



FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA

**INNOVACION TECNOLOGICA E INTERVENCION PUBLICA:  
PANORAMA Y EVIDENCIA EMPIRICA**

Tesis Doctoral presentada por  
ISABEL BUSOM PIQUER  
y dirigida por el Doctor  
JOSEP Ma. VEGARA CARRIO

Volumen 1

Bellaterra, Septiembre 1991



FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA

**INNOVACION TECNOLOGICA E INTERVENCION PUBLICA:  
PANORAMA Y EVIDENCIA EMPIRICA**

Tesis Doctoral presentada por  
ISABEL BUSOM PIQUER  
y dirigida por el Doctor  
JOSEP Ma. VEGARA CARRIO

Volumen 1

Bellaterra, Septiembre 1991



A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Josep Ma. Vegara Carrio'.

12. 201019

## AGRADECIMIENTOS

Deseo subrayar en primer lugar mi agradecimiento a mi director de tesis, Josep Ma Vegara, cuya dedicación me ha proporcionado el estímulo intelectual y moral que me ha permitido realizar este trabajo. Sus observaciones, siempre incisivas, han aportado el rigor y precisión necesarios. Mi deuda con él se extiende más allá de esta tesis: durante mis años en la Facultad como estudiante, fueron sus clases, sus argumentos y su estilo, los que despertaron mi interés por la innovación tecnológica.

Especialmente valioso para mí ha sido el apoyo obtenido, en los estadios más áridos de este proceso, de Jordi Brandts, colega y compañero en los diversos ámbitos de la vida.

Debo mencionar también mi agradecimiento al Departamento de Economía Aplicada, al de Economía e Historia, y al Instituto de Análisis Económico, por darme la oportunidad de exponer algunos resultados obtenidos en esta tesis en sendos seminarios. De los profesores asistentes a los mismos obtuve valiosas sugerencias.

Deseo señalar que los datos de la encuesta utilizada en esta tesis fueron cedidos por los miembros del IAE y del Departamento de Economía e Historia que participaron en un informe elaborado para la Comisión Europea. Sin ellos no se hubiera podido realizar esta investigación. Dicho informe, en el que contribuí y que fue realizado por Carmen Matutes, Xavier Martínez-Giralt, Ramón Caminal, Jordi Brandts, Teresa García-Milà, y Xavier Vives, constituye el germen a partir del que se ha elaborado esta tesis. El IAE me ha ofrecido, asimismo, un entorno muy estimulante para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, deseo expresar mi agradecimiento a cuantos han contribuido a mi educación, formal y no formal, hasta este estadio. En el terreno formal, deseo reconocer mi deuda con los profesores de econometría que tuve durante mi estancia en la Universidad de Pennsylvania: Lawrence Klein, Roberto Mariano, Marc Nerlove y Robin Sickles.

## I N D I C E

<b>PRESENTACION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: GENERACION Y ADOPCION DE TECNOLOGIA: Panorama de las hipótesis teóricas y de la evidencia empírica.</b>	
1. Introducción.....	6
2. Innovación tecnológica: su generación.....	10
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. El debate en torno a la endogeneidad de la generación de innovaciones.....	19
2.2.1. Aportaciones empíricas al debate.....	20
2.2.2. Un modelo teórico.....	30
2.2.3. Conclusiones.....	32
2.3. Factores económicos y generación de tecnología.....	35
2.3.1. La hipótesis de la innovación inducida..	35
2.3.2. La hipótesis Schumpeteriana, o la importancia del poder de mercado.....	38
2.3.2.1. Teoría de juegos e innovación tecnológica.....	43
2.4. Los factores económicos: evidencia empírica en torno a la hipótesis Schumpeteriana.....	54
2.5. Las tendencias actuales: el papel de la oportunidad tecnológica, externalidades, y organización y transmisión de la información...	66
2.5.1. La función de producción de innovaciones.....	67
2.5.2. La presencia de externalidades.....	74
2.5.3. El carácter acumulativo del conocimiento, procesos de aprendizaje, y organización del mismo. Economías de escala y de alcance.....	79
3. Adopción de tecnología.....	85
3.1. Una regularidad observada.....	86
3.2. Hipótesis teóricas.....	88
3.2.1. Adopción de tecnología e información	

imperfecta.....	91
3.2.2. Adopción y heterogeneidad de la población.....	92
3.2.3. Adopción, información imperfecta y heterogeneidad de la población.....	93
3.2.4. Adopción y comportamiento estratégico.....	94
3.3. Evidencia empírica.....	96
3.4. Transferencia de tecnología.....	99
4. Conclusiones.....	102
Referencias bibliográficas.....	106

## **CAPITULO II: INTERVENCION PUBLICA E INNOVACION TECNOLOGICA**

1. Introducción.....	114
2. Fallos de mercado y política óptima de I+D.....	117
2.1. El problema de la apropiabilidad imperfecta de los beneficios generados por la innovación.....	122
2.2. Información imperfecta.....	129
2.3. Indivisibilidades, complementariedades, y fallos de información: los acuerdos de cooperación.....	134
2.4. Imperfecciones del mercado de capitales.....	137
2.5. Conclusiones.....	139
3. Problemas asociados a la intervención pública.....	142
3.1. Fallos de mercado y limitaciones de la intervención pública en relación a I+D.....	145
3.2. Incentivos políticos y política de I+D.....	147
3.3. Conclusiones.....	149
4. Evaluaciones de la intervención pública en las actividades de I+D.....	151
4.1. Evaluaciones cualitativas.....	152
4.2. Evaluaciones econométricas.....	154
Referencias bibliográficas.....	164

## **CAPITULO III: UN MARCO PARA EL ANALISIS EMPIRICO DE LAS ACTIVIDADES DE I+D.**

1. Introducción.....	169
----------------------	-----

2. Reflexiones sobre el comportamiento de las empresas y de la agencia pública.....	173
3. Un modelo econométrico para evaluar el impacto de la financiación pública de las actividades de I+D.....	181
3.1. El modelo de participación.....	189
3.2. El modelo de esfuerzo.....	201
Referencias bibliográficas.....	204

**CAPITULO IV: DESCRIPCION DE LOS DATOS Y DEFINICION DE VARIABLES.**

1. Características del cuestionario y de la muestra utilizada.....	205
1.1. Características típicas de las empresas.....	207
1.2. Actitudes estratégicas.....	212
1.3. Características de los proyectos de I+D.....	221
1.4. Algunas preguntas.....	226
2. Definición y medición de las variables.....	228
2.1. Las variables dependientes o endógenas.....	228
2.1.1. Participación en programas públicos.....	228
2.1.2. El esfuerzo en I+D.....	231
2.1.3. Características de los proyectos de I+D..	232
2.2. Las variables exógenas.....	235
2.3. Variables no incluidas.....	248
Referencias bibliográficas.....	250

**CAPITULO V: ESTIMACION DE LOS DETERMINANTES DE LA PARTICIPACION EN PROGRAMAS PUBLICOS DE I+D.**

1. Introducción.....	251
2. Especificación y problemas generales de la estimación.....	251
3. Modelos de participación.....	255
3.1. Participación en programas nacionales de I+D canalizados por el CDTI.....	258

3.1.1. Estimaciones correspondientes al Caso 3..	261
3.1.2. Estimaciones correspondientes al Caso 4..	269
3.1.3. Interpretación de las estimaciones de los modelos bivariantes.....	272
3.1.4. Estimaciones adicionales.....	278
3.2. Participación en programas comunitarios de I+D..	284
3.2.1. Criterios de selección de los programas comunitarios.....	284
3.2.1. Las estimaciones.....	285
3.3. Participación en programas nacionales y comunitarios: una comparación.....	289
4. Conclusiones del análisis de participación.....	291
Apéndice.....	293
Referencias bibliográficas.....	296

**CAPITULO VI: EL ESFUERZO EN I+D DE LAS EMPRESAS. EFECTOS DE LA PARTICIPACION EN PROGRAMAS PUBLICOS, Y CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS.**

1. Introducción.....	297
2. El esfuerzo en I+D.....	299
2.1. Esfuerzo absoluto: el gasto en I+D, y el personal de I+D.....	302
2.2. Esfuerzo relativo.....	317
2.3. Impacto de la participación sobre el esfuerzo en I+D.....	321
3. Características de los proyectos de I+D.....	327
3.1. Intensidad de capital del proceso de I+D.....	327
3.2. Quien busca innovaciones de proceso ?.....	331
3.3. Tipo de proyecto: investigación básica-aplicada versus desarrollo.....	336
3.4. Horizonte temporal de los proyectos.....	343
4. Conclusiones.....	348
Referencias bibliográficas.....	352

## CAPITULO VII: EPILOGO.

1. Las preguntas planteadas en esta investigación.....	353
2. Aportaciones del análisis teórico.....	355
3. La evidencia sobre los efectos de la intervención pública.....	359
4. Un marco para la evaluación del impacto de la financiación pública de las actividades de I+D de las empresas.....	364
5. Los resultados y su interpretación.....	370
5.1. La participación en programas públicos de I+D: determinantes.....	372
5.2. Las características de los proyectos de I+D: implicaciones.....	374
5.3. La disponibilidad de financiación pública y el esfuerzo privado en I+D.....	377
6. Conclusiones.....	384
Referencias bibliográficas.....	390



## PRESENTACION

Las preguntas sobre cual es el papel del cambio tecnológico en el crecimiento económico, por qué y cómo se producen las innovaciones, y qué factores afectan su adopción y difusión, han estado muy presentes en la literatura económica de la segunda mitad de este siglo. La comprensión de los procesos económicos de desarrollo y difusión de nueva tecnología han sido objeto de interés tanto por parte de los teóricos del crecimiento y desarrollo económico, como de los estudiosos del comportamiento de las empresas como también, más recientemente, de los artífices de la política económica.

La diversidad de los enfoques en el análisis del cambio tecnológico ha generado una extensa literatura que abarca desde el papel del mismo en el crecimiento económico o en la generación de ciclos, hasta aspectos de la generación y gestión del cambio tecnológico a nivel de la empresa individual, pasando por el estudio de sus repercusiones sobre la ocupación y la distribución de la renta. Sin embargo, a pesar del esfuerzo realizado, determinados aspectos relacionados con el cambio tecnológico permanecen poco claros o aún poco investigados.

El objetivo de la presente investigación es realizar un análisis empírico de algunos aspectos muy específicos del cambio tecnológico. En particular, se pretende contrastar y cuantificar

el papel que juegan determinados factores en la actividad investigadora de las empresas<sup>1</sup>, y analizar cómo dicha actividad resulta afectada por la disponibilidad de ayudas públicas. A pesar de que en numerosos países se destinan fondos públicos a la promoción de actividades de I+D de las empresas, apenas existen estudios en los que se evalúen los efectos de los mismos. Una pregunta clave que cabe resplantearse a este respecto es, simplemente, si las empresas hubieran realizado las mismas actividades de no disponer de financiación pública. En esta investigación se discutirá y utilizará un modelo econométrico apropiado para obtener una respuesta a dicha pregunta.

Adicionalmente, se investigarán otras dos cuestiones. La primera, también relacionada con la intervención pública, consiste en averiguar cuáles son los factores, ex post, que determinan que una empresa dada reciba financiación pública para I+D. Estos factores pueden coincidir o no con los criterios predeterminados por la institución pública que vehicula dicha financiación. Puede ocurrir que a ella tenga acceso un conjunto de empresas más restringido que el planeado por los *policy-makers*, lo que puede conducir a una reformulación de la política. El segundo aspecto o cuestión a que se hace referencia es el de la relación entre determinadas características de las empresas con las de los

---

<sup>1</sup>Por actividad investigadora se entenderá aquí el proceso sistemático de búsqueda de conocimientos aplicables al proceso de producción, con el objetivo de bien reducir costes de producción de un producto ya existente, bien de producir un nuevo producto.

proyectos de I+D: su carácter (si abarcan o no investigación fundamental, si pretenden realizar innovaciones de proceso o de producto) y su duración (horizonte corto o largo).

Antes de abordar el análisis empírico, es preciso hacer una reflexión sobre cuáles son los factores que, hipotéticamente, determinan estas actividades de búsqueda, y sobre cuáles son los fundamentos económicos de la intervención pública en la promoción de la innovación tecnológica. Por ello, esta investigación se organiza como sigue.

En el Capítulo I se presentará una panorámica de un subconjunto de la literatura en la que se ha abordado el estudio de las causas del cambio tecnológico, y se discute la evidencia empírica producida al respecto. Debido a que existen otros estudios panorámicos recientes, aquí se pretenderá, fundamentalmente, sintetizar las contribuciones teóricas de la última década desde la perspectiva del análisis microeconómico, y discutir algunos estudios empíricos, aspecto éste menos presente en los estudios disponibles.

En el Capítulo II se exponen los trabajos teóricos recientes en los que se plantea la optimalidad de la intervención pública en relación a la innovación tecnológica, y problemas asociados a la misma. Asimismo, se analiza la escasa evidencia empírica existente.

En el Capítulo III se propone, a partir de la crítica de los trabajos disponibles, un marco adecuado para la realización de un análisis empírico sobre los efectos que tienen determinadas formas de intervención pública sobre el comportamiento de las empresas en relación con las actividades de investigación y desarrollo (I+D). Se presenta y discute un modelo econométrico en el que se distinguen dos niveles: el de la decisión de participación de una empresa en un programa público de I+D, y el de la decisión de esfuerzo en I+D de la misma.

En el Capítulo IV se describen la encuesta los datos que se utilizarán en la estimación del modelo econométrico. A partir de los mismos se definen las variables que se utilizarán en la estimación.

En los dos capítulos siguientes se exponen los resultados obtenidos en la estimación del modelo econométrico. El Capítulo V contiene la estimación, resultados y conclusiones relacionados con la participación de las empresas en programas públicos de I+D. El Capítulo VI contiene, a su vez, los resultados y conclusiones referidos a distintas medidas del esfuerzo en I+D. En este capítulo también se estiman una serie de modelos para contrastar la relación entre determinadas características de las empresas con las de los proyectos de I+D.

Finalmente, el Capítulo VII presenta una síntesis de los resultados y conclusiones de esta investigación.



## CAPITULO I

### GENERACION Y ADOPCION DE TECNOLOGIA:

Un panorama de las hipótesis teóricas y de la evidencia empírica

#### 1. Introducción.

Es habitual encontrar en la literatura una distinción entre los conceptos de generación, adopción y difusión de tecnología. Esta distinción arranca del análisis que Schumpeter realizó del cambio tecnológico, descomponiéndolo en las etapas de invención, innovación e imitación. La invención consiste en el acto de concebir un nuevo producto o proceso. Por innovación se entiende el conjunto de actividades dirigidas a utilizar comercialmente una nueva posibilidad tecnológica (identificación del mercado, financiación de la producción). Y por imitación, se entiende el acto de utilizar o adoptar un nuevo proceso o producto producido por otra empresa. La difusión consiste en la secuencia temporal de las decisiones de adopción de una nueva tecnología por parte de las empresas de un sector o de una economía.

El tipo de información generada en cada etapa, y el grado de incertidumbre asociada a cada una de ellas, son los factores subyacentes a esta clasificación<sup>2</sup>. En la etapa de invención, se

---

<sup>2</sup>Véase por ejemplo Scherer (1980).

generan conceptos técnicos o, simplemente, conocimientos que pueden proceder, aunque no necesariamente, de las ciencias; la relación entre búsqueda (sea por métodos formales o informales) y resultado es incierta, y a esta incertidumbre se la considera incertidumbre tecnológica. En la etapa de innovación, se genera información económica (evaluación de los costes de producción asociados, o de la demanda del nuevo producto, y por tanto de los beneficios anticipados de la utilización de la invención) que determinará si una invención se incorpora o no al proceso productivo, convirtiéndose por tanto en una innovación; a este nivel, existe incertidumbre económica. En la etapa de imitación o adopción no se genera, aparentemente, información, ni tampoco existe incertidumbre alguna sobre el nuevo producto o proceso disponible, sino que éste está ya muy bien definido. Las características de dicho proceso o producto son conocidas, y no se requiere ninguna adaptación o elaboración posterior de los mismos.

Sin embargo, en buena parte de la literatura actual no se tiende tanto a subrayar las diferencias entre los procesos que pueden dar lugar a una invención o a una innovación, sino que el énfasis se centra en analizar la generación de un nuevo producto o proceso productivo, para lo cual puede o no haber sido necesario producir nuevos conocimientos, bien técnicos o bien científicos o ambos. En cualquier caso, tanto generar una invención como una innovación supone la creación información a través de un proceso de búsqueda activa que acarrea costes y cuyo resultado es

incierto, y éstos son los aspectos que se subrayan<sup>3</sup>.

Sí se ha mantenido, en cambio, la distinción entre generación y adopción de tecnología, aunque recientemente también tiende a desdibujarse. Tradicionalmente se ha distinguido entre el proceso de generación y el de adopción, basándose en el supuesto de que los problemas o determinantes económicos subyacentes en cada uno de ellos son distintos. Sin embargo, esta diferenciación pierde parcialmente sentido cuando se observa que, en muchos casos, nuevas tecnologías ya básicamente disponibles (es decir, ya generadas) tienen que ser modificadas o adaptadas a las condiciones y necesidades particulares de una empresa antes de ser usadas. Piénsese, por ejemplo, en el caso de la adopción de ordenadores: cada empresa puede necesitar una adaptación o desarrollo específico del software para que su utilización sea rentable. Ello implica que, a menudo, se deben generar conocimientos o información adicionales, de carácter más o menos marginal, con el fin de proceder a la adopción. Aun en el caso en que no sea precisa ninguna adaptación, es presumible que haya que dedicar recursos a buscar estas tecnologías ya generadas. Por ello, puede considerarse que la diferencia entre generación y adopción de tecnología es una cuestión de grado más que de fondo. Una ilustración de este punto de vista puede encontrarse en una reflexión de Rosenberg y Frischtak (1985) acerca de las

---

<sup>3</sup>Véase, por ejemplo, Vegara (1989), Capítulo 1.

posibilidades de transferencia internacional de tecnología, entre empresas o entre países:

'...Much of the effort of recipient countries is geared toward the continuous adaptation of imported technology to local conditions and to the firm's operational characteristics and particular productive constraints.'

y más adelante, en la misma página,

'...The circumstances under which technologies are efficiently assimilated tend to be typified by periods of intensive search by the potential buyers, protracted negotiations, aggressive learning tactics, and a strategy focused on adaptation and upgrading of the original design so as to improve its performance characteristics. Such purposive actions on the part of individual firms do not take place easily or costlessly in any environment.'

(Rosenberg y Frischtak (1985), Prefacio, pág. ix.)

Por ello, en la medida en que para adoptar también hay que generar (o buscar) información activamente, las teorías que existen sobre la primera pueden contener elementos útiles para comprender la segunda, y viceversa.

La distinción entre generación y adopción de tecnología ha sido criticada desde otras perspectivas. Stoneman y Ireland (1984), por ejemplo, consideran que en muchos casos los incentivos para innovar (para generar innovaciones) dependerán de la trayectoria de difusión esperada, puesto que la difusión es equivalente a la progresiva imitación por parte de otras empresas. A la vez, la imitación como actitud de equilibrio dependerá de cuáles sean los costes y beneficios de generar innovaciones. Los autores consideran, por tanto, que mantener la distinción a priori

entre los dos procesos puede oscurecer aspectos importantes del cambio tecnológico.

No obstante estas dos observaciones, lo cierto es que en la literatura se han separado los dos temas, y existe una sobre generación y otra sobre adopción de tecnología. Por ello, en el primer apartado de este capítulo se describen las principales hipótesis que se han formulado para explicar la generación de innovaciones tecnológicas, y se evalúa una selección de la evidencia empírica existente. En el segundo apartado se exponen las hipótesis teóricas y evidencia empírica relativas a la adopción de tecnología. En ambos casos se pone un énfasis especial en el análisis de la evidencia empírica que, o bien ha significado una contribución muy notable a la comprensión de este fenómeno, o bien se ha producido recientemente con nuevas bases de datos o nuevos tratamientos estadísticos.

## **2. Innovación tecnológica: generación.**

Las dos grandes preguntas que se han planteado en la literatura económica son: (1) hasta qué punto la generación de nueva tecnología depende o está influida por factores económicos?, y (2) cuáles son, y a través de qué mecanismos influyen estos factores ?

Schumpeter (1942) y Galbraith (1952) son considerados los primeros economistas modernos que desarrollan la hipótesis de que existen factores económicos que juegan un papel determinante en la producción de innovaciones, y cuyas reflexiones han inspirado la mayor parte de modelos teóricos recientes. Los factores en los que centran su atención son, en particular, el tamaño de la empresa y la estructura del mercado<sup>4</sup>. Por otra parte, dos trabajos empíricos pioneros han aportado evidencia sobre la importancia cuantitativa que la demanda o tamaño del mercado parecen jugar en la generación y difusión de innovaciones. Se trata de las obras de Schmookler (1966) y Griliches (1957), respectivamente. Los trabajos de estos cuatro autores han ejercido una influencia decisiva sobre las principales líneas de investigación actuales.

Antes que ellos, sin embargo, grandes economistas habían reflexionado sobre la naturaleza del cambio tecnológico, y sin duda puede advertirse su influencia en los autores citados. Por ello, se presentan brevemente, en primer lugar, los antecedentes del pensamiento actual, haciéndose especial hincapié en la obra de Alfred Marshall. Tras ello, se presentan los trabajos que abordan directamente la primera pregunta con la que se iniciaba la presentación, es decir, la cuestión del grado de influencia que

---

<sup>4</sup>El núcleo de lo que se conoce como 'hipótesis Schumpeteriana' es la proposición de que la estructura de mercado es un factor influyente en la introducción de innovaciones tecnológicas; no son las empresas competitivas, sino las grandes empresas monopolistas las que se encuentran en mejor posición para introducirlas (ver, por ejemplo, Scherer (1986)).

ejercen sobre la generación de innovaciones tecnológicas los factores económicos. Seguidamente, se presentan los principales trabajos que abordan el estudio de los mecanismos específicos a través de los cuales los factores económicos ejercen tal influencia.

## **2.1. Antecedentes: Marx y Marshall.**

La importancia y repercusiones del cambio tecnológico para el crecimiento económico fue ya advertida por Smith, Malthus, Ricardo y Mill, pero ninguno de ellos llegó a plantear la intensidad y dirección del cambio tecnológico como resultado de fuerzas económicas<sup>5</sup>. Es en las obras de Marx (1977) y Marshall (1919) donde pueden encontrarse antecedentes de algunas hipótesis centrales en el pensamiento contemporáneo, según las cuales la innovación tecnológica es resultado del comportamiento optimizador de las empresas.

Marx fue un concienzudo estudioso de la tecnología y de las relaciones entre ésta y el modo de producción capitalista. Sus aportaciones en este campo han sido suficientemente resaltadas por diversos autores, entre ellos Rosenberg (1982), Elliott (1980) y J.M. Vegara (1989). Cifniéndonos aquí al cambio tecnológico, el análisis de Marx puede resumirse sucintamente en dos ideas. Una,

---

<sup>5</sup>Véase por ejemplo el estudio panorámico de Kamien y Schwartz (1982), pgs.3-7).

es que las mejoras técnicas y la innovación son usadas por los capitalistas para aumentar el grado de explotación de los trabajadores. Y dos, la competencia entre capitalistas es la fuerza que les empuja a innovar y transformar los medios de producción<sup>6</sup>. Se desprende de ello que sólo se adoptarán aquellas tecnologías que permitan aumentar la tasa de acumulación. En este sentido, el cambio tecnológico está intrínsecamente relacionado con la economía capitalista, y es resultado de la propia lógica de funcionamiento la misma. Marx pone el énfasis en los resultados a nivel agregado de las leyes del capitalismo, o sea, en los procesos sociales y no en la acción individual, o dicho de otra manera, diríamos que se interesa fundamentalmente por el análisis agregado versus el análisis microeconómico. Por ello no se encuentra en Marx un análisis más pormenorizado sobre la forma en que operan los mecanismos que generan dicho cambio. Pero como señala Scherer (1986), su idea, central de que la competencia entre capitalistas constituye el motor de la innovación, se encuentra sin duda recogida por Schumpeter en su concepto de destrucción creativa.

En la investigación actual sobre el cambio tecnológico se buscan los fundamentos microeconómicos del proceso de innovación, enfoque que preside el análisis que realizó Alfred Marshall, cuya aportación a este campo quizá no ha sido suficientemente

---

<sup>6</sup>La esencia de esta hipótesis está presente en el análisis actual. Ver, por ejemplo, Dasgupta (1985).

subrayada. Marshall<sup>7</sup> presenta una discusión sobre la naturaleza de la 'actividad innovadora de las empresas y de los problemas' que implica, sugiriendo muchas ideas, algunas recogidas más tarde por Schumpeter y Galbraith, y otras por Arrow (1962). A lo largo de su obra, Marshall (1) señala que la producción de nueva tecnología es imprescindible para mantener el liderazgo industrial; (2) considera que una de las funciones del empresario es innovar; (3) opina que la aparición de grandes capitales industriales tiende a promover el progreso técnico. Pero lo que analiza con detalle son algunos de los problemas que comporta la actividad innovadora y sus consecuencias. Estos son: el normalmente elevado coste de la investigación, que hace que, según Marshall, sólo las grandes empresas puedan permitírsela; el problema de que en el caso de la investigación, mientras que una empresa incurre en los costes, los beneficios se reparten entre todas las empresas del sector, y, finalmente, el posible uso de las patentes con fines estratégicos, para impedir que aparezcan empresas rivales en la misma línea de producción.

