

Características del conocimiento tecnológico y mecanismos de apropiación de innovaciones

Mariano Nieto Antolín* • Carmen Pérez Cano**

*Universidad de León • **Universidad Politécnica de Madrid

RECIBIDO: 17 de septiembre de 2003

ACEPTADO: 16 de enero de 2006

Resumen: En este artículo se estudia como ciertas características de los conocimientos tecnológicos influyen en los mecanismos de apropiación que emplean las empresas para proteger sus innovaciones de la acción de los imitadores. Para ello, se identifican cinco dimensiones del conocimiento (grado de codificación, posibilidad de ser enseñado, observable por el uso, nivel de complejidad, dependencia de un sistema) y se analiza como condicionan la decisiones de protección de innovaciones (patentar vs. emplear mecanismos alternativos de apropiación). A partir del estudio de una muestra de 670 innovaciones desarrolladas por empresas industriales españolas se obtiene que las posibilidades de codificación y la dependencia respecto de un sistema de conocimientos más amplio, son las características de los conocimientos que más influyen en la elección del método de protección.

Palabras clave: Innovación tecnológica / Características del conocimiento / Apropiación / Patentes.

Technological Knowledge Attributes and Appropriability Mechanisms

Abstract: This article deals with the appropriability of technological innovations. Specifically, it looks at how certain attributes of technological knowledge (codifiability, teachability, complexity, observability, dependency) may influence the choices that firms make among different protection mechanisms (patents, secrecy, lead time, learning curve, complementary resources). Based on a sample of 670 innovations developed by Spanish industrial firms, it is found that dependency and, to a lesser extent, codifiability are the attributes that most influence the choice of appropriation method.

Key Words: Technological innovation / Knowledge attributes, / Appropriability / Patents.

INTRODUCCIÓN

El potencial innovador de las empresas depende de su capacidad para crear nuevo conocimiento y diseminarlo a través de la organización para incorporarlo a nuevos procesos, productos y servicios (Nonaka y Takeuchi, 1995, p. 3). Las empresas que sepan aprovechar y desarrollar su potencial innovador alcanzarán una posición de ventaja competitiva sobre sus competidores. El mantenimiento de esta ventaja a largo plazo dependerá, en gran medida, de la habilidad que posean para proteger sus conocimientos de la acción de los imitadores. Sin embargo, es un hecho que las empresas suelen tener grandes dificultades para establecer derechos de propiedad sobre una parte de sus conocimientos tecnológicos. Se ha demostrado que los conocimientos, y por tanto los beneficios, que generan las actividades innovadoras no son perfectamente apropiables (Geroski, 1995, p. 92).

La mayoría de los conocimientos tecnológicos incorporados a las innovaciones tienen dos componentes: uno privado, del que se beneficia en exclusiva la empresa que lo ha desarrollado y otro público, difícilmente apropiable, del que se aprovechan otros agentes (Dosi, 1988). Las condiciones de apropiación¹ de un conocimiento

tecnológico determinan el porcentaje de cada uno de estos componentes. Estas condiciones dependen de distintos factores. Unos son de carácter exógeno, como el marco institucional, el régimen legal, la estructura de la industria en que compete la empresa y las propias características del conocimiento tecnológico. Otros, como las decisiones que pueden adoptar las empresas sobre los mecanismos de protección a emplear son claramente endógenas. Las empresas cuentan con distintos mecanismos para apropiarse de los resultados de sus actividades innovadoras (Levin *et al.*, 1987; Teece, 1987; Geroski, 1995) como son: las patentes y otras medidas de protección legal, el secreto industrial, la explotación de la posición de liderazgo tecnológico, el aprovechamiento del efecto aprendizaje, y el control de recursos complementarios.

Del conjunto de factores exógenos, los que hacen referencia a las características del conocimiento tecnológico han adquirido una especial relevancia en los últimos años. La economía evolucionista (Nelson y Winter, 1982) y el enfoque basado en los recursos (Barney, 1991) han enfatizado que las tecnologías que surgen del proceso de innovación no tienen las características de la "información" como sugerían ciertos planteamientos de raíz neoclásica (Arrow, 1962).

Por el contrario, la tecnología presenta un importante componente de aprendizaje y conocimiento acumulado. La concepción de la tecnología como conocimiento permite contemplar las empresas como organismos de aprendizaje que acumulan conocimiento en su “memoria” transformando en rutinas las actividades cotidianas de la organización (Nelson y Winter, 1982, p. 99). Bajo esta perspectiva, se ha comprobado que determinadas características del conocimiento tecnológico (grado de codificación, posibilidad de ser enseñado, observable por el uso, nivel de complejidad, dependencia de un sistema) juegan un papel clave en el proceso de creación (Nonaka y Takeuchi, 1995; Spender, 1996), transmisión (Zander y Kogut, 1995; Roberts, 2000) y difusión de innovaciones (Rogers, 1983).

Hasta la fecha, no se ha estudiado suficientemente cómo estas características del conocimiento (factores exógenos) pueden afectar a los mecanismos de protección de innovaciones que decida emplear la empresa (factores endógenos). ¿En qué medida las características del conocimiento condicionan las decisiones de protección que adopta la empresa?. ¿Qué mecanismos de protección son más útiles para proteger las distintas modalidades de conocimiento?. Este trabajo pretende avanzar algunas respuestas a estas cuestiones. Para ello, en el siguiente apartado se exploran las relaciones existentes entre ciertas características del conocimiento y los principales mecanismos de protección de innovaciones empleados por las empresas. A continuación, en el tercer apartado, se analizan estas relaciones en una muestra de 670 innovaciones desarrolladas por 367 empresas españolas. En el cuarto apartado se presentarán los resultados obtenidos en los análisis anteriores y, por último, en el apartado quinto se exponen las principales conclusiones.

INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO SOBRE LOS MECANISMOS DE APROPIACIÓN

MECANISMOS DE APROPIACIÓN

Las empresas innovan y se esfuerzan en generar nuevos conocimientos para mejorar y desarro-

llar nuevos productos y/o procesos de producción con la expectativa de aumentar sus beneficios en el futuro. A diferencia de la mayoría de las inversiones productivas, las inversiones dirigidas a generar nuevos conocimientos para innovar (como las realizadas en I+D) son difíciles de proteger. Parte de estos conocimientos que se generan en las actividades innovadoras pueden ser fácilmente reproducibles con coste prácticamente nulo. La posibilidad de que una rápida difusión de estos resultados pueda hacer disminuir los beneficios esperados, constituye un fuerte desincentivo para la realización de actividades innovadoras.

Los métodos de apropiación son los mecanismos de los que hace uso la empresa para proteger sus innovaciones frente a la imitación por parte de sus competidores. Estos métodos se pueden clasificar en dos grupos. En primer lugar, se encuentran los procedimientos legales como la propiedad industrial y las patentes y, en segundo lugar, está una amplia variedad de medidas alternativas como el secreto industrial, la explotación de la posición de liderazgo tecnológico, el aprovechamiento del efecto aprendizaje o la una correcta explotación de los recursos complementarios. A continuación, se describe cómo operan cada uno de estos métodos.

Patentes

El sistema de patentes, al establecer derechos de propiedad sobre los resultados del proceso de innovación, protege legalmente al innovador frente a los imitadores. Garantiza al propietario de la patente el disfrute de un monopolio temporal durante un periodo de tiempo en el que puede rentabilizar su inversión. De esta forma, el sistema de patentes constituye un estímulo para la realización de actividades innovadoras. También, el propietario, si así lo desea, puede vender a otros el derecho a utilizar la patente a cambio de lo que se denomina un *royalty*. Sin embargo, la eficacia de estos mecanismos legales ha sido seriamente cuestionada. Levin, *et al.* (1987) han enumerado una serie de razones que permiten explicar el porqué en la mayoría de las industrias no se emplean las patentes como mecanismos de protección frente a los imitadores:

- a) En numerosas industrias los imitadores, sin salirse de la legalidad, pueden copiar alrededor de la tecnología patentada ya que suele ser difícil demostrar que el imitador ha copiado (pe. complejos sistemas electrónicos).
- b) Algunas innovaciones son muy difíciles de patentar ya que es muy costoso demostrar su novedad (pe. tecnologías complejas y maduras).
- c) En determinadas trayectorias tecnológicas los avances se producen tan rápidamente que patentar carece de sentido (pe. microelectrónica).
- d) Hay situaciones en las que la información incluida en la patente restringe su eficacia y el mecanismo de protección empleado suele ser el secreto industrial (pe. procesos petroquímicos).
- e) En otros casos no se protegen legalmente las innovaciones porque la complejidad de la tecnología hace que el coste de copiar, en términos monetarios y de tiempo, sea casi igual al coste de desarrollar la tecnología (pe. electrónica, aeroespacial, maquinaria industrial).

Por eso, las empresas suelen recurrir a otros mecanismos de protección alternativos que pueden ser más eficientes.

Mecanismos de apropiación alternativos

◆ *Secreto industrial.* El mantenimiento de un conocimiento tecnológico en secreto supone no exteriorizar fuera de la empresa ningún elemento esencial del mismo. En caso de poder proteger la innovación mediante este método, resulta un mecanismo muy atractivo dado que el poseedor del secreto puede apropiarse de sus rendimientos por tiempo indefinido. El problema es que, en la práctica, el secreto solamente proporciona una protección efectiva en el caso de que las innovaciones no puedan observarse con facilidad. Por ejemplo, cuando las innovaciones de producto incorporen elevadas barreras tecnológicas, o en las innovaciones de proceso que puedan ocultarse a la vista pública (Von Hippel, 1988, p. 54).

◆ *Liderazgo tecnológico.* Este método se basa en la ventaja que logra la empresa cuando es

capaz de desarrollar y comercializar una innovación antes que sus competidores. Esta ventaja, se apoya en que la empresa que ocupa inicialmente una posición de liderazgo, posee unos conocimientos sobre la tecnología que el seguidor no tiene. El objetivo del líder, una vez conseguida esta ventaja, será lograr el mantenimiento de la misma a largo plazo. La cuestión que se plantea, en la literatura, es si es posible para una empresa sostener a largo plazo dicha ventaja (Makadok, 1998, p. 684). Por lo general, las acciones encaminadas a explotar la posición de liderazgo tecnológico mediante fuertes inversiones en comercialización y servicio al cliente han demostrado su eficacia en ciertas industrias como la de los semiconductores. También, las empresas innovadoras pueden reducir los incentivos para la imitación con medidas de carácter disuasorio amenazando con represalias a los potenciales imitadores o invirtiendo en reputación y creando una imagen de calidad y fiabilidad (Grant, 1996). Adicionalmente, la realización de continuas mejoras incrementales sobre sus innovaciones es uno de los métodos que la empresa puede utilizar para conservar la ventaja (Malerba y Torrisi, 1992, p. 56; Torrisi, 1998).

◆ *Aprovechamiento del efecto aprendizaje.* El efecto aprendizaje refleja el hecho de que el tiempo de fabricación de un producto se acorta conforme se va produciendo un mayor número de unidades. Esta disminución del tiempo de realización de una actividad refleja el aprendizaje acumulado hasta ese momento. Este efecto supone una disminución de los costes unitarios de la mano de obra directa y, en consecuencia, una reducción de los costes unitarios del producto. El efecto aprendizaje se ha observado en la mayoría de las industrias desde hace décadas (Abernathy y Wayne, 1974; Hirschmann, 1964). Las empresas que sean capaces de obtener ventajas en costes derivadas de una posición dominante en la curva de aprendizaje podrán hacer frente a la acción de los imitadores.

◆ *Control de los recursos complementarios.* Los conocimientos tecnológicos no son capaces de generar ingresos por sí solos. En la mayoría de los casos la explotación de los conocimientos tecnológicos exige el dominio de una serie de recursos de carácter complementario. Casi siem-

pre, la empresa para llevar al mercado un nuevo producto con éxito necesita disponer de ciertas capacidades producción, de comercialización y de servicio postventa (Teece, 1987, p. 191). Las empresas que tengan establecido un control efectivo sobre ciertos recursos complementarios podrán apropiarse de los resultados de las actividades innovadoras en mayor medida que sus competidores. La importancia de este instrumento de apropiación se ha comprobado en numerosas investigaciones (Levin, *et al.* 1987²; Teece, 1987; Tripsas, 1997).

CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO

El interés por el estudio de las características del conocimiento surge a partir de la investigación de Nelson y Winter (1982), punto de partida de la corriente evolucionista. Estos autores introducen en la literatura económica y de dirección de empresas el concepto de conocimiento tácito (Nelson y Winter, 1982, p. 76) aprovechando los estudios sobre el conocimiento realizados por el filósofo de la ciencia Michael Polanyi (1976). Posteriormente, en otros trabajos de gran impacto se emplea el concepto de conocimiento tácito (Dosi, 1988; Nonaka y Takeuchi, 1995) y se identifican otras características del conocimiento (Rogers, 1983; Winter, 1987; Re-

ed y DeFillippi, 1990; Zander y Kogut, 1995). En la tabla 1 se recogen las principales características del conocimiento que han analizadas en la literatura en los últimos años.

La mayoría de los trabajos coinciden en señalar que las principales dimensiones que se encuentran presentes, en distinto grado, en cualquier tipo de conocimiento tecnológico son las siguientes:

- Grado de codificación o posibilidad de que pueda reducirse a información.
- Grado en que se puede fácilmente enseñar a través de la formación.
- Grado en que se puede observar cuándo se usa y aplica.
- Grado de complejidad.
- Grado de dependencia respecto de otros conocimientos.

A continuación se definen estas dimensiones, al tiempo que se argumenta como pueden afectar a las condiciones de apropiación y se establecen las hipótesis de este trabajo.

Grado de codificación

El grado de codificación del conocimiento es, sin lugar a dudas, la característica más relevante del conocimiento y por eso ha sido la más estu-

Tabla 1.- Principales características del conocimiento tecnológico analizadas en la literatura

Características del conocimiento tecnológico	Nelson y Winter (1982)	Rogers (1983)	Souder y Shirivastava (1985)	Winter (1987)	Cohen y Levinthal (1990)	Reed y DeFillippi (1990)	Garud y Nayyar (1994)	Nonaka y Takeuchi (1995)	Zander y Kogut (1995)	Grant (1996)	Spender (1996)	Galunic y Rodan (1998)	Saviotti (1998)	Norman (2002)
Codificable	X		X	X		X	X		X	X		X	X	X
Transmisible		X												
Compatible		X												
Complejo		X		X	X	X	X		X	X				
Dependiente				X			X		X					
Disperso												X		
Entendible			X											
Observable		X		X					X					
Rentable		X												
Específico												X		
Enseñable			X	X					X					
Acumulable					X								X	
Usable			X											

diada. La codificación del conocimiento hace referencia a la posibilidad de que un determinado conocimiento pueda ser reducido a información mediante dibujos, fórmulas, números o palabras. A partir del grado de codificación se han definido las dos categorías de conocimientos: los explícitos³ y los tácitos⁴.

El conocimiento explícito está completamente articulado, se encuentra codificado de una manera precisa y es perfectamente descifrable. El principal ingrediente del conocimiento explícito es la información y por ello su transmisión no presenta grandes dificultades. Los ejemplos de este tipo de conocimiento son enormemente variados; no obstante pueden agruparse en las cuatro categorías siguientes (Badaracco, 1991, pp. 17-19): a) conocimientos contenidos en documentos, planos o bases de datos; b) conocimientos contenidos en la maquinaria y en los equipos de producción; c) conocimientos contenidos en ciertas materias primas, como productos químicos y farmacéuticos, metales de aleaciones especiales; d) parte de los conocimientos contenidos en la mente de los individuos.

Por el contrario, el conocimiento tácito es aquel que no puede reducirse a información y, por lo tanto, no se puede codificar. La mayoría de los conocimientos tecnológicos tienen un componente tácito importante por lo que no pueden ser transmitidos en su totalidad ni siquiera por la persona que los poseen ya que todos los individuos “sabemos más de lo que somos capaces de explicar”. El cuerpo de conocimientos tácitos engloba todas las cosas que se saben hacer pero que no se puede describir cómo se hacen. Este conocimiento surge de las acciones personales y de la experiencia, por lo que es difícil compartirlo con otros.

Los conocimientos explícitos, como la información, presentan dos problemas de cara a su protección: a) al tener las características de los bienes públicos no hay rivalidad en su consumo, y b) el mero acto de comercializar el conocimiento lo hace disponible a todos los potenciales usuarios. En general, los conocimientos altamente codificados son inapropiables mediante las transacciones de mercado, excepto en aquella parte de los mismos que está protegida mediante patentes (Grant, 1996, p. 111). Así, cuanto mayor sea el grado de codificación de un conocimiento mayor será la eficiencia de los mecanis-

mos legales para protegerlo. Por ello se puede proponer la siguiente hipótesis:

- *H1a: Cuanto mayor sea el grado de codificación de un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante patentes.*

Por el contrario, los conocimientos tácitos, al tener un marcado carácter idiosincrásico, son más fáciles de proteger en el interior de la organización. El conocimiento tácito se acumula a todos los niveles en la empresa (individuo, grupo, empresa en su conjunto) y está incrustado en las relaciones que éstos mantienen entre sí. Los imitadores tienen grandes dificultades para copiar los conocimientos tácitos. Por ello, una empresa puede apropiarse más fácilmente de sus conocimientos tácitos que de los explícitos, en la medida que estos al estar sin articular, son más fáciles de proteger frente a la acción de los imitadores. Se ha señalado que la apropiación del conocimiento tácito sólo se consigue mediante su aplicación a las actividades productivas (Grant, 1996, p. 111). Así, para la protección de los conocimientos tácitos, imposibles de patentar, es necesario recurrir a los mecanismos de protección alternativos como el secreto, el liderazgo tecnológico o las mejoras continuas. Por ello se puede formular la siguiente hipótesis:

