

CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DEL PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA EMPRESA

Mariano Nieto Antolín

Universidad de León

RESUMEN

En este trabajo se analizan las características de dos elementos básicos para el estudio de la innovación en la empresa: (1) el concepto de innovación tecnológica, que se define como una magnitud flujo y (2) el concepto de tecnología, que se define como una magnitud stock. El proceso de innovación tecnológica se caracteriza por: (1a) ser de naturaleza continua, (1b) encontrarse sujeto a condicionantes históricos, (1c) tener carácter irreversible y (1d) estar afectado por la incertidumbre. La tecnología, como principal producto del proceso de innovación, tiene las propiedades del conocimiento y se caracteriza por: (2a) tener un elevado componente tácito, (2b) ser difícil de transferir, (2c) asimilarse mediante acumulación y (2d) ser parcialmente apropiable. Estas características se articulan en una serie de proposiciones que persiguen contribuir a sentar unas bases consistentes para el estudio del proceso de innovación en la empresa.

PALABRAS CLAVE: Innovación tecnológica, Dirección de la innovación, Dirección de la tecnología, Investigación y Desarrollo.

ABSTRACT

This paper deals with the characteristics of two basic elements for the study of innovation in the firm: (1) the concept of technological innovation, which is defined as a flow magnitude and (2) the concept of technology, which is defined as a stock magnitude. The technological innovation process is characterized by: (1a) being of a continuous nature, (1b) being path dependent, (1c) being irreversible and (1d) being affected by uncertainty. Technology, as the main product of this innovation, has the properties of knowledge and is characterized by: (2a) having a large tacit component, (2b) being difficult to transfer, (2c) being assimilated by accumulation and (2d) being partially appropriable. These characteristics are articulated in a series of propositions that could contribute to the establishment of a consistent grounds for the study of the technological innovation management.

KEYWORDS: Technological innovation, Innovation management, technology management, R&D.

1. INTRODUCCIÓN

La dirección de la innovación tecnológica en los últimos años se ha convertido en una de las áreas de estudio más atractivas y prometedoras dentro de la dirección de empresas. Varios datos confirman este hecho: (a) un creciente número de académicos ha orientado su actividad investigadora hacia este campo, (b) cada año aparecen nuevas revistas científicas especializadas en el estudio de los fenómenos innovadores (en la actualidad se publican más de cincuenta), y (c) se han consolidado distintas asociaciones académicas, como IAMOT, PICMET, ALTEC o RICTES, dedicadas al estudio de los procesos de innovación tecnológica y de la dirección de la innovación en la empresa. Sin embargo, nuestra comunidad académica aún no cuenta con unas sólidas bases teóricas para el estudio de la dirección de la innovación en la empresa. Esta carencia se manifiesta espe-

cialmente en la coexistencia de enfoques metodológicos radicalmente diferentes y en la ausencia de una terminología precisa y comúnmente aceptada.

En este trabajo se apuntan una serie de proposiciones que pueden contribuir a definir unas bases consistentes para el estudio del proceso de innovación tecnológica en la empresa. Para ello, en el siguiente apartado, se establecen algunas precisiones terminológicas sobre dos conceptos clave para el estudio de los fenómenos innovadores: (a) la innovación tecnológica, que se define como una magnitud flujo y (b) la tecnología, que se define como una magnitud stock. A continuación, en los apartados 3 y 4, se identifican y se analizan las principales características de estos dos conceptos. Por último, en el apartado 5, se articulan todas las proposiciones a modo de conclusión.

2. PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y TECNOLOGÍA

Los conceptos empleados en el estudio de los fenómenos innovadores no suelen estar definidos de forma precisa. Hay una proliferación de términos y definiciones frecuentemente no coincidentes entre sí. La ausencia de un vocabulario de uso común llega al extremo de que suelen emplearse indistintamente los términos *innovación* y *tecnología* para reflejar la misma idea. Por ejemplo, algunos manuales dedicados al estudio de proceso de innovación tecnológica en la empresa reflejan en su título el objeto de estudio empleando la expresión de *dirección de la innovación* o *"innovation management"* (Afuah, 1998; Tidd, *et al.*, 1997; Tushman & Anderson, 1997). Sin embargo, otros prefieren utilizar *dirección de la tecnología* o *"technology management"* (Betz, 1993; Dussauge, *et al.*, 1992; Horwitch, 1986). Y también, hay quienes emplean simultáneamente ambos términos como *dirección de la tecnología y la innovación "management of technology and innovation"* (Burgelman *et al.*, 1996) o *dirección de la innovación tecnológica "management of technological innovation"* (Ettlie, 2000; Roberts, 1987; Twiss, 1986).

Estas inconsistencias terminológicas no pasarían de ser meras anécdotas si no fuese por que detrás de ellas subyace un problema importante: confundir dos conceptos distintos. Una cosa es el proceso de innovación tecnológica, que es una magnitud flujo y otra muy distinta el producto de ese proceso, la tecnología, que es una magnitud stock (ver Figura 1). Al emplear indistintamente ambos términos no se distingue entre el proceso de generación y difusión de nuevas tecnologías (proceso de innovación tecnológica) y el volumen de tecnologías disponibles en un momento del tiempo (tecnología). Con el propósito de aclarar estas ideas, a continuación se establecen algunas precisiones terminológicas sobre estos dos conceptos.

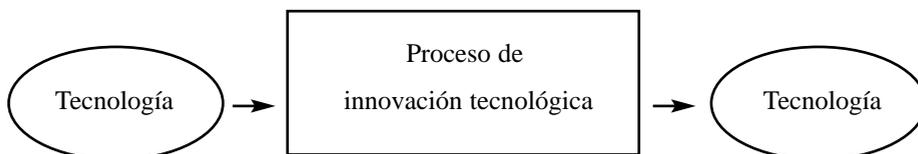


Figura 1: El proceso de innovación tecnológica y la tecnología

2.1. PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

En este trabajo, el concepto de *innovación tecnológica* se emplea para describir el proceso a través del cual se producen los avances tecnológicos. Refleja las variaciones que experimenta el volumen de tecnologías disponibles en un periodo de tiempo. El proceso de innovación engloba un conjunto de actividades que contribuyen a aumentar la capacidad de producir nuevos bienes y servicios (innovaciones en producto) o poner en marcha nuevas formas de producción (innovaciones en proceso). Por lo tanto, el concepto de innovación tecnológica está asociado a una idea de flujo –generación, aplicación y difusión– de tecnologías.