Marshall señala que las consecuencias de estas dificultades son que el nivel de innovación será inferior al que habría de no existir dichos problemas, y que habrá una tendencia a la concentración de capitales, puesto que sólo las grandes empresas pueden costear la investigación necesaria, investigación que

---

<sup>7</sup>El análisis de la innovación tecnológica aparece fundamentalmente en su obra 'Industry and Trade', que quizá puede considerarse como el primer libro de texto sobre organización industrial.

produce a su vez una tecnología demasiado cara para las pequeñas empresas. Marshall también sugiere medidas a tomar para estimular la innovación tecnológica: el establecimiento de un sistema de patentes, la asignación de fondos públicos para el progreso del conocimiento, y la promoción de asociaciones de empresas para tal fin.

Aparecen, pues, varias hipótesis son objeto de análisis en la investigación formal actual. La primera plantea que hay una relación en las dos direcciones entre estructura de mercado y actividad innovadora. La segunda, apunta la existencia de economías de escala en la actividad innovadora. La tercera, plantea la cuestión de la falta de rentabilidad privada de la investigación cuando existe la posibilidad de imitación, debido a lo que hoy llamamos problemas de apropiabilidad y no-exclusividad de la información. La cuarta, consecuencia de las anteriores, es que el nivel de innovación generado en el marco de una economía de mercado puede ser inferior al óptimo social.

Después de Marshall, prácticamente hay que esperar a Schumpeter para que en el análisis teórico se preste atención a los condicionantes económicos del cambio tecnológico. Una excepción la constituye Hicks (1932), a quien se atribuye la formulación de la hipótesis de que el cambio tecnológico es influido (inducido) por los precios. Según Hicks, los precios relativos de los factores determinan la dirección o sesgo del

cambio tecnológico, en el sentido de que éste puede aumentar más la productividad de un factor en relación al otro, o bien ser neutral<sup>8</sup>.

Durante buena parte del presente siglo, el análisis del cambio tecnológico no ha ocupado un lugar muy destacado en la investigación económica. Este lugar lo han ocupado el interés por la existencia y optimalidad del equilibrio competitivo, las condiciones de crecimiento estable, los problemas del paro y la inflación<sup>9</sup>. La tecnología y el cambio tecnológico se consideraban dados en todos los modelos que tratan de estos temas<sup>10</sup>.

Nelson (1987) atribuye el renacimiento del interés por estudiar las causas del cambio tecnológico a diversas razones. Una

---

<sup>8</sup>La idea intuitiva es que las empresas tenderán a desarrollar técnicas que utilicen menos el factor relativamente más escaso. La hipótesis de Hicks ha dado lugar a lo que se conoce como teoría de la innovación inducida, desarrollada posteriormente por autores como Ahmad (1966), Kennedy (1966), Lucas (1967), y Binswanger (1974), y los trabajos de Y. Hayami, H. Binswanger y V. Ruttan (1974).

<sup>9</sup>Ver, por ejemplo, Nelson (1987).

<sup>10</sup>Por ejemplo, en los modelos matemáticos neoclásicos de crecimiento desarrollados durante los años cincuenta y posteriores, el progreso tecnológico juega un papel importante en la determinación de la tasa de crecimiento de la renta, pero dicho progreso sigue apareciendo como una variable exógena al sistema económico (así es, por ejemplo, en el modelo de Solow). Se muestra una preocupación por las consecuencias distributivas del posible "sesgo" del cambio tecnológico, en el sentido de que puede conducir a una mayor disminución del uso de un factor de producción en relación a los demás, pero no por explicar las causas del mismo. El concepto de neutralidad del cambio tecnológico fue introducido primero por Hicks y más adelante Harrod (1954) lo redefinió.

de ellas serían las estimaciones, realizadas durante la década de los sesenta, sobre las causas del crecimiento económico observado, hallándose que que éste, en buena parte, no podía atribuirse al crecimiento de los factores de producción. Una segunda fuente sería el impacto de las obras de Schumpeter, y una tercera, los trabajos empíricos de Griliches en relación a los factores explicativos de la innovación tecnológica en el sector agrícola y el rendimiento social de la misma.

Las investigaciones desarrolladas a partir de entonces pueden clasificarse en dos grupos, según aborden una u otra de las preguntas que encabezaban este apartado. Es decir, en unas se plantea la cuestión de hasta qué punto el cambio tecnológico es resultado de los efectos de variables económicas, o, dicho de otra manera, de si puede esperarse o no un grado de endogeneidad notable del cambio tecnológico. En un segundo grupo, se encuentran aquellas que no abordan esta cuestión y tomando como punto de partida que determinados factores económicos influyen, se concentran en explicar los mecanismos a través de los cuales dichos factores afectan el cambio tecnológico. Dentro de este segundo grupo encontramos, a su vez, fundamentalmente dos líneas de investigación. En la primera se analiza, siguiendo la línea establecida por Hicks, cómo los precios de los factores y de los productos determinan el cambio tecnológico. En la segunda, el énfasis se centra en el papel del tamaño de la empresa y de la estructura del mercado sobre la decisión de innovar, en la línea

de las hipótesis formuladas por Galbraith y Schumpeter, y que se conoce como "hipótesis Schumpeteriana" <sup>11</sup>.

Por lo que se refiere a los estudios empíricos, también se pueden clasificar en dos grupos. Por un lado, los que pretenden medir la importancia relativa de los factores de demanda (existiría una función de demanda de innovaciones, derivada bien de cambios en los precios de los factores, bien de cambios en la demanda del producto final), y de los de oferta (en el sentido de costes de generar innovaciones, u oportunidad tecnológica). Por otra, los que se centran exclusivamente en el contraste de la hipótesis Schumpeteriana. Recientemente, sin embargo, esta distinción tiende a desaparecer, ya que se intenta plantear modelos generales que permitan contrastar simultáneamente las diversas hipótesis particulares.

¿Qué ofrecen los modelos teóricos? ¿Han producido hipótesis contrastables? ¿Cuál es la robustez de la evidencia empírica? A continuación se intenta responder a estas preguntas, primero referidas a la cuestión sobre la importancia relativa de "oferta y demanda" en la generación de innovaciones, y después referidas a la hipótesis Schumpeteriana.

---

<sup>11</sup>Las contribuciones en esta segunda línea han sido muchas especialmente en los últimos años. Kamien y Schwartz (1982) y Reinganum (1989) ofrecen un valioso análisis de esta literatura.

## 2.2. El debate en torno a la endogeneidad de la generación de innovaciones.

La opinión, bastante extendida durante un tiempo, de que el cambio tecnológico está determinado fundamentalmente por la evolución de la ciencia básica, sometida a unas leyes distintas e independientes de las económicas, refleja lo que se ha llamado el "enfoque del empuje de la oferta" (*supply-push*) al cambio tecnológico. Según esta hipótesis, el cambio tecnológico depende principalmente de las oportunidades que ofrezca la ciencia, cuyo avance es independiente de factores económicos. Esta posición se fundamenta principalmente en la evidencia proporcionada por el estudio histórico de innovaciones concretas<sup>12</sup>.

Desde la perspectiva del análisis económico, resulta difícil aceptar, a priori, que no haya factores económicos que afecten de alguna manera el cambio tecnológico. Sin negar la influencia de factores ajenos al sistema económico (es decir, exógenos), a nivel teórico es razonable pensar que el coste de oportunidad de los recursos, las características de los mecanismos de asignación de los mismos (mercado y planificación) y las condiciones en las que estos operen, influirán también sobre la cantidad de recursos que en cualquier sistema económico se dediquen a actividades de

---

<sup>12</sup>Según Thirtle y Ruttan (1987), los principales defensores de esta hipótesis se pueden encontrar en los campos de la sociología, tecnología aplicada y la historia. Entre los economistas, Kamien y Schwartz (1982) identifican a Nelson (1959) y Phillips (1966) como exponentes de esta posición.

investigación o generación de conocimientos con el fin de aplicarlos a los procesos productivos o a la creación de nuevos productos. Desde el momento en que la actividad innovadora no es gratuita, sino que exige el uso de parte de unos recursos limitados, entre ellos tiempo, hay base suficiente para plantear la hipótesis de que la asignación de recursos a la generación y adopción de tecnología es, al menos en parte, un problema económico <sup>13</sup>.

### 2.2.1. Aportaciones empíricas al debate.

En el ámbito de la generación de innovaciones, el estudio empírico que ha desencadenado el debate es el de Schmookler (1966). En la obra citada, el que el autor plantea la hipótesis de que la generación de tecnología o de invenciones<sup>14</sup> puede explicarse fundamentalmente, aunque no exclusivamente, por la intensidad de la demanda (o extensión del mercado). A esta hipótesis se la conoce como 'enfoque de arrastre de la demanda' (o *demand-pull*) al cambio tecnológico.

En este trabajo, Schmookler especifica un modelo empírico para contrastar la hipótesis de que la producción de innovaciones es función del tamaño del mercado, en particular, de la demanda de

---

<sup>13</sup>Una perspectiva sobre este debate se encuentra en Thirtle y Ruttan (1987).

<sup>14</sup>Schmookler define la invención como una nueva combinación de conocimientos pre-existentes que satisface alguna necesidad.

los usuarios potenciales. Como medida de las innovaciones, Schmookler utilizó el número de patentes producidas en 23 sectores industriales. La principal variable explicativa considerada, dado que los sectores escogidos son productores de bienes de equipo, es la inversión efectuada por los compradores (o usuarios) de los bienes de equipo producidos con las patentes, es decir, la demanda de inversión efectuada por las empresas productoras de bienes finales. El resultado principal obtenido en las estimaciones es que la variabilidad en las patentes generadas en los sectores de bienes de equipo aparece explicada en gran medida por la demanda de bienes de equipo por parte de las empresas de bienes finales. También obtiene una elasticidad estimada próxima a la unidad. Estos resultados, junto con el estudio detallado de algunas innovaciones concretas, llevan a Schmookler a concluir que las innovaciones aparecen principalmente como resultado de la actuación de las fuerzas del mercado, en particular de la demanda, y no tanto de la disponibilidad de conocimientos científicos.

El trabajo de Schmookler ha sido objeto de críticas de naturaleza diversa. Rosenberg (1974, 1982) y Mowery y Rosenberg (1979), autores muy críticos del trabajo de Schmookler y de los que le siguieron en la misma línea, consideran que aunque no se puede negar que la demanda juega un papel en la determinación de las innovaciones, también lo juega de forma importante el estado de la ciencia a través de su influencia sobre los costes de innovar, sin que esta posibilidad sea considerada adecuadamente en

el marco del modelo econométrico de Schmookler.

Entre los trabajos empíricos recientes que abordan la estimación cuantitativa del peso de factores exógenos y endógenos en la innovación tecnológica se halla el de Scherer (1982). En él, el autor se plantea realizar de nuevo un contraste de la hipótesis de Schmookler con una nueva y mejor base de datos sobre patentes<sup>15</sup>. Al estimar un modelo análogo al de Schmookler, en el que la variable dependiente es el número de innovaciones patentadas en una industria o sector determinado, Scherer encuentra que aunque el coeficiente correspondiente a la inversión realizada por las empresas usuarias es significativo, la bondad del ajuste es muy inferior a la obtenida por Schmookler. Seguidamente, para contrastar la hipótesis de que la oportunidad tecnológica es una variable importante en la determinación del número de patentes, Scherer especifica un modelo donde se introducen variables binarias correspondientes a seis sectores específicos que, el autor sugiere, reflejan los distintos niveles en que se halla la base de conocimientos científicos (u oportunidad tecnológica) de cada sector industrial. Como resultado de la estimación, se rechaza la hipótesis de que los factores de oferta de conocimientos no afectan al número de patentes, y, además, mejoran los indicadores de bondad de ajuste. Así pues, aunque la hipótesis de que los factores de demanda afectan el número de patentes no se

---

<sup>15</sup>Para ello, Scherer utiliza una muestra de 443 grandes compañías americanas a las que se concedieron el 61 % del total de patentes otorgadas entre junio de 1976 y marzo de 1977.



rechaza, los resultados obtenidos por Scherer muestran que dichos factores son menos importantes de lo que se desprendía de los resultados de Schmookler, e insuficientes para explicar el número de patentes y, por tanto, la generación de innovaciones.

Dos consideraciones pueden, sin embargo, matizar la interpretación de los resultados de Scherer, consideraciones que son extensibles a todos los trabajos que utilizan variables similares. La primera concierne a la interpretación de las variables sectoriales utilizadas. La segunda, concierne a la variable dependiente, el número de patentes, y es una crítica general al uso de esta variable como medida de la actividad innovadora, crítica que ya se ha hecho en la literatura. Ambas consideraciones, que a continuación se argumentan, sugieren que el contraste de Scherer (y de los que se planteen de forma análoga) sobre el papel relativo que juegan los factores de oferta y de demanda, no puede ser considerado definitivo.

Respecto al primer punto, es posible que las variables binarias sectoriales en realidad recojan el efecto de otros factores sectoriales, además de la oportunidad tecnológica, que no tienen nada que ver con ésta<sup>16</sup>. Respecto al segundo punto, es sabido que las patentes son una medida imperfecta del nivel de innovación, pudiendo existir mucha más innovación que la revelada

---

<sup>16</sup>Por ejemplo, pueden recoger diferencias en el tipo de competencia predominante en cada sector, o de la elasticidad de la demanda respectiva.

por las patentes, convirtiéndose las mismas en una medida sesgada de la innovación. Diversas razones pueden explicar la discrepancia. Es posible que se tienda a patentar sólo una parte de las innovaciones efectivamente realizadas: aquellas susceptibles de ser imitadas rápidamente en caso contrario. Un factor que puede constituir un desincentivo a patentar es el mismo hecho de que conseguir una patente revela a los rivales, de forma no deseada, información sobre la competitividad de la empresa que la obtiene. En segundo lugar, el grado de "patentabilidad" puede variar según el sector, dependiendo de cómo esté especificada la ley de patentes. En tercer lugar, no todas las innovaciones patentadas se utilizan: es posible que en algunos casos se patente con el fin de mantener fuera del mercado a los rivales potenciales. Finalmente, se dispone sólo del número de patentes, dato que no contiene información sobre el valor de las mismas o sobre el esfuerzo innovador realizado<sup>17</sup>.

A pesar de ello, independientemente de su robustez, es importante resaltar que los resultados de Schmookler, han propiciado la aparición de trabajos teóricos en los que se plantea la relación entre el cambio tecnológico y variables económicas de manera formal, y de nuevos estudios empíricos que pretenden aportar más y mejor evidencia sobre el papel de la demanda, aunque

---

<sup>17</sup>Ver, por ejemplo, Bound et al (1984), Scherer (1983). Aunque Acs y Audretsch (1989) proporcionan evidencia de que después de todo el número de patentes puede ser una aproximación cuantitativa válida de la actividad innovadora, se han buscado y utilizado, en las investigaciones empíricas, otras formas de medirla.

ésta última ya no sea la única variable considerada.

Una forma alternativa de contrastar el papel de oferta y demanda consiste en utilizar alguna medida del esfuerzo innovador en lugar de una medida de las innovaciones producidas. En tanto en cuanto la relación entre el esfuerzo innovador (input) y el resultado del mismo (output) tenga un componente estocástico no despreciable, será razonable concluir que los gastos en Investigación y Desarrollo (una medida del input), son probablemente un indicador más adecuado de la actividad innovadora que las patentes. Muchas contribuciones recientes, tanto empíricas como teóricas, avanzan en esta dirección, que dista de constituir una cuestión saldada. Exponentes de investigaciones empíricas recientes son las de Hausman, Hall y Griliches (1984) y Hall, Griliches y Hausman (1986)<sup>18</sup>.

Volviendo a la hipótesis general que se desea contrastar, que en este caso es que el gasto en I+D es resultado tanto de condicionantes económicos como de la oportunidad tecnológica, merece debe mencionarse la investigación realizada por Jaffe (1988). Las preguntas formuladas por este autor en su investigación son dos: por un lado, trata de medir la importancia relativa de las condiciones del mercado y de las condiciones

---

<sup>18</sup>En estos estudios los autores utilizan mejores bases de datos que las existentes en los años sesenta, y desarrollan técnicas econométricas más apropiadas a la naturaleza de los datos (el número de patentes es una variable discreta) y de las preguntas formuladas.

tecnológicas en la asignación de recursos a la investigación, y por otro lado, trata de medir la posible presencia de externalidades positivas entre empresas. Las condiciones del mercado están medidas a través de varias variables. Por un lado, la cuota de mercado ponderada de cada empresa (dado que una empresa puede estar presente en diversos mercados), el tamaño de la empresa medido por sus ventas agregadas, y la posición de mercado, que es un vector cuyos elementos son la fracción de sus ventas que corresponde a cada mercado. Las condiciones tecnológicas están recogidas a través del stock de capital, de una variable que el autor denomina 'posición tecnológica' de la empresa, que es un vector cuyos elementos son la proporción de gasto tecnológico destinada a cada una de las posibles áreas, y de dos variables adicionales que pretenden medir la intensidad de efectos de difusión, tanto entre todas las empresas como entre las del grupo tecnológicamente similar. Estas dos variables se definen como la suma de los gastos en I+D de las demás empresas, ponderada por la correlación simple entre los vectores tecnológicos de la empresa en cuestión y el resto. Los resultados de la estimación son que tanto las condiciones de mercado como las tecnológicas son estadísticamente significativas <sup>19</sup>, aunque en conjunto las primeras juegan aparentemente un papel cuantitativamente mayor. El coeficiente de determinación tiene un valor de 0,85, es decir que queda por explicar únicamente un 15 % de la variabilidad de los

---

<sup>19</sup>Los resultados se obtienen con una muestra de 573 empresas americanas.

gastos en I+D. Aunque éste es uno de los trabajos econométricos recientes en el que se hace un serio esfuerzo por definir y medir con rigor las variables relevantes a priori, adolece de una limitación bastante clara. Esta es que el vector de posición de mercado, y el de posición tecnológica, son resultado en parte de las decisiones de la propia empresa, es decir, que pueden ser variables endógenas a su vez. Es posible pues que los resultados presenten sesgo e inconsistencia debido a la simultaneidad potencial de dichas variables; quizá por ello el propio autor advierte que su modelo empírico no debe interpretarse tanto como una relación de causalidad sino como instrumento descriptivo.

Una fuente complementaria de evidencia la constituyen las entrevistas directas a las empresas en las que se recoge información no cuantificable, es decir, cualitativa. Un ejemplo de ello es la investigación que presenta von Hippel (1988). Dos son las cuestiones abordadas por este autor y sus colaboradores. Por un lado, tratan de averiguar quienes estuvieron en el origen de diversas innovaciones: fabricantes del producto, usuarios del mismo, o proveedores de inputs, y qué explica que fueran unos y no otros. Por otro lado, estudian en qué casos se dan intercambios de información y know-how entre ingenieros que trabajan para empresas rivales, y qué explica que se den estos intercambios en unos casos y no en otros. Por lo que respecta a la primera cuestión, hallan que en los campos de instrumentos científicos, equipo semiconductor y equipo de poltrusión, los usuarios fueron los

principales agentes de la innovación; en cambio, en los casos de plásticos de ingeniería, aditivos plásticos, y tractores, los fabricantes fueron el origen de las innovaciones. Para explicar estas observaciones, plantean la hipótesis de que de los posibles agentes innovadores, tenderá a hacer la innovación aquel que esté en mejor posición de apropiarse de los beneficios originados por la misma. A la vez, esto estará determinado por la efectividad relativa de las patentes, por la importancia de mantener la innovación en secreto, y por las ventajas asociadas con ser el primero en utilizarla. Es ésta una hipótesis económica más que razonable. Por lo que respecta a la pregunta acerca del grado de intercambio de información entre ingenieros, los autores estudian, mediante una serie de encuestas, una industria americana específica. Tras observar el tipo de información intercambiado, von Hippel y sus colaboradores sugieren que se establece una relación de reciprocidad en el intercambio de información, aun entre empresas rivales. Sin embargo, no se intercambiará cualquier tipo de información, sino sólo aquella que no esté directamente relacionada con la capacidad de competir de la empresa. Es decir, no se revelará una información si el hacerlo pusiera en peligro la capacidad competitiva de la empresa.

Finalmente, debe hacerse también referencia, aunque sea de forma breve, a las investigaciones sobre flujos intersectoriales de tecnología que han realizado Scherer (1982) y Robson, Townsend y Pavitt (1988). Estos últimos analizan datos sobre generación y

uso de innovaciones en el Reino Unido en el período 1945-1983, con el fin de detectar las posibles diferencias intersectoriales. Una de las principales conclusiones de su análisis es que éste sugiere que en algunos sectores, como el de instrumentos, las innovaciones parecen ser inducidas por la demanda, mientras que en otros, como los de electrónica y química, son inducidas por la oportunidad tecnológica.

La polémica sobre el papel relativo de factores de demanda entendida en sentido amplio, y de oferta (estado de la ciencia u oportunidad tecnológica, según la terminología más reciente) en el cambio tecnológico sigue abierta. La hipótesis más general que se puede formular, obviamente, es que tanto las condiciones de demanda como el estado de la ciencia afectan el progreso tecnológico. El estado de los conocimientos científicos y técnicos explica la abundancia o escasez de oportunidades susceptibles de convertirse en innovaciones incorporadas al proceso productivo. Por otra parte, es evidente que la incorporación de conocimientos al proceso productivo sólo se hará cuando ello sea rentable. Dicha rentabilidad dependerá de un conjunto de factores, algunos relacionados con las características de la innovación (grado de complejidad, de complementariedad con otros inputs, por ejemplo), otros relacionados con la estructura del mercado (tipo de comportamiento estratégico de las empresas), y otros relacionados con las variaciones (esperadas) de precios (demanda). La cuestión es cuáles son los factores más importantes cuantitativamente de

entre los mencionados, y si en general, para todos los sectores, hay unos factores sistemáticamente dominantes. Para obtener una respuesta en este sentido es preciso disponer de modelos donde los conceptos estén definidos de forma precisa y operativa (tanto 'estado de la ciencia' como 'condiciones de demanda' son conceptos extremadamente vagos) y ahí es donde radican dificultades importantes. Quizá ello explica que se encuentren pocos modelos en la literatura que formalicen esta hipótesis tan general.

### 2.2.2. Un modelo teórico.

Una ilustración de un intento de hacerlo es Stoneman (1979), quien desarrolla un marco teórico sumamente simplificado para analizar esta cuestión. Su intención es desarrollar un modelo que dé una base microeconómica formal a la hipótesis de Schmookler sobre la importancia de los factores de demanda, al tiempo que incorpore el coste de innovar, reflejando los factores de oferta. En síntesis, en este modelo la empresa decide el número de patentes que va a producir dado que su objetivo es maximizar los beneficios. Los beneficios vienen dados por la diferencia entre los ingresos derivados de las innovaciones y los costes de hacerlas. Los ingresos dependen de características de la innovaciones, características de la empresa (tamaño) y características del sector (mercado potencial). Formulando una función de ingresos con una forma funcional específica, Stoneman

obtiene que el número óptimo de innovaciones para la empresa depende de parámetros de la función de costes y de demanda (ver Stoneman 1983, pg. 21). Naturalmente, los costes de innovar dependen de la base científica existente, y de este modo los factores de oferta u oportunidad tecnológicas se incorporan en el análisis de Stoneman. La importancia relativa de los factores de costes y de ingresos en las decisiones de la empresa están dados por los parámetros, convirtiéndose así aquella en una cuestión fundamentalmente empírica. Sin embargo, una limitación del modelo es precisamente que no aborda la cuestión de cómo se determinan los costes de innovar, y por ello no proporciona un esquema que conduzca directamente a especificar un modelo econométrico estimable mediante el que se pueda contrastar la importancia cuantitativa de los factores relacionados con la rentabilidad y los relacionados con los costes.

En relación con esta limitación del modelo de Stoneman, puede observarse que el tema pendiente, difícil de abordar, es el que se podría llamar el de la función de producción de tecnología (o en general, de conocimientos o información). Ello exige profundizar en el estudio de la naturaleza de la actividad innovadora y su relación con la investigación científica, sea básica o sea aplicada, y la creación y transmisión de conocimientos en general. Se han producido avances teóricos en esta dirección.

### 2.2.3. Conclusiones.

En definitiva, se puede decir que la conclusión de Schmookler de que la demanda (en sentido amplio) explica la mayor parte de las diferencias intersectoriales en la generación de innovaciones no ha resistido bien ni el paso del tiempo (Scherer no pudo replicar los resultados con datos más recientes) ni críticas como las realizadas por Rosenberg. En concreto, la crítica efectuada por este autor a los trabajos empíricos realizados fundamentalmente durante la década de los sesenta y setenta, según la cual en ellos se pretendía medir el impacto de las condiciones de demanda sin recoger de forma adecuada el efecto potencial de las condiciones de oferta, ha sido reconocida como válida al menos de forma implícita, en la medida en que en los trabajos más recientes se intenta recoger este tipo de efectos en la medida de lo posible.

