

La complejidad del conocimiento y el sostenimiento de las ventajas competitivas*

Knowledge Complexity and Sustained Competitive Advantages

Fernando E. García Muñíña**

Eva Pelechano Barahona**

José E. Navas López***

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Fundamentos teóricos. 2.1. La complejidad de las capacidades tecnológicas. 2.2. El sostenimiento de la ventaja competitiva de base tecnológica: la imitabilidad y la sustituibilidad de las capacidades. 3. Modelo de análisis: definición de las hipótesis de trabajo. 4. Metodología de la investigación. 4.1. Aspectos generales del estudio empírico. 4.2. La mediación de las variables. 5. Resultados. 6. Conclusiones, limitaciones y líneas futuras de investigación.
Referencias bibliográficas

Recepción del original: 25/04/2007

Aceptación del original: 31/01/2008

Resumen: El objetivo de este estudio es el análisis de las relaciones entre la complejidad del conocimiento y el sostenimiento de ventajas competitivas, a través de la construcción de barreras a la imitación y a la sustitución de las capacidades. El tratamiento teórico de la complejidad y el análisis independiente de la imitabilidad y la sustituibilidad de los activos tecnológicos han permitido avanzar en el estudio de estas relaciones. Los resultados del estudio empírico, realizado en una muestra de empresas de biotecnología españolas, indican que la

* Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de los evaluadores anónimos, que contribuyeron a la mejora del presente artículo.

** Universidad Rey Juan Carlos. Economía de la Empresa. (Administración, Dirección y Organización). Pº Artilleros s/n, 28032, Madrid. Tel.: 91 488 77 90. Fax: 91 488 77 80. E-mail: fernando.muina@urjc.es; eva.pelechano@urjc.es

*** Universidad Complutense de Madrid. Organización de Empresas. Campus de Somosaguas, 28223 Pozuelo de Alarcón. Tel.: 91 394 24 16. Fax: 91 394 23 71. E-mail: jenavas@ccee.ucm.es

complejidad protege las capacidades de su imitación. Sin embargo, una excesiva proporción de conocimiento tácito complejo puede tener efectos contraproducentes en la construcción de barreras a la sustitución, al generar desconfianza entre distintos agentes y fomentar que la competencia busque tecnologías alternativas más apreciadas en los mercados.

Palabras clave: Capacidades tecnológicas, complejidad del conocimiento, sostenimiento de ventajas competitivas.

Códigos JEL: M1.

ABSTRACT: The aim of this paper is the analysis of the relationships between knowledge complexity and technology-based competitive advantage sustainability in terms of its barriers to imitation and substitution. The theoretical treatment of complexity construct and the separated analysis of imitability and substitutability of technological assets are the most interesting issues to improve our understanding on this research area. The empirical evidence from a sample of Spanish biotech companies indicates that complex capabilities are the ones more protected from imitation. With respect to barriers to substitution, results show that an excessive proportion of complex tacit knowledge may have a negative influence on sustaining competitive advantage, as it reduces confidence on this technology among interested agents, promoting competitors looking for other more attractive ones.

Keywords: Technological capabilities, complexity of knowledge, maintenance of competitive advantages.

JELClassification: M1.

1. Introducción

En el contexto económico actual el desarrollo y explotación de capacidades tecnológicas resultan esenciales a la hora de explicar la competitividad empresarial, especialmente en industrias dinámicas intensivas en conocimiento (Afuah, 2002; De Carolis, 2003; Nicholls-Nixon y Woo, 2003; Zott, 2003; Tsai, 2004; Wang, Lo, y Yang, 2004; Jiménez Jiménez y Sanz Valle, 2006; García Muíña y Navas López, 2007). De hecho, uno de los fenómenos que más interés ha despertado en el campo de la Dirección Estratégica de la empresa ha sido el análisis de los factores determinantes de la creación y sostenimiento de ventajas competitivas, así como de la apropiación de rentas generadas en virtud del control y uso de capacidades empresariales (Helfat, 2000; Makadok, 2003; Lippman y Rumelt, 2003; Peteraf y Bergen, 2003).

El enfoque basado en los recursos y sus posteriores desarrollos —enfoque de las capacidades dinámicas (Teece, Pisano y Shuen, 1997; Bowman y Ambrosini, 2003) o teoría de la empresa basada en el conocimiento (Nonaka y Takeuchi, 1995; Grant, 1996; Spender, 1996; Styhre, 2004; Un y Cuervo-Cazurra, 2004)—, se han centrado, entre otros aspectos, en el estudio de los criterios que deben cumplir los recursos y capacidades para ser fuente de ventajas competitivas sostenibles. El análisis de la literatura previa muestra que existen casi tantas propuestas de criterios como autores se han preocupado por su estudio. Por ello, este campo de investigación se caracteriza por una gran heterogeneidad terminológica, que dificulta el análisis comparado de los trabajos y el desarrollo de la disciplina.

El propósito de este trabajo es avanzar en el estudio de las relaciones que existen entre la naturaleza compleja del conocimiento y los dos criterios básicos relacionados con el sostenimiento de la ventaja competitiva: la *imitabilidad* y la *sustituibilidad* de las capacidades tecnológicas.

La descripción propuesta de la complejidad, distinguiendo entre las dimensiones endógena y exógena, hace posible mejorar la comprensión de esta controvertida relación. En este estudio se aporta nueva evidencia empírica que reconoce el papel relevante que ocupa el tipo de complejidad en el sostenimiento de las ventajas competitivas. Además se reconoce el interés de tratar de forma independiente las barreras frente a la imitación y a la sustitución de las capacidades, que tradicionalmente han recibido una atención conjunta y se han analizado empíricamente como si de una única variable se tratara.

En cuanto a la estructura general del trabajo, en primer lugar se plantea el marco teórico básico para, seguidamente, abordar la definición del modelo y las hipótesis objeto de contraste. A continuación, se describen los principales aspectos metodológicos y, finalmente, se presentan los resultados y conclusiones más relevantes así como algunas de las principales limitaciones y futuras líneas de investigación.

2. Fundamentos teóricos

2.1. LA COMPLEJIDAD DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

La aproximación conceptual al término de complejidad tecnológica planteada por las diferentes propuestas gira en torno a una misma idea: la dificultad para comprender cómo distintas piezas o componentes de conocimiento se integran y transforman en innovaciones tecnológicas valiosas (Zander y Kogut, 1995; Wonglimpiyarat, 2005). Por tanto, se puede considerar que la complejidad es un rasgo esencial a la hora de evaluar el potencial estratégico de las capacidades¹, ya que afecta significativamente a las posibilidades de ser imitadas y/o sustituidas por la competencia (Lippman y Rumelt, 1982; Reed y DeFillipi, 1990; Barney, 1992; Black y Boal, 1994; Miller y Shamsie, 1996; Vicente-Lorente, 2001; Wilcox-King y Zeithaml, 2001; González Álvarez y Nieto Antolín, 2005; Díaz Díaz, Aguiar Díaz y De Saá Pérez, 2006; Nieto Antolín y Pérez Cano, 2006). Sin embargo, la evidencia empírica que relaciona la complejidad del conocimiento con el éxito no proporciona resultados concluyentes; una posible causa de esta situación puede encontrarse en el insuficiente tratamiento de la variable complejidad.

Simon (1962) plantea una de las primeras propuestas teóricas de la complejidad. Señala que un sistema es complejo cuando está constituido por numerosos elementos específicos que se relacionan de forma única y que afectan

¹ A partir del análisis crítico y comparado de los principales trabajos existentes en la literatura, (Prahalad y Hamel, 1990; Grant, 1991; Black y Boal, 1994; Christensen, 1996; Miller y Shamsie, 1996; Wiklund y Sheper, 2003), definimos las capacidades tecnológicas como *toda facultad intensiva en conocimiento para movilizar conjuntamente distintos recursos científicos y técnicos, acumulados a través de un conjunto de rutinas y procedimientos, que permite desarrollar innovaciones tecnológicas en procesos y/o productos, al servicio de la implantación de estrategias competitivas responsables de la creación de valor ante ciertas condiciones del entorno*.

a su funcionamiento de forma similar, es decir, que todas y cada una de las piezas son igualmente relevantes para los resultados del sistema. Por tanto, desde este punto de vista, una capacidad tecnológica —para ser considerada un sistema complejo— requiere estar constituida por un conjunto de piezas de conocimiento únicas y específicamente interrelacionadas.

Coincidimos con Simon (1962) en los efectos de la complejidad sobre el grado de dificultad para identificar y comprender la contribución de cada elemento del sistema a sus resultados. Sin embargo, consideramos que la definición de este autor es excesivamente restrictiva, al requerir que todas y cada una de las piezas de conocimiento sean específicas y estén basadas en conocimiento tácito de difícil observación y análisis.

Singh (1997), a partir de los trabajos de Huberman y Hogg (1986), Anderson, Arrow y Pines (1988) y Holland y Miller (1991), propuso una definición de complejidad referida al fenómeno tecnológico más próxima a nuestra concepción, y que tomamos como referencia básica. Considera que una tecnología es compleja cuando forma un sistema integrado por distintos elementos que difícilmente puede descomponerse en sus piezas elementales y comprender cómo funciona.