Los sociólogos, historiadores y economistas para referirse al proceso de innovación suelen emplear otros términos que reflejan la idea de flujo, como: cambio tecnológico, progreso técnico, desarrollo tecnológico o, simplemente, innovación. Los economistas industriales descomponen el proceso de innovación tecnológica en una secuencia de tres fases: invención innovación y difusión. También, en numerosas investigaciones, debido a la disponibilidad de datos estadísticos sobre los gastos en I+D, la innovación tecnológica se identifica con la realización de actividades de investigación (básica y aplicada) y desarrollo tecnológico.

En la literatura de dirección de empresas para estudiar el proceso de innovación tecnológica se han venido empleando estos mismos términos. Sin embargo, recientemente, se ha producido un cambio de orientación y están comenzando a emplearse otros conceptos como: (a) aprendizaje organizativo “*organizational learning*” (Argyris & Schön, 1996), (b) creación de conocimiento “*knowledge creation*” (Nonaka & Takeuchi, 1995), (c) creación de rutinas (Nelson & Winter, 1982), (d) acumulación de activos “*asset accumulation*” (Dierickx & Cool, 1989), (e) desarrollo de competencias esenciales “*core competencies*” (Heene & Sánchez, 1996), o (f) desarrollo de capacidades dinámicas “*dynamic capabilities*” (Teece *et al.*, 1997). Todos estos términos describen el flujo de generación de nuevos conocimientos en el interior de las organizaciones y, por lo tanto, reflejan fenómenos análogos al proceso de innovación tecnológica.

En efecto, con frecuencia se emplean los conceptos de aprendizaje y de creación de conocimiento para describir el proceso de innovación: “*Las empresas innovan mediante un continuo proceso de aprendizaje por el cual generan nuevo conocimiento tecnológico*” (Nonaka & Takeuchi, 1995: 3). Asimismo, se ha reconocido que el proceso de innovación en la empresa consiste básicamente en el desarrollo de nuevas rutinas, ya que “*la conversión en rutina de una actividad de la organización constituye la forma principal de almacenamiento de conocimientos operativos específicos de esa organización*” (Nelson & Winter, 1982: 99). También, el proceso de innovación se ha asociado a la creación de competencias esenciales (Heene & Sánchez, 1996) y al desarrollo de capacidades dinámicas (Teece *et al.*, 1997).

Atendiendo a los razonamientos anteriores el proceso de innovación en la empresa se puede definir de acuerdo a la siguiente proposición:

Proposición 1: La innovación tecnológica en la empresa es un proceso de aprendizaje a través del cual se genera un flujo nuevos conocimientos, competencias y capacidades tecnológicas.

2.2. TECNOLOGÍA

El término *tecnología* se emplea para reflejar al stock de conocimientos –codificados y tácitos– sobre el conjunto de técnicas industriales disponibles en un momento del tiempo. Conviene tener presente que la tecnología desempeña un doble papel en el proceso de innovación tecnológica, además del *output* del proceso de innovación, es su principal *input* (Figura 1). En la literatura para reflejar el *output* del proceso de innovación, se han empleado otros términos como innovación¹, descubrimiento, invento, invención, conocimiento tecnológico, etc.. Todos ellos, también, tienen el sentido de las magnitudes stock.

En el ámbito de la dirección de empresas el término tecnología se ha utilizado con diferentes concepciones. Con frecuencia se elude establecer una definición explícita sobre el mismo: “*la tecnología es un factor competitivo clave que no necesita definición*”. En algunos casos se han establecido definiciones restrictivas –“*la tecnología es ciencia aplicada*”– que conciben la tecnología como un cuerpo de conocimientos científicos y técnicos que se precisan para innovar (Betz, 1993: 8; Friar & Horvitch, 1986: 144). Según esta visión, la tecnología se sitúa entre el conocimiento científico y las actividades productivas que se derivan del mismo. De esta forma la función de la tecnología consistirá exclusivamente en aplicar el conocimiento científico en la mejora y/o en la creación de nuevos procesos, productos y servicios.

Tradicionalmente, la palabra tecnología se ha venido empleando de una forma extensiva para describir el proceso de producción (Woodward, 1965) e incluso otras actividades que desarrolla la empresa. Siguiendo esta tradición, en la actualidad, se tiende a establecer definiciones amplias de tecnología identificándola con la forma específica en que se realiza una tarea en una determinada organización (Gaynor, 1996: 1.7). Esta concepción desborda la idea restrictiva de la tecnología que se ha asociado exclusivamente al resultado de las actividades de I+D. En efecto la tecnología “*en algunos casos, es un proceso específico; por ejemplo, un proceso químico, que produce un producto específico. En este caso es difícil separar el producto de la tecnología. En términos más generales, tecnología puede significar un proceso de fabricación; como por ejemplo el moldeo continuo de hierro. Aquí la tecnología es separable del producto. La cuenta de gestión de tesorería constituye otro ejemplo de un proceso claramente separable del producto. Las nuevas tecnologías de procesamiento de la información han hecho posible la implantación de esta cuenta. Podemos pensar en la tecnología en términos más amplios, viéndola como la manera que tiene una empresa de realizar sus negocios o desempeñar una tarea*” (Foster, 1986: 36).

Esta visión amplia de la tecnología es consistente con la consideración del proceso de innovación como un proceso de aprendizaje, de creación de nuevo conocimiento o de desarrollo de nuevas rutinas. De esta forma, el concepto de tecnología sería aún a los conceptos de conocimiento o rutina, que tienen el sentido de las magnitudes stock.

También, la tecnología podría verse desde la perspectiva de las competencias esenciales y las capacidades dinámicas. En efecto, la tecnología no es más que una competencia en la medida que “*una competencia puede definirse como una combinación única de conocimientos y habili-*

¹ Notese que es habitual utilizar el término innovación indistintamente para reflejar el resultado (producto) del proceso de innovación tecnológica, como para describir todo el proceso de innovación tecnológica en su conjunto o solamente una de sus fases en la secuencia invención-innovación-difusión.

dades que permiten la generación de una serie de innovaciones rentables” (Chiesa & Barbeschi, 1994: 293). Asimismo, el concepto de tecnología puede asociarse al de capacidad dinámica ya que “las capacidades dinámicas reflejan la habilidad de una organización para conseguir nuevas e innovadoras formas de ventaja competitiva” (Teece, et al., 1997: 516).

Atendiendo a los razonamientos anteriores la tecnología a nivel empresa se puede definir de acuerdo a la siguiente proposición:

Proposición 2: La tecnología es el output y el principal input del proceso de innovación y refleja el volumen de conocimientos, competencias, capacidades de que dispone la empresa en un momento del tiempo.