Los trabajos empíricos recientes intentan ahondar en la descripción de las condiciones de oferta y de demanda. Se observa una convergencia entre quienes se plantean la primera pregunta, y los que se plantean la segunda. Entre los primeros se encuentra el de Jaffe (1988), y entre los segundos, los que Cohen y Levin han realizado junto con otros investigadores, y que se discutirán en el apartado correspondiente a la evidencia empírica sobre la hipótesis Schumpeteriana. Paralelamente, se han producido algunas investigaciones recientes en teoría del crecimiento en las que el

crecimiento es debido a la introducción de nuevos productos o a mejoras de los existentes, siendo éstas determinadas a su vez por el propio sistema<sup>20</sup>.

Las regularidades estadísticas puestas de manifiesto por los estudios econométricos más recientes, y las observaciones derivadas del estudio de casos particulares, sugieren que la presencia de importantes externalidades, el grado de apropiabilidad de los beneficios de la innovación, el tipo de rivalidad entre empresas, o los cambios sufridos por la demanda, son factores que afectan la rentabilidad de la generación de innovaciones en bastantes casos. Por tanto se puede considerar que existe evidencia tanto en favor de la hipótesis de que los 'factores de demanda' contribuyen a explicar la innovación, como de que los 'factores de oportunidad' también la condicionan. Su importancia cuantitativa es, efectivamente, una cuestión empírica que está aún por establecer. Los intentos de contrastar estas hipótesis continúan, buscándose para ello bases de datos más completas, así como instrumentos de verificación (técnicas econométricas) más apropiados. Sin embargo, la disponibilidad de bases de datos y de métodos apropiados para el análisis de los mismos es una condición necesaria pero no suficiente para extraer conclusiones sobre la importancia de los condicionantes económicos sobre la innovación tecnológica. También es necesario que se

---

<sup>20</sup>Algunas referencias a este respecto son las siguientes: P.M. Romer (1989), G.M. Grossman y E. Helpman (1989, varios artículos), P. Aghion y P. Howitt (1990).

aporten análisis teóricos sobre la interrelación entre éstos y los condicionantes externos o exógenos del sistema económico. En el apartado que sigue a continuación, se describen las principales hipótesis que se han formulado a este respecto.

## 2.3. Factores económicos y generación de tecnología.

### 2.3.1. La hipótesis de la innovación inducida.

Hicks planteó la hipótesis de que los cambios en los precios relativos de los factores pueden proporcionar incentivos (es decir, inducen) a realizar invenciones de un tipo determinado. Esta idea se encuentra sintetizada en la frase siguiente:

"A change in the relative prices of the factors of production is itself a spur to invention, and to invention of a particular kind -directed to economising the use of a factor which has become relatively expensive- "

(J.R. Hicks, 'The Theory of Wages', citado en Binswanger, Ruttan, et al.)

La hipótesis de Hicks ha inspirado diversas formulaciones matemáticas de la misma. El objetivo común de los distintos modelos es predecir los efectos que variaciones de los precios de los factores y del producto pueden tener sobre la tasa de cambio tecnológico y su dirección, es decir, la evolución de la intensidad de uso de los factores. No se pretende analizar el efecto de otras variables, tales como la estructura del mercado <sup>20</sup>.

El primer planteamiento formal reconocido es el efectuado por Ahmad (1966), quien desarrolla el concepto de curva de

---

<sup>20</sup>En Binswanger, Ruttan et al. (1978) se encuentra una excelente exposición de los distintos modelos teóricos elaborados en torno a la hipótesis de Hicks.

posibilidades de innovación. Dicha curva es la envolvente de un conjunto de isocuantas que representan los diversos procesos potenciales de producción que se pueden desarrollar si se destinan recursos para ello. La curvatura y posición de esta curva está determinada por la base de conocimiento científico existente en un momento dado. La tangencia entre dicha curva y la recta de los precios de los factores representa la técnica óptima o económicamente eficiente. A medida que cambian los precios relativos de los factores, un tipo de innovación (o nueva técnica) resulta más eficiente que otros<sup>21</sup>.

Sin embargo, los modelos iniciales presentan dificultades diversas. Las críticas de Nordhaus y Salter señalan en especial la falta de una base microeconómica rigurosa. De las formulaciones desarrolladas por otros autores destaca la de Nelson y Winter (1973,74,76), que modelan el cambio técnico como un proceso de búsqueda emprendido por cada empresa, en el que las nuevas técnicas encontradas son distintas combinaciones de factores, escogiéndose una en función de los precios de los mismos. En el modelo, el incentivo para iniciar el proceso de búsqueda la proporciona una caída de los beneficios. Teniendo en cuenta los

---

<sup>21</sup>Y. Hayami y V. Ruttan (1971) han utilizado este modelo, algo modificado, para explicar el cambio tecnológico experimentado en las agriculturas japonesa y estadounidense. En particular, estos autores definen una función de metaproducción, que no es sino una función de producción ampliada, en la que se introducen los factores adicionales de capital humano y capital de investigación.

aspectos problemáticos de los modelos descritos, Binswanger (1974 y 1978), formula una nueva versión de la teoría de la innovación inducida, dotándola de una base microeconómica más coherente. De forma resumida, en su modelo se parte de los siguientes axiomas:

a) considera que hay varias líneas de investigación posibles en cualquier momento, cada una de ellas repercutiendo de forma distinta sobre la intensidad de uso de los factores productivos, b) cada línea tiene un coste, y c) cada empresa se plantea el problema de escoger entre diversas actividades innovadoras de forma análoga al de la selección de una cartera de activos, sólo que ahora los activos son las actividades de investigación. Para simplificar la modelización, supone que el precio del capital y el nivel de producción están dados, y que existe incertidumbre respecto de los salarios. Se supone asimismo que las empresas maximizan el rendimiento esperado neto, es decir, que son neutrales al riesgo. Los beneficios de la investigación son función del coste del capital, del salario esperado, y del tipo y nivel de I+D. La estática comparativa del modelo conduce a las siguientes predicciones:

a) Dada la productividad (o coste) de cada línea de investigación, la empresa asignará más recursos a aquella que reduzca, en términos relativos, el factor cuyo coste esperado aumente más.

b) Si aumenta el coste de una actividad que conduce a una técnica que ahorra capital, la empresa reducirá los recursos destinados a la misma.

c) Si no existe un presupuesto fijo de investigación, cuanto mayor sea la producción de la empresa, mayor será la cantidad de investigación que se realizará. La relajación del supuesto de un nivel de producción dado, produce la predicción de que la empresa dedicará mayores recursos a la investigación en

los sectores o bienes de mayor precio esperado y mercado. Esta predicción es coincidente con la hipótesis mantenida por Schmookler respecto del papel de la demanda como inductora de las innovaciones.

Para resumir, de la hipótesis de la innovación inducida se desprende que las diferencias intersectoriales observadas en relación al grado de innovación o de cambio técnico pueden atribuirse a diferencias en la evolución de la demanda del producto o en la oferta de factores. Cabría esperar mayor actividad innovadora en los sectores que se enfrentan a una demanda expansiva. Además se buscarán nuevas tecnologías que aumenten la productividad de los factores cuyo precio esperado aumente más. En investigaciones recientes se cuestionan, sin embargo, algunos de estos resultados<sup>22</sup>.

### **2.3.2. La hipótesis Schumpeteriana, o la importancia de la estructura del mercado.**

La cuestión en la que se ha centrado principalmente al análisis del cambio tecnológico desde el campo de la organización industrial, es la de la relación existente entre estructura de mercado y progreso tecnológico. Esta literatura arranca principalmente, como ya se ha dicho, de las reflexiones de Schumpeter (1942), en las que éste ponía de manifiesto la posible

---

<sup>22</sup>Véase Fixler y Ben-Zion (1982).

incompatibilidad existente entre las condiciones necesarias para que el mecanismo de mercado conduzca a una asignación de recursos eficiente en un contexto estático y las condiciones para que una asignación sea eficiente en un contexto dinámico. En palabras de Schumpeter:

"A system... that at every point in time fully utilizes its possibilities to its best advantage may yet in the long run be inferior to a system that does so at no given point in time, because the latter's failure to do so may be a condition for the level or speed of long-run performance."

(cita extraída de Kamien y Schwartz (1982), pg. 9)

La versión actual de la que se conoce hoy como 'hipótesis Schumpeteriana', se puede resumir como sigue. Una innovación sólo tendrá lugar si existe una recompensa por hacerla, es decir, si permite a la empresa obtener beneficios económicos. Dado que a menudo producir una innovación implica generar información de cuyo uso no se puede excluir a los competidores, existentes o potenciales, una empresa sólo podrá apropiarse de la recompensa si goza de poder de mercado y puede impedir la imitación inmediata por parte de las demás. Ello implica que las empresas que actúan en mercados poco competitivos tendrán más incentivos para innovar que aquellas que operan en mercados muy competitivos. Un argumento adicional que refuerza la hipotética relación entre estructura de mercado y generación de tecnología es el basado en la presunción de que la investigación es una actividad que presenta rendimientos de escala crecientes. Cuanto mayor sea la escala de la actividad investigadora, mayores serán, proporcionalmente, los resultados

obtenidos. Por ello, hacer I+D es más rentable cuanto mayor sea la empresa. Además, se argumenta, una empresa grande estará en una posición de ventaja para financiar I+D a gran escala, dado que la investigación es una actividad arriesgada y los mercados de capital son imperfectos. En conclusión, pues, la hipótesis schumpeteriana predice: a) que un entorno no competitivo será más propicio para la innovación que uno competitivo, y b) que tenderá a observarse una relación positiva entre el tamaño de la empresa y el grado de innovación.

Con la descripción de la literatura reciente sobre la relación existente entre la estructura de mercado y los incentivos para emprender actividades de I+D, que a continuación se aborda, no se pretende hacer justicia a todas las contribuciones, sino simplemente exponer los resultados obtenidos en los modelos más importantes, y poner en evidencia la complejidad de dicha relación.

Es Arrow (1962), quien introduce la idea de que el rasgo esencial de la producción de innovaciones es que ello requiere producir información. Uno de los rasgos de la información como bien es que se trata, en mayor o menor medida, de un bien público, y en esto radica la causa de que el mercado, como mecanismo de asignación de recursos, y en condiciones de competencia perfecta, no conduzca a un nivel de producción eficiente, y, en este caso particular, de innovaciones tecnológicas. La ineficiencia se produce como consecuencia del bajo coste de transmisión de

información (que puede permitir la imitación inmediata por parte de empresas rivales), o dicho de otra manera, el hecho de que una vez producida la información, su uso no es excluyente (es no rival), característica típica de los bienes públicos. Para entender correctamente la relación entre estructura de mercado e incentivos para innovar, es preciso, según Arrow, tener en cuenta esta característica fundamental de la producción de innovaciones.

Para ello formula un modelo mediante el que analiza cuál es la estructura de mercado que proporciona mayores incentivos para innovar, separando la cuestión de la apropiabilidad privada de los beneficios generados por la innovación de la relación entre éstos y la estructura de mercado existente antes de tomar la decisión y la que se espera resulte después de tomarla. Para ello impone el supuesto de que se conceden patentes de duración ilimitada (es decir, se obtiene el derecho de monopolio sobre el uso de la información, y con ello el monopolio en el mercado del producto), y entonces se pregunta bajo qué tipo de estructura de mercado estarán las empresas dispuestas a pagar más por obtener la patente. Contempla los dos casos extremos, el de un monopolista y el de competencia perfecta<sup>23</sup>, y compara los resultados obtenidos en cada caso con el que se obtendría de existir un planificador social. Cifrándose al caso de una innovación de proceso (que se traduce en una reducción de costes), Arrow obtiene que el valor

---

<sup>23</sup> Puede equipararse al caso en que las empresas compiten en precios a la Bertrand.

presente de los beneficios sociales de realizar la innovación es superior al valor presente de los beneficios apropiables cuando la estructura de mercado es de competencia perfecta, y éste a su vez es superior al valor presente de los beneficios apropiables del monopolista (suponiendo que este último no puede realizar discriminación de precios). Esto es así porque ni en el caso de monopolio ni en el de competencia perfecta pueden las empresas apropiarse de todo el excedente del consumidor generado. Sin embargo, la empresa que estando inicialmente en un marco de competencia perfecta decida innovar puede, gracias a la patente, convertirse en un monopolista, mientras que aquella que ya estaba en situación de monopolio sólo se reemplaza a sí misma. Resulta, por tanto, que los incentivos para innovar son inferiores en el caso de monopolio que en el de competencia.

El modelo de Arrow precisa, en relación a la hipótesis Schumpeteriana, que para que la posición de monopolio ofrezca mayores incentivos para innovar, debe ocurrir que no exista posibilidad de patentar la innovación.

El modelo de Arrow abre nuevos interrogantes. Por un lado, está la cuestión de modelar explícitamente cuál de las empresas competitivas se quedará con la patente. Por otro, para simplificar, en su modelo Arrow supone que una empresa tiene u obtiene, con certeza, el monopolio sobre la patente (o la capacidad de innovar). Normalmente, sin embargo, se observa que las empresas compiten en I+D, de forma que su comportamiento se

puede describir más bien como una carrera por patentar, en la que el resultado del esfuerzo es incierto, y en la que la estructura del mercado influye de manera decisiva sobre la estrategia que seguirá cada empresa. Estos son los temas abordados en las investigaciones recientes. A continuación se exponen a grandes rasgos las principales predicciones obtenidas.

#### **2.3.2.1. Teoría de juegos e innovación tecnológica.**

El análisis del comportamiento de las empresas en mercados no competitivos se realiza fudamenta, aunque no exclusivamente, a través de la teoría de juegos. El desarrollo y aplicación de la teoría de juegos al estudio de las decisiones de innovación ha contribuído enormemente a poner de relieve la complejidad de la relación entre estructura de mercado e innovación, y cómo dicha relación varía en función de la presencia de incertidumbre y de externalidades entre empresas. En estos modelos, la actividad innovadora de las empresas, entendida como por el esfuerzo o inversión realizada en I+D, es resultado del comportamiento estratégico de las mismas en la carrera por conseguir una patente. Algunas de las preguntas específicas que se formulan en estos modelos son las siguientes: ¿Qué ocurre con el nivel de gastos en I+D a nivel de empresa individual y agregado a medida que aumenta el número de empresas en la industria? ¿Qué ocurre si no existe un sistema de patentes que garantice la protección total de la información generada? ¿Habrà sobre-inversión o sub-inversión en

I+D según la estructura de mercado, en relación al óptimo social?  
¿Cómo influye, a su vez, el nivel de I+D sobre la estructura de mercado?

Para contestar estas preguntas, se utiliza principalmente el marco de los juegos no cooperativos, dado que se considera que las empresas son conscientes de la interdependencia existente entre las mismas, y actúan en consecuencia, excluyéndose en estos modelos la posibilidad de cooperar o efectuar acuerdos vinculantes, y siendo la inversión en I+D su instrumento estratégico <sup>24</sup>.

Hay varios tipos de modelos en el marco de la teoría de juegos: estáticos o dinámicos, simétricos o asimétricos. En los juegos estáticos cada empresa decide de una vez por todas el gasto en I+D o la evolución temporal del mismo. En los juegos dinámicos, la empresa elige una secuencia de gastos desde el momento inicial hasta la consecución de la innovación por parte de la propia empresa o de una empresa rival. En los juegos simétricos, las empresas son idénticas; en los juegos asimétricos, éstas pueden diferir en varios sentidos (en costes o en estrategias). En los cuatro casos, se supone en general que la empresa que produce la innovación se lleva la patente, es decir que hay un único ganador

---

<sup>24</sup>Scherer desde los años sesenta, y Jensen, Reinganum, Flaherty, Dasgupta y Stiglitz, Loury, Lee y Wilde, en los ochenta, son algunos de los principales autores que han trabajado en esta dirección.

(*winner-takes-all*). Asimismo, innovar tiene un coste, que disminuye a lo largo del tiempo pero a una tasa decreciente. Finalmente, caben dos supuestos alternativos sobre la obtención de la innovación: que haya o no haya incertidumbre en cuanto al resultado del esfuerzo. Reinganum (1983 y 1989) presenta formalmente los principales modelos y sus implicaciones. Siguiendo su trabajo, aquí se exponen los rasgos principales de los mismos y sus conclusiones más importantes.

En los modelos simétricos (en los que todas las empresas son idénticas) se analizan las cuestiones de cuántas empresas entran en la carrera, cuál es la inversión agregada en I+D, y cómo se distribuye ésta entre las empresas y a lo largo del tiempo. Una estrategia, para una empresa, consiste en un nivel de inversión en I+D. La probabilidad de ganar la carrera depende, obviamente, de la estrategia propia y de la de las empresas rivales. En este juego, un equilibrio de Nash es un vector de estrategias (de gastos en I+D) tal que, ninguna empresa participante, dada la estrategia de todas las demás, desea cambiarla unilateralmente. Típicamente, en estos modelos cada empresa debe decidir el nivel de gastos de I+D óptimo con el fin de ser la primera en obtener la innovación y la patente correspondiente, que le permitirá percibir los beneficios originados por la misma.

Entre los resultados producidos por este tipo de modelos, se presentan aquí, a modo de cuadro sinóptico, los que conciernen a la relación entre el número de empresas presentes en un mercado,

el gasto en I+D de cada una de ellas, y el gasto agregado de todas las empresas del sector. Es decir, el conjunto de resultados obtenidos es mucho más rico de lo que sugiere la selección que aquí se hace.

**Resultado 1:**

En los modelos en los que la innovación es de naturaleza determinística, el problema se plantea como si se realizara una subasta de una patente. En este marco, un modelo a la Cournot sin incertidumbre conduce a la predicción de que si las empresas son idénticas, no habrá innovación. Ello es así porque, dado el supuesto de simetría, todas las empresas escogerán la misma suma y se producirá un empate, de modo que se verán obligadas a compartir los beneficios de la innovación, siendo éstos, para cada una de ellas, inferiores al coste de la misma (bajo supuestos razonables sobre la función de costes y sobre el valor de la patente). Una, y sólo una empresa innovará, cuando ésta tenga alguna ventaja respecto de las demás (Dasgupta y Stiglitz (1980)).

**Resultado 2:**

En los modelos en los que la innovación es estocástica, en el sentido de que un nivel determinado de gasto en I+D proporciona una innovación en el momento  $t$  con alguna probabilidad, se obtiene que a medida que aumenta el número de empresas que realizan I+D en un sector, la suma invertida por una empresa particular disminuye, siempre que las

empresas sean iguales, y éstas se comprometan a un gasto total desde el principio. El gasto a nivel agregado aumenta (Dasgupta y Stiglitz (1980) y Loury (1979)).

Si con la introducción de una innovación no se produce una situación de monopolio en el mercado del producto, sino que puede producirse una situación de oligopolio con rivalidad tipo Bertrand o tipo Cournot, Delbono y Denicolò (1990) obtienen que en el primer caso, las empresas sobre-invierten en I+D.

**Resultado 3:**

En caso de que las empresas sean iguales, y la innovación sea estocástica, pero a diferencia del caso anterior, se permite que las empresas puedan abandonar la investigación en cuanto una rival gane la carrera, entonces se obtiene que la tasa de inversión en I+D de una empresa individual aumenta con el número de empresas. (Lee y Wilde, (1980)).

**Resultado 4:**

En el marco de los modelos que generan los resultados 2 y 3 puede mostrarse que, dado el número de empresas, en equilibrio cada empresa invierte más de lo que sería óptimo si cooperaran. Se produce entonces una duplicación de esfuerzos, que resulta en un excesivo gasto agregado en I+D.

**Resultado 5:**

Si se utiliza un modelo dinámico estocástico, en el que se permite que en cada momento las empresas puedan reajustar sus decisiones, y en el que las empresas acumulan conocimientos a lo largo del período (conocimientos que afectan la probabilidad de éxito) entonces se obtiene que, siempre que la protección ofrecida por la patente sea perfecta, un aumento en el número de empresas hace que cada una ellas incremente su inversión en I+D (Reinganum 1982a).

**Resultado 6:**

Todos los resultados anteriores se obtienen bajo el supuesto adicional de que la patente proporciona protección perfecta. Sin embargo, cuando la protección ofrecida por la patente es imperfecta y la imitación es suficientemente rápida, puede producirse una relación inversa entre la inversión agregada en I+D y el número de empresas (Futia 1980, Reinganum 1981a). Si los efectos difusión son tales que los beneficios de la empresa innovadora, tras innovar, son iguales a los de las empresas rivales, entonces a medida que aumenta el número de empresas disminuye la tasa de gasto en I+D, y, en el límite, ninguna encontrará rentable dedicar recursos a I+D (Reinganum 1982a). Por tanto, se observa que cuando se profucen efectos de difusión de la información o conocimientos generados (*spillovers*), la magnitud de dichos efectos es importante para el resultado. Reinganum (1981a) y Spence (1982) son dos de los autores que se han dedicado a investigar las

consecuencias que se derivan de diversos tipos de efectos-derrame que se pueden producir sobre los incentivos para innovar.

En los **modelos asimétricos**, en los que las empresas son distintas en uno de los muchos sentidos posibles (por ejemplo, puede suponerse que existe una empresa líder y una o varias seguidoras; o bien que una ya está establecida (incumbente) y otra es un entrante potencial; o bien que disponen de distinta información en las distintas etapas del juego) se investigan fundamentalmente las cuestiones de los incentivos que proporciona el tener poder de mercado antes de iniciar la actividad innovadora, las expectativas sobre la aparición de innovaciones en el futuro, y la posesión de ventajas tecnológicas. En este marco, hay, como en los juegos simétricos, modelos en los que se supone que la innovación se consigue con certeza, y modelos en los que ésta es incierta. Los resultados obtenidos dependen, como en los modelos simétricos, de los supuestos utilizados.

#### **Resultado 7:**

Si la producción de la innovación no es estocástica (el modelo utilizado es tipo subasta), la empresa que domine la industria persistirá como monopolista porque patentará las innovaciones (o pagará por ellas lo suficiente) con el fin de asegurar su posición frente a entrantes potenciales, siempre que el valor de la innovación en condiciones de monopolio sea superior al valor de la misma si se comparte el mercado de

forma no cooperativa una vez hecha la innovación (Gilbert y Newbery, 1982; Vickers 1984). A esta conducta se la conoce como innovación preventiva.

**Resultado 8:**

Sin embargo, si la producción de la innovación es estocástica, la empresa que tenga mayor poder de mercado inicialmente invertirá menos en I+D que un entrante potencial, porque el beneficio esperado neto de innovar es inferior para la empresa existente que para la entrante (Reinganum (1983b y 1985)). Por tanto, los entrantes potenciales ganarán la carrera a lo largo del tiempo. Este tipo de modelo predice un proceso del tipo de destrucción creativa en el sentido de Schumpeter, o de rivalidad entre empresas en el sentido de Marx.

**Resultado 9:**

Los modelos que producen los resultados que se acaban de exponer consideran que la diferencia entre las empresas proviene simplemente de su posición (incumbente o entrante). Existen otros modelos en los que se supone que las empresas difieren en las ventajas estratégicas, debido a diferencias en la valoración de la patente, o a diferencias en la tasa de descuento, o diferencias en su eficiencia en realizar investigación, o diferencias en los conocimientos y experiencia acumulada. Fudenberg et al (1983), Harris y Vickers (1985), Grossman y Shapiro (1987), Judd (1985) han

estudiado estos casos, produciéndose resultados distintos según las condiciones iniciales, y pudiendo ocurrir que la estrategia óptima para una empresa sea no invertir en I+D.

En resumen, los modelos teóricos presentan un cuadro complejo de resultados, y ponen de manifiesto la sensibilidad de los mismos frente a variaciones en los supuestos relativos a incertidumbre, presencia, grado y tipo de externalidades, y heterogeneidad de las empresas.

Otros aspectos analizados en la literatura reciente, en la que se utiliza la teoría de juegos, son : 1) los efectos que acuerdos cooperativos en materia de I+D tienen sobre la estructura de mercado; 2) los efectos que tiene sobre la generación de innovaciones la posibilidad de ofrecer contratos de licencia, y 3) la selección de proyectos de investigación y su nivel de riesgo. A continuación se enumeran los resultados obtenidos por los distintos modelos.

#### **Resultado 10:**

Sobre los efectos que sobre el mercado del producto final y sobre el nivel de I+D pueden tener los acuerdos de cooperación entre empresas en el área de I+D: Katz (1986) obtiene la conclusión de que existen dos factores de signo opuesto que determinan los incentivos a cooperar. Por un lado, compartir los costes de la investigación aumenta los incentivos para hacer I+D; sin embargo, por otro, compartir

los resultados de la misma puede resultar en un efecto neto de reducción del nivel de I+D porque se produce un efecto de *free-rider*. En segundo lugar, dado que cuando la rivalidad en el mercado del producto es intensa, son los consumidores los principales beneficiarios de las mejoras tecnológicas, los acuerdos de cooperación en I+D pueden servir para restringir la rivalidad en el mercado del producto final. Y en tercer lugar, es en mercados donde hay efectos de derrame (spillovers) importantes donde los acuerdos de cooperación son más beneficiosos<sup>25</sup>. Grossman y Shapiro (1987) concluyen que los incentivos para cooperar en I+D son mayores cuanto mayor sea la rivalidad entre las empresas caso de no cooperar. Dicha rivalidad será tanto mayor cuanto mayor sea el beneficio esperado de la innovación, mayor sea la tasa de descuento, y menor la convexidad de los costes de innovar.