Desde nuestro punto de vista, la estimación del nivel de complejidad de cualquier capacidad no debería calcularse a partir de la evaluación individual de cada uno de sus elementos integrantes, sino teniendo en cuenta, además, la naturaleza del conjunto de relaciones que se establecen entre ellos.

Este enfoque alternativo amplía la definición de complejidad a nuevas situaciones. En este sentido, para que una capacidad tecnológica sea considerada compleja, no tiene porqué exigirse el cumplimiento de la condición definida por Simon (1962), tal y como se defiende en los trabajos de Adler y Shenhav (1990), Black y Boal (1994), Miller y Shamsie (1996) o Thomke y Kuemmerle (2002).

De esta forma, reconocemos que el uso de ciertos conocimientos tecnológicos explícitos —algunos incluso caracterizados como bienes públicos— que una empresa hace, gracias a la dotación complementaria de otros conocimientos privados, puede ser muy difícil de identificar y comprender. La incorporación de conocimiento de uso teóricamente general a una empresa concreta puede ser una fuente de ventaja competitiva que la competencia es incapaz de reproducir e, incluso, de identificar. La base de estos argumentos descansa en el fenómeno conocido como interdependencia de activos o co-especialización, propuesto por Teece (1986) años atrás. De forma similar, Robins (1992) define un modelo teórico que reconoce que las empresas pueden desarrollar activos específicos y exclusivos (X-activos), que son explotados más eficientemente junto a otros de libre acceso en los mercados.

A partir de estas reflexiones, e incorporando en el análisis la dimensión epistemológica del conocimiento (Nonaka y Takeuchi, 1995)², defendemos la existencia de una estructura interna en el concepto de complejidad en torno a dos dimensiones o factores que pueden ser de gran interés en el proceso de evaluación

² Que clasifica los conocimientos en tácitos y explícitos.

estratégica de las capacidades empresariales: *complejidad endógena* y *complejidad exógena*.

La complejidad endógena se puede identificar con el concepto tradicionalmente tratado en la literatura como complejidad, y se define como aquel componente de la complejidad que depende única y exclusivamente de la presencia de conocimientos generados internamente, de carácter tácito y específico, que no se han codificado mediante ningún procedimiento. De algún modo reflejaría la dificultad de la competencia para identificar, comprender, imitar y reproducir las capacidades tecnológicas estratégicas de la empresa líder como consecuencia de la inarticulación del conocimiento interno en que están basadas sus innovaciones.

Como puede deducirse del análisis de los trabajos que abordaron el tratamiento teórico de la complejidad, esta dimensión endógena es la única que reconocería Simon (1962), quien relacionaría directamente la complejidad de los sistemas intensivos en conocimiento con la proporción de aquél de carácter tácito. Más próximos en el tiempo, el antecedente directo de esta dimensión se encuentra en el concepto definido por Wilcox-King y Zeithaml (2001), conocido como *ambigüedad característica* de las capacidades, relacionada estrechamente con la proporción de conocimiento tácito.

Por otra parte, el componente exógeno queda definido a partir de la dificultad para identificar y comprender el valor y uso más eficiente que una empresa concreta hace de un conocimiento difundido en la industria —generado exógenamente—, gracias al dominio complementario de conocimiento específico de naturaleza tácita, que se corresponde con su mayor capacidad de absorción (Cohen y Levinthal, 1990; Nieto Antolín y Quevedo Cano, 2005). En esta ocasión el principal antecedente lo encontramos en la definición que plantean McEvily y Chakravarthy (2002) del término *especificidad de diseño o uso*; esta dimensión se refiere al uso particular y eficiente que una empresa hace de conocimiento tecnológico genérico o público.

De alguna manera esta dimensión exógena reflejaría la posible existencia de un efecto multiplicador del conocimiento tácito sobre el nivel de complejidad de las capacidades, y convertiría a este tipo de conocimiento en condición necesaria para que exista complejidad. Así, una empresa que solo contara con conocimiento de uso general creado externamente no podría explotarlo de forma más eficiente que el mercado y, por tanto, el funcionamiento de sus capacidades sería *transparente* y comprensible para la mayoría de agentes económicos, disipándose toda posibilidad de crear ventajas competitivas sostenibles y apropiarse las rentas generadas. De ahí que, por un lado, la existencia de conocimiento tácito se convierta en pieza clave a la hora de determinar la complejidad de las capacidades y, por otro lado, la proporción entre conocimientos tácitos y explícitos —siempre en presencia de un mínimo de conocimiento tácito— influya decisivamente en la distribución final de la complejidad entre las dos dimensiones descritas.

En la figura 1 se recogen de forma esquemática los distintos tipos genéricos de capacidades, en función de la naturaleza del conocimiento incorporado y la composición cualitativa de la complejidad.

FIGURA 1.—*La naturaleza del conocimiento y la complejidad de las capacidades*

CAPACIDADES	% CONOCIMIENTO		COMPLEJIDAD	
	TÁCITO	EXPLÍCITO	ENDÓGENA (tácito)	EXÓGENA (tácito \cap explícito)
Capacidad Tipo 1	100 %	0%	SÍ	NO
Capacidad Tipo 2	0%	100%	NO	NO
Capacidad Tipo 3	X%	(100 - X)%	SÍ	SÍ

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a esta tipología genérica, podría debatirse si la capacidad *tipo 2*, formada únicamente por conocimiento explícito, debe tener la consideración de capacidad o la de simple recurso, ya que es posible que pueda comercializarse en los mercados como un bien único; este hecho supondría invalidar la propia definición de capacidad para este caso (Grant, 1991).

La posible influencia particular de cada una de estas dimensiones en el mantenimiento de la ventaja competitiva justifica el esfuerzo planteado en la definición y tratamiento teórico de este concepto.

2.2. EL SOSTENIMIENTO DE LA VENTAJA COMPETITIVA DE BASE TECNOLÓGICA: LA IMITABILIDAD Y LA SUSTITUIBILIDAD DE LAS CAPACIDADES

El verdadero sostenimiento de una ventaja competitiva se puede definir como el mantenimiento de la posición de privilegio que ocupa una empresa líder una vez que el resto de agentes han abandonado sus intentos de alcanzarla (Hirschleifer, 1982; Lippman y Rumelt, 1982). Son numerosas las propuestas de criterios que tratan de valorar el sostenimiento real de las ventajas competitivas. Sin embargo, en este trabajo hemos optado por dos de los criterios que, desde nuestro punto de vista, de forma sencilla y completa cubren el fenómeno que tratamos de estudiar: la *imitabilidad* y la *sustituibilidad* de las capacidades, también conocidos como *límites a la competencia ex-post* (Peteraf, 1993). A pesar de su gran reconocimiento en la literatura, todavía el tratamiento empírico que han recibido dista de ser suficiente (McEvily y Chakravarthy, 2002); todo ello justifica su elección para este estudio.

La imitabilidad de una capacidad cualquiera puede ser definida como la facilidad que encuentran los competidores para copiar/reproducir su funcionamiento a través de sus propios medios³. Desde que la existencia de barreras a la imitación

³ Junto a la imitabilidad es bastante común encontrar referencias a un criterio adicional, la *transferibilidad*, que alude a la posibilidad de que los activos sean directamente comercializables en los mercados (Amit y Schoemaker, 1993). Sin embargo, el estudio de las capacidades tecnológicas, y no de los recursos individuales, nos permite justificar nuestra atención sobre la imita-

fuerza reconocida como uno de los principales rasgos que las capacidades debían cumplir para ser estratégicas (Dierickx y Cool, 1989; Reed y DeFillipi, 1990; Barney, 1991; Amit y Schoemaker, 1993), su estudio ha sido notable (Godfrey y Hill, 1995). Tales barreras pueden ser definidas en sentido amplio como todo impedimento legal o natural a la hora de copiar o reproducir (o hacerlo a unos costes excesivos) los activos considerados clave para el éxito.

Respecto al segundo de los criterios, la situación en la literatura muestra un menor desarrollo y más reciente en el tiempo (McEvily, Das y McCabe, 2000; Teng y Cummings, 2002; Douglas y Ryman, 2003; Peteraf y Bergen, 2003; Markman, Espina y Phan, 2004).

Estudios como los de Barney (1991), Grant (1991), Amit y Schoemaker (1993), Peteraf (1993) o Black y Boal (1994) reconocen que la sustituibilidad es clave en el sostenimiento de la ventaja competitiva, ya que consideran que si los competidores pueden desarrollar capacidades alternativas útiles para el desarrollo de innovaciones que tengan la misma funcionalidad que las de la empresa líder, su posición de privilegio desaparecerá en poco tiempo. Sin embargo, con la sola excepción de ciertos trabajos teóricos (McEvily *et al.*, 2000; Teng y Cummings, 2002; Peteraf y Bergen, 2003) y empíricos recientes (Douglas y Ryman, 2003; Spencer, 2003; Markman *et al.*, 2004), las aportaciones en este campo no proporcionan un excesivo conocimiento adicional sobre los factores que pueden contribuir a la construcción de barreras a la sustitución.