- *H1b: Cuanto menor sea el grado de codificación de un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante mecanismos de apropiación alternativos.*

Posibilidad de ser enseñado

Esta característica hace referencia a la posibilidad de que un conocimiento tecnológico pueda ser enseñado y comunicado fácilmente. Hay que tener en cuenta que el grado en que se pueda enseñar un conocimiento es independiente de que éste pueda codificarse (Winter, 1987, p. 171). La enseñanza de los conocimientos explícitos no suele plantear problemas, sin embargo, para la enseñanza de conocimientos tácitos es imprescindible que exista un componente práctico y comunicación personal. Cuanto mayor sea el grado en que un conocimiento puede ser enseñado, más rápida será su transferencia y más fácil

su imitación. Esto dificultará la completa apropiación de los rendimientos que generen y condicionara la elección del mecanismo de protección. En general, las empresas recurrirán a los procedimientos legales por lo que puede formularse la siguiente hipótesis:

- *H2a: Cuanto mayor sea el grado en que pueda enseñarse un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante patentes.*

Por el contrario, los conocimientos no enseñables –aunque hay que reconocer que no existe ningún conocimiento no enseñable en sentido estricto– son muy difíciles de transferir. Requieren largos periodos de experiencia y práctica compartida entre los poseedores del conocimiento y los “aprendices”. Lo normal es que las empresas no tengan la necesidad de protegerlos mediante procedimientos legales y se apropiaran de ellos a través de otros mecanismos.

- *H2b: Cuanto menor sea el grado en que pueda enseñarse un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante mecanismos de apropiación alternativos.*

Observable por el uso

Esta dimensión refleja el grado en que los conocimientos tecnológicos pueden ser fácilmente observados y detectados por potenciales imitadores. Por lo general, el grado en que un conocimiento puede ser observado va a depender del tipo de innovación a que dé origen. Cuando el conocimiento se materializa en una innovación en servicio (por ejemplo: un nuevo producto financiero) su observación será perfecta y la imitación por parte de los competidores casi instantánea. Si el conocimiento se materializa en una innovación en producto su observación no será tan fácil. Solo el empleo de técnicas de ingeniería inversa puede ayudar a detectar y asimilar las tecnologías que incorpora el nuevo producto. Por último, si se trata de una innovación en proceso y el conocimiento está incorporado a las rutinas y a los procedimientos operativos de la empresa, su observación será prácticamente imposible.

Los conocimientos tácitos y los no enseñables van a ser difíciles de observar, pero esto no implica que todos los conocimientos explícitos y todos los enseñables se puedan observar perfectamente. Por lo tanto, el grado en el que un conocimiento pueda observarse es independiente de las dimensiones anteriores y va a afectar a su transferencia y a la velocidad de su difusión. Por lo general, los conocimientos observables se transfieren rápidamente, se acumulan con facilidad y son difíciles de proteger dentro de la organización (Zander y Kogut, 1995). Por ello, las empresas tendrán incentivos para recurrir a los mecanismos legales para protegerlos.

- *H3a: Cuanto mayor sea el grado en que pueda observarse un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante patentes.*

Por el contrario, los conocimientos difíciles de observar tienen menos posibilidades de difundirse y por ello las empresas podrán protegerlos exclusivamente mediante cualquiera de los mecanismos alternativos.

- *H3b: Cuanto menor sea el grado en que pueda observarse un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante mecanismos de apropiación alternativos.*

Nivel de complejidad

Intuitivamente se puede afirmar que el grado de complejidad de un conocimiento tecnológico está relacionado con el volumen de información que se precisa para caracterizarlo (Winter, 1987, p. 172). En términos operativos, la complejidad puede definirse en función del número de habilidades distintivas o competencias que domina la empresa y que se precisan para aplicar el nuevo conocimiento (Zander y Kogut, 1995, p. 82). Según esto la complejidad de la tecnología incorporada a un producto o servicio podría estimarse a partir del número de competencias que son necesarias para producirlo. Alternativamente, se ha definido la complejidad sobre la base de los parámetros distintos que se precisan para describir la(s) función(es) que desempeña.

Es evidente que todos los conocimientos poseen diferentes grados de complejidad. Es lógico pensar que cuanto más simple sea un conocimiento más fácil va a ser su observación y, probablemente, también, su enseñanza. No obstante, puede haber ciertos conocimientos complejos que sean fácilmente observables y enseñables. Hechas estas salvedades, se puede afirmar que, en general, los conocimientos simples, se van a poder transferir, por lo que van a ser fáciles de imitar. En estas condiciones las empresas preferirán protegerlos mediante procedimientos legales

- *H4a: Cuanto menor sea el grado de complejidad de un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante patentes.*

Por el contrario, los conocimientos complejos van a ser lentos de transferir y fáciles de proteger mediante mecanismos controlables por la empresa, ya que la complejidad dificulta la imitación.

- *H4b: Cuanto mayor sea el grado de complejidad de un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante mecanismos de apropiación alternativos.*

Dependencia de un sistema

Esta dimensión hace referencia a las relaciones de dependencia que mantiene un conocimiento con otros conocimientos. Refleja el grado de dependencia del nuevo conocimiento respecto a los conocimientos que poseen diferentes individuos o grupos dentro y fuera de la empresa.

Con frecuencia, el desarrollo y la aplicación de ciertos conocimientos dependen de la partici-

pación de personas con distintos conocimientos. Por ejemplo, el desarrollo de nuevos productos lo realizan equipos de trabajo integrados por los subcontratistas más importantes y personal procedente de diferentes departamentos de la empresa (Zander y Kogut, 1995, p. 82). El grado de independencia puede interpretarse como la posibilidad que tiene un conocimiento de ser operativo por sí mismo.

A pesar de que las dimensiones grado de dependencia y grado de complejidad son diferentes, entre ellas hay ciertas relaciones. Es evidente que cuanto mayor sea el número de capacidades distintas que son necesarias para aplicar un conocimiento mayor va a ser su grado de dependencia respecto a éstas. Es decir, los conocimientos complejos, también, suelen ser dependientes. Por lo general, los conocimientos independientes, suelen transferirse con rapidez y son fáciles de imitar. Por ello las empresas preferirán protegerlos mediante mecanismos legales.