**Resultado 11:**

Sobre la posibilidad de ofrecer contratos de licencia ("licensing"), y en general, diversas formas de cooperación (patentes intermedias, joint ventures): dicha posibilidad puede modificar asimismo las decisiones de I+D. Por ejemplo, un modelo desarrollado por Gallini y Winter (1983) predice que, si las empresas de una industria tienen costes de producción similares todas tenderán a invertir en I+D, pero

---

<sup>25</sup>Beath, Katsoulacos y Ulph (1988) obtienen resultados similares al introducir incertidumbre.

si los costes son muy desiguales, una empresa puede, mediante la oferta de un contrato de licencia a un precio suficientemente bajo, evitar que un rival invierta en I+D y por lo tanto pueda producir una innovación que reduzca los costos. Katz y Shapiro (1985) por su parte obtienen que dicho tipo de contrato no será óptimo para innovaciones importantes, y que disponer de esta posibilidad puede reducir los rendimientos de la innovación.

#### **Resultado 12:**

Sobre la interacción entre la selección de proyectos de I+D en presencia de riesgo y estructura de mercado: una de las preguntas que se plantean en la investigación reciente es cual será el nivel de riesgo de la cartera de actividades de I+D correspondiente al equilibrio de mercado, y el correspondiente al óptimo social. A este respecto, Dasgupta y Stiglitz (1980) obtienen que el mercado conduce a una cartera más segura que la que corresponde al óptimo social. Los resultados de Klette y de Meza (1986), sin embargo, matizan esta conclusión, observando que en su modelo ello ocurrirá sólo si la distribución de probabilidad de los descubrimientos es asimétrica y el número de empresas rivales es pequeño. En cambio, si dicha distribución es simétrica, el equilibrio de mercado no puede conducir a una cartera menos arriesgada, sino que por el contrario, puede serlo más de lo socialmente óptimo. Bhattacharya y Mookherjee (1986) obtienen resultados similares, a los que se añaden los derivados de

las preferencias privadas y sociales frente al riesgo. Dasgupta y Maskin (1987), también en esta línea, obtienen que la aversión privada a perder la carrera por patentar conduce a seleccionar proyectos con un rendimiento esperado y también, en general, un nivel de riesgo mayores que el óptimo social. Asimismo, bajo ciertas condiciones, llegan a la conclusión de que se observará duplicación de proyectos.

Otros enfoques alternativos a la teoría de juegos pueden producir resultados similares. En este sentido, vale la pena destacar una investigación reciente que utiliza otro enfoque, en concreto la teoría de la búsqueda secuencial óptima, y es la de Telser (1982). Dicho autor construye un modelo de generación de innovaciones de proceso para analizar la relación entre cuota de mercado y costes de búsqueda. El resultado más importante es que la reducción de costes conseguida es mayor cuanto menor es el número de empresas en el sector.

#### **2.4. Los factores económicos: evidencia empírica en torno a la hipótesis Schumpeteriana.**

Las dificultades a las que se enfrenta el análisis empírico son de diverso orden. Por un lado, todo análisis en el que se plantee ir más allá de la detección de correlaciones, se enfrenta a la necesidad de disponer de modelos teóricos sólidos. En segundo lugar, algunas variables recogidas en los modelos existentes son

de difícil medición (caso de las externalidades, o de la incertidumbre), y en la dificultad de verificación de algunos supuestos (por ejemplo, igual acceso a la información, horizonte temporal y tasa de descuento de los agentes, grado de aversión al riesgo). En tercer lugar, para contrastar los aspectos dinámicos de la relación entre grado de innovación, estructura de mercado, incertidumbre y efectos difusión, hace falta disponer de bases de datos adecuadas, es decir, de observaciones para muestras de empresas a lo largo del tiempo (datos de panel).

En el caso de la llamada hipótesis Schumpeteriana, se necesitan como mínimo variables que representen el nivel o cantidad de innovación, el poder de mercado, el tipo de interacción estratégica entre empresas, y el tamaño de la empresa. Como indicador de la primera, se ha usado a menudo el número de patentes obtenido por una empresa (o industria), pero las limitaciones mencionadas en el apartado 2.2. han conducido a la búsqueda de variables alternativas. Es evidente que para llegar a producir una patente hay que crear y/o desarrollar conocimientos científicos, y que ello comporta unos costes o gastos de I+D, que son la variable sobre la que las empresas tienen control<sup>26</sup>. También se ha utilizado, como medida del esfuerzo innovador, el personal ocupado en tareas de I+D.

---

<sup>26</sup>Un argumento adicional, de carácter empírico, en favor del uso de los gastos en I+D es que éstos son una variable continua, mientras que el número de patentes es una variable discreta que no contiene información sobre el valor de las mismas, y por tanto está sujeta a errores de medición potencialmente elevados.

Tampoco es sencilla la medición de algunas variables explicativas, en particular el poder de mercado. Es común la utilización de algún índice de concentración. Sin embargo, las críticas que se han hecho del paradigma 'estructura - conducta - resultados' ponen en evidencia los problemas relacionados con el uso de esta medida (ver, por ejemplo, Schmalensee (1989) y Bresnahan (1989)). A continuación, se pasa a comentar los principales estudios empíricos realizados, sus resultados y la robustez de los mismos.

En relación a qué factores pueden explicar el nivel de gastos en I+D observados en distintas empresas y sectores, nos encontramos con los trabajos, iniciados en los sesenta, de autores como Comanor, Scherer, y Mansfield y colaboradores, entre otros muchos (la literatura es muy extensa). Los modelos empíricos planteados pretenden estimar cuantitativamente la relación entre los gastos en I+D y características del mercado (el grado de diferenciación del producto, el nivel de concentración en el sector, la existencia de barreras a la entrada, el grado de rivalidad entre las empresas, el grado de diversificación), y características de la empresa (tamaño, liquidez, diversificación). En la mayoría de los casos, los resultados se basan en inferencias realizadas a partir de muestras pequeñas (sobre todo los más antiguos), entre las que típicamente sólo hay empresas que realizan I+D, y para las que se plantea una relación lineal, uniecuacional, entre los gastos de I+D y las variables

explicativas.

Las conclusiones a las que llegan algunos autores que han analizado la literatura empírica con la finalidad de comprobar si se han obtenido resultados robustos, son bastante pesimistas<sup>27</sup>. En primer lugar, dada la variedad del tipo de muestras utilizadas (a menudo muy pequeñas) y de las variables disponibles o escogidas en cada caso, se constata la dificultad de extraer una conclusión general y definitiva a partir de los resultados empíricos obtenidos hasta la fecha porque los hay de todo tipo. Kamien y Schwartz, por ejemplo, mantienen que lo único que permiten decir los resultados obtenidos en estos estudios es que (1) parece que el nivel de I+D aumenta con el tamaño de la empresa hasta un cierto punto, para después mantenerse o disminuir (es decir que la relación no es lineal); (2) no existe evidencia irrefutable sobre la hipótesis de que el nivel I+D aumente con el grado de poder de mercado.

Cohen y Levin (1989), en su excelente estudio panorámico, concluyen por su parte que la diversidad de resultados obtenidos se puede atribuir a un conjunto de factores, alguno de ellos ya apuntados anteriormente. Estos son, a su entender, los siguientes:

- a) errores de medición de las variables relevantes (fundamentalmente, de la propia actividad innovadora);

---

<sup>27</sup>Ver, por ejemplo, Kamien y Schwartz (1982) y Cohen y Levin (1989).

- b) la no distinción, de forma sistemática, entre diversos tipos de innovaciones (producto-proceso, básica-desarrollo);
- c) la no aleatoriedad de las muestras utilizadas, y la no utilización (en general) de técnicas estadísticas de estimación apropiadas;
- d) falta de control, en numerosos estudios, de los efectos de otras variables potencialmente relevantes, bien a nivel de sector o a nivel de empresa<sup>28</sup> ;
- e) falta de distinción entre tamaño de la empresa y tamaño del establecimiento;
- f) la plausible endogeneidad de algunas variables explicativas, tales como el tamaño de la empresa o la propia estructura de mercado, sin que ello se tenga en cuenta en la estimación;
- g) la falta de consideración de la existencia de complementariedades entre empresas y otras instituciones (Universidades y Gobierno, por ejemplo),
- h) la omisión sistemática de variables que recojan las diferencias interindustriales en los costes de innovar debidas al estado de la ciencia u oportunidad tecnológica.

La mayoría de estos factores se traducen, en términos econométricos, en errores de especificación cuyas consecuencias son la introducción de sesgo e inconsistencia en las estimaciones. La credibilidad de buena parte de resultados empíricos se pone, en definitiva, en duda.

---

<sup>28</sup>En concreto, por lo que respecta a la relación entre tamaño de la empresa y nivel de innovación, Cohen y Levin concluyen que la diversidad de resultados es en gran medida atribuible a que dicha relación no es independiente de la estructura de mercado o de otras condiciones del sector o de la empresa. Por lo que se refiere a la relación entre poder de mercado e innovación, Cohen y Levin consideran que, en general, lo que se ha contrastado empíricamente ha sido la relación entre estructura de mercado ex ante (medida usualmente por el grado de concentración) y el nivel de innovación, pero no directamente la relación entre éste y el poder de mercado ex ante y ex post.

En los estudios más recientes se corrigen algunos de los problemas que presentaban las primeras investigaciones. Una de las mejoras observadas es que se dispone de muestras más grandes y completas, en el sentido de tener mayor número de observaciones, mayor número de variables, y cubrir un período de tiempo; una segunda mejora importante es que se intentan introducir indicadores de la oportunidad tecnológica en cada industria. A continuación se comentan una selección de estudios recientes, en concreto, los de Kraft 1989, y Cohen, Levin et al 1985, 1987, 1988. El primero, se selecciona porque utiliza una muestra en la que ciertas variables potencialmente explicativas (la oportunidad tecnológica) se mantienen constantes, al seleccionar una muestra de empresas pertenecientes a un mismo sector. El segundo, es de hecho un conjunto de estudios realizados por Cohen, Levin con Reiss y con Mowery, en los que además de disponer de una muestra considerable, se hace un esfuerzo especial por encontrar formas de medir los conceptos de oportunidad tecnológica y efectos de difusión (spillovers) en distintos sectores.

Kraft (1989) estudia la relación entre la actividad innovadora, la estructura del mercado y otras características de la empresa con una muestra de empresas alemanas que, si bien no es muy grande (57 observaciones referidas al año 1979), al menos está restringida a un sector industrial, el de los transformados metálicos (ingeniería mecánica, herramientas y productos metálicos acabados). Con ello puede mantenerse la hipótesis que, a grandes

rasgos, los costes de innovar (u oportunidad tecnológica) son bastante similares para toda la muestra. La actividad innovadora, la variable dependiente, se define como el porcentaje de ventas que puede atribuirse a nuevos productos desarrollados durante los últimos cinco años. El autor escoge esta forma de medir la actividad innovadora (que refleja además la valoración que tiene la misma en el mercado) precisamente para evitar los inconvenientes de utilizar el número de patentes. Las variables explicativas son el número de rivales más importantes de la empresa, como medida de la estructura del mercado; la intensidad de capital, como índice de las barreras a la entrada; el ratio de cash flow sobre capital total, como una medida de la capacidad de financiación interna; el tamaño de la empresa (número de empleados), como medida de las economías de escala en la actividad investigadora; el tipo de propiedad del capital<sup>29</sup>; tres medidas del grado de cualificación de los empleados; una variable binaria que recoge el grado de flexibilidad de la producción, y, finalmente, la presencia de la empresa en los mercados internacionales, medida por el porcentaje de exportaciones.

La primera observación que se desprende de las estimaciones<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup>Esta se mide a través de una variable binaria que toma el valor unitario si al menos el 25 % del mismo es propiedad de la dirección de la empresa, y el valor nulo en caso contrario.

<sup>30</sup>La estimación se realiza por mínimos cuadrados ponderados y también por mínimos cuadrados bietápicos, con el fin de tener en cuenta los efectos de la simultaneidad potencial de la estructura de mercado y de la capacidad de autofinanciación.

es que la capacidad explicativa del modelo es importante<sup>31</sup>. En segundo lugar, los efectos de la simultaneidad indicada parecen negligibles. En tercer lugar, las variables estadísticamente significativas que explican una mayor parte de la variabilidad de la variable dependiente son la estructura del mercado (contribuyendo un 38 %), el ratio de empleados de cuello blanco sobre los de cuello azul, con signo negativo, y la intensidad de capital. También son significativas las variables binarias que clasifican las empresas según la flexibilidad de la tecnología utilizada y el tipo de propiedad del capital: tecnología flexible, y posesión de capital por parte de la dirección están positivamente relacionados con la actividad innovadora. El resto de las variables no son significativas. En la medida que sea correcto el supuesto de que la oportunidad tecnológica y posibles externalidades son las mismas para todas las empresas de la muestra, porque pertenecen a la misma industria, puede concluirse que el estudio aporta evidencia que apoya la hipótesis de que a mayor concentración (menor número de rivales percibidos), mayor actividad innovadora.

Por lo que respecta a la evidencia reciente sobre las causas de las diferencias intersectoriales, hay que destacar la que se presenta en los trabajos de Cohen y Mowery (1984), Scott (1984),

---

<sup>31</sup>Se obtiene un coeficiente de determinación ajustado de 0.60, que puede considerarse elevado dado que los datos son de corte transversal y el número de observaciones no es muy grande.

Levin, Cohen y Mowery (1985 y 1987) y Levin y Reiss (1988). Scott (1984), por ejemplo, obtiene<sup>32</sup> que el grado de concentración explica el 1,5 por ciento de la varianza de la intensidad en I+D, mientras que variables que recogen características sectoriales explican el 32 por ciento de la misma. Levin, Cohen y Mowery et al (1985) obtienen resultados similares con datos más agregados, a nivel de tres y cuatro dígitos de la SIC. La medida de concentración que utilizan es el tradicional porcentaje de ventas de las cuatro mayores empresas sobre el total del subsector correspondiente. Por lo que se refiere a la actividad innovadora, utilizan dos medidas: la primera es el ratio de I+D sobre ventas, y la segunda es un índice de la introducción de nuevos productos y procesos, obtenido mediante una encuesta. Si no introducen variables que recojan las diferencias en oportunidad tecnológica, las estimaciones producen una relación no lineal entre grado de innovación y concentración (la típica U invertida). Pero cuando introducen variables cualitativas que reflejan la relevancia para la industria de la ciencia básica, la contribución de los proveedores de materiales y equipo, de los usuarios y de agencias y laboratorios públicos, una medida de la antigüedad del capital instalado, un índice de apropiabilidad y de los costes de imitar, se obtiene que el grado de concentración no contribuye a explicar ninguna de las variables que miden el grado de innovación<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup>El tamaño de la muestra utilizada es considerable: 3388 empresas.

<sup>33</sup>La estimación se realiza por mínimos cuadrados bietápicos, para solventar la posible simultaneidad entre esfuerzo innovador y estructura de mercado.

Aunque estos resultados no pueden considerarse definitivos, debido a la persistencia de problemas de medición tanto de la variable innovación como del poder de mercado (el grado de concentración por sí sólo no es una medida del mismo), sí aportan por lo menos indicios de que el número de rivales o el tamaño de la empresa no son, en todos los casos, los determinantes más importantes de la innovación. Existe suficiente evidencia de que el impacto del grado de concentración sobre la actividad innovadora varía según el sector de que se trate. Más aún, en los casos en que éste es positivo y estadísticamente significativo, la contribución parece ser cuantitativamente pequeña. Por supuesto, es necesario perfeccionar las investigaciones empíricas en la dirección de dilucidar los efectos del poder de mercado sobre la innovación, porque habría que disponer tanto de mejores medidas de dicho poder, y también de tener en cuenta la posible interrelación entre oportunidad tecnológica y poder de mercado<sup>34</sup>.

Finalmente, debería tenerse en cuenta que las actividades de investigación no son homogéneas, y existen razones para distinguir

---

<sup>34</sup>Las investigaciones de Geroski (1990) y Geroski y Pomroy (1990) pretenden recoger evidencia empírica tanto del efecto que sobre la actividad innovadora tiene la estructura de mercado, como de los efectos que sobre ésta tiene a su vez la capacidad innovadora. Respecto al primer punto, sus resultados rechazan la hipótesis de que una mayor rivalidad reduce la actividad innovadora; respecto al segundo, concluyen que las innovaciones tienden a tener un efecto desconcentrador. Sin embargo, la magnitud de ambos efectos no parece ser muy importante.

entre innovaciones de proceso e innovaciones de producto. Existe alguna evidencia de que el grado de concentración sectorial afecta positivamente el número de innovaciones patentadas de procesos, pero es irrelevante en el caso de innovaciones patentadas de productos <sup>35</sup>. En el mismo estudio se sugiere que los sectores con mayor oportunidad tecnológica se tenderán a desarrollar más innovaciones de producto que de proceso.

La evidencia aquí comentada sugiere que es deseable que la investigación teórica en torno a la innovación tecnológica diversifique los aspectos analizados, ya que los rendimientos sociales de seguir centrando la investigación en los efectos de la estructura de mercado no serán muy altos si esta variable tiene un impacto real muy limitado. De hecho esto es lo que concluyen Cohen y Levin de su propio trabajo y del análisis de la literatura empírica. Estos autores atribuyen el énfasis dado a esta variable en el análisis teórico a que la hipótesis Schumpeteriana cuestiona, en parte, el espíritu de la legislación antitrust, y en parte a la dificultad inherente que representa el modelar de forma operativa los conceptos de oportunidad tecnológica y apropiabilidad.

En las investigaciones recientes puede apreciarse que el análisis de la innovación tecnológica no se centra exclusivamente

---

<sup>35</sup>Ver Lunn (1986).

en el impacto del poder de mercado, sino que existe mayor preocupación por abarcar un conjunto de aspectos, entre ellos el del carácter de la producción de conocimientos. Otro aspecto positivo de la investigación reciente es que si bien la tendencia a la cooperación entre investigadores teóricos e investigadores empíricos de la hipótesis Schumpeteriana ha sido más bien escasa, en la actualidad se observa una mayor y productiva interrelación.

## 2.5. Las tendencias actuales: el papel de la oportunidad tecnológica, externalidades, y los costes de organización y transmisión de la información.

En los modelos desarrollados en torno a la hipótesis Schumpeteriana, los costes de innovar se consideran dados e iguales para todas las empresas. En la hipótesis de la innovación inducida, los costes también son un dato. La evaluación de los estudios empíricos que pretenden contrastar dichas hipótesis ha conducido a la conclusión de que es preciso prestar más atención a dichos costes, es decir, nos remite a la necesidad de entender mejor la naturaleza del proceso innovador, conclusión idéntica a la que se llegaba en el apartado 2.2..

Una parte de la literatura reciente pretende profundizar en la naturaleza de la actividad innovadora, partiendo muchas veces de ideas ya formuladas con anterioridad. A este respecto, existe un cierto consenso en el sentido de que se concibe la innovación tecnológica como el acto de utilizar información no utilizada previamente en el proceso productivo.

En particular, se pretende explicar y modelar formalmente cómo se determinan los costes de innovar (y, por tanto, cuáles son los incentivos de hacerlo en una línea o industria determinada y no en otra), cómo una característica de la nueva información potencial generada, a saber, la presencia e intensidad de efectos

de difusión, afecta la decisión de innovar, y cómo las empresas deciden adquirir y procesar la información, un aspecto de lo cual es el aprendizaje.

### **2.5.1. La función de producción de innovaciones: oportunidad tecnológica e incertidumbre.**

El término 'oportunidad tecnológica' ya se ha utilizado con anterioridad para describir la idea señalada por diversos autores de que las innovaciones tecnológicas son aplicaciones derivadas de unos conocimientos preexistentes. La existencia de conocimientos previos permite desarrollar aplicaciones; el desarrollo de aplicaciones está limitado por el stock de conocimientos preexistentes<sup>36</sup>.

Utilizando el enfoque neoclásico típico, podríamos representar el proceso de utilización de conocimientos preexistentes para desarrollar nuevos conocimientos aplicables al proceso de producción mediante el concepto de **función de producción de conocimientos técnicos**. Identificando los nuevos conocimientos tecnológicos como output, podríamos considerar que

---

<sup>36</sup>Varios autores han hecho hincapié en la dependencia del 'conocimiento tecnológico' respecto de la ciencia básica y su evolución. En muchas ocasiones se ha considerado que la ciencia básica es el origen de las oportunidades de innovar. Sin embargo, también existen numerosos ejemplos de innovaciones aparecidas a partir de la experimentación, en un marco no académico.

los inputs fundamentales son, por un lado, los conocimientos básicos incorporados en el personal científico, técnico y de producción de la empresa, y por otro capital físico (laboratorios y equipo). La 'oportunidad tecnológica' o costes de obtener un resultado determinado sería medida por la elasticidad del output con respecto de los inputs, que podría obviamente ser distinta en distintas industrias. Sin embargo, algunos aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento contribuyen a complicar este esquema.

Un rasgo que es importante, respecto al cual existe un amplio consenso, es que la relación entre el esfuerzo investigador o innovador y el resultado está rodeada de incertidumbre, es decir, se trata de una relación aleatoria. Muchos modelos teóricos desarrollados en torno a la hipótesis Schumpeteriana incorporan este rasgo de manera explícita, y permiten apreciar su papel fundamental en los resultados. Sin embargo, en estos modelos el énfasis se pone en el comportamiento estratégico de las empresas, utilizando la teoría de juegos como instrumento. Un enfoque distinto es el adoptado por algunos autores que utilizan como instrumento la teoría de la información. Desde esta perspectiva, las actividades dirigidas a producir una innovación son equiparables a un proceso de búsqueda activa y costosa, cuyo resultado es incierto.

Una manera imaginativa de enfocar el tema de la relación entre innovación tecnológica, ciencia básica (en el sentido de

conocimientos básicos preexistentes) e incertidumbre es la de Evenson y Kislev (1976). En su artículo, los autores formulan un modelo matemático en el que el cambio tecnológico depende del progreso de la ciencia básica y del esfuerzo realizado en investigación aplicada. La investigación aplicada (o desarrollo) puede describirse, a su entender, en un proceso de búsqueda realizado mediante la experimentación. Se supone que existe una función de distribución de tecnologías, cada una de las cuales está asociada a un nivel de output o rendimiento determinado. Los rendimientos que se pueden obtener están asociados a una función de distribución de probabilidades. El proceso de investigación aplicada consiste en buscar mediante la experimentación (que produce realizaciones de la variable aleatoria 'rendimientos'), tecnologías que produzcan rendimientos superiores al presente. Obviamente, cada experimento tiene un coste. El objetivo del sistema (del científico, del laboratorio, o de la empresa) es maximizar el valor presente esperado de la renta neta futura, es decir, deducidos los costes de experimentar. Dada esta regla de comportamiento, se obtiene un nivel de experimentación de equilibrio. Utilizando una función de distribución exponencial, Evenson y Kislev muestran que el número de experimentos de equilibrio disminuye a medida que aumenta la tasa de interés; que los incentivos para experimentar aumentan cuando aumenta lo que denominan gap tecnológico (que es una medida de la diferencia entre los rendimientos de la tecnología en uso y los de la tecnología potencial) y, que cuanto mayor sea el rendimiento de la tecnología en uso, menor será el número de experimentos que se

realizarán.

Lo que hace este trabajo especialmente interesante es su forma de modelar la investigación aplicada como un proceso de búsqueda de un valor determinado de una variable aleatoria, a la que corresponde una función de distribución de probabilidades, y cuyos parámetros pueden interpretarse como una medida de las 'oportunidades' ofrecidas por la ciencia básica. El modelo de Evenson y Kislev permite predecir cómo el estado de la ciencia (o de los conocimientos previos al inicio de la búsqueda), junto con las variables económicas mencionadas, afecta el grado de experimentación de equilibrio de un sistema. Puede pensarse que, mediante extensiones apropiadas del modelo básico, se podrían incorporar explícitamente como determinantes de la renta futura esperada, los típicos 'factores de demanda' tales como precios esperados, tamaño del mercado, o tipo de rivalidad entre empresas.

La presencia de incertidumbre puede suscitar otra serie de cuestiones teóricas. Por ejemplo, si los mercados de capitales son imperfectos, las empresas pueden sufrir restricciones de liquidez, debido a que la incertidumbre asociada a las actividades de investigación suele ser elevada. Este factor puede incidir sobre el tipo de proyectos de I+D que se realizan, e incluso, para algunas empresas, puede significar la no realización de actividades de I+D<sup>37</sup>. Un elevado grado de endeudamiento puede

---

<sup>37</sup>Ver, por ejemplo los trabajos de Stoneman (1987), o Wedig (1990).

influir negativamente en el gasto de I+D: diversos autores han señalado que debido al riesgo asociado a los proyectos de I+D y a los problemas generados por asimetrías en la información, la inversión en I+D se tenderá a financiar internamente por la propia empresa. Por ello, si aumentan los pagos que las empresas realizan en concepto de intereses de su deuda, se reducirán los beneficios disponibles para realizar inversiones en I+D<sup>38</sup>.