Nuestra definición de los activos sustitutivos toma como referencia fundamental el trabajo de Peteraf y Bergen (2003), quienes, a partir de otras propuestas clásicas (Barney, 1991; Grant, 1991; Black y Boal, 1994), definen el concepto de *capacidad equivalente* como el uso alternativo de otros conocimientos que permiten alcanzar los mismos resultados y funciones tecnológicas de la empresa líder.

No obstante, la distinción entre la imitación y la sustitución no ha sido siempre nítida⁴. Si un competidor es capaz de desarrollar capacidades tecnológicas con pequeñas variaciones respecto a las de la empresa líder, el fenómeno que subyace no debe tener la consideración de sustitución, sino el de imitación (McEvily *et al.*, 2000). Por tanto, desde nuestro punto de vista, para que una capacidad sea considerada sustitutiva de otra el conocimiento tecnológico debe estar basado en distintos fundamentos (Dosi y Marengo, 1993; Afuah, 2002).

3. Modelo de análisis: definición de las hipótesis de trabajo

La evidencia empírica sobre las condiciones teóricas que explican la creación de barreras a la imitación es claramente insuficiente y controvertida. Además, algunos autores admiten que la dificultad para encontrar capacidades sus-

bilidad, ya que el propio concepto de capacidad exige el cumplimiento de la intransferibilidad por definición.

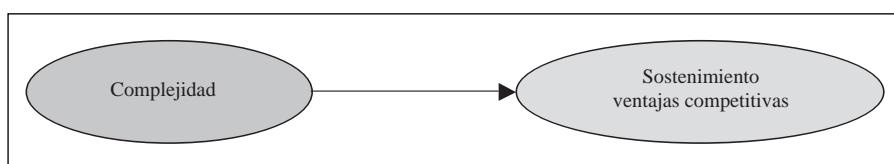
⁴ Un ejemplo de ello se aprecia en los trabajos de Ghemawat (1991) o Barney (1997), quienes apenas establecen diferencias entre ambos conceptos.

titutivas es determinante del sostenimiento de la ventaja competitiva (Barney, 1991; Grant, 1991; Amit y Schoemaker, 1993; Peteraf, 1993; Black y Boal, 1994); sin embargo, la evidencia empírica es todavía más escasa que en el caso de las barreras a la imitación (McEvily *et al.*, 2000; Spencer, 2003). Por ello, según el desarrollo teórico planteado, nuestra atención se centra en el estudio de cómo la complejidad del conocimiento integrado en las capacidades puede dificultar su imitación y sustitución.

La literatura nos ha permitido identificar la existencia de dos medios responsables de la creación barreras de protección de las capacidades: *legales* y *naturales*. En este sentido, modelos propuestos hace varias décadas y algunos trabajos más próximos en el tiempo han reconocido la eficacia de los métodos legales de protección (Scherer, 1965; Griliches, Hall y Pakes, 1991; Ernst, 2001). Sin embargo, cada vez más se destaca la importancia del papel de la naturaleza —más o menos compleja— del conocimiento incorporado en las capacidades (McGrath, MacMillan y Venkataraman, 1995; Wilcox-King y Zeithaml, 2001; Fuentelsaz, Gómez y Polo, 2002; McEvily y Chakravarthy, 2002).

El carácter complejo y específico del conocimiento son características que se han considerado determinantes naturales del sostenimiento de las ventajas competitivas (Zárraga y de Saá, 2005). Tradicionalmente, la literatura ha reconocido sus efectos beneficiosos, como consecuencia de la dificultad para ser identificado y conocer cómo es explotado (Lippman y Rumelt, 1982; Dierickx y Cool, 1989; Reed y DeFillipi, 1990; Barney, 1992; Amit y Schoemaker, 1993). Para el caso concreto de los activos tecnológicos, existen diferentes modelos empíricos que corroboran estos argumentos teóricos. Tal es el caso de los trabajos de MacMillan, McCaffery y van Wijk (1985) o Rogers (1995), que afirman que las nuevas tecnologías son más rápidamente adoptadas por la competencia cuando la incertidumbre que les rodea es menor. Así, *el supuesto de partida sería que la complejidad de las capacidades se relaciona de forma significativa con el sostenimiento de las ventajas competitivas de base tecnológica*, si bien el avance de la comprensión de esta relación requiere un mayor tratamiento del concepto de complejidad.

FIGURA 2.—Modelo general de análisis



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, ya que el sostenimiento depende de la existencia de barreras a la imitación y sustitución de las capacidades, el detallado estudio del efecto de la complejidad debe particularizarse analizando su relación con cada uno de estos criterios.

La influencia directa y significativa de la naturaleza tácita del conocimiento en la construcción de barreras a la imitación ha sido analizada desde un punto de vista teórico (Lippman y Rumelt, 1982; Dierickx y Cool, 1989; Reed y DeFillipi, 1990; Barney, 1992; Amit y Schoemaker, 1993; Díaz Díaz *et al.*, 2006) y contrastada empíricamente (MacMillan *et al.*, 1985; Rogers, 1995; Afuah, 2002; Figueiredo, 2002; McEvily y Chakravarthy, 2002; Miller *et al.*, 2002; Zahra y Nielsen, 2002; Nicholls-Nixon y Woo, 2003; González Álvarez y Nieto Antolín, 2005). Tomando en consideración que la imitabilidad está relacionada con la dificultad para identificar y reproducir el funcionamiento de los elementos intangibles que constituyen las capacidades, y que tanto la dimensión endógena como exógena de la complejidad requieren de la presencia de conocimiento tácito, definimos con carácter general la primera de las hipótesis de trabajo:

H₁: *La complejidad de las capacidades se relaciona directamente con las barreras a la imitación*

El estudio del sostenimiento de las ventajas competitivas exige además el análisis de las barreras a la sustitución de las capacidades. De forma similar al caso de la imitación, se ha reconocido que la naturaleza del conocimiento subyacente en las capacidades influye decisivamente en las posibilidades de ser sustituido (McEvily *et al.*, 2000; Teng y Cummings, 2002; Makadok, 2003; Spencer, 2003). Sin embargo, el consenso existente en la literatura acerca de la relación entre la complejidad y la imitabilidad no se reproduce en esta ocasión. De hecho existen dos posiciones claramente enfrentadas.

Los primeros estudios que analizan el fenómeno (p. ej. Black y Boal, 1994) apoyan la existencia de una relación directa entre el carácter tácito del conocimiento y la existencia de barreras a su sustitución, como ocurría en el caso de la imitabilidad. Si esta línea de pensamiento es planteada como cierta, las capacidades tecnológicas basadas en conocimiento tácito podrían ser consideradas las más valiosas, ya que cumplirían simultáneamente con las condiciones exigidas de imperfecta imitabilidad e imperfección sustituibilidad.

Sin embargo, otros estudios posteriores (Cowan y Foray, 1997; McEvily *et al.*, 2000; Teng y Cummings, 2002; Crossan y Berdrow, 2003) consideran que la mayor proporción de conocimiento tácito aumenta la propensión de ciertos agentes hacia la búsqueda de otros conocimientos alternativos; por tanto, las probabilidades de que las capacidades tecnológicas sean vulnerables frente a la sustitución son mayores (Spencer, 2003; Markman *et al.*, 2004).

Los argumentos teóricos que avalan esta segunda perspectiva son múltiples, si bien están tratados de forma inconexa por autores como Conner (1995), Gunby (1996), Cowan y Foray (1997), Crossan y Berdrow (2003), Knott (2003) o Makadok (2003). No obstante, en todos los casos se deduce una idea común: *los agentes económicos interesados en una tecnología concreta —clientes, socios, etc.— muestran un mayor rechazo hacia aquéllas que son incapaces de comprender suficientemente*; de ahí que los competidores

estén motivados a desarrollar otras tecnologías alternativas —sustitutivas— que sean más atractivas para tales agentes, al considerar que serán menores las asimetrías de información y, por tanto, menos probables los comportamientos oportunistas de los proveedores de tecnología.

Por todo ello, nuestra segunda hipótesis plantea que:

H₂: *La complejidad de las capacidades se relaciona inversamente con las barreras a la sustitución*

Teniendo en cuenta lo argumentado hasta ahora, no se puede plantear una relación clara entre la complejidad y el sostenimiento de las ventajas competitivas, dado que dicha complejidad —definida en sentido amplio— afecta de una u otra forma a las barreras que protegen las capacidades frente a las acciones de la competencia, según sean frente a la imitación o a la sustitución.

Es posible que los resultados contradictorios acerca de esta relación puedan, al menos en parte, deberse al insuficiente tratamiento de la complejidad, que hasta ahora no ha sido analizada desde un punto de vista cualitativo, distinguiendo entre complejidad endógena y exógena.