- *H5a: Cuanto menor sea el grado de dependencia de un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante patentes.*

Por el contrario, cuanto más dependa un conocimiento de un conjunto de otros conocimientos, más lenta será su transferencia y más fácil su protección mediante mecanismos alternativos.

- *H5b: Cuanto mayor sea el grado de dependencia de un conocimiento mayor será la tendencia de las empresas a protegerlo mediante mecanismos de apropiación alternativos.*

En la tabla 2 se resume el sentido de las relaciones recogidas en las hipótesis.

Tabla 2.- Relaciones previstas por las hipótesis entre características del conocimiento y mecanismos de protección

Mecanismos alternativos de apropiación	Características del conocimiento				
	Codificable	Enseñable	Observable	Complejo	Dependiente
Patentar	+	+	+	-	-
Mantener en secreto	-	-	-	+	+
Explotar posición de liderazgo tecnológico	-	-	-	+	+
Aprovechar efecto aprendizaje	-	-	-	+	+
Controlar recursos complementarios	-	-	-	+	+

METODOLOGIA

MUESTRA

Con el propósito de contrastar estas hipótesis, se ha realizado una encuesta a empresas industriales españolas que han acreditado una cierta actividad innovadora. La muestra se ha obtenido de la base de datos del CDTI⁵ (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) en la que se recoge información sobre todas las empresas que han recibido financiación del organismo. Una vez eliminadas las empresas de servicios y depurados los datos, se obtuvo una muestra de 2030 pequeñas y medianas empresas. A todas ellas se les remitió un cuestionario con preguntas encaminadas a identificar las características de sus conocimientos tecnológicos más relevantes y los mecanismos que habían empleado para protegerlos de la acción de los imitadores.

La unidad de análisis de esta investigación es la innovación, por este motivo, se requirió de las empresas que asociaran sus respuestas a las dos innovaciones más importantes que hubieran llevado a cabo en los cinco últimos años. El cuestionario fue contestado por los directores del departamento de I+D o el Director general. El proceso de recogida de información finalizó en Marzo de 2001. Para esa fecha se habían recibido 406 cuestionarios de los cuales solo 367 se consideraron válidos. Finalmente, a partir de ellos se analizaron 670 innovaciones.

MEDIDAS

Las respuestas del cuestionario permitieron medir directamente las variables referentes a los mecanismos de protección. Así, la decisión de patentar se ha medido a través de una única pregunta que solamente admite dos respuestas por lo que ha generado una variable nominal dicotómica.

Por el contrario, para medir la importancia del uso de los mecanismos de apropiación alternativos –secreto, liderazgo en el tiempo, ventajas en la curva de aprendizaje y empleo de recursos complementarios–, se ha considerado conveniente la realización de dos preguntas sucesivas y relacionadas. La primera cuestión persigue

identificar en que medida la empresa emplea el correspondiente instrumento de apropiación y, la segunda, en orden a establecer su valoración sobre la efectividad del mismo. Esto permite que la valoración sobre la efectividad de un mecanismo de apropiación sea realizada únicamente por aquellas empresas que habían considerado dicho instrumento en su estrategia de protección frente a la imitación. De hecho, y con este fin, sólo fueron consideradas para su análisis aquellas innovaciones cuya respuesta a la primera cuestión, relacionada con el grado de utilización del mecanismo concreto, fuera de 4 o 5 en una escala de Likert de 5 posiciones. Únicamente en este caso, se incorporaba como dato la respuesta de la pregunta relacionada con la eficacia del método de apropiación correspondiente. Por el contrario, las innovaciones cuya respuesta asociada con el grado de utilización era de uno a tres quedaban excluidas.

Para medir las cinco características del conocimiento tecnológico se ha adaptado el cuestionario empleado por Zander y Kogut (1995). Todas las preguntas plantean la respuesta en una escala de Likert de cinco niveles. La medida se obtiene a partir de la ponderación de los valores de las preguntas del cuestionario que definen dicha característica.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para contrastar las hipótesis 1a, 2a, 3a, 4a, 5a, dado que la variable dependiente (patentar) es de carácter nominal dicotómico y las independientes (características del conocimiento) son ordinales, el análisis se ha basado en una regresión logística. Empleando esta técnica se persigue estimar la probabilidad de que se patente una determinada tecnología conocidos los valores de las variables relativas a las características del conocimiento que incorpora. Adicionalmente, con el fin de aumentar la robustez y la fiabilidad de los resultados, se han realizado dos medidas del grado de asociación (Coeficiente de Contingencia y V de Kramer) y un análisis de la diferencia de medias.

Para contrastar las hipótesis 1b, 2b, 3b, 4b, 5b, dado que la variable dependiente (suma de los valores de las variables correspondientes a

los métodos de apropiación alternativos) y las independientes (cada una de las características del conocimiento) son ordinales se realizará una regresión multivariante. Adicionalmente, con el fin de aumentar la robustez de los resultados se ha contrastado el grado de asociación entre los distintos métodos de protección y las características del conocimiento tomados uno a uno. Para ello se ha construido una tabla de contingencia con una batería de cuatro medidas de asociación (gamma, D de Sommer, Tau-B de Kendall y coeficiente de correlación de Spearman).

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

PATENTES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO

En la tabla 3 se recogen los valores de los coeficientes β de la regresión logística de la variable patentes sobre las cinco variables que reflejan las características del conocimiento.

La selección de variables que intervienen en la ecuación lineal se ha realizado mediante el procedimiento paso a paso (*stepwise*). Los estadísticos que se han empleado en la selección y eliminación de variables son las puntuaciones eficientes de RAO y el estadístico de Wald, respectivamente. Igual que en el caso de la regresión lineal la variable se selecciona si el p valor del contraste ($H_0: \beta = 0$) es menor que 0.05 y se elimina de la ecuación si el p valor es mayor que 0.1.