Habiendo introducido incertidumbre, es preciso establecer también una regla de comportamiento de las empresas. En buena parte de los trabajos que utilizan la teoría de juegos, se supone que aquellas maximizan el valor presente esperado de los beneficios netos, lo que equivale a maximizar la utilidad esperada del valor presente de los beneficios cuando las empresas son neutrales frente al riesgo. Alternativamente, puede suponerse que las empresas toman decisiones como si fueran aversas al mismo, en cuyo caso las predicciones de los modelos cambiarán, y presumiblemente la riqueza de cada empresa influirá sobre la cantidad de recursos que se dedicarán a I+D, así como al tipo de proyectos seleccionados. Maximizar la utilidad esperada no es la única regla posible de comportamiento frente a la incertidumbre, pero sigue siendo la más utilizada a pesar de adolecer de algunos problemas puestos en evidencia por diversos estudios empíricos<sup>39</sup>.

---

<sup>38</sup>Kihlstrom y Matthews, 1990 y Bhattacharya y Ritter, 1983.

<sup>39</sup>Otras reglas de comportamiento son la de 'primero seguridad', la teoría prospectiva de Kahneman y Tversky, la de 'aversión a los resultados malos', o la teoría del arrepentimiento. Ver los

A nivel empírico, se plantean también preguntas similares. Primero: ¿existe una relación sistemática, aunque no determinística, entre esfuerzo de búsqueda y resultado? ¿Existe evidencia de que los mercados de capitales estén sesgados en contra de los proyectos de I+D? ¿Juega un papel importante la aversión al riesgo?

Las referencias básicas respecto a la primera cuestión son: Hausman, Hall y Griliches (1984); Hall, Griliches y Hausman (1986) y Griliches (1989).

Un ejemplo reciente de la utilización de una función de producción de innovaciones se encuentra en Deolalikar y Roller (1989). Los autores plantean un modelo teórico convencional, en el que se especifica una relación simultánea entre una función de producción del producto final y una función de producción de innovación. Lo que distingue este trabajo de otros es el hecho de disponer de un panel de empresas y de utilizar técnicas de estimación que permiten corregir los efectos de las variables no observadas<sup>40</sup>. En su modelo empírico, las ventas de la empresa y el número de patentes obtenido son las variables dependientes de cada

---

surveys de Machina, o Aiginger, o Sinn.

<sup>40</sup>Los autores utilizan un panel de 155 empresas en dos sectores, el de química y plásticos, e ingeniería, en la India, durante el período 1976 a 1980. La estimación se realiza con métodos apropiados para paneles de datos.

ecuación. En la ecuación correspondiente a las ventas (la función de producción del producto final), las variables explicativas son el número de patentes, el tamaño de la empresa medido por el capital, un índice de tiempo, y un término que recoge las características no observadas de la empresa que se mantienen constantes a lo largo del tiempo. Por lo que se refiere a la segunda ecuación, interpretada como una función de producción de innovaciones, las variables explicativas son el gasto en I+D, el número de ingenieros, el número de doctores, los pagos por tecnología, el capital fijo de la empresa, así como un índice de tiempo. No aparece ninguna variable que mida directamente el poder de mercado, ni tampoco la oportunidad tecnológica. Sin embargo, puede considerarse que el procedimiento econométrico utilizado permite recoger los efectos de estas variables mediante la introducción de un término específico para cada empresa. Los resultados son los siguientes:

a) por lo que respecta a la función de producción de patentes, las estimaciones muestran que las variables explicativas no tienen la misma importancia en los dos sectores considerados; en el sector químico, el número de doctores explica la mayor parte de las diferencias entre empresas, mientras que en el sector de ingeniería, las explica fundamentalmente el volumen de capital fijo<sup>41</sup>;

---

<sup>41</sup>Este resultado puede interpretarse como que el grado de oportunidad tecnológica no es el mismo en los dos sectores, o que el tipo de búsqueda es distinto: en un caso es más intensiva en

b) ni los pagos por tecnología ni el gasto en I+D parecen influir en el número de patentes, pero como sugieren los autores, ello puede ser debido a la presencia de errores de medición en estas dos variables. Sin embargo, no se pueden descartar errores en el planteamiento del modelo, en especial por lo que se refiere a los desfases temporales que caracterizan las relaciones entre las variables, y a la supuesta constancia del poder de mercado de cada empresa a lo largo del periodo analizado.

La existencia de incertidumbre en relación con el resultado de las actividades de innovación obliga a plantearse un abanico de preguntas. Una, que ya se ha mencionado antes, es cuál es la regla de comportamiento que puede representar adecuadamente la toma de decisiones de las empresas. Otra es si existen mecanismos para reducirla o para mitigar sus efectos, y si el mercado proporciona suficientes incentivos para crear dichos mecanismos. Un ejemplo son los contratos de cooperación en I+D entre empresas, y un caso extremo es la integración vertical<sup>42</sup>.

### **2.5.2. Una característica adicional: la presencia de externalidades.**

---

capital humano, y en el otro en capital físico.

<sup>42</sup>Véase Helfat y Teece (1987).

La presencia de externalidades en el sentido de dificultades de apropiación por parte de una empresa de los beneficios generados por la innovación puede conducir a que ésta no dedique recursos a la innovación, o dedique menos de lo que sería óptimo. Se ha supuesto durante mucho tiempo que el sistema de patentes (del que ya hay antecedentes en 1623) solucionaba este problema.

Parte de las investigaciones empíricas se han dedicado a obtener evidencia sobre la presencia e importancia de externalidades en relación con la actividad innovadora, y sobre la eficacia del sistema de patentes. A este respecto, en diversos estudios (Scherer (1959), y otros más recientes) se presenta evidencia de que en algunos sectores este sistema no es suficiente, mientras que para otros no es necesario. Es decir, en algunos casos existen otros medios de asegurar la apropiación de los beneficios de la actividad investigadora, o bien la imitación es muy costosa. En otros, la protección ofrecida por las patentes no es suficiente porque los competidores pueden 're-inventar' un producto o proceso muy similar con facilidad. Por ejemplo, los estudios de Mansfield (1986) y Levin et al (1987) coinciden en observar que la industria farmacéutica y química dependen notablemente del sistema de patentes, mientras que en los sectores de maquinaria, productos metálicos, equipo eléctrico, metales, equipo de oficina, vehículos, caucho y textil la dependencia es muy pequeña o negligible. Surgen, pues las preguntas de cómo se pueden explicar estas diferencias, y de cuál es su impacto sobre

la intensidad de la actividad investigadora/innovadora.

A nivel teórico, Cohen y Levinthal (1989) apuntan que el signo de la relación entre grado de apropiabilidad e intensidad de la actividad innovadora no está definido a priori, puesto que dependerá de la magnitud de dos efectos de signo contrario. Por un lado, cabe suponer que cuanto menor sea la apropiabilidad, y por tanto, más fuertes sean las externalidades o efectos difusión, menor será la actividad innovadora. Por otro lado, para aprovechar estas externalidades (como imitador, por ejemplo), frecuentemente es necesario tener capacidad de absorberlas, es decir, tener conocimientos que sólo se adquieren, a su vez, practicando la actividad investigadora. En otras palabras, la capacidad de imitación depende a su vez del stock de conocimientos que tenga el imitador potencial (por ejemplo, de efectos del tipo 'sólo se puede aprender haciendo'). Por tanto, la presencia de externalidades puede promover la inversión en I+D.

La cuestión clave desde el punto de vista empírico es la de cómo se pueden medir las externalidades. Una manera de tratar de cuantificar los efectos de difusión de la información ha sido mediante la estimación de un modelo basado en una función de producción de innovaciones, en la que éstas son función tanto del stock de conocimientos de la propia empresa como del stock de conocimientos de las demás. Dasgupta y Stiglitz 1980, Spence 1984, Griliches 1979, Pakes y Schankerman 1984, adoptan este enfoque en sus modelos.

Un ejemplo a la vez teórico y empírico reciente de este enfoque se encuentra en el trabajo de Bernstein y Nadiri (1989). En esta investigación se desarrolla un modelo teórico que proporciona la base para formular un contraste empírico. El modelo se formula de modo que permita medir los efectos de derrame en las actividades de I+D en un sector productivo, y calcular las posibles divergencias entre la rentabilidad social y la privada. El modelo utiliza la teoría de la dualidad dinámica, y su núcleo lo constituye una función de producción de producto final. Los inputs son: el flujo de servicios de capital físico,  $K_f$ ; servicios de capital de conocimientos, o capital de I+D,  $K_c$ ; trabajo,  $L$ ; el flujo de servicios de capital de I+D de otras empresas del sector,  $X$ ; la inversión en capital físico,  $I_f$ , y en capital de conocimientos,  $I_c$ . Los factores de capital son cuasi-fijos, porque se supone que existen costes de ajuste. Es decir, la función de producción es de la forma siguiente:

$$Y = F [ K_f, L, K_c, \theta X, I_f, I_c ]$$

La oportunidad tecnológica está explícitamente recogida por los parámetros que corresponden al capital de conocimientos en la función. Los efectos de difusión, es decir, los cambios en el conocimiento público (incorporados en  $\theta$ ), pueden incidir en la empresa por tres vías. A la primera, los autores lo llaman el efecto productividad, que consiste simplemente en que al tener más conocimientos aumenta la cantidad de producto. La segunda vía

consiste en que el aumento del conocimiento público puede conducir a la sustitución entre factores. Y en tercer lugar, puede conducir a un reajuste de los factores cuasi-fijos. Suponiendo que la empresa minimiza el valor presente de los costes en un horizonte infinito, se obtiene un sistema de ecuaciones que determina las demandas óptimas de inversión y de factores variables. No se incorporan de forma explícita los posibles efectos de la estructura del mercado.

Los autores estiman un sistema no lineal de ecuaciones, resultado de una aproximación a las funciones de demanda de factores variables (trabajo, e inversión en capital físico y en capital de I+D)<sup>43</sup>. Los resultados son los siguientes:

- a) se detecta la presencia de factores específicos a cada empresa que hacen que sus funciones de demanda de factores difieran, aún dentro de la misma industria o sector;
- b) los efectos de difusión son, en general, estadísticamente significativos, y son distintos en cada sector;
- c) en el sector de maquinaria, se observa que la acumulación de capital de conocimientos induce una mayor inversión en

---

<sup>43</sup>Los autores utilizan una muestra que se puede considerar pequeña para contrastar hipótesis: 48 empresas en total, pertenecientes a los sectores químico, petróleo, maquinaria, e instrumentos, y por ello los resultados deben ser interpretados con precaución, a pesar de la sofisticación del método de estimación empleado.

capital físico, y viceversa; en otras palabras, parece existir complementariedad entre capital físico y capital de I+D <sup>44</sup>.

d) en cada sector, un aumento de los efectos de difusión conduce a una reducción de la demanda de capital físico y de capital de I+D;

e) tanto a corto como a largo plazo, el coste medio y variable de cada empresa disminuye si los efectos difusión aumentan.

### 2.5.3. El carácter acumulativo del conocimiento, procesos de aprendizaje, y organización del mismo. Economías de escala y de alcance.

Es posible que existan economías de escala en la producción de información. Es razonable suponer que existe una escala mínima de recursos para obtener un resultado, especialmente para producir información relevante para algunos sectores productivos. Pero otra fuente de economías de escala relacionadas con el paso del tiempo las que resultan de la experiencia o aprendizaje (sea éste

---

<sup>44</sup>En otros estudios empíricos se ha encontrado que la inversión en I+D parece generar o causar inversión en capital fijo, pero no viceversa (Lach y Schankerman, JPE Aug 1989).

*learning-by-doing, learning-by-using, o learning-by-learning*). También a Arrow se debe la constatación sobre las implicaciones económicas de que el conocimiento tenga un carácter acumulativo, que se traduce en economías de aprendizaje.

La presencia y magnitud de los efectos de difusión depende de los mecanismos de transmisión de la información, es decir, de los costes de acceder a ella y de la capacidad de asimilarla o usarla. La capacidad de crear conocimientos nuevos también depende, de la capacidad de absorber y usar conocimientos generados por otros. Es de esperar, en definitiva, que la capacidad de aprendizaje (el capital humano y su distribución entre los agentes) y los mecanismos organizativos para transmitir los conocimientos, jueguen un papel tanto en la creación como en la difusión de los mismos.

Un ejemplo reciente de desarrollo formal de estas ideas, a un nivel muy abstracto, lo constituye el trabajo de Jovanovic y Rob (1989), en el que los autores analizan un proceso descentralizado de creación y difusión de conocimientos, y su relación con la tasa de crecimiento y de desigualdad, por un lado, y por otro, entre crecimiento y tecnología de comunicación. En su modelo, una nueva idea se crea como resultado del encuentro (intercambio de información) de dos agentes cada uno de los cuales tiene un stock de ideas distinto.

Por lo que se refiere a los mecanismos específicos que

permiten el 'encuentro' o intercambio entre los agentes (aspecto no abordado en la investigación de Jovanovic y Rob) y su aplicación a I+D, es interesante el estudio de Tapon (1989) sobre las innovaciones en la organización de la I+D en el sector farmacéutico. Tapon utiliza la teoría de los costes de transacción (cuyo desarrollo se debe en gran parte a Oliver Williamson) para explicar los cambios recientes observados en la organización de I+D en el sector farmacéutico, en concreto, el aumento de las joint-ventures (o contratos de cooperación en I+D a largo plazo) entre empresas privadas y Universidades, y la reducción simultánea del papel de los laboratorios en las propias empresas. Es decir, es un estudio en el que se plantea el tema de los contratos para el intercambio y creación de información. Tapon atribuye el cambio mencionado a tres factores, dos de los cuales están relacionados con la oportunidad tecnológica. El primero, es la efectividad de las patentes en este sector: ésta es muy elevada en el sector farmacéutico, lo que permite que la empresa pueda, sin ningún coste, 'desintegrarse' verticalmente, es decir, contratar la producción de información a otra organización, en este caso, un laboratorio universitario. El segundo, es la importancia de la investigación básica en la generación de nuevos fármacos: en este sector, prácticamente no existe distinción entre investigación básica y aplicada. El tercer factor está relacionado con fallos en el sistema de incentivos del sector privado para obtener un rendimiento adecuado del personal investigador.

Otros trabajos en los que se abordan los aspectos

organizativos son los siguientes: Teece (1986), Mowery (1989), y Homstrom (1989). El segundo reflexiona sobre las causas del resurgimiento de formas de colaboración entre empresas para realizar innovaciones. El tercero argumenta por qué las empresas pequeñas pueden estar en mejor posición de realizar I+D que las grandes, basándose en los costes de organización de actividades heterogéneas.

Aparte de los temas organizativos, existen otros aspectos igualmente importantes en relación con la creación y asimilación de información.

Una vez se dispone de mayor información, las percepciones de una empresa sobre el riesgo asociado a un proyecto de investigación pueden variar. Smith y Johnson (1988) formulan un modelo, que contrastan, en el que un proceso de aprendizaje bayesiano describe cómo los individuos utilizan información para modificar su percepción del riesgo asociado a radiaciones de radon.

Habermeier (1990) propone un marco conceptual para analizar las actividades relacionadas con simples mejoras de un producto. Concluye que hacerlo implica adquirir diversos tipos de información, que se adquiere a través del uso y de la comunicación con los usuarios, y la forma cómo se adquiere la información está influida por el tipo de rivalidad en el mercado, por la complejidad de la información necesaria, y por la apropiabilidad.

Otros aspectos que han sido asociados a la capacidad de generar información en general, y de información tecnológica en particular, son los siguientes:

a) El estilo de dirección, y el modelo de organización de la empresa<sup>45</sup> condicionan los costes de coordinación entre las diversas actividades de la empresa, así como la capacidad de usar la información. Capital humano y organización son inputs complementarios que afectan la eficiencia de las actividades de I+D<sup>46</sup>.

b) El grado de aversión al riesgo de quienes toman las decisiones en la empresa afectará la valoración de los beneficios netos. Sin embargo la forma en que este factor afecta puede ser muy compleja, pudiéndose dar el caso de que inviertan más en la adquisición de conocimientos quienes más aversos son (Tsur, Sternber y Hochman (1990)).

El papel del proceso de aprendizaje y el estudio de los

---

<sup>45</sup>Por ejemplo, organización en divisiones múltiples, versus organización centralizada o unitaria.

<sup>46</sup>Expertos en gestión de empresas consideran que el cambio organizativo es una condición necesaria para aumentar la capacidad creativa las mismas y por ende de supervivencia. Dicho cambio pasa por institucionalizar las actividades experimentales, crear mecanismos de comunicación entre los ejecutores de las diferentes tareas productivas, reducir la jerarquía. (The Economist, 1-12-1990).

factores que lo afectan ha sido uno de los principales focos de atención en la literatura sobre la difusión de tecnología, y por ello se tratará en el apartado 3 de este capítulo.



### 3. Adopción de tecnología.

En este apartado se pretende dar cuenta, muy brevemente, de las principales hipótesis que se han barajado en relación a los factores determinantes de la adopción de nueva tecnología, así como de la evidencia empírica, con el fin de detectar las coincidencias y divergencias con los estudios relacionados con la generación de tecnología.

Las preguntas típicas que se plantean en la literatura en la que se aborda directamente el tema de la adopción/difusión son : ¿Qué factores determinan el uso de una nueva tecnología en una empresa o sector determinado ? ¿Por qué hay empresas (o sectores) que se anticipan a otras (otros) ? ¿Qué factores explican la trayectoria temporal de la adopción o uso de una nueva tecnología?

Los modelos desarrollados para analizar estas cuestiones se pueden clasificar en dos amplios grupos, según la pregunta abordada. Por un lado, se encuentran los que estudian el problema desde una perspectiva estática, es decir, se investiga cuáles son los factores que, en un momento dado, explican que una empresa use (adopte) una nueva tecnología. A estos se les denomina modelos de adopción. Por otro lado, se encuentran los que llamamos modelos de difusión, en los que el énfasis se pone en el aspecto dinámico o temporal del uso de nuevas tecnologías. Es decir, son modelos mediante los que se explica cómo y por qué varía la intensidad de uso de una nueva tecnología a lo largo del tiempo, dentro de una

empresa (difusión intra-empresa), de un sector (difusión inter-empresas) o de una economía. En algunos modelos, principalmente entre los teóricos, se abordan las dos cuestiones a la vez. Entre los trabajos empíricos, las limitaciones en la disponibilidad de datos de panel para empresas individuales, explican que predominen los estudios de adopción. Sin embargo, sí existen bastantes estudios de difusión a nivel agregado.

Al igual que ocurría con el tema de la generación de tecnología, la literatura en la que se aborda la adopción y difusión de tecnología es muy extensa. Por ello, aquí se presenta una selección de la misma, siempre dentro del conjunto de la que utiliza un enfoque microeconómico.

### **3.1. Una regularidad observada.**

Existe una regularidad empírica que ha inspirado los modelos teóricos. Efectivamente, hay abundante evidencia de que si se representan gráficamente en un eje de coordenadas, algún indicador del grado de uso de una nueva tecnología (número o proporción de usuarios, cantidad o proporción de bienes producidos con dicha tecnología) y un indicador de tiempo, se obtiene casi siempre una línea curva de forma sigmoide. Esta regularidad se observa tanto en sectores industriales, como en el agrícola o en el financiero,

y tanto para países desarrollados como subdesarrollados<sup>47</sup>.

La contribución empírica pionera y que ha tenido un gran impacto en la literatura, ha sido la de Griliches (1957), a la que se hacía referencia en el apartado 1 de este capítulo. Su trabajo sobre la difusión del maíz híbrido en los distintos estados de Estados Unidos es considerado como el primero en el que se especifica y estima un modelo según el cual un conjunto de variables económicas explicarían las curvas de difusión observadas en cada estado. Tras ajustar una curva logística para cada estado en el período comprendido entre 1932 y 1956, Griliches plantea una serie de ecuaciones donde las variables dependientes son cada uno de los parámetros que caracterizan la curva logística, es decir,  $N$ ,  $g(t)$ . La hipótesis teórica es que estos parámetros son función del grado de disponibilidad de la nueva tecnología (un factor de

---

<sup>47</sup>Las curvas de difusión observadas pueden obtenerse como resultado de la representación gráfica de diversas funciones matemáticas. La más utilizada en los estudios descriptivos de los procesos de difusión ha sido la curva logística, una curva simétrica respecto del punto de inflexión, y cuya expresión es :

Esta función, a su vez, es la solución de una ecuación diferencial, cuyos parámetros tienen una interpretación sencilla. Su forma es:

donde  $N$  es la población total de usuarios potenciales,  $n$  es el número de usuarios que han adoptado la nueva tecnología en el momento  $t$ , y  $g$  es la probabilidad de adoptarla. El número de nuevos usuarios en el momento  $t$  es igual a la probabilidad de adoptar multiplicada por el número de no usuarios. La mayor o menor rapidez de la difusión depende fundamentalmente de la probabilidad de adoptar. La cuestión fundamental que se plantea, pues, es la de cómo se explica dicha probabilidad, cuáles son los factores que hacen que ésta sea mayor o menor.

oferta) y de la rentabilidad esperada del uso de la misma. Los resultados de la estimación conducen a la conclusión de que no se puede descartar que estos factores jueguen un papel significativo para explicar la variabilidad de los procesos de difusión.

Posteriormente, Mansfield<sup>48</sup> estimó modelos similares para analizar los procesos de difusión de nuevas tecnologías en la industria. Un buen número de autores siguieron esta línea, produciendo estudios empíricos análogos para distintos sectores e innovaciones. Los resultados que se han obtenido sugieren que diversos factores económicos juegan un papel explicativo importante en la difusión de nuevas tecnologías, a través de su impacto en la rentabilidad de las mismas. Entre estos factores se hallan el tamaño de la empresa (o de la explotación agrícola en su caso), grado de concentración, o indicadores de capital humano. Al igual que ocurría con la evidencia empírica sobre la relación entre estas variables y la generación de tecnología, se observa que la significación y signo de estas variables varían en función del sector o la tecnología considerada.

### 3.2. Hipótesis teóricas.

Existen varias hipótesis que intentan explicar los hechos

---

<sup>48</sup>Las referencias de los numerosos trabajos de este investigador pueden hallarse, por ejemplo, en Kamien y Schwartz, Cohen y Levin, Stoneman o Griliches.

observados y que se pueden clasificar en cinco grandes grupos<sup>49</sup>. En un primer grupo se encuentran los modelos en los que se entiende la adopción de tecnología como un problema de información y de aprendizaje: se mantiene que hay incertidumbre respecto de algunas características de la nueva tecnología, y por ello no se sabe con seguridad la rentabilidad de la misma. A medida que aumenta la información sobre la nueva tecnología, y la información se transmite, aumenta el número de usuarios o la intensidad de uso de la misma (véanse por ejemplo Mansfield (1968) y Stoneman (1981)).

En un segundo grupo se encuentran los modelos en los que la curva de difusión se origina no por un problema de información imperfecta, sino porque la rentabilidad esperada de la innovación no es la misma para todos los miembros de una población. Ello se debe a que difieren respecto de alguna característica importante: por ejemplo, el tamaño de la empresa o el coste de la innovación. Ello implica que la probabilidad de adoptarla en un momento dado es distinta para los distintos usuarios potenciales, y es función de estas características diferenciadoras. La forma de la distribución de esta(s) característica(s) entre la población y los cambios de la misma a lo largo del tiempo explican que la intensidad de uso de la nueva tecnología se ajuste a una curva sigmoide, que puede ser simétrica o asimétrica (David (1969)).

---

<sup>49</sup> Algunas de estas hipótesis se han utilizado tanto para explicar la adopción/difusión de nuevas tecnologías entre empresas, como dentro de una empresa, como en el seno de una economía.

En el tercer grupo se encuentran modelos que combinan los efectos de información imperfecta con los de la heterogeneidad de la población de usuarios potenciales. En un contexto en el que existe incertidumbre sobre las características de la innovación, los usuarios potenciales difieren entre sí, por ejemplo, en que se enfrentan a distintos costes de información, tienen distinta capacidad de aprendizaje, o distintas opiniones respecto de las características de la innovación (Jensen (1982), Just y Zilberman (1984)).

En el cuarto grupo, se encuentran los modelos que difieren de los anteriores principalmente por el énfasis que ponen en los efectos que la conducta de las empresas rivales tiene sobre la rentabilidad de adoptar la nueva tecnología. En este marco, la curva de difusión es resultado del comportamiento estratégico de las empresas respecto a la adopción de nueva tecnología (Reinganum (1981), Quimbarch (1986)).

Algunos autores plantean una quinta hipótesis: además de las características de los usuarios potenciales (la demanda) deben tenerse en cuenta las de la oferta (Stoneman (19)).

En algunos trabajos se ha planteado la hipótesis de que la adopción de una nueva tecnología por parte de una empresa depende de la decisión de las otras no por razones estratégicas, sino debido a la presencia de externalidades de red (Dybvig y Spatt,

(1983)), o por ambas razones (Farrell y Saloner, (1984)).

### **3.2.1. Adopción de tecnología e información imperfecta.**

En este grupo se encuentran, como se ha dicho más arriba, los modelos en los que se entiende la adopción de tecnología como un problema de fundamentalmente de información y de aprendizaje. Se mantiene que existe desconocimiento respecto de algunas características de la nueva tecnología o incluso sobre la existencia de la misma, y por ello las empresas no saben cuál es la verdadera rentabilidad de la misma. A medida que aumenta la información sobre la nueva tecnología, aumenta el número de usuarios. A partir de este supuesto básico, existen diversos modelos que se diferencian principalmente por el mecanismo de generación y transmisión de la información que consideran.