En la Tabla 1 puede visualizarse de una forma resumida las relaciones existentes entre innovación tecnológica, tecnología y otros conceptos flujo y stock empleados en el estudio de los fenómenos innovadores.

Tabla 1: Términos empleados para describir los fenómenos innovadores

Magnitudes Flujo Proceso de Innovación Tecnológica <i>(transformación)</i>	Magnitudes Stock Tecnología <i>(input / output)</i>
<i>Términos flujo que describen el proceso de tos disponibles en un producción de nuevos conocimientos tecnológicos</i>	<i>Términos stock que reflejan el volumen de conocimien- momento del tiempo</i>
Nivel macro: sociedad, sistema económico, industria	
<ul style="list-style-type: none"> • Innovación (como proceso) • Invención (como proceso) • Progreso o cambio tecnológico • Progreso o cambio técnico • Invención - Innovación - Difusión • I+D • Investigación básica • Investigación aplicada • Desarrollo tecnológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación (como producto) • Invención (como producto) • Invento • Descubrimiento • Ciencia • Técnica
Nivel micro: empresa	
<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje • Creación de conocimiento • Creación de rutinas • Acumulación de activos estratégicos • Desarrollo de competencias esenciales • Desarrollo de capacidades dinámicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento • Rutina • Activo estratégico • Competencia esencial • Capacidad dinámica

3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE INNOVACIÓN

Recientemente algunos trabajos (Schilling, 1998; Teece, 1996) han mostrado preocupación por identificar las características del proceso de innovación tecnológica. Las características que apuntan están notablemente influidas por investigaciones realizadas por economistas evolu-

cionistas (Arthur, 1987; David, 1985; Dosi, 1982, 1988; Foray, 1992; Nelson & Winter, 1982; Rosenberg, 1976) y son consistentes con los supuestos que se establecen sobre la naturaleza de la empresa los autores del enfoque basado en los recursos (Barney, 1991; Peteraf, 1993; Wernerfelt, 1984). Coinciden en señalar que las características más relevantes del proceso de innovación tecnológica son las siguientes: (1) su naturaleza es continua, (2) esta sujeto a condicionantes históricos, (3) es parcialmente irreversible y (4) se encuentra afectado por la incertidumbre. Seguidamente se analizan cada una de estas cuatro características.

3.1. CONTINUIDAD

La esencia del proceso de innovación tecnológica es la acumulación de conocimientos a través del tiempo. El aumento del volumen de conocimientos se produce mediante diferentes mecanismos creativos asociados a distintas modalidades de aprendizaje como son: (a) el aprendizaje derivado de la realización de actividades de I+D o *learning before doing* (Pisano, 1997); (b) el aprendizaje por la práctica o *learning by doing*, que surge espontáneamente en la realización de las actividades de producción (Arrow, 1962b); (c) el aprendizaje por el uso o *learning by using* que surge de observar las diferentes formas en que los clientes usan los productos de la empresa (Rosenberg, 1982); (d) el aprendizaje por el error o *learnig by failing* derivado del análisis de las decisiones erróneas que adopta la alta dirección (Maidique y Zirguer, 1985). Estas modalidades de aprendizaje, especialmente las tres últimas, tienen un marcado carácter incremental en la medida que generan un flujo continuo de nuevos conocimientos tecnológicos.

Tradicionalmente se ha dado más importancia a la realización de actividades de I+D que a las otras modalidades de aprendizaje. Esto “*ha servido, en muchos aspectos básicos, más para oscurecer que para clarificar el proceso de innovación tecnológica*” (Rosenberg, 1976: 90). En efecto, al sobrevalorar el papel jugado por las actividades de I+D se está tergiversando la forma en que aumenta el caudal de conocimientos tecnológicos y se va materializando en nuevos productos y procesos.

En efecto, se ha verificado que el impacto económico de las mejoras continuas y las pequeñas innovaciones incrementales es superior al de ciertas innovaciones calificadas de radicales. Las empresas dedican alrededor del 80% de su esfuerzo innovador a mejorar los productos ya existentes y solo el 20% al desarrollo de otros nuevos (Rosenberg, 1994: 16).

Algunos historiadores de la tecnología (Rosenberg, 1982; Basalla, 1988) han apuntado la posibilidad de que la mayoría de las innovaciones calificadas como radicales -sistema ferroviario, máquina de vapor, sistema de iluminación eléctrico, etc.- no son más que la manifestación más potente de la acumulación de pequeños cambios que confieren al proceso de innovación cierto carácter continuo. Incluso, llegan a cuestionar la misma existencia de innovaciones radicales (Basalla, 1988).

En líneas generales, la visión de la innovación tecnológica como un proceso de naturaleza continua es consistente con otros conceptos empleados en el ámbito de la dirección de empresas. La mejora continua (Imai, 1989), los árboles o racimos tecnológicos (GEST, 1986), la espiral de creación de conocimiento (Nonaka & Takeuchi, 1995), la dirección estratégica basada en el desarrollo de capacidades esenciales (Prahalad & Hamel, 1990), etc. se sustentan en modelos donde implícitamente subyace el supuesto de continuidad.

En base a estos argumentos se puede establecer la siguiente proposición sobre la naturaleza del proceso de innovación tecnológica:

Proposición 1a: El proceso de innovación tecnológica es de naturaleza esencialmente continua.

3.2. CONDICIONANTES HISTÓRICOS²

El supuesto de que el proceso de innovación está sujeto a condicionantes históricos ocupa un papel central en el enfoque evolucionista y refleja el hecho de que la evolución de una tecnología depende fundamentalmente de la trayectoria que ha seguido en el pasado (*path dependency*). Esta idea puede recogerse esquemáticamente en tres fases (Foray, 1992): (a) en todo momento, la elección entre distintas alternativas tecnológicas que desempeñan la misma función está influida por las elecciones realizadas anteriormente; (b) los pequeños acontecimientos históricos ocurridos al comienzo del proceso y el contenido de las primeras elecciones, juegan un papel esencial en la evolución futura; (c) las elecciones anteriores determinan, no ya la próxima elección, sino la posibilidad de que sea escogida cada alternativa.