Se observa que cuanto mayor sea el grado de codificación del conocimiento y más fácil sea su enseñanza, mayor será la tendencia a patentar por parte de las empresas. Con ello se verifican las hipótesis H1a y H2a. En efecto, parece obvio que solo podrán patentarse aquellos conocimientos que estén completamente codificados. Por ello, la posibilidad de codificar un conocimiento es condición necesaria para patentarlo. Sin em-

bargo, este resultado sugiere, además, que las empresas de la muestra tienen una mayor propensión a emplear mecanismos legales de protección para aquellos conocimientos tecnológicos que tienen un menor componente tácito. Estos conocimientos al ser “información” pueden ser imitados con facilidad y, como sugiere la teoría, los mecanismos de protección alternativos se muestran poco eficientes. Un argumento similar puede emplearse respecto a la característica de la posibilidad de ser enseñado. Cuanto más fácil sea la enseñanza de un conocimiento tecnológico mayor será la tendencia a protegerlo mediante patentes.

El grado de dependencia del conocimiento respecto a otros integrados en un sistema de conocimientos más amplio es la característica que más influye en la decisión de patentar, pero en un sentido contrario al previsto inicialmente en la hipótesis H5a y H5b. Estas hipótesis tal y como se han formulado sugieren que: 1) las empresas decidirán proteger sus conocimientos con alto grado de dependencia preferentemente mediante mecanismos alternativos, especialmente mediante el control de esos recursos complementarios; y que 2) cuanto menor sea el nivel de dependencia mayor será la propensión a patentar. Sin embargo los resultados apuntan la relación contraria: cuanto mayor sea el grado de dependencia de la innovación respecto a otros conocimientos, mayor será la tendencia a patentarla por parte de la empresa. Este resultado puede reflejar el hecho de que las empresas de la muestra (en su mayoría pequeñas y medianas) probablemente no ejerzan un control pleno sobre los recursos complementarios (Teece, 1987) que les permita apropiarse de los rendimientos que genere su innovación. Por ello, en este caso no les quedará más remedio que emplear los mecanismos legales de protección como la patente.

En este análisis, dos características del conocimiento (posibilidad de ser observado y complejidad) no son significativas al nivel del 95%.

Tabla 3.- Coeficientes β de las regresiones^a

	Codificable	Enseñable	Observable	Complejo	Dependiente	R ²
Patentar ^b	+0.297	+0.244			+0.325	0.37
Métodos alternativos ^c	-0.196		-0.208		+0.228	0.36

^a: Con una significatividad del 95% (p -valor < 0.05); ^b: Coeficientes regresión logística; ^c: Coeficientes regresión multivariante.

Este resultado sugiere que ni el grado en que pueda observarse una tecnología ni su nivel de complejidad influyen en la decisión de protegerla mediante patente. Por ello las conjeturas establecidas en las hipótesis H3a y H4a no han podido verificarse.

Adicionalmente a la regresión logística se han utilizado dos técnicas estadísticas para contrastar esta hipótesis. Por una parte, se ha calculado el coeficiente de contingencia que, aunque no informa sobre el sentido de la relación, nos indica si existen unos niveles de asociación estadísticamente significativos. En nuestro caso, han resultado significativos los correspondientes a las variables: grado de codificación y dependencia de un sistema. La otra técnica empleada ha sido un contraste de hipótesis para diferencia de medias (entre innovaciones patentadas y no patentadas) que nos ha dado unas relaciones significativas (p -valor <0.05) para las tres mismas variables que resultaron significativas en la regresión logística. Por tanto, estas pruebas confirman los resultados obtenidos mediante esta regresión.

MÉTODOS ALTERNATIVOS DE APROPIACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO

En la última fila de la tabla 3 aparecen los resultados de la regresión múltiple de la variable dependiente (empleo de métodos alternativos de apropiación) sobre las distintas características del conocimiento (variables independientes). La variable dependiente se ha construido a partir de la suma de los valores de las variables correspondientes a los cuatro métodos alternativos de apropiación. Para ello se ha empleado un coeficiente de aditividad de Turkey de 0.7377 con un nivel crítico de no aditividad de 0.4913 que supera ampliamente el nivel de 0.05 exigido.

Al igual que en la regresión anterior se ha empleado el método paso a paso e imponiendo como criterio de entrada de la variable un nivel de significación de 0.05. Se observa que las características del conocimiento que más influyen en elección de métodos alternativos de protección son la posibilidad de ser observado, el grado de dependencia y el grado de codificación.

Adicionalmente, para profundizar en las relaciones entre cada uno de los mecanismos de apropiación alternativos y las características del conocimiento se ha construido una tabla de contingencia (tabla 4) en la que se recoge cómo medidas de asociación el coeficiente de correlación de Spearman⁶.

En conjunto estos resultados permiten contrastar con claridad las hipótesis H1b, H3b y H5b. Cuanto menos codificado se encuentre un conocimiento, cuanto más difícil sea su observación y cuanto mayor sea su dependencia de otro conjunto de conocimientos, más eficaces se mostrarán los mecanismos de protección alternativos para prevenir la imitación.

En efecto, tal y como predice la H1b, parece lógico pensar que aquellas tecnologías que incorporen conocimientos fundamentalmente tácitos y requieran experiencia previa para su empleo serán fáciles de proteger mediante cualquiera de los mecanismos de apropiación alternativos como el secreto.

También, las tecnologías que sean difíciles de observar (H3b) y que para su correcto uso requieran el dominio de una amplia variedad de conocimientos (H5b) serán difíciles de imitar y fáciles de proteger mediante cualquiera de los mecanismos alternativos como aprovechando la posición de liderazgo o gestionando adecuadamente los recursos complementarios.