Una de las primeras hipótesis que han surgido en este marco, sugiere que el aumento de información se produce simplemente mediante un efecto demostración (Mansfield (1968). Esto es, a través de la comunicación de la experiencia propia a los demás, que se ven incitados a imitar inmediatamente a los que ya usan la nueva tecnología. A medida que hay más usuarios, aumenta el stock de información, disminuye más rápidamente la incertidumbre, y por ello se acelera la difusión. El proceso de difusión es, pues, similar a los de contagio (el conocimiento, o incremento de la información se produce por el contacto con los demás), y por ello

se conoce esta hipótesis como 'modelo epidémico'.

Una hipótesis alternativa es que la información se adquiere mediante un mecanismo de aprendizaje bayesiano. De hecho estos modelos conducen a los agrupados en el apartado 3.2.3.

### 3.2.2. Adopción y heterogeneidad de la población.

Según esta hipótesis, la observación de que no todos los usuarios potenciales adoptan una nueva tecnología al mismo tiempo no es resultado de fallos en la información, sino de que los usuarios potenciales difieren en alguna característica relevante para la adopción. La forma de la distribución de esta característica entre la población y los cambios de la misma a lo largo del tiempo explican que la intensidad de uso de la nueva tecnología se ajuste a una curva sigmoide, que puede ser o no simétrica (es decir, no se obtiene necesariamente una curva de difusión logística). En esta línea se inscriben los trabajos de David (1969), Davies (1979), David y Olsen (1984).

Just y Zilberman (1984) construyen un modelo teórico para explicar la adopción de innovaciones en la agricultura. La nueva tecnología comporta mayores rendimientos medios, pero también mayor variabilidad de los mismos que la tecnología tradicional. En este contexto, adoptarla o no, y la intensidad de adopción, es función de la aversión al riesgo y de las características de la

innovación.

### **3.2.3. Adopción, información imperfecta y heterogeneidad de la población.**

Bajo este enfoque se encuentran una serie de modelos en los que se supone que los usuarios potenciales difieren principalmente en lo que respecta a su capacidad de acceder o asimilar información, o a sus percepciones de las características de la innovación, o a su aversión al riesgo.

Jensen (1982) desarrolla un modelo formal en el que las empresas difieren en sus valoraciones iniciales respecto de la rentabilidad de la innovación. A partir de su opinión inicial, cada empresa aprende por un mecanismo bayesiano, a partir de la información adicional que le llega simplemente por esperar en vez de adoptar. Como todas las empresas son idénticas excepto por lo que se refiere a la opinión inicial, todas acabarán adoptando, pero unas tardarán más que otras en función de esta opinión inicial. Cuanto más optimista sea la valoración inicial, cuanto más favorable sea la información recibida, cuanto mayor sea la tasa de descuento, y cuanto mayores sean los beneficios esperados de la innovación, más corto será, en promedio, el período de espera antes de adoptar. En este modelo, el incremento de información no tiene mayor coste que el de la pérdida de beneficios incrementales que hubiera generado la decisión de

adoptar en vez de esperar. Es decir, la información adicional llega a la empresa simplemente esperando, es decir, de forma pasiva. Este es un supuesto un tanto restrictivo, y en modelos sucesivos se ha relajado<sup>50</sup>.

En Balcer y Lippman (1984), las empresas difieren en sus expectativas tecnológicas, es decir, en sus apreciaciones sobre cuándo se producirán nuevas innovaciones. Otros trabajos son los de Stoneman y David (1986), Ireland y Stoneman (1986) y Tsur, Sternberg y Hochman (1990).

#### **3.2.4. Adopción y comportamiento estratégico.**

La teoría de juegos también permite explicar por qué la rentabilidad de adoptar una tecnología nueva en un momento dado puede diferir para distintas empresas. En un conjunto de modelos teóricos se muestra cómo, aunque la información disponible sea la misma para todos los usuarios y estos tengan las mismas expectativas respecto de la rentabilidad de una innovación; la existencia de costes de ajuste decrecientes por un lado, y las repercusiones que tienen las decisiones de empresas rivales sobre los beneficios propios que comporta la adopción, hacen que las empresas adopten una innovación de forma secuencial, es decir, se produzca una curva de difusión. Este enfoque entronca, pues, con

---

<sup>50</sup>Por ejemplo, ver Jensen, JET 83, WP 84, y McCardle 85.

la hipótesis Schumpeteriana formulada en el apartado sobre generación de tecnología.

Reinganum (1981) desarrolla un modelo en el que las empresas son idénticas en el momento inicial. Cuando se anuncia una innovación de proceso (una nueva tecnología), cada empresa decide cuándo la adoptará, teniendo en cuenta los costes y beneficios de la misma, sin saber qué decidirán las empresas rivales (es decir, se plantea el problema en términos de un juego no cooperativo), y sin poder cambiar su decisión a lo largo del período. Lo que sí sabe con certeza cada empresa es su flujo de beneficios si ella no adopta mientras que  $m$  rivales sí adoptan, y el flujo de beneficios si ella adopta cuando  $m$  rivales también adoptan. Los beneficios de adoptar disminuyen a medida que aumenta el número de rivales que han adoptado. Una parte de los costes de adoptar la constituyen costes de ajuste, que disminuyen a medida que aumenta el período de ajuste. Bajo estos supuestos, se obtiene que en el vector de fechas de adopción óptimas son un equilibrio de Nash, y que cada empresa adoptará en una fecha distinta, produciéndose por tanto una curva de difusión, a pesar de que la información es perfecta y las empresas idénticas.

Sadanand (1989) construye un modelo de dos períodos en el que las empresas deben decidir si adoptar o no una nueva tecnología cuyos efectos sobre los costes son inciertos en el primer período, o esperar a hacerlo en el segundo período, cuando dicho efecto es conocido, al tiempo que deciden las cantidades de producto final.

El momento óptimo para la adopción depende del comportamiento estratégico de las empresas. Tanto si éstas son idénticas y utilizan una estrategia mixta o pura, como si son distintas, el momento óptimo para la adopción difiere para todas ellas, produciéndose pues una curva de difusión <sup>51</sup>.

### 3.3. Evidencia empírica.

Son muy abundantes los estudios empíricos de adopción de nueva tecnología en la agricultura, pero más escasos en los casos del sector industrial o de servicios, hecho que se puede explicar en parte por la escasez de datos relacionados con las empresas industriales<sup>52</sup>.

#### *Adopción y riesgo.*

La primera, de Dubin y Rothwell (1989), investiga si la reducción del riesgo de accidentes influye sobre la adopción de una nueva tecnología que proporciona un sistema de seguridad. En particular, especifican un modelo econométrico para analizar la adopción de un sistema de seguridad para reactores nucleares.

---

<sup>51</sup>Otras contribuciones en esta línea son las de Judd (1983), Fudenberg y Tirole (1985), Farrell y Saloner (1985), Quimbarch (1986 RJE).

<sup>52</sup>La existencia de agencias de extensión agraria, o de programas de desarrollo para países subdesarrollados, ha facilitado la recogida de datos en el sector agrícola en muchos países, fundamentalmente entre los no desarrollados.

Según sus resultados, unas empresas adoptan antes que otras en función del número de reactores que tengan, de la tasa de fallos del equipo, y de la tasa de descuento; una gran dimensión de la planta está asociada a una adopción tardía, y finalmente, ni la población residente en los alrededores, ni el valor de la inversión inicial de la planta influyeron sobre la adopción.

*Adopción y capital humano.*

Bartel y Lichtenberg (1987) estiman un modelo econométrico para contrastar la hipótesis de que los trabajadores con mayor nivel de educación tienen una ventaja comparativa para aprender a utilizar una nueva tecnología. Los resultados de la estimación de una función de demanda de trabajadores cualificados no permiten rechazar esta hipótesis<sup>53</sup>.

*Adopción e hipótesis Schumpeteriana.*

Hannan y McDowell (1984) encuentran evidencia de que el grado de concentración en el sector y el tamaño de la empresa inciden positivamente en la probabilidad de adopción de una nueva tecnología. Su estudio se centra en la adopción de los cajeros automáticos en empresas bancarias norteamericanas. Dado el tamaño de la muestra utilizada (casi 4,000 empresas bancarias, observadas durante el período 1971-1979), sus resultados son, aparentemente,

---

<sup>53</sup>Los datos consisten en una muestra de 61 sectores industriales para tres períodos: 1960, 1970 y 1980. Se dispone de las características de los trabajadores (edad, salarios, nivel de educación), del stock y edad del capital, del valor de la producción y de la intensidad en I+D.

sólidos<sup>54</sup>. En un estudio posterior, en el que no se utilizan los beneficios como variable explicativa, pero se incorpora como tal el número de empresas rivales que habían adoptado la tecnología hasta el momento, se obtiene el resultado de que mayor tamaño, mayor concentración del mercado, y mayor número de rivales adoptantes, influyen positiva y significativamente en la probabilidad de adopción.

Sin embargo, no está clara la generalidad de este resultado: pueden haber otros factores que tengan más importancia en otros sectores productivos u otras innovaciones. Levin, Levin y Meisel (1987), por ejemplo, obtienen la conclusión opuesta al analizar la probabilidad de adoptar scanners ópticos en los establecimientos de alimentación. La importancia del grado de concentración y de la cuota de mercado disminuye a medida que se extiende la difusión.

Esta breve perspectiva sobre los estudios recientes, tanto teóricos como empíricos, que tratan de la adopción de nueva tecnología, sugiere algunas reflexiones. En primer lugar, y por lo que respecta a los estudios teóricos, puede advertirse que la adopción se entiende en gran parte como un problema de información, ya que los usuarios potenciales pueden no conocer con precisión las características de la nueva tecnología, debiendo realizar un esfuerzo para adquirir dicha información. Aquí el

---

<sup>54</sup> Habría que investigar la posible presencia de un error de especificación, causado por la endogeneidad de una de las variables explicativas incluidas: los beneficios.

problema no está relacionado con la presencia de externalidades en el sentido de capacidad limitada de apropiarse de los beneficios generados por la adopción (aunque pueden existir), sino con la capacidad de acceder y procesar la información, y con la capacidad de adaptarla, capacidades relacionadas con el capital humano, tamaño u otras características del usuario potencial. En segundo lugar, éste aspecto no es el único señalado, puesto que en algunos modelos se incorporan otros tipos de factores: el comportamiento estratégico y las características específicas de la nueva tecnología (por ejemplo, el riesgo asociado a la misma), o los precios. Podemos ver por tanto, y esta es la tercera reflexión, que existen numerosas coincidencias en el planteamiento teórico de ambos temas, el de la generación de tecnología y el de la adopción de la misma.

De hecho, existe otro segmento de la literatura sobre innovación tecnológica cuyo enfoque refuerza la conclusión de que los factores que determinan la actividad generadora de innovaciones no son muy distintos de los que determinan la actividad 'adoptadora'. Se trata de la literatura sobre transferencia internacional de tecnología, a la que se hará una breve referencia en el apartado siguiente.

#### **3.4. La transferencia internacional de tecnología.**

Uno de los aspectos que se subrayan en esta literatura es que

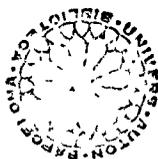
si bien puede definirse la tecnología como información o conocimientos necesarios para diseñar y producir un producto de formas distintas, dicha información no es un bien público puro<sup>55</sup>, en el sentido de estar disponible gratuitamente, sin costes de reproducción. Al contrario, se considera que buena parte de dicha información es información específica que no es codificable, sino que es tácita e idiosincrática, y por tanto difícilmente transmisible. Esto implica que la transferencia o diseminación de tecnología no se produce de forma inmediata y sin costes. Esta observación concierne tanto a la transferencia de tecnología entre empresas de un mismo país como entre países, siendo este último el marco propiamente analizado en la literatura de transferencia de tecnología, y en especial, entre países con distinto nivel de desarrollo.

Siguiendo a Rosenberg y Frischtak (1985)<sup>56</sup>, la viabilidad de la transferencia de tecnología depende de los siguientes factores. Primero, de la disponibilidad de recursos humanos con capacidad de utilizar la nueva tecnología y mejorarla, y de comunicarse con los especialistas foráneos. Segundo, la transferencia requiere capacidad de buscar y adaptar la nueva tecnología, capacidad que se adquiere, entre otras formas, a través de una estrategia activa

---

<sup>55</sup>Véase Rosenberg y Frischtak (1985), o Vegara (1989).

<sup>56</sup>En esta obra los editores compilan los trabajos presentados en la conferencia sobre transferencia internacional de tecnología convocada en 1983 por el Social Science Research Council, USA.



de aprendizaje (adecuación del sistema educativo, formación de expertos en países extranjeros). Finalmente, se señala que la ausencia de un entorno competitivo resulta en un menor esfuerzo de búsqueda de alternativas tecnológicas.

Las formas, contractuales o no, como se producen las transferencias de tecnología, constituyen también objeto de estudio en dicha literatura. Entre ellas se encuentran la inversión directa de capital extranjero, los contratos de licencia y asesoramiento, acuerdos técnicos, contratos de proyectos, comercio de bienes de capital, y finalmente, pero no menos importantes, los flujos de información tecnológica pública.

En el prefacio de la obra citada se proponen diversas líneas de investigación en relación con la transferencia de tecnología. Una consiste en determinar las funciones de cada componente del sistema educativo y científico en la adquisición de capacidad tecnológica; la segunda, consiste en analizar la importancia del número y tamaño de las empresas, y del tipo de competencia, en el desarrollo tecnológico nacional o doméstico; la tercera es de carácter normativo, e incide sobre el papel de la intervención pública. Se puede concluir, pues, que son todas ellas cuestiones muy similares a las planteadas en la literatura reciente, no ceñida al tema de transferencia, sobre innovación tecnológica .

#### 4. Conclusiones.

Puede decirse que en la década de los ochenta se ha producido una explosión de trabajos en los que se analizan los problemas asociados a la generación y adopción de innovaciones, reflejo del renacimiento del interés por comprender la naturaleza del cambio tecnológico a que se hacía referencia en apartados anteriores.

Gran parte de las investigaciones teóricas se caracterizan por la utilización de dos marcos de análisis: la teoría de juegos y la teoría de la información.

La utilización de la teoría de juegos para analizar la interacción entre esfuerzo de I+D o adopción y poder de mercado ha conducido al desarrollo de modelos cuyas predicciones son claras, y en general, bajo los supuestos cuidadosamente enunciados en cada caso, exentas de ambigüedades. A modo de conclusión general, sólo puede decirse que la secuencia del gasto en I+D de una empresa resulta afectada por el tipo de rivalidad existente en el mercado, pero cómo la afecta depende de la presencia o ausencia de incertidumbre en la actividad investigadora, y del tipo y la magnitud de los efectos difusión (spillovers).

La contrastación empírica directa de estos modelos, sin embargo, no es obvia y presenta varios tipos de dificultades. Ninguno de los modelos teóricos aquí mencionados se ha contrastado directamente, en la forma en que se han contrastado modelos de

demanda o de producción. Las predicciones obtenidas con ellos sugieren que puede esperarse una correlación entre poder de mercado inicial, poder de mercado anticipado, e inversión en I+D, dependiendo el signo de la correlación de, al menos, la presencia de externalidades y de incertidumbre. En este sentido, los modelos teóricos son útiles al abordar el análisis empírico. Aunque sean representaciones parciales y simplificadas de fenómenos reales, en ellos se especifican bajo qué supuestos se obtienen los resultados observados, y por tanto sugieren algunas directrices para el estudio empírico. Por ejemplo, pueden guiar la selección de variables relevantes, o selección de la muestra apropiada.

Sin duda, su utilidad es limitada, porque modelo teórico necesariamente hace abstracción de algunos aspectos, y se concentra en el análisis de un subconjunto de las variables que pueden incidir en el nivel de I+D. A veces, pero no siempre, se enumeran explícitamente las variables de cuya influencia se hace abstracción. En todo caso, en los casos reales muchas variables, además de la estructura del mercado, o la incertidumbre, pueden ser simultáneamente relevantes. La construcción de un modelo que las incorpore todas puede no ser factible. Y pueden existir otras hipótesis compatibles con los datos observados.

A pesar de que en esta panorámica se hace más hincapié en los estudios relacionados con la generación de tecnología que con la adopción, pueden advertirse una serie de coincidencias en los enfoques que muestran que la naturaleza de ambos fenómenos no es

radicalmente distinta. A continuación se resumen estas coincidencias:

1. Coincidencia, tanto en los estudios sobre generación como en los de adopción, en señalar la importancia de los aspectos de INFORMACION. Generar o adoptar tecnología implica en mayor o menor medida una actividad de búsqueda.

2. Coincidencia en que en esta actividad de búsqueda, juega un papel importante el CAPITAL HUMANO (en tanto que representa capacidad de generar ideas y de aprendizaje o asimilación) y la organización de dicha actividad.

3. Tanto la generación como la adopción de una innovación son un fenómeno dinámico, en el sentido de que son la respuesta óptima bien ante un cambio ya realizado, o bien ante un cambio anticipado (en los conocimientos tecnológicos o científicos, en la estructura de mercado, en el mercado de trabajo, en la demanda, en los precios de los factores).

4. La rentabilidad de la actividad de búsqueda, dependerá de la presencia de externalidades y de economías de escala (o alcance) en la misma, de su complejidad y del stock de conocimientos preexistentes. Cambios en este stock, generados, por ejemplo, por avances realizados de forma autónoma en el ámbito académico (oportunidad tecnológica u 'oferta') afectarán dicha rentabilidad.

5. Coincidencia respecto de la influencia potencial del PODER DE MERCADO, si bien el signo de la influencia varía en función de la presencia de externalidades e incertidumbre. Sin embargo, de la evidencia empírica reciente se desprende más bien que la importancia del poder de mercado como factor dominante en general se ha sobre-estimado.

6. Hay algunas hipótesis poco exploradas por medio de modelos formales o mediante modelos econométricos<sup>57</sup>: los obstáculos a la generación o adopción de tecnología pueden proceder de la existencia de rigideces (desequilibrios); por ejemplo, cambiar de tecnología puede exigir cambios no factibles en la organización del trabajo<sup>58</sup>. Al mismo tiempo, la existencia de rigideces o dificultades puede inducir la generación o adopción de una nueva tecnología; por ejemplo, dada una organización del trabajo, ésta puede hacer rentable el desarrollo o la adopción de ciertas tecnologías. Una investigación que recoge en alguna medida este espíritu es la de Antonelli (1989), quien plantea la hipótesis de que las empresas sólo buscarán nuevas tecnologías cuando la rentabilidad de la empresa descienda por debajo de cierto umbral.

---

<sup>57</sup> Existen, sin embargo, discusiones sobre este aspecto; véase Vegara (1989).

<sup>58</sup> Se entiende por organización del trabajo los términos del contrato tanto por lo que se refiere a salario y duración del contrato, como el procedimiento de asignación a tareas específicas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acs, Z. y D. Audretsch (1988), 'Innovation in Large and Small Firms: an empirical analysis', *American Economic Review*, September, pp. 678-690.
- Acs, Z. y D. Audretsch (1989), 'Patents as a Measure of Innovative Activity', *Kyklos*, Vol. 42, Fasc. 2.
- Aghion, P. Y P. Howitt (1990), 'A model of growth through creative destruction', NBER Working Paper No. 3223, January.
- Allen, T.J. y Varghese George (1989), 'Changes in the field of R&D management over the past 20 years', *R&DManagement* 19, no 2.
- Antonelli, C. (1989), 'A failure-inducement model of research and development expenditure. Italian evidence from the early 1980s', *Journal of Economic Behavior and Organization* 12.
- Arrow, K. (1962), 'The economic implications of learning by doing', *Review of Economic Studies*, 29.
- Arrow, K. (1962), 'Economic Welfare and the allocation of resources for inventions', en 'The Rate and Diffusion of Inventive Activity: Economic and Social Factors', editado por R.R. Nelson, Princeton University Press.
- Barcel, Y. y Lippman, S.A. (1984), 'Technological Expectations and Adoption of Improved Technology', *Journal of Economic Theory* 34.
- Bartel, A.P y Lichtenberg, F. (1987), 'The comparative advantage of educated workers in implementing new technology', *The Review of Economics and Statistics*, Vol 69, No. 1.
- Beath, J., Katsoulacos, Y. y Ulph, D. (1988), 'R&D rivalry vs R&D cooperation under uncertainty', *Recherches Economiques de Louvain* 54 (4).
- Bernstein, J.I. y Nadiri, M.I. (1989), 'Research and Development and intra-industry spillovers: an empirical application of dynamic duality', *Review of Economic Studies*, 56.
- Bernstein, J.I. (1989), 'The structure of canadian inter-industry R&D spillovers, and the rates of return to R&D', *The Journal of Industrial economics*, Vol 37, no 3.
- Bhattacharya, S. y Mookherjee, D. (1986), 'Portfolio choice in research and development', *Rand Journal of Economics*, Vol 17.
- Binswanger, H.P. y V. Ruttan (eds) (1978), 'Induced Innovation: technology, Institutions and Development', Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Bound J. y otros (1984), 'Who does R&D and who patents?', en 'R&D, Patents and Productivity', editado por Z. Griliches, The University of Chicago Press.
- Bresnahan, T.F. (1985), 'Post-entry competition in the plain paper copier market', *American Economic Review*, Vol. 75, Num. 2.
- Cohen, W.M., Levin, R.C. y Mowery, D. (1987), 'Firm size and R&D intensity: a re-examination', *The Journal of Industrial Economics*, Vol 35, no. 4.
- Cohen, W.M. y Levin, R.C. (1989), 'Empirical studies of innovation and market structure', en *Handbook of Industrial Organization*, Vol II, editado por R. Schmalensee y R. Willig, Elsevier Science Publishers.
- Cohen, W.M. y Levinthal, D.A. (1989), 'Innovation and learning: the two faces of R&D', *The Economic Journal* 99, pp 569-596.
- Dasgupta, P. y David, P. (1987), 'Information disclosure and the economics of science and technology', en 'Arrow and the ascent of Modern Economic theory', editado por G.R. Feiwel, the Macmillan Press Ltd.
- Dasgupta, P. (1985), 'The theory of technological competition', en 'New developments in the theory of market structure', editado por J. Stiglitz y F. Mathewson, MacMillan Press.
- Dasgupta, P. y Maskin, E. (1987), 'The simple economics of research portfolios', *The Economic Journal* 97.
- Dasgupta, P. y Stiglitz, J. (1980), 'Industrial structure and the nature of innovative activity', *Economic Journal*, 90.
- Dasgupta, P. y Stiglitz, J. (1980), 'Uncertainty, industrial structure and the speed of R&D', *Bell Journal of Economics*, 11.
- Dasgupta, P. y Stoneman, P., ed (1987), 'Economic Policy and Technological Performance',
- David, P. (1969), 'A contribution to the theory of diffusion', Stanford Center for Research in Economic Growth.
- Davies, S. (1979), 'The diffusion of process innovations', Cambridge University Press.
- Delbono, F. y Denicolò, V. (1990), 'R&D investment in a symmetric and homogeneous oligopoly', *International Journal of Industrial Organization* 8.
- Deolalikar, A.B. y R.E. Evenson (1989), 'Technology production and technology purchase in Indian industry: an econometric

- analysis', *The Review of Economics and Statistics*, 21, No 4.
- Deolalikar, A.B. y Roller, L.H. (1989), 'Patenting by manufacturing firms in India: its production and impact', *The Journal of Industrial Economics* 37, No. 3.
- Dubin, J.A. y Rothwell, G.S. (1989), 'Risk and reactor safety systems adoption', *Journal of Econometrics* 42.
- Elliott, J.E. (1980), 'Marx and Schumpeter on capitalism's creative destruction: a comparative restatement', *The Quarterly Journal of Economics*, August.
- Evenson, R.W. y Kislev, Y. (1976), 'A stochastic model of applied research', *Journal of Political Economy*, vol 84, no. 2.
- Farrell, J. von, y Saloner, G. (1984), 'Standardization, compatibility and innovation', MIT Working Paper, Department of Economics, Num 345.
- Flaherty, T. (1984), 'Field research on the link technological innovation-growth', *American Economic Review*, May.
- Fixler, D.J. y Ben-Zion, U. (1982), 'A generalized model of induced input innovation', *European Economic Review* 19.
- Galbraith, (1952), *American Capitalism*
- Geroski, P.A. (1990), 'Innovation, technological opportunity and market structure', *Oxford Economic Papers* 42.
- Geroski, P.A. y Pomroy, R. (1990), 'Innovation and the evolution of market structure', *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 38.
- Griliches, Z. (1957), 'Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change', *Econometrica*, Vol 25, No 4.
- Griliches, Z. editor, (1984), 'R&D Patents and Productivity', NBER, The University of Chicago Press.
- Griliches, Z., Hall, B., Pakes, A. (1988), 'R&D, Patents and Market Value revisited: is there a second (technological opportunity) factor?', NBER Working Paper Series, num. 2624.
- Griliches, Z. (1989), 'Patents: recent trends and puzzles', *Brookings Papers, Microeconomics*.
- Grossman, G.M. y Helpman, E. (1989), 'Endogenous product cycles', NBER Working Paper No. 2913, March.
- Grossman, G.M. y Helpman, E. (1989), 'Quality ladders and the theory of growth', NBER Working Paper No. 3099, September.