Una mayor proporción de conocimientos explícitos —nunca al 100%—, que aparentemente permite un análisis más completo de la tecnología ofrecida, puede convertirse en una opción interesante para crear barreras a la sustitución, sin debilitar las barreras a la imitación. Esta mayor proporción de conocimiento explícito, siempre contando con la presencia complementaria de ciertas expresiones de conocimiento tácito, es lo que hemos denominado complejidad exógena. Así, en un contexto de capacidades complejas, concluimos que solo cuando la complejidad de las capacidades se deriva de la presencia conjunta de conocimientos tácitos y explícitos, es decir, cuando el componente exógeno de la complejidad adquiere una mayor importancia relativa, las ventajas competitivas son realmente sostenibles, al cumplirse ambos criterios de evaluación estratégica de activos.

Se podría concluir que las capacidades tecnológicas complejas, con una *raíz* de conocimientos tácitos, son más estratégicas que las *transparentes*, al estar más protegidas frente a la imitación, pero que solo cuando esa complejidad depende significativamente de su dimensión exógena, donde la mayor presencia de conocimiento explícito aumenta la confianza en la tecnología ofrecida, las ventajas competitivas son realmente sostenibles, al aumentar simultáneamente las barreras a la sustitución. Así:

H₃: *La complejidad exógena de las capacidades se relaciona directamente con el sostenimiento de las ventajas competitivas*

4. Metodología de la investigación

4.1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO EMPÍRICO

El contraste empírico de las hipótesis se realizó sobre una población de empresas dedicadas a la actividad biotecnológica en España⁵. Uno de los principales problemas a la hora de caracterizar el sector de la biotecnología radica en la todavía falta de identidad propia dado su marcado carácter horizontal (ASEBIO, 2002). Además, la ausencia de una estadística nacional actualizada que recogiera de forma completa las empresas que desarrollan este tipo de actividad en España, obligó a elaborar un censo de empresas a partir de la base de datos creada en 1997 por el Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC)⁶.

La deseada homogeneidad de las empresas de la población exige el cumplimiento de varios criterios, entre los que destaca especialmente la pertenencia a ciertos segmentos de actividad dentro de la industria biotecnológica. De esta forma, las empresas incluidas en el estudio son aquellas especializadas en el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas al campo de la salud —humana y animal⁷—. Las actividades de las empresas finalmente incluidas giran en torno al desarrollo de productos y servicios biotecnológicos concentrados en ciertas áreas terapéuticas, destinados al tratamiento, la prevención o el diagnóstico de enfermedades (producción de vacunas, antibióticos, fármacos, *kits* de diagnóstico, xenotrasplantes, fármaco-genómica o ingeniería celular y de tejidos). Además, solo se incluyeron pequeñas empresas (hasta 50 trabajadores) que se dedicaban mayoritariamente al negocio de la biotecnología (más del 80% del volumen de negocio), eliminándose aquellas en las que tal actividad era inferior, ya que en casi todos los casos se trataba de grandes grupos farmacéuticos, cuyas actividades básicas se regían por modelos de negocio muy diferentes.

⁵ Para la definición de la población se han seguido los argumentos de quienes apoyan la idoneidad de definir una población lo más homogénea posible (Hoskisson *et al.*, 1999; Yeoh y Roth, 1999; De Carolis, 2003; Douglas y Ryman, 2003; Lenox y King, 2004; Rothaermel y Deeds, 2004). Además, el fuerte componente tecnológico de las *bioempresas* (Henderson y Cockburn, 1994; De Carolis, 2003) y su escaso tratamiento para el caso español, justifican nuestra elección.

⁶ Base de datos denominada: *Spanish Research Groups and Enterprises Working in Biotechnology*.

⁷ Además, se han incluido empresas de *suministros*, al ser organizaciones que desarrollan y suministran *kits* de diagnóstico médico para aquellas otras dedicadas a la salud. En este sentido, los expertos del sector consultados (responsables del Centro Nacional de Biotecnología, Centro de Biología Molecular y directores generales de diversas empresas: Genetrix, Ingenasa, Bionostika y Alma Bioinformática), nos aconsejaron agrupar estos segmentos de actividad.

El generalizado rechazo social que supone el desarrollo de actividades biotecnológicas en agroalimentación y medio ambiente, nos hizo prever una mayor dificultad para obtener información de este tipo de empresas; de ahí, nuestra decisión de solo incluir aquellas dedicadas a salud y suministros, al ser mucho más favorablemente consideradas.

La selección de empresas de pequeño tamaño se justifica por dos razones adicionales; en primer lugar, en estas empresas de menor tamaño las capacidades tecnológicas son las que adquieren una mayor importancia relativa frente a las capacidades de producción, marketing, logística, etc; en segundo lugar, estas organizaciones suponen más del 90% del tejido empresarial dedicado a la biotecnología en España.

Las características de la población seleccionada en este trabajo perfilan notablemente el proceso de análisis estadístico de los datos y la interpretación de los resultados. El reducido tamaño de la población y, por tanto de la muestra obtenida, aconseja el empleo de técnicas estadísticas no paramétricas, ya que no se puede asegurar que tanto las variables como el modelo completo se comporten de acuerdo a una función *normal* (Siegel y Castellan, 1988). Los datos disponibles y la propia definición de las hipótesis aconsejan su contraste a través de los tests *U de Mann-Whitney* y *W de Wilcoxon*⁸.

Los principales aspectos metodológicos aparecen resumidos en la siguiente ficha técnica:

FIGURA 3.—*Ficha técnica de la investigación empírica*

Universo de la población	52 empresas
Tamaño de la muestra	34 empresas
Tasa de respuesta	63 %
Nivel de confianza	95 % (z=1,96)
Error muestral	± 8,32 % (para el caso más desfavorable, donde p=q= 0,5)
Procedimiento del muestreo	El cuestionario se envió a todas las empresas que constituyan la población
Ámbito geográfico	Territorio Nacional
Periodo de análisis	2000-2002
Unidad muestral	Empresa
Fecha realización	Febrero-septiembre 2003
Fuentes de información	<i>Primarias:</i> cuestionario enviado por correo postal o electrónico al máximo responsable de I+D o, en su defecto, al director general <i>Secundarias:</i> Información depositada en los Registros Mercantiles y Bases de Datos (SABI y Amadeus)

Estas pruebas contrastan la hipótesis nula de si dos submuestras independientes han sido extraídas, o no, de la misma población continua (Ruiz-Maya Pérez y Martín Pliego, 1995). Para ello, ambos tests comprueban si las observaciones de una submuestra difieren, bien por exceso, bien por defecto, en la variable objeto de estudio respecto de las observaciones de la otra submuestra. Dicha diferencia es la referencia para el cálculo de los rangos de variación a partir de los cuales se generan los estadísticos U y W. De esta forma, cuanto mayor sea la diferencia entre la suma de rangos de cada una de las muestras (estadístico

⁸ Para el contraste no paramétrico y los análisis descriptivos y exploratorios de los datos se empleó el paquete estadístico SPSS 11.5.

U menor y W mayor), más significativas serán las diferencias subyacentes en la variable analizada entre las observaciones de una y otra submuestras.

En nuestro estudio esta prueba estadística implica la previa clasificación de las empresas en distintos grupos, en función del valor que tome la variable dependiente -sostenimiento de la ventaja competitiva- respecto a la mediana de su distribución. De esta forma, para cada medida de la variable dependiente, las empresas se han clasificado en dos grupos: un primer grupo constituido por las empresas cuyas capacidades están más protegidas y un segundo grupo integrado por las que presentan capacidades más vulnerables. Por lo tanto, es la variable dependiente la que se emplea como instrumento de clasificación previa de las observaciones muestrales.

Se ha elegido la mediana como criterio de segmentación en lugar de la media, porque consideramos que representa de forma más apropiada la posición relativa de unas empresas frente a otras. Además, se evitan los inconvenientes derivados de la falta de representatividad de la media cuando las variables presentan una elevada dispersión, asegurándose la correcta asignación de cada empresa a su grupo de pertenencia.

Una vez clasificadas las empresas, se contrasta si ambos grupos -que presentan distintos niveles de sostenibilidad de las ventajas competitivas- mantienen diferencias significativas en los niveles de complejidad de las capacidades.

4.2. LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

El proceso de diseño de las medidas empleadas está orientado hacia la consecución de unos niveles satisfactorios de fiabilidad y validez, que en cada caso se adaptan a la naturaleza del indicador empleado (ver análisis psicométrico incluido en la figura 4).

Cada unidad muestral aportó información de las variables para cada uno de los tres ejercicios del período de estudio, y su tratamiento se realizó a partir del valor medio resultante de las tres observaciones.

Para el caso de la complejidad de las capacidades tecnológicas, se empleó la escala multítem propuesta por García Muiña, Martín de Castro, López Sáez y Navas López (2006), donde se contrastó empíricamente la efectiva existencia de una estructura compuesta por dos factores dentro del concepto *complejidad tecnológica*. En dicho trabajo, los autores plantearon los resultados de los análisis factoriales exploratorios y confirmatorios de la complejidad, que permitieron comprobar el cumplimiento satisfactorio de los criterios de fiabilidad y validez de constructo o de los rasgos.

