large Japanese firms», *Research Policy*, vol. 33, núm. 3, págs. 531-549.
- TEECE, D.J.; PISANO, G. y SHUEN, A. (1997), «Dynamic capabilities and strategic management», *Strategic Management Journal*, vol. 18, núm. 7, págs. 509-533.
- WANG, Q. y VON TUNZELMANN, G.N. (2000), «Complexity and the functions of the firm: Breath and depth», *Research Policy*, vol. 29, núm. 7/8, págs. 805-818.
- WINTER, S.G. (1995), «Four Rs for profitability: Rents, resources, routines and replication», en Montgomery, C.A. (Ed.), *Resource-Based and Evolutionary Theories of the Firm: Towards a Synthesis*. Ed. Kluwer, Norwell, MA, págs.147-178.
- ZOLLO, M. y WINTER, S.G. (2002), «Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities», *Organization Science*, vol. 13, núm. 3, págs. 339-351.
- ZORN, C.J.W. (2001), «Generalized estimating equation models for correlated data: A review with applications», *American Journal of Political Science*, vol. 45, págs. 470-490.