- Grossman, G.M. y Shapiro, C. (1986), 'Optimal dynamic R&D programs', *Rand Journal of Economics*, Vol 17. Winter.
- Grossman, G.M. y Shapiro, C. (1987), 'Dynamic R&D Competition', *The Economic Journal* 97.
- Habermaeier, K.F. (1990), 'Product use and product improvement', *Research Policy* 19, pp. 271-283.
- Hall, B., Griliches, Z. y Hausman (1986), 'Patents and R&D: is there a lag?' *International Economic Review*, Vol. 27, No. 2.
- Hannan, T.H. y McDowell, J.M. (1984), 'The determinants of technology adoption: the case of the banking firm', *Rand Journal of Economics*, Vol. 15, No. 3.
- Hannan, T.H. y McDowell, J.M. (1987), 'Rival precedence and the dynamics of technology adoption: an empirical analysis', *Economica* 54.
- Hausman, J., Hall, B. y Griliches, Z. (1984), 'Econometric models for count data with an application to the patents-R&D relationship', *Econometrica*, Vol. 52.
- Holmstrom, B. (1989), 'Agency costs and innovation', *Journal of Economic Behavior and Organization* 12, pp. 305-327.
- Jaffe, A.B. (1988), 'Demand and supply influences in R&D intensity and productivity growth', *Review of Economics and Statistics* 70.
- Jaffe, A.B. (1989), 'Characterizing the 'technological position' of firms, with application to quantifying technological opportunity and research spillovers', *Research Policy* 18.
- Jovanovic, B. y Rob, R. (1989), 'The growth and diffusion of knowledge', *Review of Economic Studies* 56.
- Jovanovic, B. y Rob, R. (1989), 'Long Waves and Short Waves: Growth through intensive and extensive search', *Caress Working Paper #89-13*, University of Pennsylvania.
- Just y Zilberman (1983), 'Stochastic structure, farm size, and technology adoption in developing countries', *Oxford Economic Papers* 35, no. 3.
- Kamien, M. I. y Schwartz, N.L. (1982), 'Market structure and innovation', *Cambridge Surveys of Economic Literature*, CUP.
- Katz, M.L. (1986), 'An analysis of cooperative research and development', *Rand Journal of Economics*, Vol. 17, No. 4.
- Katz, M.L. y Shapiro, C. (1985), 'On the licensing of

- innovations', *Rand Journal of Economics*, Vol. 16.
- Kleinknecht, A. (1987), 'Measuring R&D in small firms: how much are we missing?', *The Journal of Industrial Economics*, Vol 36, no. 2.
- Klette, T. y de Meza, D. (1986), 'Is the market biased against risky R&D?', *Rand Journal of Economics*, Vol 17. Spring.
- Kraft, K. (1989), 'Market structure, firm characteristics and innovative activity', *The Journal of Industrial Economics*, Vol 37, no. 3.
- Lach, S. y Schankerman, M. (1989), 'Dynamics of R&D and investment in the scientific sector', *Journal of Political Economy*, Vol. 97, no 4.
- Levin, R.C., Cohen, W.M. y Mowery, D.C. (1985), 'R&D Appropriability, opportunity and market structure: new evidence on some schumpeterian hypotheses', *American Economic Review, Papers and Proceedings*, May.
- Levin, S.G., Levin S.L., y Meisel, J.B., (1987), 'A dynamic analysis of the adoption of a new technology: the case of optical scanners', *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 69, No. 1.
- Levin, R.C., Kevorick, A., Nelson, R. y Winter, S. (1987), 'Appropriating the returns from industrial R&D', *Brookings Papers on Economic Activity*, 3.
- Levin, R.C. y Reiss, P.C., (1988), 'Cost-reducing and demand-creating R&D with spillovers', *Rand Journal of Economics* Vol 19, no 4, Winter.
- Lunn, J. (1986), 'An empirical analysis of process and product patenting: a simultaneous equation framework', *The Journal of Industrial economics*, Vol 34, no. 3.
- Machina, M. (1987), 'Choice under uncertainty: problems solved and unsolved', *The Journal of Economic Perspectives*, Vol.1., no 1.
- Mansfield, E. (1968), 'Industrial Research and Technological Innovation', W.W. Norton.
- Mansfield, E. (1984) 'R&D and Innovation: some empirical findings', en 'R&D, patents and productivity', editado por Z. Griliches, The University of Chicago Press.
- Marshall, A. (1921), "Industry and Trade", McMillan and Co.
- Marx, K. (1977), 'Capital', Vol I, Vintage Books Edition, Random House, New York.

- Mowery, D. C. (1988), 'Collaborative ventures between US and foreign manufacturing firms', *Research Policy* 18.
- Nelson, R.R. (1987), 'Understanding technical change as an evolutionary process', *Lectures in Economics*, Vol. 8, North Holland.
- Pakes, A. y Z. Griliches (1984), 'Patents and R&D at the firm level: a first look', en 'R&D, patents and productivity', editado por Z. Griliches, The University of Chicago Press.
- Perez Castrillo, J.D. (1990), 'Procesos de I+D y estructura industrial: un panorama de modelos teóricos', *De Economía Pública*, 6/1.
- Polo, Y. (1988), 'Difusión de Tecnología en la empresa española: Algunos resultados', *Documentos de Discusión 8/88*, Economía de la Empresa, Universidad de Zaragoza.
- Quimbarch, H.C. (1986, 'The diffusion of new technology and the market for an innovation', *Rand Journal of economics*, Vol 17.
- Reinganum, J. (1981), 'On the diffusion of new technology: a game-theoretic approach', *Review of Economic Studies*, Vol. 48.
- Reinganum, J. (1984), 'Practical implications of game theoretic models of R&D', *American Economic Review*, May.
- Reinganum, J. (1989), 'The timing of innovation: research, development and diffusion', en *Handbook of Industrial Organization*, Volume I, editado por R. Schmalensee y R.D. Willig, Elsevier Science Publishers.
- Romer, P.M. (1989), 'Endogenous Technological Change', NBER Working Paper No. 3210, December.
- Rosenberg, N. (1974), 'Science, invention and economic growth', *Economic Journal*, March.
- Rosenberg, N. (1982), 'Inside the black box: technology and economics', Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. y C. Frischtak (ed) (1985) 'International technology transfer: concepts, measures and comparisons', Praeger Publishers, New York.
- Sadanand, V (1989), 'Endogenous diffusion of technology', *International Journal of Industrial Organization*, 7.
- Scherer, F.M. (1980), 'Industrial market structure and economic performance', Houghton Mifflin Company, Boston.

- Scherer, F.M. (1982), 'Demand-pull and technological invention: Schmookler revisited', *The Journal of Industrial Economics*, Vol 30.
- Scherer, F.M. (1986), 'Innovation and growth', The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Scherer, F.M. (1983), 'The Propensity to Patent', *International Journal of Industrial Organization*, vol 1.
- Schmalensee, R. (1989) 'Inter-industry studies of structure and performance', en *Handbook of Industrial Organization*, Volume II, editado por R. Schmalensee y R.D. Willig.
- Schmookler, J. (1966), 'Invention and Economic Growth', Harvard University Press, Cambridge.
- Schumpeter, J. A. (1942), 'Capitalism, Socialism and Democracy', Harper, New York.
- Sinn, H.W. (1989), 'Economic Decisions Under Uncertainty', Physica-Verlag, Heidelberg, Second Edition.
- Smith, V. K. y Johnson, F.R. (1988), 'How do risk perceptions respond to information? The case of radon', *The Review of Economics and Statistics*, Vol 70, No. 1.
- Stokey, N.L. (1988), 'Learning by doing and the introduction of new goods', *Journal of Political Economy*, vol 96, no. 4.
- Stoneman, P. (1983), 'The Economic Analysis of Technological Change', Oxford University Press.
- Stoneman, P. y David, P.A. (1986), 'Adoption subsidies vs information provision as instruments of technology policy', *The Economic Journal*, RES/Aute conference, Supplement.
- Stoneman, P. y Ireland, N.J. (1984), 'Innovation and Diffusion. The implications of an integrated approach', *Warwick Economics Research Papers*, num 254.
- Tapon, F. (1989), 'A transaction costs analysis of innovations in the organization of pharmaceutical R&D', *Journal of Economic Behavior and Organization* 12.
- Teece, D.J. (1986), 'Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy', *Research Policy* 15.
- Telser, L. G. (1982), 'A theory of innovation and its effects', *Bell Journal of Economics*, Spring.
- Thirtle, C.G. y Ruttan, V. (1987), 'The Role of Demand and supply in the Generation and Diffusion of Technical Change', Harwood

Academic Publishers, London.

Tsur, Sternber, Hochman, (1990), 'Dynamic modelling of innovation process adoption with risk aversion and learning', Oxford Economic Papers 42.

Vegara, J.Ma. (1989), 'Economic Analysis and Technology', en 'Actual Problems in Economic Science. II Congreso Mundial Vasco', ed. por J. M. Aizpurua et al., Bilbao 1989.

Vegara, J.Ma. (1989), 'Ensayos económicos sobre innovación tecnológica', Alianza Editorial, Colección Economía y Finanzas.

Von Hippel, E. (1988), 'The sources of innovation', Oxford University Press, Oxford.

Wedig, G. (1990), 'How risky is R&D ? A financial approach', The Review of Economics and Statistics.

## CAPITULO II

### INTERVENCION PUBLICA E INNOVACION TECNOLOGICA

#### 1. Introducción.

Se observa en la actualidad que en muchos países se otorga un énfasis creciente a las políticas públicas cuyo objetivo es fomentar la innovación tecnológica. Entre los mecanismos utilizados, pueden encontrarse premios, subvenciones, estímulos a la cooperación entre empresas con fines de I+D, concesión de patentes e incentivos fiscales<sup>1</sup>. En relación a estas políticas, pueden plantearse tres preguntas fundamentales. Primero, si existen fundamentos teóricos que puedan justificar la intervención pública. Segundo, cuáles son los instrumentos o políticas adecuadas. Tercero, cuál es la evidencia empírica sobre la efectividad de la intervención.

Con respecto a la primera pregunta, la panorámica ofrecida en el Capítulo I permite afirmar que, a lo largo de los últimos treinta años, se han producido indudables progresos en el desarrollo de modelos teóricos rigurosos de los que se desprende, en general, que diversos tipos de fallos de mercado inciden en la generación de innovaciones. Estos fallos derivan de los siguientes factores: la presencia de incertidumbre en la relación entre

---

<sup>1</sup>Una perspectiva sobre distintos instrumentos utilizados puede encontrarse, por ejemplo, en Martín (1988), Isaac (1988), Stoneman (1987).

esfuerzo investigador y resultado; la presencia de externalidades de diversos tipos ('spillovers', 'common-pool'); la existencia de economías de escala y de alcance en la actividad investigadora; repercusiones de imperfecciones en otros mercados (poder de mercado en el mercado del producto, externalidades en el de capital humano, e imperfecciones en el mercado de capitales).

Tanto los resultados de los modelos teóricos como la evidencia empírica existente, de la que se concluye que existe una discrepancia notable entre el rendimiento privado de las innovaciones y el rendimiento social, apoyan la hipótesis de que existen fallos de mercado que afectan la actividad generadora de innovaciones. Tiene sentido, por tanto, investigar la existencia de mecanismos correctores de los mismos<sup>2</sup>.

Con respecto a la pregunta sobre las políticas adecuadas para corregir los fallos de mercado citados, la literatura formal existente es relativamente reducida<sup>3</sup>, a excepción de la que se refiere a patentes.

---

<sup>2</sup>En diversos estudios se obtienen estimaciones de la discrepancia existente entre el rendimiento social y el rendimiento privado de las innovaciones. Por ejemplo, Bresnahan (1986), Bernstein (1988), Trajtenberg (1989). La investigación teórica sobre las formas de intervención adecuadas puede ser muy rentable.

<sup>3</sup>La literatura no formal es abundante. Entre ella se encuentran enfoques que coinciden con la hipótesis de los 'costes de transacción', según la cual los fallos de mercado asociados a la innovación provienen fundamentalmente de la magnitud de dichos costes en los mercados de información.

Más reducida es aún la literatura en la que se aborda la tercera pregunta planteada. Aunque abundan los estudios en los que se describe el proceso de desarrollo de innovaciones específicas, son escasos los trabajos en los que se realiza una evaluación econométrica del impacto de las políticas de I+D sobre el esfuerzo investigador. El objetivo de este capítulo es exponer el estado de la investigación teórica y empírica sobre estos dos aspectos, señalar sus limitaciones y proponer un marco para el análisis empírico del impacto de las políticas públicas sobre el comportamiento de las empresas. Este análisis se desarrolla en el Capítulo III.

## 2. Fallos de mercado y política óptima de I+D.

De las teorías analizadas en el primer capítulo se desprende que la asignación de recursos a las actividades dirigidas a generar innovaciones mediante el mercado puede ser ineficiente, debido a que existen algunas circunstancias relacionadas con dichas actividades que hacen que se produzcan diversos tipos de fallos del mercado. Puede investigarse si existen mecanismos de intervención pública que corrijan directamente los fallos de que se trate, sin introducir a su vez ninguna distorsión, de forma que se alcance aquella asignación que corresponde al óptimo social. Para ello debe tenerse en cuenta que pueden producirse distintos tipos de fallos, que para cada uno puede existir un tipo apropiado de intervención, y que pueden plantearse dilemas en la resolución de los mismos.

En la Tabla 1 se intentan presentar esquemáticamente los fallos de mercado o características que, según los análisis teóricos, afectan las actividades relacionadas con la generación y adopción de tecnología y pueden justificar la intervención pública. Al lado de cada fallo, aparece la intervención específica que hipotéticamente permite obtener en cada caso una asignación eficiente<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup>Conviene clarificar que las distintas formas de intervención difieren en un aspecto importante: unas actúan sobre la causa del fallo, y otras sobre las consecuencias. Por ejemplo, frente a la

TABLA 1

<u>Tipo de Fallo</u>	<u>Intervención</u>
1 Externalidades (apropiabilidad imperfecta)	Sistema de Patentes Impuestos y subvenciones a la actividad innovadora; Facilitar la cooperación.
2 Información (aprendizaje, canales de transmisión, fallos de coordinación)	Políticas para aumentar el capital humano, creación de instituciones para la provisión de información tecnológica y coordinación de actividades.
3 Indivisibilidades (Economías de escala)	subvenciones a inputs (o servicios) a pequeñas y medianas empresas; facilitar la cooperación.
4 Incertidumbre	Creación de mecanismos para reducir el riesgo individual, no generados por el mercado.
5 Imperfecciones mercado de capitales	Oferta pública de capital riesgo, líneas de credito especiales.
6 Poder de mercado	Política de competencia (anti-trust)

---

ineficiencia generada por la presencia de externalidades, una subvención o premio a la empresa innovadora 'compensa' a la misma de la falta de apropiabilidad, pero no elimina su causa.

En primer lugar, la externalidad característica consiste en la apropiabilidad imperfecta de los beneficios sociales generados por la innovación una vez ésta se ha producido, derivados de la facilidad de imitación por parte de las demás empresas. Dos instrumentos típicos que se han propuesto para corregir este fallo de mercado son las patentes, y las transferencias directas (premios) a la empresa innovadora. La concesión de una patente permite impedir, en principio, la imitación. De esta forma, la empresa innovadora recibe su recompensa a través del mercado. En el caso de una transferencia directa, la empresa recibe la recompensa a través de la institución pública. También pueden darse externalidades negativas (duplicación de esfuerzos, o demasiada I+D) en cuyo caso la política óptima consiste en una transferencia negativa o impuesto.

En segundo lugar, se producen un conjunto de fallos derivados de las características de la propia función de producción de conocimientos tecnológicos, no relacionados con el grado de apropiabilidad del producto 'acabado'. Estos son la presencia de economías de aprendizaje o economías de escala estáticas y dinámicas; el hecho de que la oferta de algunos inputs sea subóptima debido a la presencia de externalidades en relación a

los mismos (capital humano, stock de conocimientos básicos); la existencia de incertidumbre respecto al output; la presencia de complementariedades entre diversos tipos de conocimiento (por ejemplo, entre conocimientos científicos básicos y conocimientos técnicos y comerciales), que puede dar lugar a economías de alcance, sin que el mercado proporcione los incentivos necesarios para realizarlas. Esto último ocurre por la dificultad de suscribir contratos de compraventa de nueva información<sup>5</sup> o de cooperación entre empresas<sup>6</sup>.

Finalmente, consideremos los efectos asociados a tener poder de mercado: por ejemplo, en ausencia de incertidumbre, y con costes de imitación elevados, un monopolista puede retrasar la introducción de nuevos productos o productos desarrollados en la misma empresa; o puede adoptar prácticas comerciales que erijan barreras a la entrada de competidores<sup>7</sup>. En cambio, en ausencia de

---

<sup>5</sup>Una vez producida la información, pueden establecerse contratos de licencia.

<sup>6</sup>La teoría de los costes de transacción constituye una hipótesis razonable para explicar las dificultades para la existencia de mercados de información: especificidad, información asimétrica y oportunismo son los factores que explicarían la organización de las transacciones en 'jerarquías' en vez de en mercados.

<sup>7</sup>Por ejemplo, la venta conjunta, en paquete, de 'hardware', 'software' y servicios complementarios por IBM impedía el desarrollo de empresas de software independientes. Este caso aparece citado en J. Ma. Vegara (1989).

poder de mercado es posible que la introducción de innovaciones sea más rápida. Por tanto, en este caso, una política dirigida a promover la competencia sería el instrumento adecuado para aumentar la generación de innovaciones.

Se discutirá a continuación una selección de trabajos cuyo objetivo es determinar las políticas óptimas de I+D, dentro del marco de los fallos de mercado<sup>8</sup>. La selección se hace en base a que son investigaciones formales recientes en las que se establecen las condiciones para la política óptima. Se trata de las siguientes<sup>9</sup>: Dixit (1988), porque desarrolla un modelo general para analizar la política óptima de I+D en presencia de externalidades, y generaliza los resultados de trabajos anteriores. Suzumura y Okuno (1983), porque estudian la optimalidad de las subvenciones en presencia exclusivamente de incertidumbre tecnológica. Wright (1983) y Stoneman (1987), porque comparan los distintos efectos que pueden tener políticas alternativas bajo ciertas condiciones.

---

<sup>8</sup>Una exposición breve y precisa sobre los argumentos teóricos para la intervención pública en la promoción de actividades industriales en general, se encuentra en Grossman (1990).

<sup>9</sup>Se omiten las investigaciones en las que se plantea la política óptima de I+D en economías abiertas, y su interrelación con la política comercial, como por ejemplo Dixit (1986), Beath, Katsoulacos y Ulph (1989), o Clemenz (1990).

## 2.1. El problema de la apropiabilidad imperfecta de los beneficios generados por la innovación.

Los instrumentos utilizados para corregir los efectos causados por dicha externalidad positiva son la concesión de patentes a las empresas, de subvenciones y premios, y la contratación directa de I+D. A continuación se examinan brevemente cada uno de ellos.

### Patentes.

Un instrumento clásico dirigido a favorecer la asignación de recursos a la generación de innovaciones ha sido el sistema de patentes. Una patente equivale a la concesión de derechos de propiedad, impidiendo, en principio, la imitación gratuita por parte de otras empresas, por lo que la empresa innovadora puede obtener beneficios si produce la innovación.

Existen, sin embargo, algunos problemas asociados al sistema de patentes. Primero, una patente otorga poder de monopolio, y debe por lo tanto compararse la ineficiencia generada por el ejercicio del mismo con la ineficiencia generada por la presencia de externalidades. Frente a este dilema o '*trade-off*', Nordhaus (1969) muestra que existe una duración limitada óptima de la patente<sup>10</sup>. Segundo, el grado de protección frente a la imitación

---

<sup>10</sup>Algunas investigaciones recientes abordan la cuestión conjunta de

que la patente proporciona puede ser incompleto<sup>11</sup>; tercero, el mecanismo de patentes no evita que se produzca la duplicación de esfuerzos. Finalmente, cuando expira la patente, no está garantizado que la difusión o utilización de la misma pueda hacerse libremente<sup>12</sup>.

### Subvenciones y Premios.

Cabe preguntarse, entonces, si existen otros mecanismos alternativos para incentivar la innovación. Dixit (1988) investiga la optimalidad de un conjunto de políticas (premios en función de los resultados de la actividad de I+D, subvenciones a los inputs fijos, subvenciones a los inputs corrientes), en un contexto en el que existe incertidumbre en relación al esfuerzo en I+D necesario antes de que una empresa obtenga el resultado, en el que la actividad investigadora comporta costes fijos<sup>13</sup>, y en el que se dan

---

la duración y la amplitud de la patente óptima: Gilbert y Shapiro (1990), Klemperer (1990) y Scotchmer y Green (1990).

<sup>11</sup>Levin (1986) sugiere que en el caso de que la protección que proporciona la patente sea efectiva, y los costes de imitación elevados, se deberían controlar las cláusulas de carácter anticompetitivo establecidas en los contratos de licencia, dado que pueden conducir a sustanciales pérdidas de eficiencia. Por el contrario, si la protección que ofrece la patente es débil, los efectos negativos de tales cláusulas no serán importantes.

<sup>12</sup>Grabowski y Vernon (1986) concluyen, de su estudio de 200 productos farmacéuticos cuyas patentes habían expirado en 1983, que la exigencia legal de que los imitadores duplicaran las pruebas de seguridad y eficacia de la empresa introductora del producto constituía una barrera efectiva a la entrada.

<sup>13</sup>Dixit supone que los costes de I+D tienen dos componentes: un

externalidades positivas y negativas. Estas últimas consisten, respectivamente, en la generación de beneficios no apropiables por parte de una empresa, y en la duplicación de esfuerzos o 'common pool', a nivel del sector.

Inspirado en trabajos anteriores de otros autores, Dixit construye un modelo que permite obtener diversos resultados de los primeros como casos particulares. Supone que existen muchas empresas, suficientemente pequeñas, que participan en la carrera de I+D (un continuo de empresas compiten por una patente) y que cada una elige un nivel de input fijo y de input corriente, lo que determina la probabilidad condicional de ganar la carrera en el período siguiente, dado que ninguna otra empresa lo ha hecho. Esta probabilidad condicional es conocida como la función de riesgo (*hazard rate*). Una empresa individual considera que la función de riesgo de la industria es constante: sus propias decisiones no la alteran, es decir que la empresa tiene un comportamiento competitivo. Dixit encuentra, para niveles dados de beneficios apropiables y no apropiables, la solución de equilibrio de mercado, y la compara con la que se obtendría en el caso de que un planificador social maximizara la contribución esperada de la industria al bienestar social. La diferencia entre las dos soluciones depende del efecto neto de las externalidades positivas

---

coste irreversible inicial (initial lump-sum costs) y un coste variable a lo largo de la carrera.

(beneficios no apropiables: excedente del consumidor, beneficios apropiados por otras empresas, etc.) y negativas (el efecto-duplicación). El mercado puede conducir tanto a poco como a demasiado esfuerzo en I+D, en relación al óptimo, dependiendo de si los beneficios no apropiables son superiores a la pérdida de bienestar generada por la duplicación de esfuerzos.

Las conclusiones que produce el modelo de Dixit con respecto a la política óptima para corregir las externalidades en I+D son las siguientes:

Primero, la política óptima para corregir las externalidades consiste en premiar o castigar mediante un impuesto (negativo o positivo, respectivamente) a la empresa ganadora de la carrera. No es preciso subvencionar o poner impuestos sobre los inputs. La magnitud del premio o castigo es función del valor de la externalidad positiva, del esfuerzo en I+D del conjunto del sector medido por el coste de los inputs corrientes, de la función de riesgo del sector y de la tasa de interés.

Segundo, una subvención (o impuesto) a todos los costes (fijos y variables *-recurrent-*) también puede conducir al nivel óptimo de I+D. Si la subvención se aplica a sólo un tipo de costes (por ejemplo, a los costes de capital, facilitando la participación de más empresas en la carrera), se introducen distorsiones en la elección de los inputs y por tanto se obtiene una asignación ineficiente.

Tercero, la subvención óptima a I+D es superior cuando las empresas son iguales que cuando no lo son (en el supuesto de que son distintas en el sentido de que alguna tiene una ventaja comparativa para innovar). Ello es así porque el esfuerzo agregado del sector será superior si son iguales.

Cuarto, si las empresas no tienen un comportamiento competitivo, sino que tienen en cuenta el efecto de sus decisiones sobre la función de riesgo de la industria (supuesto de comportamiento Nash), entonces cada empresa internaliza en alguna medida la externalidad negativa, y por tanto ésta se reduce. La política óptima debería tener en cuenta esta circunstancia, subvencionando o gravando cada empresa en particular según su grado de internalización. Cuanto 'mayor' sea la empresa, cabe esperar mayor grado de internalización, y por tanto le corresponderá, ceteris paribus, un premio o subvención superior.

De las simplificaciones que necesariamente comporta la realización de un análisis formal, al menos dos parecen particularmente relevantes, en el caso del modelo desarrollado por Dixit, en el momento de derivar directrices para una política pública en el ámbito de la innovación tecnológica. En primer lugar, como el propio autor hace notar, no se considera que pueda existir un proceso de aprendizaje o experiencia. Es posible que si se hiciera, el resultado fuera dar la subvención antes de obtener la innovación, porque ello permitiría adelantar la fecha en que

ésta se produce. Naturalmente, esto presenta el problema de que es necesario anticipar cuál será la empresa ganadora. En segundo lugar, dado que el resultado de la carrera es incierto, no es lo mismo para la empresa contar con una subvención a los costes de participar en la carrera, que con un premio que se obtiene una vez se ha acabado la misma, y que se otorga únicamente al ganador.