Las decisiones tecnológicas adoptadas en el presente van a condicionar el posterior proceso de aprendizaje, determinando la trayectoria futura del proceso de innovación (David, 1975: 4). En el marco de la competencia entre dos tecnologías que aparecen simultáneamente, el contenido de las primeras decisiones tiene gran importancia. Así, diferentes e insignificantes sucesos, como el éxito inesperado en el desarrollo del primer prototipo, el orden de llegada de las tecnologías al mercado, el capricho de los primeros adoptantes, circunstancias políticas, etc., pueden provocar que una determinada tecnología alcance la suficiente difusión como para convertirse en dominante (Arthur, 1987). La secuencia en que se producen estos acontecimientos, por insignificantes que sean, afectarán a la difusión de cada alternativa tecnológica y condicionarán su futuro desarrollo.

Este supuesto, ha quedado recogido en distintos conceptos habitualmente empleados en los estudios sobre innovación. Es habitual reflejar el carácter acumulativo del proceso de innovación representando la evolución de las tecnologías a través de determinadas trayectorias "*technological trajectory*" (Dosi, 1982) o avenidas "*innovation avenue*" (Sahal, 1985). Estas trayectorias / avenidas tecnológicas discurren en el marco de determinados paradigmas "*technological paradigms*" (Dosi, 1982) o regímenes "*technological regime*" (Nelson & Winter, 1982). Estos paradigmas / regímenes tecnológicos, a su vez, establecen hitos tecnológicos "*technological guidepost*" (Sahal, 1985) o definen los diseños dominantes "*dominant design*" (Abernathy & Utterback, 1978) que determinan el desarrollo futuro de las tecnologías. En otras palabras, los paradigmas tecnológicos, los regímenes tecnológicos, los hitos tecnológicos y los diseños dominantes son conceptos similares y reflejan los condicionantes históricos que determinan la evolución futura del proceso de innovación a través de trayectorias o avenidas tecnológicas. Por ello, se puede proponer la siguiente proposición:

Proposición 1b: El proceso de innovación tecnológica está sujeto a condicionantes históricos.

² La expresión "condicionantes históricos" pretende reflejar el concepto de *Path dependency*, empleado habitualmente en la literatura anglosajona. Se ha preferido utilizar esta expresión más intuitiva en vez de realizar una traducción literal del tipo "dependiente del pasado" o "dependiente de la trayectoria".

3.3. IRREVERSIBILIDAD

El desarrollo de una tecnología, en el marco de una determinada trayectoria tecnológica, genera nuevos conocimientos mediante una serie de mecanismos de retroalimentación que contribuyen a mejorar su rendimiento. Estos mecanismos fortalecen esta tecnología dominante en detrimento de otras alternativas tecnológicas con las que compite. Así, aumentan las posibilidades de que ella misma sea escogida nuevamente en el futuro. Los mecanismos de retroalimentación positiva que hacen que el proceso de innovación tecnológica sea irreversible son de varios tipos (Arthur, 1987):

- a) ***El aprendizaje por la práctica*** o *learning by doing* (Arrow, 1962b) surge espontáneamente de la realización de tareas repetitivas en las actividades de producción. El aprendizaje por la práctica presenta diversas manifestaciones, algunas muy estudiadas, tales como el efecto aprendizaje y el efecto experiencia (Abernathy & Wayne, 1974).
- b) ***El aprendizaje por el uso*** o *learning by using* (Rosenberg, 1982). Cuando los usuarios entran en contacto con una nueva tecnología surgen otras modalidades de uso no vistas inicialmente y mejoras de diseño a partir de las experiencias de los clientes. La potencialidad de esta modalidad de aprendizaje se manifiesta especialmente en los sectores de alta tecnología.
- c) ***Las economías de red***. A medida que se difunde una tecnología suelen surgir externalidades, denominadas economías de red, que mejoran su rendimiento. Este fenómeno puede revestir dos formas (David, 1987): (1) efectos directos: por el simple hecho de que aumente el número de usuarios de una tecnología (p.e. e-mail) aumenta la utilidad de todos ellos; (2) efectos indirectos: por la mejora en la oferta de servicios complementarios (p.e. DVD).
- d) ***Las economías de escala en la producción de la tecnología***. La difusión y el uso masivo de una tecnología permite producir a gran escala los elementos materiales que incorpora esa nueva tecnología (máquinas, instalaciones, componentes) y por ello disminuir sus costes unitarios de producción.
- e) ***Las tecnologías complementarias***. La difusión de una tecnología induce el desarrollo de nuevas técnicas de carácter complementario que aseguran el correcto funcionamiento y/o mejoran el rendimiento de la tecnología considerada.
- f) ***El flujo de información disponible sobre la nueva tecnología***. A medida que una tecnología se difunde se generan numerosas informaciones que contribuyen a mejorar el conocimiento de la misma (Foray, 1992). La propagación de informaciones sobre una determinada alternativa tecnológica influye en el comportamiento de los potenciales usuarios y eventualmente puede contribuir a mejorar sus prestaciones (Hall, 1984, 272)

En definitiva, la acción combinada de estos seis mecanismos de retroalimentación contribuyen a que el proceso de innovación sea irreversible. Cuanto más se difunde una tecnología más posibilidades tiene de seguir difundiéndose en el futuro. Surgen rendimientos crecientes de adopción debido al aprendizaje, las economías de red, las economías de escala y las tecnologías complementarias. Abandonar una trayectoria tecnológica implicaría abandonar estas ventajas. En efec-

to, la evolución de las tecnologías a través de ciertas trayectorias elimina la posibilidad de competir con las antiguas alternativas tecnológicas ya descartadas, incluso aunque la estructura de precios relativos varíe significativamente (Teece, 1996). Por lo tanto se puede sugerir la siguiente proposición:

Proposición 1c: El proceso de innovación tecnológica es parcialmente irreversible.

3.4. INCERTIDUMBRE

La característica más significativa del proceso de innovación es el elevado nivel de incertidumbre que rodea a la realización de todas las actividades innovadoras. Los orígenes de la incertidumbre son muy diversos y sus efectos se manifiestan a lo largo de todo el proceso de innovación. En la literatura se han identificado tres modalidades de incertidumbre:

- a) ***La Incertidumbre técnica*** está indisolublemente ligada a la realización de actividades de I+D. Refleja el desconocimiento que se tiene *a priori* sobre cual es la solución del problema técnico que se pretende resolver y si, efectivamente, se podrá encontrar dentro de los plazos y costes previstos: ¿Cuál es la mejor solución técnica?, ¿es factible?, ¿funcionará?.