En cuanto al sostenimiento de la ventaja competitiva, definido en función de la existencia de barreras frente a la imitación y frente a la sustitución, éste se hizo operativo a través de dos indicadores cuantitativos que, al haber sido empleados en diversos trabajos previos, cuentan con la suficiente validez teórica o de contenido. En este sentido, a partir de las propuestas de Figueiredo (2002) y McEvily y Chakravarthy (2002), el mantenimiento de la ventaja competitiva ha quedado planteado a través del tiempo medio que, durante el período objeto de estudio, las innovaciones resultantes conservaron su condición

de exclusividad, frente a las acciones de imitación y sustitución por parte de la competencia. Adicionalmente, en el presente estudio el tiempo medio de exclusividad se relativizó teniendo en cuenta el tiempo medio durante el que tales innovaciones fueron valiosas para el mercado. A través de estos indicadores relativos, será posible conocer la inmunidad real de las tecnologías frente a la competencia, independientemente de su grado de obsolescencia.

FIGURA 4.—*Variables y medidas: análisis psicométrico*

VARIABLES	DIMENSIONES	MEDIDAS	CARÁCTER	ANÁLISIS PSICOMÉTRICO
Complejidad*	Endógena	<ul style="list-style-type: none"> • Visibilidad conocimiento • Dificultad articulación • Experiencia acumulada 	Cualitativo	Fiabilidad (Alpha de Cronbach)
	Exógena	<ul style="list-style-type: none"> • Número de tecnologías • Coordinación entre departamentos • Coordinación entre trabajadores • Complementariedad conocimientos 		Valididad de constructo/concepto (Enfoque convergente)
Sostenimiento ventaja competitiva	Imitabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo medio imitación / Tiempo medio utilidad innovación (en meses) 	Cuantitativo	Valididad teórica/contenido
	Sustituibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo medio sustitución / Tiempo medio utilidad innovación (en meses) • Años de experiencia 		
en la tecnología		<ul style="list-style-type: none"> • Nº años desde que se comenzó el desarrollo tecnológico 	Cuantitativo	Valididad teórica/contenido

* En el apéndice del final de trabajo se incluyen los resultados del análisis factorial exploratorio (componentes principales con rotación VARIMAX).

Además, incluimos como variable de control el número de años que la empresa lleva trabajando con sus tecnologías, ya que consideramos que puede afectar significativamente a las posibilidades de que pueda difundirse a lo largo de la industria⁹.

⁹ Los resultados obtenidos no pusieron de manifiesto ninguna relación significativa de la variable de control con el resto.

5. Resultados

Tal y como se apuntó anteriormente, el contraste de las hipótesis requiere la previa clasificación de las empresas en distintos grupos. En este sentido, las hemos clasificado según presentaran, o no, capacidades de fácil imitación y sustitución según su posición respecto a la mediana de la distribución de ambas variables.

A continuación se planteó un análisis descriptivo de la muestra para conocer cómo eran sus capacidades tecnológicas. De esta forma, y de nuevo aplicando el criterio de clasificación de la mediana, se elaboró una *matriz de clasificación* de las empresas, según la naturaleza más o menos compleja de sus capacidades¹⁰, teniendo en cuenta las dos dimensiones propuestas.

FIGURA 5.—Matriz de clasificación de las empresas según la complejidad de las capacidades

		Complejidad exógena		Total empresas
		Baja	Alta	
Complejidad endógena	Baja	Grupo D	Grupo B	19
	Alta	Grupo C	Grupo A	15
Total empresas		17	17	34

Para el caso de las observaciones muestrales, el contraste no paramétrico permitirá analizar si existe algún patrón común en el comportamiento de la variable *complejidad* en aquellas empresas cuyas capacidades presentan similares niveles de imitabilidad y sustituibilidad.

La primera de las hipótesis planteaba la existencia de una relación directa y significativa entre la complejidad y las barreras a la imitación de las capacidades. La necesaria presencia de conocimientos tácitos para que exista complejidad en cualquiera de sus dos dimensiones (endógena y exógena), así como el reconocimiento de que este tipo de conocimiento es más difícil de imitar, nos llevó a plantear una hipótesis general sin discriminar los efectos particulares de cada una de estas dimensiones. De esta forma, el análisis empírico comprueba si las barreras a la imitación de las capacidades de las empresas situadas en los grupos A, B y C (empresas con capacidades complejas, al menos en una de sus dimensiones) son significativamente mayores que las del grupo D.

Los resultados indicados en la figura 6 ponen de manifiesto que las empresas cuyas capacidades son menos imitables, presentan mayores niveles de complejidad —independientemente de su composición cualitativa—, a tenor de los valores observados en los ‘rangos promedio’ de dicha variable ($12,41 > 8,44$).

¹⁰ Algunos trabajos previos (Santarelli y Piergiovanni, 1996; Alegre, Chiva y Lapiedra, 2006), si bien no aplican el criterio de la mediana, plantean la existencia de distintos niveles de complejidad del conocimiento y su influencia en los resultados innovadores.

Como puede apreciarse en la tabla ‘estadísticos’, esta relación es significativa al 10% ($Z_1=1,746$, sig. = 0,082). Por tanto, podemos considerar que existe evidencia empírica suficiente para no rechazar la hipótesis H_1 , y concluir que cualquier tipo de complejidad es un medio eficaz a la hora de proteger las capacidades frente a su imitación, en el caso de la muestra analizada.

A pesar de que los resultados no son generalizables, debido al carácter restringido de la muestra, son coherentes con gran parte de la literatura previa donde se reconocen los efectos positivos del desarrollo de conocimiento tácito y específico a través de medios propios en ciertas medidas del éxito tecnológico (Afuah, 2002; Balconi, 2002; Figueiredo, 2002; McEvily and Chakravarthy, 2002; Miller *et al.*, 2002; Zahra y Nielsen, 2002; Nicholls-Nixon y Woo, 2003; Nieto Antolín y Pérez Cano, 2006). Por tanto, según estos resultados, los costes de proteger legalmente el conocimiento tecnológico, derivados de la obtención y mantenimiento de los derechos de propiedad intelectual y de posibles comportamientos oportunistas de terceros agentes, serán innecesarios.

FIGURA 6.—*La complejidad del conocimiento y las barreras a la imitación y a la sustitución*

Rangos

	H_1 : BARRERAS A LA IMITACIÓN	RANGO	SUMA
		PROMEDIO	DE RANGOS
Complejidad	Elevadas	12,41	248,20
	Reducidas	8,44	118,16
	Total de empresas	<i>Grupos A+B+C+D</i>	
	H_2 : BARRERAS A LA SUSTITUCIÓN	RANGO	SUMA
		PROMEDIO	DE RANGOS
		11,67	233,4
		11,30	158,2
	Total de empresas	<i>Grupos A+B+C+D</i>	

Estadísticos (a)

	H_1	H_2
Mann-Whitney U	39,500	58,000
Wilcoxon W	118,160	113,000
Z_i	$Z_1=1,746^*$	$Z_2=-0,163$
Sig. (bilateral)	0,082	0,870

* p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,01. Variables de agrupación: *barreras a la imitación y barreras a la sustitución*.

El siguiente paso es el análisis empírico de la relación existente entre la complejidad del conocimiento y las barreras a la sustitución de las capacidades (hipótesis H_2).

A diferencia del caso anterior, los resultados relativos a esta hipótesis ponen de manifiesto la ausencia de una relación significativa entre ambas variables, para el caso de la muestra analizada, en contra del sentido negativo propuesto teóricamente en este trabajo ($Z_2=0,163$, valor no significativo a un nivel aceptable), pero en contra también de aquellos estudios que consideraban que la complejidad era un medio adecuado para proteger las capacidades frente a la sustitución (p. ej. Black y Boal, 1994). Consideramos que esta aparente ausencia de relación se puede deber al hecho de que cada una de las dimensiones de la complejidad mantiene relaciones en sentido contrario respecto a las barreras a la sustitución, de forma que el efecto neto sea aparentemente nulo. Por ello es necesario plantear el análisis considerando la composición cualitativa de la complejidad, es decir, la importancia relativa que tiene la complejidad endógena frente a la exógena y viceversa (hipótesis H_3).

En un contexto de capacidades complejas (empresas pertenecientes a los grupos A, B y C), a medida que el componente exógeno es proporcionalmente más importante, es de esperar una menor vulnerabilidad de las capacidades frente a la sustitución; los efectos serán contrarios para el caso de la dimensión endógena, tal y como argumentamos en el marco teórico del trabajo. Por esta razón, para el contraste de la hipótesis H_3 , son excluidas las empresas pertenecientes al grupo A, ya que sus capacidades presentan una estructura de la complejidad donde ambas dimensiones son importantes y no permitiría comprobar la relación propuesta.