Llama la atención el hecho de que la característica dependencia de un sistema sea significativa en el mismo sentido tanto para el empleo de las patentes como para el empleo de todos los mecanismos de protección alternativos. Es decir, como ya se ha discutido en la explicación del resultado de la H5a, a mayor dependencia mayor empleo de las patentes. Ahora, se verifica también la H5b, a mayor dependencia mayor empleo de todos los mecanismos de protección alternativos. Una explicación plausible de esto se encuentra en que la variable dependencia de un sistema puede recoger distintos tipos de efectos. Esta variable refleja el hecho de que para la plena utilización de una tecnología o un conocimiento puede ser necesario el empleo de un complejo sistema de recursos. Algunos de estos recursos estarán en poder de agentes externos a la empresa, mientras que otros se encontrarán

Tabla 4.- Coeficientes de asociación entre mecanismos de protección alternativos y las características del conocimiento

Mecanismos de protección alternativos	Características del conocimiento (Coeficiente de correlación de Spearman)				
	Codificable	Enseñable	Observable	Complejo	Dependiente
Mantener en secreto	-0.135***	-0.111*		0.104**	0.138***
Explotar posición de liderazgo tecnológico			-0.127***	0.131***	0.140***
Aprovechar efecto aprendizaje					0.151***
Controlar recursos complementarios		-0.*	-0.112		0.247***

* p -valor<0.10 (t statistics in parentheses; two-tailed tests) significatividad del 90%; ** p -valor<0.05 significatividad del 95%; *** p -valor<0.01 significatividad del 99%.

bajo su control. En aquellas tecnologías en las que predomine el primer tipo de recursos la empresa tendrá incentivos para proteger su conocimiento mediante patentes; en el caso contrario empleará los mecanismos alternativos.

El análisis de regresión (tabla 3) no permite contrastar las hipótesis H2b y H4b. Esto quiere decir que las características de posibilidad de ser enseñado y complejidad no condicionan la decisión de emplear métodos alternativos de protección considerados en su conjunto. Sin embargo, en el análisis de contingencia (tabla 4) se detecta que la complejidad del conocimiento afecta a la elección del secreto y el liderazgo tecnológico como mecanismos de protección ($p < 0.01$). También, se observa una moderada influencia de la posibilidad de ser enseñado sobre el secreto y el empleo de recursos complementarios ($p < 0.10$).

CONCLUSIONES

Se ha analizado como influyen cinco características del conocimiento (grado de codificación, posibilidad de ser enseñado, observable por el uso, nivel de complejidad, dependencia de un sistema) sobre la elección del método de apropiación de innovaciones por parte de las empresas (patentes vs. mecanismos de apropiación alternativos). En la tabla 5 se muestran las relaciones que han resultado significativas.

Se observa que el grado de dependencia que tenga un conocimiento respecto a otros es la característica que ejerce una mayor influencia sobre todos los métodos de apropiación. Debido a que la hipótesis 5a no se contrasta positivamente

esta variable influye, tanto en el empleo de patentes, como en la elección de todos y cada uno de los métodos alternativos de protección. Es de resaltar, que según los resultados obtenidos en esta investigación, la variable dependencia de un sistema influye en el mismo sentido sobre todos los mecanismos de protección: cuanto mayor sea el grado de dependencia, más efectivas serán tanto las patentes como los mecanismos alternativos de apropiación. Por tanto, del análisis de los resultados se puede interpretar que las patentes por sí solas no son un mecanismo de protección eficaz. Las empresas, a pesar de que el conocimiento sea dependiente de un sistema y teóricamente estar en disposición de no tener que acudir a las patentes para protegerlo (asumiendo los costes que ello conlleva), estas así lo hacen.

El grado en que se puede codificar un conocimiento, la que sin lugar a dudas es la característica más relevante, también influye en las decisiones sobre la elección de mecanismos protección. Se ha comprobado que cuanto más codificado sea el conocimiento más útiles serán las patentes. Y, por el contrario, cuanto más componente tácito posea mayor será la tendencia a emplear mecanismos alternativos de protección.

Por último, esta investigación pretende proporcionar a la dirección de la empresa una guía de factores clave asociados a las características de las innovaciones que lleva a cabo. La identificación de estas características permitirá a la empresa elegir el método de apropiación más eficaz a fin de proteger sus innovaciones de la imitación.

En este sentido, las variables que condicionan la eficacia y el empleo de las patentes como

Tabla 5.- Relaciones estimadas entre características del conocimiento y mecanismos de apropiación

Mecanismos de apropiación	Características del conocimiento				
	Codificable	Enseñable	Observable	Complejo	Dependiente
Patentes	+	+			+
Mecanismos alternativos	-		-		+
• Mantener en secreto	-	-		+	+
• Explotar posición de liderazgo tecnológico			-	+	+
• Aprovechar efecto aprendizaje					+
• Controlar recursos complementarios		-	-		+

método de protección de las innovaciones son, por orden de importancia: dependencia de un sistema, grado de codificación, y posibilidad de ser enseñado. Esto confirma que esta protección de carácter legal, para ser efectiva, debe estar respaldada por ciertas características del conocimiento como que dependa de otro complejo sistema de conocimientos, que sea fácilmente codificable y que sea fácilmente enseñable.

Por otro lado, el empleo de métodos alternativos viene condicionado por las características siguientes: dependencia de un sistema, posibilidad de ser observado y grado de codificación. Es decir, cuanto mayor sea la dependencia del conocimiento respecto a otros, cuanto más difícil sea de observar y menor sea su grado de codificación, mayor será la eficacia de los métodos alternativos de protección.

NOTAS

1. En general, las condiciones de apropiación (*appropriability*) reflejan la capacidad que tiene el propietario de un recurso para obtener un rendimiento igual al valor creado por ese recurso (Teece, 1987; Levin *et al.*, 1987). En este caso, el término apropiación hace referencia a las condiciones que permiten proteger los conocimientos tecnológicos que generan las actividades innovadoras.
2. Este método se incluye en la investigación llevada a cabo por Levin *et al.* (1987) bajo la denominación de esfuerzo de ventas (*sales and service efforts*).
3. En la literatura para referirse al conocimiento explícito se han empleado indistintamente diferentes términos: a) articulable (Winter, 1987, p. 170; Nelson y Winter, 1982, p. 77); b) codificable (Zander y Kogut, 1995, p. 79), c) migratorio (Badaracco, 1991, p. 16); d) información (Kogut y Zander, 1992, p. 386), e) específico (Dosi, 1988, p. 1131); y f) explícito (Grant, 1996, p. 111; No-

naka y Takeuchi, 1995, p. 9; Polanyi, 1962; Spender, 1996, p. 52).