La importancia que tradicionalmente se ha dado a este aspecto ha hecho olvidar el efecto de otras fuentes de incertidumbre más sutiles que surgen, después de que se ha completado la fase “técnica” del proceso de innovación, cuando la tecnología toma contacto con el mercado. En un principio, podría pensarse que la incertidumbre se reduce de forma radical una vez que se ha introducido en el mercado la nueva tecnología. Sin embargo, esto no es así, después de que la empresa ha concluido con éxito su proyecto de I+D y comienza a comercializar una nueva tecnología empiezan a plantearse nuevas incertidumbres que tienen su origen en el desconocimiento sobre (Rosenberg, 1994): (1) los posibles usos que se pueden dar a la tecnología y (2) la evolución de sus rendimientos técnicos en el futuro.

- b) ***Incetidumbre sobre los posibles usos de la tecnología.*** Cuando surge una nueva tecnología su utilidad y sus posibles usos futuros no son evidentes. Se pueden encontrar cientos de ejemplos históricos que muestran la incapacidad de los innovadores para prever los usos que tendrían sus nuevas tecnologías. Por ejemplo, en 1949 el emblemático presidente de IBM Thomas Watson pensaba que el uso potencial del ordenador sería para el cálculo rápido en unos pocos contextos de investigación científica o de proceso de datos ya que rechazaba la idea de que existiese un amplio mercado potencial.
- c) ***Incetidumbre sobre la evolución futura de los rendimientos de la tecnología.*** Otra de las fuentes de incertidumbre está relacionada con la incapacidad para anticipar las mejoras que experimentará en el futuro la tecnología y sus consecuencias económicas (Rosenberg, 1994: 15). Muchas de las nuevas tecnologías, cuando aparecen tienen características que no permiten apreciar sus propiedades de inmediato. Sus empleos potenciales van surgiendo como resultado de un prolongado proceso de mejoras incrementales que amplían sus aplicaciones prácticas. Piénsese en la extraordinaria evolución de los rendimientos que han experimentado los ordenadores desde su aparición en los años 40.

Estas tres modalidades de incertidumbre justifican la siguiente proposición:

Proposición 1d: El proceso de innovación tecnológica está afectado por distintos tipos de incertidumbre.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA

Tradicionalmente, por influencia neoclásica, se ha considerado la innovación tecnológica como un proceso que genera información a partir de información. Así, se ha analizado la tecnología como si fuese un bien intensivo en información y tuviese los atributos de los bienes públicos. Arrow (1962a), en un trabajo seminal, que ha ejercido una notable influencia en investigaciones posteriores, señaló que estas particulares características de la tecnología originaban tres tipos de problemas: (a) es difícil establecer derechos de propiedad sobre la tecnología ya que el coste de reproducción de la misma -en la medida que es información- es prácticamente nulo; (b) la tecnología está sujeta a indivisibilidades y no hay rivalidad en su consumo, debido a que el acto de consumo de la información no es destructivo; (c) la comercialización de la tecnología plantea problemas de selección adversa, ya que el hecho de que la tecnología tenga las características de la información favorece el comportamiento oportunista de los agentes.

Estas tres observaciones han contribuido a afianzar la idea de que los fallos de mercado que origina la producción y comercialización de tecnologías se deben exclusivamente a que es “información”. Sin embargo, investigaciones recientes, han modificado sustancialmente la visión del proceso de innovación, al considerar que la tecnología no es un bien de libre uso como la información, sino que presenta un importante componente de aprendizaje y conocimiento acumulado. El proceso de innovación tecnológica no sólo produce “información” sino que también genera “conocimiento” que revierte exclusivamente en el innovador (Geroski, 1995: 93). De esta forma, varios aspectos cobran especial relevancia en función de que el conocimiento pueda: (1) codificarse, (2) transmitirse, (3) asimilarse y (4) apropiarse. A continuación se analiza cada una de estas características.

4.1. DIMENSIÓN TÁCITA

La posibilidad de que pueda codificarse, sin lugar a dudas, la característica más relevante del conocimiento. 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: (1) explícitos³ y (2) tácitos⁴.

El conocimiento explícito está completamente articulado, se encuentra codificado de una manera precisa y es perfectamente descifrable. El principal ingrediente del conocimiento explícito

³ En la literatura para referirse al conocimiento explícito se han empleado indistintamente diferentes términos: articulado / articulable (Winter: 1987: 170; Nelson & Winter; 1982: 77), codificado o *codifiability* (Zander & Kogut: 1995: 79), migratorio (Badaracco: 1991: 16), información / *information* (Kogut & Zander: 1992: 386), específico / *especific* (Dosi: 1988: 1131) y, por supuesto, explícito / *explicit* (Grant 1996: 111; Nonaka & Takeuchi: 1995: 9; Polanyi: 1962; Spender: 1996: 52).

⁴ Para referirse al conocimiento tácito se han empleado también las expresiones de *know-how* (Kogut & Zander: 1992: 386) y conocimiento insertado (Badaracco: 1991: 53).

es la información y por ello su transmisión y acumulación 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: 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, nuevos materiales, etc, (d) parte de los conocimientos contenidos en la mente de los individuos y que pueden ser transmitidos con facilidad.

La dimensión tácita del conocimiento es aquella 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 lo posee. Todos los individuos “*sabemos más de lo que somos capaces de explicar*” (Polanyi: 1967: 4). El cuerpo de conocimientos tácitos engloba todo aquello que se sabe hacer pero que no se puede describir cómo se hace. Este conocimiento surge de las acciones personales y de la experiencia, por lo que es difícil compartirlo con otros.

Los límites entre los conocimientos tácitos y explícitos son difíciles de establecer ya que ambos tipos de conocimientos están integrados en las rutinas organizativas que dirigen el proceso de innovación (Nelson y Winter, 1982; Spender, 1996). Ya se ha señalado que las empresas innovan y crean nuevos conocimientos a través de distintas modalidades de aprendizaje (por el estudio, por el uso, por la práctica y por el error). Como input de este proceso emplean una gran variedad de conocimientos con distinto grado de codificación: explícitos (que están perfectamente codificados en reglas escritas y procedimientos burocráticos) y tácitos (que permanecen sin formalizar incorporados a la cultura y al saber hacer de la empresa). Todas las empresas, incluso las de alta tecnología que se nutren fundamentalmente de conocimientos muy próximos a la ciencia y, por ello, fácilmente codificables, procesan algún tipo de conocimiento tácito (Dosi, 1988)

En términos generales, el proceso de innovación persigue resolver diferentes problemas tecnológicos que no suelen estar bien estructurados ni perfectamente definidos. Por ejemplo, si se quiere mejorar el diseño de una máquina-herramienta para reducir la tasa de averías, hay que descubrir las causas físicas que motivan las averías y éstas pueden ser muy diversas. El conocimiento explícito disponible de partida no proporciona por sí mismo una solución al problema automáticamente, es necesario algo más. Son necesarias otras capacidades específicas de carácter tácito como la experiencia acumulada, la intuición o la creatividad. Por lo tanto, se puede formular la siguiente proposición:

Proposición 2a: La tecnología está integrada por dos tipos de conocimientos, los codificados (información) y los tácitos.