Las empresas incluidas en este último contraste (grupos B y C) se caracterizan por poseer capacidades tecnológicas complejas, pero concentrándose dicha complejidad en una u otra dimensión alternativamente. Por tanto, el contraste empírico se puede centrar en una sola de las dimensiones, ya que si una empresa se caracteriza por unas capacidades con reducidos niveles de complejidad exógena, necesariamente presentarán elevados niveles de complejidad en la dimensión endógena y viceversa¹¹. Por ello, en la figura 7 presentamos los resultados del contraste para una dimensión; en este caso, el componente exógeno de la complejidad.

Para el conjunto de empresas biotecnológicas incluidas en la muestra, los resultados empíricos ponen de manifiesto que las capacidades más inmunes frente a la sustitución son aquellas cuya complejidad depende fundamentalmente del componente exógeno, es decir aquellas situadas en el grupo B. En la tabla de rangos puede apreciarse que las capacidades menos sustituibles se caracterizan por mayores niveles de complejidad exógena ($13,90 > 9,50$), a un nivel de significación de 5%. Por tanto, puede concluirse que existe una relación significativa entre la composición cualitativa de la complejidad y la vulnerabilidad de las capacidades frente a la sustitución. Con estos resultados, no se rechaza la hipótesis H_3 , de forma que, de las empresas analizadas, aquéllas

¹¹ Las empresas del grupo B presentarán unas capacidades donde la mayoría del conocimiento será explícito, mientras que las empresas del grupo C, tendrá en su mayor parte capacidades basadas en conocimientos tácitos.

pertenecientes al grupo B son las que, con una mayor probabilidad, pueden sostener en mejores condiciones las ventajas competitivas de base tecnológica, al presentar las capacidades mayores barreras a la imitación y sustitución de forma conjunta.

FIGURA 7.—La complejidad exógena del conocimiento y el sostenimiento de las ventajas competitivas

Rangos

	H ₃ : Sostenimiento ventajas competitivas (Barreras a la sustitución dado un elevado nivel de barreras a la imitación)	Rango promedio	Suma de rangos
Complejidad exógena	Altas	13,90	139,00
	Bajas	9,50	66,50
Total de empresas con capacidades complejas solo en una de las dimensiones		<i>Grupos B+C</i>	

Estadísticos (a)

	H ₃
U de Mann-Whitney	36,000
W de Wilcoxon	66,500
Z _i	Z ₃ = -2,366**
Sig. asintót. (bilateral)	0,018

* p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,01.

a. Variables de agrupación: *barreras a la imitación y barreras a la sustitución*.

6. Conclusiones, limitaciones y líneas futuras de investigación

El principal objetivo de este estudio ha sido el análisis de la relación entre la complejidad del conocimiento y el sostenimiento de las ventajas competitivas de base tecnológica.

La descripción propuesta de la complejidad, distinguiendo entre las dimensiones endógena y exógena, ha permitido avanzar en el estudio de esta controvertida relación, aportando nueva evidencia empírica que reconoce el papel relevante que ocupa el tipo de complejidad. Además el trabajo plantea el interés de tratar de forma independiente las barreras frente a la imitación y sustitución de las capacidades, que tradicionalmente han recibido una atención conjunta y se han analizado como si de una única variable se tratara.

Para el caso de las empresas incluidas en la muestra, los resultados indican que los mayores niveles de complejidad protegen las capacidades frente a la imitación, y que cuando esa complejidad depende fundamentalmente de su componente exógeno podrán construirse mayores barreras a la sustitución.

Esta mayor proporción de conocimientos tecnológicos explícitos parece influir significativamente en el comportamiento de terceros agentes interesados en las tecnologías. En este sentido, los clientes o proveedores se muestran más confiados cuando los conocimientos se encuentran parcialmente codificados, y, por tanto, son menos propensos a buscar tecnologías alternativas; ante esta situación, los competidores tendrán menos incentivos para desarrollar tecnologías sustitutivas. Por tanto, desde el punto de vista de la toma de decisiones directivas, se podría concluir que una tecnología *aparentemente transparente* y más comprensible es fuente de legitimidad social, muy relevante en un sector poco maduro donde se percibe la existencia de fuertes asimetrías de información, como es el caso del biotecnológico en España. Así, ya que la codificación de ciertos conocimientos tácitos altera la composición cualitativa de la complejidad en favor de su dimensión exógena, puede ser un mecanismo adecuado para elevar las barreras a la sustitución. El análisis de esta cuestión se plantea como un campo de trabajo para futuras investigaciones muy prometedor tanto para el mundo académico como directivo.

Los resultados de esta investigación indican que los directivos de estas empresas deben centrar sus esfuerzos en la construcción y explotación económica de capacidades tecnológicas complejas, pero que aparentan ser simples ante terceros agentes, al proporcionar ventajas competitivas más sostenibles. Además, la dirección puede aprovechar la complejidad del conocimiento como un mecanismo alternativo a la protección legal de las capacidades, que puede ahorrar los costes derivados de la obtención y mantenimiento de los derechos de propiedad intelectual.

En este estudio solo se ha incluido el análisis de la relación entre la complejidad y el sostenimiento de una ventaja competitiva ya generada, obviándose otros aspectos clave de la creación de valor tales como la propia generación de la ventaja competitiva o la apropiación de rentas; posibles cuestiones a tener en cuenta en futuros trabajos. Igualmente, puede ser interesante incluir el sostenimiento de la ventaja competitiva mediante otros criterios como, por ejemplo, el continuo desarrollo de innovaciones tecnológicas, además de las barreras a la imitación y a la sustitución.

Además de las ya comentadas, las principales limitaciones del estudio giran en torno al diseño de la muestra, en concreto, al reducido número de observaciones y a la necesidad de seguir avanzando en la definición de otras medidas adecuadas a entornos de alta intensidad tecnológica. De ahí que una futura línea de investigación adicional se sitúe en la ampliación de la población a otros segmentos de la biotecnología, incluso a otros sectores, con la intención de comprobar si los resultados son generalizables a otras tecnologías y realidades económicas.

Por todo ello, esta investigación debe considerarse un primer paso en el análisis de los factores determinantes de la obtención de ventajas competitivas sostenibles en sectores dinámicos e intensivos en tecnología, no exenta de diversas limitaciones cuya superación será una referencia fundamental para la investigación futura.

Referencias bibliográficas

- ADLER, P. S. y SHENHAR, F. R. (1990), «Adapting your technological base: the organizational challenge», *Sloan Management Review*, vol. 25, págs. 37-52.
- AFUAH, A. (2002), «Mapping technological capabilities into product markets and competitive advantage: The case of cholesterol drugs», *Strategic Management Journal*, vol. 23, págs. 171-179.
- ALEGRE, J.; CHIVA, R. y LAPIEDRA, R. (2006), «La innovación de productos en el sector cerámico: Un análisis de las empresas más innovadoras y menos innovadoras», *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 15, nº 4, págs. 55-68.
- AMIT, T. R. y SCHOEMAKER, P. J. H. (1993), «Strategic assets and organizational rent», *Strategic Management Journal*, vol. 14, págs. 33-46.
- ANDERSON, P. W.; ARROW, K. J. y PINES, D. (1988), *The economy as a complex evolving system*, Ed. Addison-Wesley, Redwood City.
- ASEBIO (2002), Informe Asebio 2002, Ed. Asociación Española de Bioempresas, Madrid.
- BALCONI, M. (2002), «Tacitness, codification of technological knowledge, and the organisation of industry», *Research Policy*, vol. 31, págs. 357-379.
- BARNEY, J. B. (1991), «Firms resources and sustained competitive advantage», *Journal of Management*, vol. 17, págs. 99-120.
- (1992), «Integrating organizational behavior and strategy formulation research: A resource-based analysis», en P. Shrivastava, A. Huff y J. Dutton (eds.), *Advances in strategic management*, Ed. JAI Press, Greenwich.
- (1997), *Gaining and sustaining competitive advantage*, Ed. Addison-Wesley, Reading.
- BLACK J. A. y BOAL, K. B. (1994), «Strategic resources: Traits, configurations and paths to sustainable competitive advantage», *Strategic Management Journal*, vol. 15, págs. 131-148.
- BOWMAN, C. y AMBROSINI, V. (2003), «How the resource-based and dynamic capabilities views of the firm inform corporate-level strategy», *British Journal of Management*, vol. 14, págs. 289-303.
- CHRISTENSEN, J. F. (1996), «Analysing the technology base of the firm: A multi-dimensional resource and competence perspective», en N.J. Foss and C. Knudsen (eds.), *Towards a competence theory of the firm*, Ed. Routledge, Londres.
- COMANOR, W. S. y SCHERER, F. M. (1969), «Patents statistics as a measure of technical change», *Journal of Political Economy*, vol. 77, págs. 392-398.
- CONNER, K. R. (1995), «Obtaining strategic advantage from being imitated: When can encouraging 'clones' pay?», *Management Science*, vol. 41, págs. 209-225.
- COTEC (1997), *Biotecnología. Documentos COTEC sobre oportunidades tecnológicas*, Ed. Fundación Cotec, Madrid.
- COWAN, R. y FORAY, D. (1997), «The economics of codification and the diffusion of knowledge», *Industrial and Corporate Change*, vol. 6, págs. 595-622.
- CROSSAN, M. M. y BERDROW, I. (2003), «Organizational learning and strategic renewal», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 1087-1105.
- DE CAROLIS, D. M. (2003), «Competences and imitability in the pharmaceutical industry: An analysis of their relationship with firm performance», *Journal of Management*, vol. 29, págs. 27-50.
- DÍAZ DÍAZ, N. L.; AGUIAR DÍAZ, I. y DE SAÁ PÉREZ, P. (2006), «El conocimiento organizativo tecnológico y la capacidad de innovación. Evidencia para la empresa