4. Para referirse al conocimiento tácito se han empleado también las expresiones de *know-how* (Kogut y Zander, 1992, p. 386) y conocimiento insertado (Badaracco, 1991, p. 53).
5. El CDTI es un organismo dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología, dedicado a la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas. De esta forma se garantiza que las empresas estudiadas desarrollan actividades innovadoras.
6. Esta medida se emplea para medir el grado y el tipo de asociación existente entre dos variables cualitativas en escala ordinal. Toma valores en el intervalo (1,-1). Los valores próximos a 1 indican fuerte avocación positiva y a -1 negativa.

BIBLIOGRAFÍA

- ABERNATHY, W.J.; WAYNE, K. (1974): "Limits of the Learning Curve", *Harvard Business Review*, vol. 52, núm. 5, pp. 109-119.
- ARROW, K. (1962): "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", en R.R. Nelson [ed.]: *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton: Princeton University Press.
- BADARACCO JR., J.L. (1991): *The Knowledge Link: How Firms Compete Through Strategic Alliances*. Nueva York: McGraw-Hill.
- BARNEY, J.B., (1991): "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage", *Journal of Management*, vol. 17, núm. 1, pp. 99-120.
- COHEN, W.M.; LEVINTHAL, D.A. (1990): "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, núm. 1, pp. 128-152.
- DOSI, G. (1988): "Sources, Procedures and Microeconomics Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature*, vol. 26, núm. 3, pp. 1120-1171.
- GALUNIC, D.C.; RODAN, S. (1998): "Resource Combinations in the Firm: Knowledge Structures and the Po-

- tential for Schumpeterian Innovation”, *Strategic Management Journal*, vol. 19, núm. 12, pp. 1193-1201.
- GARUD, R.; NAYYAR, P.R. (1994): “Transformative Capacity: Continual Structuring by Intertemporal Technology Transfer”, *Strategic Management Journal*, vol. 15, núm. 4, pp. 365-385.
- GEROSKI, P.A. (1995): “Markets for Technology: Knowledge, Innovation and Appropriability”, en P. Stoneman [ed.]: *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford: Basil Blackwell.
- GRANT, R.M. (1996): “Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm”, *Strategic Management Journal*, vol. 17, (Special Issue Winter), pp. 109-122.
- HIRSCHMANN, W.B. (1964): “Profit from the Learning Curve”, *Harvard Business Review*, vol. 42, núm. 1, pp. 116-130.
- KOGUT, B.; ZANDER, U. (1992): “Knowledge of the Firm: Combinative Capabilities and the Replication of Technology”, *Organization Science*, vol. 3, núm. 3, pp. 383-397.
- LEVIN, R.C.; KLEVORICK, A.K.; NELSON, R.S.; WINTER, S.G. (1987): “Appropriating the Returns from Industrial Research and Development”, *Brookings Papers on Economic Activity*, núm. 3, pp. 783-820.
- MAKADOK, R. (1998): “Can First-mover and Early-mover Advantages be Sustained in an Industry with Low Barriers to Entry/Imitation?”, *Strategic Management Journal*, vol. 19, núm. 7, pp. 683-696.
- MALERBA, F.; TORRISI, S. (1992): “Internal Capabilities and External Networks in Innovative Activities: Evidence from the Software Industry”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 2, núm. 1, pp. 49-71.
- NELSON, R.R.; WINTER, S.G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. (1995): *The Knowledge-creating Company*. New York: Oxford University Press.
- NORMAN, P.M. (2002): “Protecting Knowledge in Strategic Alliances. Resource and Relational Characteristics”, *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 13, núm. 2, pp. 177-202.
- POLANYI, M. (1962): *Personal Knowledge: Toward a Post-critical Philosophy*. Chicago: University Chicago Press.
- POLANYI, M. (1976): “Tacit Knowing”, en M. Marx y F. Goodson [ed.]: *Theories in Contemporary Psychology*. New York: MacMillan.
- REED, R.; DEFILLIPPI, R.J. (1990): “Casual Ambiguity, Barriers to Imitation, and Sustainable Competitive Advantage”, *Academy of Management Review*, vol. 15, núm. 1, pp. 88-102.
- ROBERTS, J. (2000): “From Know-how to Show-how? Questioning the Role of Information and Communication Technologies in Knowledge Transfer”, *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 12, núm. 4, pp. 429-443.
- ROGERS, E. (1983): *The Diffusion of Innovation*. 3ª ed. New York: The Free Press.
- SAVIOTTI, P.P. (1998): “On the Dynamics of Appropriability, of Tacit and of Codified Knowledge”, *Research Policy*, vol. 26, núm. 4, pp. 843-856.
- SOUDER, WE; SHRIVASTAVA, P. (1985): “Towards a Scale for Measuring Technology in New Product Innovations”, *Research Policy*, vol. 14, núm. 3, pp. 151-160.
- SPENDER, J.C. (1996): “Making Knowledge the Basis of a Dynamic Theory of the Firm”, *Strategic Management Journal*, vol. 17, núm. 1, pp. 45-62.
- TEECE, D.J. (1987): “Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy”, en D.J. Teece [ed.]: *The Competitive Challenge Strategies for Industrial Innovation and Renewal*. New York: Harper & Row.
- TORRISI, S. (1998): *An International Study of the Software Industry*. Cheltenham: Edward Elgar.
- TRIPSAS, M. (1997): “Unraveling the Process of Creative Destruction: Complementary Assets and Incumbent Survival in the Typesetter Industry”, *Strategic Management Journal*, vol. 18, (Summer Special Issue), pp. 119-142.
- VON HIPPEL, E. (1988): *The Sources of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- WINTER, S.G. (1987): “Knowledge and Competence as Strategic Assets”, en D.J. Teece [ed.]: *The Competitive Challenge Strategies for Industrial Innovation and Renewal*. New York: Harper&Row.
- ZANDER, U.; KOGUT, B. (1995): “Knowledge and the Speed of Transfer and Imitation of Organizational Capabilities: An Empirical Test”, *Organizational Science*, vol. 6, núm. 1, pp. 76-92.