4.2. TRANSMISIÓN

Los mercados de recursos tecnológicos presentan imperfecciones que dificultan la identificación, la adquisición y la asimilación de las tecnologías (Teece, 1984). Habitualmente las empresas tienen dificultades para identificar las tecnologías de mayor impacto competitivo y adquirirlas en el mercado de factores. Este efecto, denominado *ambigüedad causal* (Reed & De Fillippi, 1990), dificulta la transferencia y difusión de conocimientos tecnológicos, en la medida que aumenta el

riesgo de que el resultado de la imitación no sea el esperado. Estas dificultades constituyen auténticas barreras que dificultan la transmisión de tecnologías y dependen de múltiples factores.

En primer lugar, las posibilidades de que un determinado conocimiento tecnológico pueda ser transferido voluntariamente (o imitado) y la velocidad de su difusión, va a depender de algunas de las características del propio conocimiento (Rogers, 1983; Winter, 1987; Zander y Kogut, 1995; Grant, 1996) como son las siguientes: (a) grado de codificación, (b) grado en pueda enseñarse, (c) grado de complejidad, (d) grado de dependencia respecto a otros conocimientos, (e) grado en se puede observar.

Por otro lado, aunque la empresa sea capaz de identificar la tecnología relevante, se encontraría con el problema de que los conocimientos tecnológicos no gozan de una perfecta movilidad. La transferencia de conocimientos tecnológicos, aún en el caso de que se encuentren perfectamente codificados, tiene asociados unos elevados costes de transacción. La inmovilidad geográfica, los comportamientos oportunistas inducidos por la información imperfecta y el carácter idiosincrásico de la mayoría de los recursos tecnológicos son factores que contribuyen a dificultar su transferencia (Grant, 1995: 179). Por ello, en realidad los recursos tecnológicos de carácter estratégico no pueden ser comprados o pierden parte de su productividad al ser transferidos a otras empresas.

Proposición 2b: La transmisión de tecnologías es imperfecta debido a múltiples factores como ciertas características del conocimiento, la existencia de ambigüedad causal o los costes de transacción.

4.3. ASIMILACIÓN

Como se ha señalado anteriormente, los avances tecnológicos, dentro de cada trayectoria tecnológica, se producen de forma continua a lo largo de un camino delimitado por las fronteras de cada paradigma tecnológico. Las innovaciones surgen a partir del desarrollo y mejora de las tecnologías existentes, y los avances en el conocimiento tecnológico se producen de una forma secuencial, siendo necesario el dominio de una fase para poder acceder a la siguiente (Teece, 1996). En consecuencia, las empresas innovan -crean nuevos productos y procesos o mejoran los existentes- sacando el máximo provecho a sus potencialidades tecnológicas. Los conocimientos tecnológicos necesarios para ello los intentarán generar, en primer lugar, a partir de los conocimientos acumulados anteriormente (Teece, 1996). Por ello, el proceso de innovación tecnológica a nivel empresa tendrá un carácter claramente acumulativo. Y es lógico suponer que lo que una empresa pueda conseguir tecnológicamente en el futuro dependerá de lo que haya sido capaz de hacer en el pasado (Dosi, 1988).

El carácter acumulativo de los conocimientos tecnológicos también puede observarse en el caso de que las empresas decidan -y puedan- adquirir las tecnologías en el mercado de factores tecnológicos. Por lo general, las empresas que carezcan de conocimientos previos de carácter complementario no tendrán *capacidad de absorción* para asimilar rápidamente nuevas tecnologías procedentes del exterior (Cohen & Levinthal, 1990). El desarrollo de recursos complementarios necesarios para asimilar una tecnología y el propio proceso de aprendizaje requiere el consumo de tiempo. Las nuevas tecnologías no se pueden adoptar de forma instantánea, sino que se van asimilando paulatinamente. En base a esto se puede formular la siguiente proposición

Proposición 2c: La asimilación de una nueva tecnología no es instantánea y dependerá del nivel de conocimientos tecnológicos acumulados previamente por la empresa, es decir de su capacidad de absorción.

4.4. APROPIACIÓN

La literatura económica coincide en señalar que los beneficios que generan las actividades innovadoras no son perfectamente apropiables. Las empresas tienen dificultades para establecer derechos de propiedad sobre una parte de sus conocimientos tecnológicos (Geroski, 1995: 92). Cada tecnología tiene dos componentes: uno privado, del que se beneficia en exclusiva la empresa innovadora y otro público, difícilmente apropiable, del que se aprovechan otros agentes (Dosi, 1988). Las condiciones de apropiabilidad de una tecnología determinan el porcentaje de cada uno de estos componentes.

Algunas de las condiciones de apropiabilidad son exógenas, en la medida que dependen de factores no controlables por las empresas, como de las características del conocimiento, el marco institucional, el régimen legal o de la estructura de la industria. Sin embargo otras son claramente endógenas, ya que dependen de las estrategias de las empresas. 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: (a) las medidas de protección legal, (b) el secreto (c) la explotación de la posición de liderazgo tecnológico, (d) el aprovechamiento del margen de tiempo, y (e) el empleo de recursos complementarios. Seguidamente se comentan brevemente cada uno de estos mecanismos.

Las medidas de protección legal (patentes, la propiedad industrial, marcas registradas, derechos de autor), por un lado permiten prevenir la copia de los imitadores y, por otro, garantizan los ingresos por royalty. Sin embargo, la eficacia de estos mecanismos legales ha sido seriamente cuestionada. Levin, *et al* (1987) han señalado distintas causas que explican por qué en la mayoría de las industrias no se emplean las patentes como mecanismos de protección frente a los imitadores. Así, 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). Algunas innovaciones son muy difíciles de patentar ya que es muy costoso demostrar su novedad (pe. tecnologías complejas y maduras). En determinadas trayectorias tecnológicas los avances se producen tan rápidamente que patentar carece de sentido (pe. microelectrónica). 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 se ha señalado que otros mecanismos de protección pueden ser más eficientes. 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. Coca Cola, procesos petroquímicos). 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. Por otro lado, el margen de tiempo o la ventaja temporal con que cuenta el innovador puede ser un eficaz mecanismo de protección frente a los imitadores. Si el innovador sigue acumulando conocimientos e innovando de forma continua, conseguirá mantener la distancia tecnológica respecto a los potenciales imitadores. Otro factor que puede afectar a las

condiciones de apropiabilidad está relacionado con el hecho de que para la explotación de la tecnología son necesarios ciertos recursos complementarios de carácter coespecializado (Teece, 1987). Estos recursos afectan a las condiciones de apropiación en la medida que el imitador necesita acceder también a los mismos. En estos casos el innovador puede apropiarse de los rendimientos estableciendo acuerdos y controlando a los suministradores.