- industrial española», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, núm. 27, págs., 33-60.
- DIERICKX, I. y COOL, K. (1989), «Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage», *Management Science*, vol. 35, págs. 1504-1511.
- DOSI, G. y MARENGO, L. (1993), «Some elements of an evolutionary theory of organizational competences», en R.W. England (ed.), *Evolutionary concepts in contemporary economics*, Ed. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- DOUGLAS, T. J. y RYMAN, J. A. (2003), «Understanding competitive advantage in the general hospital industry: Evaluating strategic competencies», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 333-347.
- ERNST, B. (1995), *The principle of hope*, Ed. MIT Press, Cambridge.
- ERNST, H. (2001), «Patent applications and subsequent changes of performance: Evidence from time-series cross section analyses on the firm level», *Research Policy*, vol. 30, págs. 143-158.
- FIGUEIREDO, P. N. (2002), «Does technological learning pay off? inter-firm differences in technological capability-accumulation paths and operational performance improvement», *Research Policy*, vol. 31, págs. 73-94.
- FUENTELSAZ, L.; GÓMEZ, J. y POLO, Y. (2003), «Intrafirm diffusion of new technologies: An empirical application», *Research Policy*, vol. 32, págs. 533-551.
- GARCÍA MUÑA, F. E.; MARTÍN DE CASTRO, G.; LÓPEZ SÁEZ, P. y NAVAS LÓPEZ, J. E. (2006), «The complexity in technological capabilities: evidence from spanish biotechnological firms», *International Journal of Technology Management*, vol. 35, págs. 224-240.
- GARCÍA MUÑA, F. E. y NAVAS LÓPEZ, J. E. (2007), «Las capacidades tecnológicas y los resultados empresariales. Un estudio empírico en el sector biotecnológico español», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, núm. 32, páginas 169-202.
- GHEMAWAT, P. (1991), «Market incumbency and technological inertia», *Marketing Science*, vol. 10, núm. 2, págs. 161-171.
- GODFREY, P. C. y HILL, C. W. L. (1995), «The Problem of Unobservable in Strategic Management Research», *Strategic Management Journal*, vol. 16, págs. 519-533.
- GONZÁLEZ ÁLVAREZ, N. y NIETO ANTOLÍN, M. (2005), «Efectos de la ambigüedad causal sobre los resultados empresariales: Un análisis en las mayores empresas manufactureras españolas», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, núm. 25, págs. 83-102.
- GRANT, R. M. (1991), «The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation», *California Management Review*, vol. 34, primavera, págs. 114-135.
- (1996), «Toward a knowledge-based theory of the firm», *Strategic Management Journal*, vol. 17, págs. 109-122.
- GRILICHES, Z. (1990), «Patents statistics as economic indicators: A survey», *Journal of Economic Literature*, vol. 28, págs. 1661-1707.
- GRILICHES, Z.; HALL, B. H. y PAKES, A. (1991), «R&D, patents, and market value revisited: Is there a second (technological opportunity) factor?», *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 1, págs. 1183-1201.
- GUNBY, P. (1996), *Explaining adoption patterns of process standards*, Tesis Doctoral, Universidad de Ontario.
- HALL, R. (1992), «The strategic analysis of intangible resources», *Strategic Management Journal*, vol. 13, págs. 135-144.
- HELPAT, C. E. (2000), «Guest editor's introduction to the special issue: The evolution of firm capabilities», *Strategic Management Journal*, vol. 21, págs. 955-959.
- HENDERSON, R. M. y COCKBURN I. (1994), «Measuring competence? Exploring firm

- effects in pharmaceutical Research», *Strategic Management Journal*, vol. 15, págs. 63-84.
- HIRSHLEIFER, J. (1982), «Evolutionary models in economics and law: Cooperation versus conflict», *Research in Law and Economics*, vol. 4, págs. 1-60.
- HOLLAND, J. H. y MILLER, J. H. (1991), «Artificial adaptive agents in economic theory», *American Economic Review*, vol. 81, págs. 365-370.
- HOSKISSON, R.; HITT, M. A.; WAN, W. P. y YIU, D. (1999), «Theory and research in strategic management: Swings of a pendulum», *Journal of Management*, vol. 25, págs. 417-456.
- HUBERMAN, B. A. y HOGG, T. (1986), «Complexity and adaptation», *Physica*, vol. 22, núm. D, págs. 376-384.
- JIMÉNEZ JIMÉNEZ, D. y SANZ VALLE, R. (2006), «Innovación, aprendizaje organizativo y resultados empresariales. Un estudio empírico», *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, núm. 29, págs. 31-56.
- KNOTT, A. M. (2003), «Persistent heterogeneity and sustainable innovation», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 687-705.
- LIEBESKIND, J. P. (1996), «Knowledge, strategy, and the theory of the firm», *Strategic Management Journal*, vol. 17, págs. 93-107.
- (1996), «Keeping organizational secrets: Protective institutional mechanisms and their costs», *Industrial and Corporate Change*, vol. 3, págs. 623-663.
- LIPPMAN, S. A. y RUMELT, R. P. (1982), «Uncertain imitability: An analysis of inter-firm differences in efficiency under competition», *Bell Journal of Economics*, vol. 13, págs. 418-438.
- (2003), «A bargaining perspective on resource advantage», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 1069-1086.
- MAKADOK, R. (2003), «Doing the right thing and knowing the right thing to do: why the whole is greater than the sum of parts», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 1043-1055.
- MACMILLAN, I.; McCAFFERY, M. y VAN WIJK, G. (1985), «Competitors' responses to easily imitated new products: exploring commercial banking product introductions», *Strategic Management Journal*, vol. 6, págs. 75-86.
- MARKMAN, G. D.; ESPINA, M. I. y PHAN, P. H. (2004), «Patents as surrogates for inimitable and non-Substitutable resources», *Journal of Management*, vol. 30, págs. 529-544.
- McEVILY, S. K. y CHAKRAVARTHY, B. (2002), «The persistence of knowledge-based advantage: An empirical test for product performance and technological knowledge», *Strategic Management Journal*, vol. 23, págs. 285-305.
- McEVILY, S. K.; DAS, S. y MCABE, K. (2000), «Avoiding competence substitution through knowledge sharing», *Academy of Management Review*, vol. 25, páginas 294-311.
- MILLER, D. y SHAMSIE, J. (1996), «The resource-based view of the firm in two environments: The Hollywood films studios from 1936 to 1965», *Academy of Management Journal*, vol. 39, págs. 519-543.
- MCGRATH, R. G.; MACMILLAN, I. C. y VENKATARAMAN, S. (1995), «Defining and developing competence: A strategic process paradigm», *Strategic Management Journal*, vol. 16, págs. 251-275.
- MILLER, D.; EISENSTAT, R. y FOOTE, N. (2002), «Strategy from the inside out: Building capabilities-creating organizations», *California Management Review*, vol. 44, págs. 37-54.
- NELSON, R. R. y WINTER, S. G. (1982), *An evolutionary theory of economic change*, Ed. Belknap Press, Cambridge.
- NICHOLLS-NIXON, C. L. y WOO, C. Y. (2003), «Technology sourcing and output of

- established firms in a regime of encompassing technological change», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 651-666.
- NIETO ANTOLÍN, M. y PÉREZ CANO, C. (2006), «Características del conocimiento tecnológico y mecanismos de apropiación de innovaciones», *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 15, núm. 3, págs. 93-106.
- NIETO ANTOLÍN, M. y QUEVEDO CANO, P. (2005), «Variables estructurales, capacidad de absorción y esfuerzo innovador en las empresas manufactureras españolas», *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 14, núm. 1, páginas 25-44.
- NONAKA, I. (1994), «A dynamic theory of organizational knowledge creation», *Organization Science*, vol. 5, págs. 14-37.
- NONAKA, I. y TAKEUCHI, H. (1995), *The knowledge-creating company*, Ed. Oxford University Press, Oxford.
- PENROSE, E. T. (1959), *The theory of growth of the firm*, Ed. Basil Blackwell, Londres.
- PETERAF, M. A. (1993), «The cornerstones of competitive advantage: A resource-based view», *Strategic Management Journal*, vol. 14, págs. 179-191.
- PETERAF, M. A. y BERGEN, M. E. (2003), «Scanning dynamic competitive landscapes: A market-based and resource-based framework», *Strategic Management Journal*, vol. 24, 1027-1041.
- PRAHALAD, C.K. y HAMEL, G. (1990), «The core competence of the corporation», *Harvard Business Review*, págs. 79-91.
- REED, R. y DEFILLIPPI, R. (1990), «Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage», *Academy of Management Review*, vol. 15, págs. 88-102.
- RIVETTE, K. G. y KLINE, D. (2000), *Rembrandts in the attic: Unlocking the hidden value of patents*, Ed. Harvard Business School Press, Cambridge.
- ROBINS, J. A. (1992), «Organizational considerations in the evaluation of capital assets: Toward a resource-based view of strategic investment by firms», *Organization Science*, vol. 3, págs. 522-536.
- ROGERS, E. (1995), *Diffusions of Innovation*, Ed. Free Press, Nueva York.
- RUIZ-MAYA PÉREZ L. y MARTÍN PLIEGO, F. J. (1995), *Estadística II: Inferencia*, Ed. AC, Madrid.
- SANTARELLI, E. y PIERGIOVANNI, R. (1996), «Analysing literature-based output indicators: The Italian experience», *Research Policy*, vol. 25, págs. 689-711.
- SCHERER, E. M. (1965), «Firm size, market structure, opportunity, and the output of patented inventions», en E. M. Scherer (ed.), *Innovation and Growth. Schumpeterian Perspectives*, Ed. MIT Press, Cambridge.
- SELZNICK, P. (1957), *Leadership in Administration: A Sociological Interpretation*, Ed. Harper and Row, Nueva York.
- SIEGEL, S. y CASTELLAN, N. (1988), *Non parametric statistics for the behavioral sciences*, Ed McGraw-Hill, Nueva York.
- SIMON, H. A. (1947), *Administrative Behavior*, Ed. McMillan, Nueva York.
- (1962), «The architecture of complexity», *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 106, págs. 467-482.
- SINGH, K. (1997), «The impact of technological complexity and interfirm cooperation on business survival», *Academy of Management Journal*, vol. 40, págs. 339-367.
- SPENCER, J. W. (2003), «Firms' knowledge sharing strategies in the global innovation system: Empirical evidence from the flat panel display», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 217-233.
- SPENDER, J. C. (1996), «Making knowledge the basis of a dynamic theory of the firm», *Strategic Management Journal*, vol. 17, págs. 45-62.

- STYHRE, A. (2004), «Rethinking knowledge: A bergsonian critique of the notion of tacit knowledge», *British Journal of Management*, vol. 14, págs. 177-188.
- TEECE, D. J. (1986), «Profiting from technological innovation», *Research Policy*, vol. 15, págs. 285-305.
- TEECE, D. J., PISANO, G. y SHUEN, A. (1997), «Dynamic capabilities and strategic management», *Strategic Management Journal*, vol. 18, págs. 509-533.
- TENG, B. y CUMMINGS, J. L. (2002), «Trade-offs in managing resources and capabilities», *Academy of Management Executive*, vol. 16, págs. 81-91.
- THOMKE, S. y KUEMMERLE, W. (2002), «Asset accumulation, interdependence and technological change: evidence from pharmaceutical drug discovery», *Strategic Management Journal*, vol. 23, págs. 619-635.
- UN, C.A y CUERVO-CAZURRA, A. (2004), «Strategies for knowledge creation in firms», *British Journal of Management*, 15, págs. S27-S41.
- VICENTE-LORENTI, J. D. (2001), «Specificity and opacity as resource-based determinants of capital structure: Evidence for Spanish manufacturing firms», *Strategic Management Journal*, vol. 22, págs. 157-177.
- WANG, Y.; LO, H.P. y YANG, Y. (2004), «The constituents of core competencies and firm performance: evidence from high-technology firms in China», *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 21, págs. 249-280.
- WERNERFELT, B. (1984), «A resource-based view of the firm», *Strategic Management Journal*, vol. 5, págs. 171-180.
- WIKLUND, J. y SHEPHERD, D. (2003), «Knowledge-based resources, entrepreneurial orientation, and the performance of small and medium-sized business», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 1307-1314.
- WILCOX-KING, A. y ZEITHAML, C.P. (2001), «Competences and firm performance: Examining the causal ambiguity paradox», *Strategic Management Journal*, vol. 22, págs. 75-99.
- WONGLIMPIYARAT, J. (2005), «Does complexity affect speed of innovation?», *Technology*, vol. 25, págs. 865-882.
- ZAHRA; S. A. y NIELSEN, A. P. (2002), «Sources of capabilities, integration and technology commercialization», *Strategic Management Journal*, vol. 23, páginas 377-398.
- ZANDER, U. y KOGUT, B. (1995), «Knowledge and the speed of transfer and imitation of organizational capabilities: An empirical test», *Organization Science*, vol. 6, núm. 1, págs. 76-92.
- ZARRAGA OBERTY, C. y DE SAÁ PÉREZ, P. (2005), «Comunidades de práctica: equipos de trabajo para la gestión del conocimiento», *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 14, págs. 145-158.
- ZOTT, C. (2003), «Dynamic capabilities and the emergence of intra-industry differential firm performance: insights from a simulation study», *Strategic Management Journal*, vol. 24, págs. 97-125.

Apéndice. Análisis de la medición de la complejidad del conocimiento

TABLA 1.—Matriz de correlaciones escala de medida para la complejidad del conocimiento⁺

Tau_b de Kendall	Grado en que puede ser observado el conocimiento	Correlaciones							VII
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	
Nº tecnologías, conceptos, factores y parámetros	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	1,000 ,569*** .000	,294 ,058 .093	,295 ,077 .093	,187 ,252 .043	,204 ,043 .043	,324* ,677 .043	,066 ,677 .066	,129 ,416 .085
Dificultad para la transmisión de conocimientos	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,569*** 1,000	,298 .062	,288 .081	,310 .062	,349* .032	,144 .367	,333* .037	,085 .678 .094
Coordinación departamentos	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,304 .058	,298 .062	,1,000 .003	,500 .003	,436* .010	,484*** .004	,195 .230	,054 .741 .159
Coordinación trabajadores	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,277 .093	,288 .081	,500 .003	,1,000 .000	,732** .002	,525** .735	,057 .482	,228 .193 .089
Complementariedad tecnologías	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,295 .077	,310 .062	,436* .010	,732** .000	1,000 .000	,608*** .000	,090 .592	,118 .720 .141
Experiencia acumulada trabajadores en el sector	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,187 .252	,349* .032	,484*** .004	,525*** .002	,608*** .000	1,000 .000	,191 .249	,036 .485 .120
Dificultad codificación conocimiento	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,204 .202	,144 .367	,195 .230	,057 .735	,090 .592	,191 .249	,1,000 .189	,049 .455 .111
Experiencia en la tecnología acumulada por empresa	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,324* .043	,333* .037	,054 .741	,118 .482	,061 .720	,116 .485	,213 .189	,023 .485 .120
Eficiencia uso tecnologías externas	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	,066 .677	,066 .678	,228 .159	,217 .193	,141 .401	,036 .829	,120 .455	,023 .888 .149
* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). ** La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)									

+ Las correlaciones han quedado definidas a través del estadístico no paramétrico de Tau_b de Kendall.

Fuente: García Muñiz et al. (2006).

TABLA 2.—*KMO y Test de Bartlett para la complejidad*

Kaiser-Meyer-Olkin			0,807
Test de Bartlett		Chi-cuadrado	77,105
	gl		36
	Sig.		0,000

TABLA 3.—*Resultados del análisis factorial exploratorio*

Items	Auto-valor Inicial			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza explicada	% acumulado	Total	% de varianza explicada	% acumulado	Total	% de varianza explicada	% acumulado
Item 1	3,474	43,422	43,422	3,474	43,422	43,422	3,161	39,517	39,517
Item 2	1,644	30,549	73,971	1,644	30,549	73,971	1,956	34,454	73,971
Item 3	0,964	12,054	76,025						
Item 4	0,595	7,434	83,459						
Item 5	0,555	6,941	90,400						
Item 6	0,336	4,206	94,606						
Item 7	0,252	3,145	97,751						
Item 8	0,180	2,249	100,000						

Matriz de componentes rotados (a)

			Componentes	
			λ_{11}	λ_{12}
Item5; V5		Coordinación trabajadores	0,870	0,023
Item4; V4		Coordinación departamentos	0,854	0,036
Item3; V3		Nº tecnologías, conceptos, factores y parámetros	0,816	0,091
Item6; V6		Complementariedad tecnologías	0,779	0,186
Item2; V2		Dificultad para la transmisión de conocimientos	0,373	0,785
Item1; V1		Grado en que puede ser observado el conocimiento	0,399	0,748
Item7; V7		Experiencia acumulada trabajadores en la empresa	-0,022	0,706
Item8; V8		Posibilidad codificación conocimiento	0,321	-0,488
Fiabilidad de las subescalas depuradas			·1= 0,8478	·2= 0,7503
Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: normalización varimax con Kaiser. (a) La rotación ha convergido en 3 iteraciones.			<i>Complejidad exógena</i>	<i>Complejidad endógena</i>

Fuente: García Muiña *et al.* (2006).