Proposición 2d: Los rendimientos que genera una tecnología no son perfectamente apropiables sino que dependerá de la eficiencia de los mecanismos de protección empleados por la empresa

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se han analizado dos elementos clave para el estudio de la dirección de la innovación tecnológica en la empresa: el concepto de innovación tecnológica y el concepto de tecnología.

El concepto de innovación tecnológica se emplea para describir el proceso de aprendizaje a través del cual la empresa genera un flujo nuevos conocimientos, competencias y capacidades tecnológicas a partir de inputs que también son intensivos en conocimiento. Este es un proceso dinámico que tiene las siguientes características:

- El proceso de innovación es de naturaleza esencialmente continua, en la medida que la mayor parte de innovaciones tienen su origen en pequeñas mejoras de carácter incremental.
- El proceso de innovación está sujeto a condicionantes históricos. En todo momento las decisiones sobre la adopción de una determinada tecnología están condicionadas por toda la secuencia de decisiones adoptadas en el pasado. Los pequeños sucesos ocurridos al comienzo del proceso tienen una gran importancia y condicionan su evolución futura
- El proceso de innovación es parcialmente irreversible y existen fuertes resistencias para abandonar una determinada trayectoria tecnológica. Esto es debido al efecto de una serie de mecanismos de retroalimentación como son: (1) el aprendizaje por la práctica, (2) el aprendizaje por el uso, (3) las economías de red, (4) las tecnologías complementarias, (5) las economías de escala y (6) la difusión de información sobre nueva tecnología.
- El proceso de innovación tecnológica está afectado por distintos tipos de incertidumbre como son: la incertidumbre técnica, la incertidumbre sobre los posibles usos de la tecnología y la incertidumbre sobre la evolución de sus rendimientos.

El concepto de tecnología refleja el stock de conocimientos, competencias, capacidades de que dispone la empresa en un momento del tiempo. La tecnología es el output y el principal input del proceso de innovación y tiene las siguientes características:

- Toda tecnología está integrada por dos tipos de conocimientos, los codificados (información) y los tácitos.
- La transmisión de tecnologías es imperfecta debido a ciertas características del conocimiento, a la ambigüedad causal y a la existencia de costes de transacción.
- La asimilación de una nueva tecnología no es instantánea y dependerá del nivel de conocimientos tecnológicos acumulados previamente por la empresa, es decir de su capacidad de absorción.
- Los rendimientos que genera una tecnología no son perfectamente apropiables sino que dependerá de la eficiencia de los mecanismos de protección empleados por la empresa.

Estas proposiciones sobre las características del proceso de innovación tecnológica y la tecnología son consistentes con los supuestos que se han establecido desde la economía evolucionista y el enfoque basado en los recursos. Presentan una visión dinámica que refleja mejor la naturaleza histórica y temporal del proceso de innovación tecnológica. Sobre esta base se pueden elaborar modelos que permitan analizar el proceso de innovación tecnológica en la empresa y mejorar la fundamentación teórica del diseño de estrategias tecnológicas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Abernathy, W.J.; Utterback, J.M. (1978): "Patterns of industrial innovation", *Technology Review*, vol. 80, nº 7, (40-47).
- Abernathy, W.J.; Wayne, K. (1974): "Limits of the learning curve", *Harvard Business Review*, vol. 52, nº 5, (109-119).
- Afuah, A. (1998): *Innovation management*, Oxford University Press, New York.
- Argyris, C.; Schön, D.A. (1996): *Organizational learning II. Theory, method and practice*, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Arrow, K. (1962a): "Economic welfare and the allocation of resources for invention", en Nelson, R.R. ed (1962): *The rate and direction of inventive activity: economic and social factors*, Princeton University Press, Princeton. (608-626). [v.c. (1979): "El bienestar económico y la asignación de recursos para la invención", en Rosenberg, N. ed (1979): *Economía del cambio tecnológico*, Fondo de Cultura Económica, México. (151-167)].
- Arrow, K. (1962b): "The economic implications of learning by doing", *Review of Economic Studies*, June, (155-173).
- Arthur, W.B. (1987): "Competing technologies: an overview" en Dosi, G de (1987): *Technical change and economic theory*, Columbia University Press, New York (590-607).
- Badaracco Jr., J.L. (1991): *The knowledge link: how firms compete through strategic alliances*, McGraw-Hill, New York. [v.c. (1992): *Alianzas estratégicas: el caso de General Motors e IBM*, McGraw-Hill, Madrid].
- Barney, J.B. (1991): "Firm resources and sustained competitive advantage", *Journal of Management*, vol. 17, nº 1, (99-120).
- Basalla, G. (1988): *The evolution of technology*, Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra. [v.c. (1991): *La evolución de la tecnología*, Crítica, Barcelona].
- Betz, F. (1993): *Strategic technology management*, McGraw-Hill, Nueva York.
- Burgelman, R.A.; Maidique, M.A.; Wheelwright, S.C. eds. (1996): *Strategic management of technology and innovation 2nd ed.*, Irwin, Chicago.
- Chiesa, V.; M. Barbeschi (1994): "Technology strategy in competence based competition", en Hamel, G.; Heene, A. Eds. (1994): *Competence-based competition*, John Wiley & Sons, New York, (293-314).
- Cohen, W.M.; Levinthal, D.A. (1990): "Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, nº 1, (128-152).
- David, P.A. (1975): *Technical choice, innovation and economic growth*, Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra.

- David, P.A. (1985): "Clio and the economics of QWERTY", *American Economic Review Proceedings*, vol. 75, nº2, (332-337).
- David, P.A. (1987): "Some new standards for the economics of standardization" en Dasgupta, P.D.; Stoneman, P. eds (1987): *Economic theory and technology policy*. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra.
- Dierickx, I; Cool, K. (1989): "Assets stock accumulation and sustainability of competitive advantage", *Management Science*, vol. 35, nº 12, (1504-1511).
- Dosi, G. (1982): "Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technological change", *Research Policy*, vol. 11, nº 3, (147-162).
- Dosi, G. (1988): "Sources, procedures and microeconomics effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, vol. 26, (1120-1171).
- Dussauge, P.; Hart, S.; Ramanantsoa, B. (1992): *Strategic technology management*, John Wiley & Sons, Chichester, Sussex, UK.
- Ettlie, J. E. (2000): *Managing technological innovation*, John Willey & Sons, Chichester, Sussex, UK.
- Foray, D. (1992): "Propiedades dinámicas de la difusión y efecto de irreversibilidad" en Gómez Uranga, M.; Sánchez Padrón, M.; de la Puerta, E. (1992): *El cambio tecnológico hacia el nuevo milenio*, Icaria, Barcelona, (171-209).
- Foster, R. (1986): *Innovation: the attackers advantage*, Macmillan, Londres. [v.c. (1987): *Innovación: la estrategia del triunfo*. Folio, Barcelona]
- Friar, J.; Horwitch, M. (1986): "The emergence of technology strategy: a new dimension of strategic management". en Horwitch, M. ed (1986): *Technology in the modern corporation: a strategic perspective*, Pergamon Press, New York.
- Gaynor, G.H. ed (1996): *Handbook of technology management*, McGraw-Hill, New York.
- Geroski, P.A. (1995): "Markets for technology: knowledge, innovation and appropriability" en Stoneman, P. ed (1995): *Handbook of the economics of innovation and technological change*, Basil Blackwell, Oxford. (90-131).
- GEST (1986): *Grappes technologiques. les nouvelles stratégies d'entreprise*, McGraw-Hill, Paris.
- Grant, R.M. (1995): *Contemporary strategy analysis, 2nd ed*, Basil Blackwell, Cambridge, Mass. [v.c. (1996): *Dirección estratégica*, Civitas, Madrid]
- Grant, R.M. (1996): "Toward a knowledge-based theory of the firm", *Strategic Management Journal*, vol. 17, Special Issue Winter, (109-122)
- Hall, P. (1994): *Innovation economics and evolution*, Prentice Hall, New York.
- Henne, A.; Sanchez, R. Eds. (1996): *Competence-based strategic management*, John Wiley & Sons, Chichester
- Horwitch, M. Ed. (1986): *Technology in the modern corporation: a strategic perspective*, Pergamon Press, New York.
- Imai, M. (1987): *Kaizen*, Random House, New York [v.c. (1989): *Kaizen: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*, CECSA, México].
- 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*, 1987, nº 3, (783-820).
- Maidique, M.A.; Zirger, B.J. (1985): "The new product learning cycle", *Research Policy*, vol. 14, (299-313).
- Nelson, R.R.; Winter, S.G. (1982): *An evolutionary theory of economic change*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Nonaka, I.; Takeuchi, H. (1995): *The knowledge-creating company*, Oxford University Press, New York. [v.c. (2000): *La organización creadora de conocimiento*, Oxford University Press; México]
- Peteraf, M.A. (1993): "The cornerstone of competitive advantage: a resource based-view", *Strategic Management Journal*, vol. 14, nº 3, (179-191).
- Pisano, G.P. (1997): *The development factory*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.
- Polanyi, M. (1962): *Personal knowledge: toward a post-critical philosophy*, University Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Prahalad, C.K.; Hamel, G. (1990): "The core competence of the corporation", *Harvard Business Review*, vol. 68, nº 3, (79-91).
- Reed, R.; DeFillippi, R.J. (1990): "Casual ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage", *Academy of Management Review*, vol. 15, (88-102).

- Roberts, E.B. Ed. (1987): *Generating technological innovation*, Oxford University Press, New York. [v.c. (1996): *Gestión de la innovación tecnológica*, COTEC, Madrid].
- Rogers, E. (1983): *The diffusion of innovation, 3rd ed*, The Free Press, New York.
- Rosenberg, N. (1976): *Perspectives on technology*, Cambridge University Press, Londres. [v.c. (1979): *Tecnología y economía*, Gustavo Gili, Barcelona].
- Rosenberg, N. (1982): *Inside the black box. Technology and economics*, Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra [v.c. (1993): *Dentro de la caja negra. Tecnología y economía*, La Llar del Llibre, Barcelona].
- Rosenberg, N. (1994): "Incertidumbre y cambio tecnológico", *Revista de Historia Industrial*, nº 6, (11-30).
- Sahal, D. (1985): "Technological guideposts and innovation avenues", *Research Policy*, vol. 14, (61-82).
- Shilling, M.A. (1998): "Technological lockout: an integrative model of the economic and strategic factors driving technology success and failure", *Academy of Management Review*, vol. 23, (267-284).
- Spender, J.C. (1996): "Making knowledge the basis of a dynamic theory of the firm", *Strategic Management Journal*, vol. 17, (45-62).
- Teece, D.J. (1984): "Economic analysis and strategic management", *California Management Review*, vol. 26, nº 3, (87-110).
- Teece, D.J. (1987): "Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy" en Teece, D.J. ed (1987): *The competitive challenge. Strategies for industrial innovation and renewal*, Harper & Row, Nueva York. [v.c. (1990): "Innovación tecnológica y éxito empresarial" en Escorsa, P. (1990): *La gestión de la empresa de alta tecnología*, Ariel, Barcelona].
- Teece, D.J. (1996): "Firm organization, industrial structure and technological innovation", *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 31, (193-224).
- Teece, D.J.; Pisano, G.; Shuen, A. (1997): "Dynamic capabilities and strategic management", *Strategic Management Journal*, vol. 18, (267-284).
- Tidd, J.; Bessant, J.; Pavitt, K. (1997): *Managing innovation*, John Wiley & Sons, Chichester, Sussex, UK.
- Tushman, M.L.; Anderson, P. Eds. (1997): *Managing strategic innovation and change. A collection of readings*. Oxford University Press, Oxford.
- Twiss, B.C. (1986): *Managing technological innovation, 3rd*, Pitman Publishing, London.
- Wernerfelt, B. (1984): "A resource based view of the firm", *Strategic Management Journal*, vol. 5, (171-180).
- Winter, S.G. (1987): "Knowledge and competence as strategic assets" en Teece, D.J. ed (1987): *The competitive challenge. Strategies for industrial innovation and renewal*, Harper & Row, New York, (159-184).
- Woodward, J. (1965): *Industrial organization: theory and practice*, Oxford University Press, Oxford.
- Zander, U.; Kogut, B. (1995): "Knowledge and the speed of transfer and imitation of organizational capabilities: an empirical test", *Organizational Science*, vol. 6, nº 1, (76-92).