A pesar de las limitaciones mencionadas, el modelo de Dixit permite resaltar la importancia de dos aspectos que sin duda deben considerarse explícitamente en el diseño de una política pública:

1. En un contexto en el que la innovación tecnológica aparece como resultado de una carrera, y existen dificultades de apropiabilidad de los beneficios, se debe premiar (o castigar) al ganador. Ello implica política de I+D muy selectiva, basada en la observación, ex post, del ganador o generador de cada innovación. Requiere, por parte de la institución pública, recoger información sobre las innovaciones generadas, sus costes y su valor, es decir, capacidad de evaluar el efecto neto de las externalidades.

2. Es muy importante conocer además el tipo de comportamiento estratégico seguido por las empresas, porque ello incide en la presencia y magnitud de la duplicación de esfuerzos (common-pool). Bajo un comportamiento de Nash, al internalizarse las externalidades negativas, los premios o

subvenciones serán superiores, a igualdad de condiciones, que bajo un comportamiento perfectamente competitivo.

#### **Patentes, Premios, y Contratos de I+D.**

Wright (1983) muestra que bajo condiciones razonables, estos tres instrumentos pueden no conducir al mismo resultado, y que cada uno de ellos será adecuado bajo distintas condiciones. Observa el autor que la concesión de una patente introduce una distorsión; por tanto, un premio (o contrato de I+D) financiado por un impuesto no distorsionador deberá ser preferido en general a la concesión de una patente. A menos que la empresa tenga información privada sobre los beneficios y costes de la innovación, y la institución pública no la tenga. En este caso, a través de un ejemplo el autor muestra que el mecanismo de patentes será preferible al de premios si la probabilidad de éxito (del proyecto de I+D) es baja, y la elasticidad de la oferta de investigación moderadamente elevada. En caso contrario, contratos de I+D o premios dominan el mecanismo de patentes.

Debe remarcarse que la conveniencia y magnitud de la subvención óptima no se debe a la incertidumbre. La única incidencia de la misma reside, en el modelo de Dixit, en cuándo se da la subvención, porque el único problema que plantea la incertidumbre es el de la identidad de la empresa ganadora de la carrera, desconocida antes de que ésta se inicie. La causa de que exista un fallo de mercado en el modelo de Dixit es,

exclusivamente, la presencia de externalidades. Sin embargo, es posible que la asignación privada de recursos a I+D sea sub-óptima debido no a la presencia de externalidades, sino a la existencia de incertidumbre en relación al resultado del esfuerzo en I+D que realice una empresa determinada.

## 2.2. Información imperfecta.

Como se ha puesto de manifiesto en el Capítulo I, una característica importante de las actividades de I+D es la incertidumbre en cuanto a su resultado. En la literatura sobre la intervención pública, pueden encontrarse referencias a la necesidad de la misma en determinados casos. Dos estudios que plantean la intervención pública como consecuencia de los efectos generados por la presencia de incertidumbre son el de Suzumura y Okuno (1983) y Stoneman (1987).

Suzumura y Okuno desarrollan, en un contexto estático, un modelo que permita investigar la optimalidad de la intervención pública cuando existen diferencias entre la aversión privada al riesgo y la aversión social<sup>14</sup>. Aunque los autores no hacen

---

<sup>14</sup>Un ejemplo que ilustra la posibilidad de dicha divergencia es la siguiente afirmación, realizada por un alto cargo de una empresa privada: 'One shouldn't be foolish to say that it is only the short term R&D which gives a return on investment. But it is always very difficult to demonstrate to shareholders that in the longer term you get a return on fundamental research' (Harry

referencia a las actividades de I+D, podemos considerar que los resultados de su modelo son aplicables a este caso. Al fin y al cabo, una innovación se produce tras una serie de actividades de investigación cuyo resultado no es conocido con seguridad de antemano. Para ello elaboran un modelo de equilibrio general con dos sectores productivos, en uno de los cuales la función de producción tiene un componente estocástico multiplicativo<sup>15</sup>. Utilizando la hipótesis de la utilidad esperada, las siguientes proposiciones emergen de su análisis<sup>16</sup>. En primer lugar, una subvención al sector arriesgado conduce a que aumente el input asignado a esta actividad, así como el valor esperado de la renta nacional. Segundo, bajo la premisa de que la subvención del sector arriesgado sólo será justificable si la misma permite aumentar la utilidad esperada del consumidor, se obtiene que esta condición se cumple sólo si el margen de riesgo del productor es superior al del consumidor. El margen de riesgo es el precio que el consumidor (productor) está dispuesto a pagar a cambio de una unidad adicional de renta segura, en lugar de una unidad adicional de

---

Beckers, coordinador de investigación de Royal Dutch/Shell, en 'The Discipline of Curiosity', Groen et al, Elsevier Science Publishers, 1990.

<sup>15</sup>Para el sector con incertidumbre, la función de producción viene dada por  $x = \phi(\theta)*f(z)$ , donde  $z$  es el input,  $f$  la función de producción,  $\theta$  el estado de la naturaleza, y  $\phi$  una función que representa la distribución de los rendimientos en cada estado de la naturaleza.

<sup>16</sup>Naturalmente, los resultados pueden ser sensibles a cambios en la especificación de la incertidumbre.

renta aleatoria<sup>17</sup>. Y tercero, la condición anterior se reduce, si la varianza del output del sector arriesgado es suficientemente pequeña, a que el grado de aversión al riesgo del productor sea superior al del consumidor. En general, se desprende, pues, que la optimalidad de las subvenciones a las actividades cuyo resultado es incierto depende de las actitudes frente al riesgo de consumidores y productores<sup>18</sup>.

¿Qué se puede extraer de este modelo en relación a la intervención pública? El modelo sugiere, dados los supuestos utilizados, que la subvención de las actividades de I+D de todas las empresas, cuando se cumple la condición de que existan discrepancias en la aversión al riesgo de productores y consumidores, permite un incremento del bienestar social.

Sin embargo, una política de provisión de información también podría afectar los parámetros que caracterizan la función de distribución de los beneficios de investigar, y por tanto alterar la asignación privada de recursos a I+D. Por ejemplo, en el caso de que los beneficios derivados de la actividad innovadora tengan

---

<sup>17</sup> Esta es una interpretación de los resultados formales de los autores, que los mismos no realizan.

<sup>18</sup> Los efectos de la presencia de incertidumbre pueden ser mucho más complejos. Normalmente, existen diversas maneras de buscar un resultado, y pueden buscarse distintos tipos de resultados. Cada camino de búsqueda, es decir, cada proyecto, tendrá un nivel de riesgo asociado. Las empresas escogerán una cartera de proyectos que puede coincidir o no con la cartera socialmente óptima.

una función de distribución normal, la disponibilidad de información adicional afectará tanto la varianza a la media de la función de beneficios. Por ejemplo, la provisión de información puede consistir en la difusión de resultados obtenidos en las ciencias básicas, con lo cual las empresas pueden evaluar con mayor precisión los riesgos involucrados en sus proyectos potenciales, o en la difusión de información sobre mercados potenciales. Vives (1990) muestra cómo una mayor precisión de la información aumenta la competitividad de una empresa. En la medida en que existan fallos de mercado en la provisión y transmisión de la información (debido a la utilización estratégica de la misma, y a la presencia de información asimétrica), puede encontrarse una racionalidad a la creación de instituciones dedicadas a esta actividad. Ello nos lleva al tercer trabajo, en el que se comparan los efectos de una subvención a la adopción de una nueva tecnología, con los de provisión de información<sup>19</sup>.

Stoneman (1987) presenta un modelo, basado en trabajos anteriores del propio autor con P. David, que permite analizar los efectos de dos políticas que se han utilizado comúnmente con el objetivo de acelerar la adopción de nuevas tecnologías. Estas

---

<sup>19</sup>Aunque el modelo trata de la decisión de adopción de una nueva tecnología sobre la que existe información imperfecta, podemos extrapolar los resultados del mismo a la decisión de realizar o no I+D, cuando para tomarla hace falta saber, por ejemplo, cuáles han sido los últimos avances en la ciencia, avances que tienen lugar en el ámbito académico o en laboratorios especializados.

políticas son: provisión de información sobre la existencia y características de una nueva tecnología, y subvención de la compra de la misma. Un elemento fundamental del modelo es que la información sobre la existencia de la nueva tecnología es limitada, y que los agentes aprenden de forma epidémica (esperando simplemente que les llegue información nueva). El segundo elemento importante es que se distingue entre la industria proveedora de la nueva tecnología y la industria usuaria, así como entre diversas estructuras de mercado para la primera. Mediante este modelo se muestran una serie de puntos, entre los que destacan los siguientes:

- La maximización del bienestar implica límites al grado de difusión, en el sentido de que el número óptimo de usuarios de una nueva tecnología es aquel determinado por el punto en el que los beneficios del usuario adicional son iguales al coste adicional de proveerle con la nueva tecnología.
  
- Los efectos de cada política sobre el número de usuarios en cada período depende del poder de mercado en la industria proveedora de la innovación; si ésta es competitiva, entonces las políticas de provisión de información conducen a mayor uso y bienestar. Una subvención incrementa el número de usuarios, pero no necesariamente el bienestar, puesto que para algunos usuarios los beneficios generados pueden ser inferiores al coste social de la innovación.

- Si las políticas son anticipadas por los proveedores, los efectos de las mismas serán distintos. Por ejemplo, la provisión pública de información puede simplemente desplazar la provisión privada de la misma; la concesión de subvenciones a los compradores puede conducir simplemente a un aumento del precio.

Los posibles problemas asociados a la provisión pública de información son que la agencia pública debe decidir qué tipo de información crear, y ser capaz de discriminar entre aquella que las empresas estarían dispuestas a producir y la que no.

### **2.3. Indivisibilidades, complementariedades, y fallos de información: los acuerdos de cooperación.**

Frente a los dos primeros tipos de problemas, los acuerdos de cooperación entre empresas pueden en principio permitir una asignación de recursos eficiente a I+D<sup>20</sup>. Dos preguntas interesantes son : 1) ¿Es siempre deseable la cooperación entre empresas, o en otras palabras, permite la cooperación obtener ganancias sociales?, y 2) ¿Producirá el mecanismo de mercado suficientes incentivos para la realización de acuerdos de

---

<sup>20</sup> Nótese que los acuerdos también podrían evitar la duplicación de esfuerzos.

cooperación (*research joint ventures*), o es precisa la intervención pública?

Respecto a la primera cuestión, la respuesta es 'depende'. Por ejemplo, cuando las empresas rivalizan por obtener el mismo tipo de innovación, se produce el clásico efecto de duplicación de esfuerzos. En este caso, la cooperación mejora el excedente total. Sin embargo, si cada empresa busca una innovación específica, lo que es probable que ocurra en mercados de competencia monopolística, entonces no se produce tal duplicación, y por ello la cooperación no aporta ninguna ganancia<sup>21</sup>. Sin embargo, esta conclusión no es general, puesto que si las empresas 'están suficientemente cerca unas de otras', es posible que la cooperación permita reducir costes de investigación al compartir algunos inputs. En definitiva, diversos factores influyen en la deseabilidad de la cooperación en I+D, entre ellos las características de la función de costes de I+D y el tipo de competencia en el mercado. Las ventajas de la cooperación varían en función de dichas características.

Se dispone de algunos estudios teóricos que abordan respecto a la segunda pregunta planteada, es decir, la capacidad del mecanismo de mercado de conducir al grado de cooperación eficiente. Katz (1986) muestra que estos acuerdos son improbables

---

<sup>21</sup>Véase Ulph (1991).

cuando las empresas son rivales en el mercado del producto. Ulph (1991) también muestra que las fuerzas del mercado pueden conducir tanto a demasiada como a demasiado poca cooperación. En cualquier caso, aunque no se dispone aún de suficientes modelos teóricos que exploren con mayor detalle las dos preguntas planteadas al inicio de este sub-apartado, puede anticiparse que la comprensión general del proceso de I+D y la extracción de reglas respecto a la intervención pública, aún limitándonos a la cuestión de cooperación, es y será compleja.

Finalmente, debe mencionarse uno de los mecanismos de promoción de I+D que se han utilizado en los últimos años en diversos países son los 'parques tecnológicos' o 'centros de innovación', subvencionados frecuentemente por instituciones públicas regionales o locales, y que pueden encontrar justificación en los fallos de coordinación, indivisibilidades y externalidades de ámbito espacial local. Apenas existen, aparentemente, estudios sobre este tema desde la perspectiva del análisis microeconómico. En cambio, este tema ha sido y es objeto de estudio desde la perspectiva de la geografía regional. Existe alguna excepción, como es el caso del trabajo de Lacroix y Martin (1988), quienes se plantean la pregunta de si existe un grado óptimo de descentralización de las actividades públicas de promoción de la I+D. Los autores concluyen que el tamaño y densidad de un país afectan los costes y beneficios derivados de la descentralización.

## 2.5. Imperfecciones en el mercado de capitales.

La disponibilidad de fondos privados para financiar las actividades de I+D puede ser inferior a la óptima o sesgada como resultado de la presencia de imperfecciones en el mercado de capitales. ¿Cuáles son estas imperfecciones, cuáles sus efectos, y, existe la posibilidad de que la intervención pública los contrarreste? A continuación se destacan algunos puntos importantes en torno a esta discusión<sup>22</sup>.

La responsabilidad limitada en caso de quiebra introduce un tipo de asimetría, que resulta en que tiendan a solicitar créditos empresas con mayor probabilidad de quiebra. Si la tasa de interés debe ser la misma para todo tipo de empresas, ésta tenderá a ser superior a la óptima desde el punto de vista social. Por ello, en principio una tasa de interés subvencionada puede aumentar el excedente total, puesto que aceptarán el crédito empresas para las que el rendimiento del proyecto no es muy elevado pero cuya probabilidad de quiebra no es alta, empresas que se verían excluidas en caso contrario.

Puede darse además, en el caso de los proyectos de I+D, otro tipo de asimetría. Puede darse para estos proyectos, de forma más generalizada que con otras actividades de las empresas, un

---

<sup>22</sup>Esta discusión se basa fundamentalmente en Grossman (1990).

problema de información asimétrica: la empresa que solicita un crédito conoce mejor el riesgo asociado a dichos proyectos y su capacidad de obtener resultados que la institución a la cual se solicita. La tasa de interés de equilibrio reflejará este hecho, y si se subvenciona, tenderán a solicitar créditos empresas con proyectos 'malos', disminuyendo por tanto el excedente total.

Los dos tipos de factores señalados conducen a intervenciones públicas de distinto signo.

Finalmente, la comparación entre dos formas específicas de intervención, en particular entre la provisión de crédito subvencionado y la subvención de inputs específicos, se ha analizado en el marco de la adopción de nueva tecnología. Just y Zilberman (1988) estudian los efectos de distintas políticas para incentivar la adopción de una nueva tecnología, cuando pueden existir o no costes fijos de adopción, pero en cualquier caso una empresa se enfrenta a restricciones de crédito<sup>23</sup>. Sus conclusiones son las siguientes:

- a) Un aumento en el crédito disponible, a la tasa de mercado, aumenta la intensidad de adopción de las empresas que han agotado su disponibilidad de crédito privado. La intensidad de adopción de las empresas 'no restringidas' no varía. Entre

---

<sup>23</sup>Aunque su modelo está diseñado para recoger rasgos peculiares de la adopción en el sector agrícola, su interés radica en que ilustran las distintas consecuencias de distintos instrumentos. Es posible que sus resultados se puedan extender a la decisión de realizar I+D.

las que no habían adoptado, lo harán sólo las que no lo habían hecho por falta de créditos.

b) La disponibilidad de crédito subvencionado aumenta la intensidad de adopción de aquellas empresas que no habían agotado las posibilidades de hacerlo. Además, parte de las que no hubieran adoptado lo hacen, tanto si no lo habían hecho debido a restricciones de crédito como en razón de su grado de aversión al riesgo.

El modelo predice, pues, que los distintos tipos de intervención afectarán a distintos grupos de empresas.

## 2.5. Conclusiones.

Se dispone todavía de pocos modelos que analicen la forma de intervención pública adecuada con respecto a la innovación tecnológica. Si bien podemos observar que se existen esfuerzos en esta dirección, este esfuerzo aún no es suficiente para permitir la extracción de conclusiones generales.

A pesar de esta escasez, existen algunos resultados potencialmente útiles, que se derivan de las investigaciones comentadas, para establecer criterios para la intervención pública en I+D. Estos son, resumidamente, los siguientes:

1. Cuando la suboptimalidad en la asignación de recursos a I+D está generada exclusivamente por la presencia de externalidades, si agencia pública y empresa tienen la misma información, y la actividad de I+D se produce en el contexto de una carrera, la

política óptima consiste en conceder un premio (o subvención a todos los inputs de I+D) a la empresa innovadora.

2. Cuando el problema son las externalidades, pero existen asimetrías en la información poseída por la agencia pública y la agencia, la política óptima consiste en un sistema de patentes.

3. Cuando se contemplan los fallos de mercado derivados de imperfecciones en los mercados de la información en general, es posible que en algunos casos la política óptima consista en la creación de instituciones públicas dedicadas a la provisión y transmisión de información, con el objetivo de reducir la incertidumbre y permitir que los mercados conduzcan a asignaciones más eficientes.

4. Con respecto a las repercusiones que las imperfecciones en otros mercados pueden tener, no parece haberse investigado suficientemente la cuestión de hasta qué punto debe incidirse sobre dichos mercados, y no sobre I+D (caso del mercado de capitales; o de los monopolios regulados).

5. Se ha señalado la posibilidad de que aparezcan dilemas entre distintos tipos de intervención o incompatibilidades entre distintos objetivos. En particular, algunos autores han apuntado que las leyes de protección de la competencia (*anti-trust*) pueden suponer un obstáculo a la colaboración necesaria entre empresas

para llevar a cabo innovaciones<sup>24</sup> .

---

<sup>24</sup>Véase al respecto el debate mantenido entre Jorde y Teece (1990) por un lado, y Brodley (1990) y Shapiro y Willig (1990) por otro.

### 3. Problemas asociados a la intervención pública.

Existen aspectos poco explorados en la teoría económica relativa a la intervención pública en el área de I+D<sup>25</sup>, lo que probablemente contribuye a explicar el escepticismo que frente a la misma manifiestan tanto políticos como académicos<sup>26</sup>.

Las reflexiones de algunos políticos y académicos coinciden en señalar que existen una serie de dificultades relacionadas con la puesta en práctica de la política óptima de I+D<sup>27</sup>. De las investigaciones descritas en el apartado anterior se desprende que la intervención pública en I+D debería consistir, presumiblemente, en un abanico de instrumentos, puesto que una política de premios (o subvenciones), cuya magnitud debe ser adecuada en cada caso, no sería óptima en casos en que la asimetría de información sea importante.

Decidir en cada caso el premio, patente o provisión de

---

<sup>25</sup>Debe decirse que sí existe una abundante literatura teórica que investiga los mecanismos de generación y transmisión de información, así como el diseño de procesos para cumplir objetivos sociales en presencia de comportamiento estratégico de los agentes.

<sup>26</sup>Veanse, por ejemplo, diversos artículos publicados en Research Policy 18, 1989.

<sup>27</sup>Véanse, por ejemplo, Nelson (1982), MacDonald (1986), McKeon y Ryan (1989).

información adecuado requiere capacidad o eficiencia del Estado para: 1) recoger y tratar la información necesaria para medir el valor de las externalidades positivas y negativas asociadas a cada innovación<sup>28</sup>; 2) decidir en cada caso el mecanismo apropiado de intervención; 3) decidir qué tipo de información debe proveer o transmitir, así como el mecanismo adecuado para ello. Esto constituye la primera dificultad práctica. Apenas existen investigaciones formales sobre cómo debe llevarse a cabo la política óptima. Un segundo aspecto reside en las repercusiones que los incentivos de políticos y empleados públicos pueden tener sobre las políticas de I+D.

El análisis de la intervención pública en las decisiones de producción en general ha experimentado una gran expansión en los últimos veinte años. Aunque inicialmente dicho análisis se centró en los posibles efectos negativos o costes asociados a la regulación del monopolio<sup>29</sup>, en la actualidad abarca los problemas de la regulación en sentido amplio. Dos de los problemas que se han investigado recientemente son: por un lado, los costes asociados a las distintas formas de intervención; por otro, los relacionados con la interacción entre principios económicos de la

---

<sup>28</sup>Ver, por ejemplo, R. McKeon y J.A. Ryan (1989).

<sup>29</sup>La obra de Alfred Kahn, 'The Economics of Regulation: Principles and Institutions', publicada en dos volúmenes en 1970-71, y después en 1988, constituye una referencia clásica sobre la regulación del monopolio.

intervención e incentivos políticos.

Con respecto al primer problema, Joskow y Rose (1989) ofrecen un resumen de buena parte de la literatura que ha estudiado los efectos de la regulación (entendiendo por tal las normas legales y administrativas que fijan los precios y la entrada en determinados mercados) sobre los costes de producción, la calidad del producto, o sobre la innovación de las empresas reguladas. Una de las conclusiones que emergen es que la regulación puede tener efectos no previstos o intencionados. Por ejemplo, existe evidencia empírica de que en algunos casos ciertas regulaciones cuyo objetivo es asegurar la calidad de los productos, pueden tener precisamente el efecto de retardar la introducción de nuevos productos<sup>30</sup>. Del mismo modo, la intervención en las actividades de I+D puede tener efectos no intencionados que representen, en ciertas condiciones, mayores costes que beneficios de tal intervención. Sin embargo, éste es un aspecto aparentemente apenas abordado en la literatura de I+D.

Con respecto al segundo tipo de problemas, existen trabajos que muestran cómo, si no se cumplen ciertas condiciones -información perfecta, ausencia de costes de información y de

---

<sup>30</sup> Este es el resultado de los trabajos de Wiggins (1981, 1983) en relación a los efectos de las normas de la Food and Drug Administration en los EE.UU. dirigidas a garantizar la seguridad y eficacia de los medicamentos.

transacción- la intervención pública puede ser afectada por la actuación de grupos de interés, de forma que la misma puede crear ineficiencias. El problema que se plantea al político se puede caracterizar como uno de agente y principal, en el que éste debe diseñar los incentivos adecuados para conseguir el objetivo deseado<sup>31</sup>. Existen algunas investigaciones en esta línea aplicadas a las actividades de I+D.

### 3.1. Limitaciones de la intervención pública en relación con el fomento de la I+D.

Puede ocurrir que determinadas formas de intervención pública no produzcan los efectos deseados debido a que pueden darse dos problemas, separada o simultáneamente: por un lado, por el comportamiento estratégico de las empresas, en el sentido que éstas modificarán sus decisiones pero no de forma compatible con el objetivo de la política; y por otro, porque si se dan diferencias entre la información disponible al Estado y la que tiene una empresa, ésta puede utilizar dicha asimetría estratégicamente.

Una ilustración de los efectos distorsionadores que pueden estar asociados a una intervención determinada la proporciona el

---

<sup>31</sup>Noll (1989) ofrece un survey sobre esta literatura.

análisis de los incentivos fiscales a la I+D. En Usategui (1989), se encuentran unas reflexiones en torno a los efectos de los incentivos fiscales a la innovación, en las que se ilustra cómo los mismos pueden resultar desincentivadores y discriminatorios. Además, la efectividad de los incentivos fiscales a la adopción de innovaciones puede estar condicionada por el poder de mercado de los proveedores de la innovación, debido a que éstos reaccionarán ante la introducción del incentivo fiscal.

Debido a que la relación entre el esfuerzo en I+D y su resultado es incierta, y siendo el control del primero costoso, pueden presentarse problemas de incentivos derivados de **asimetrías en la información** de que disponen las dos partes involucradas en una transacción. Los problemas de incentivos bajo información asimétrica afectan tanto los contratos entre empresas, como entre las empresas y la agencia pública, de forma que en este último caso, se produce un 'fallo en la intervención', en el sentido de que la misma no conduce al resultado óptimo deseado. En esta situación, el diseño de la política óptima debe tener en cuenta que el premio o la subvención deberían ser tales que induzcan el esfuerzo deseado. Este es un caso particular del problema de principal y agente<sup>32</sup>.

---

<sup>32</sup>Los dos problemas que se plantean son: *riesgo moral*, debido a que una de las partes contratantes puede realizar acciones que cambiarían la valoración que la segunda parte haría del contrato, siendo imposible por parte de esta última controlar perfectamente las acciones de la primera; y *selección adversa*, que se produce

En el apartado anterior ya se ha citado el trabajo de Wright, en el que se muestra cómo la política óptima varía en función de los supuestos sobre la información disponible a las dos partes. Otra investigación en la misma dirección es la de Keck (1988), quien muestra cómo, cuando existen diferencias entre la información que tienen sobre un proyecto determinado la empresa y la administración, la empresa puede no tener ningún incentivo para revelarla. Puede existir un nivel óptimo de reparto de costes del proyecto que resuelva este problema, aunque puede no ser siempre factible, según cual sea la información de que no dispone el Estado. Por ello no es sorprendente que en la práctica se observe la utilización de reglas discrecionales, del tipo 'se subvenciona un tercio o la mitad' del coste de un proyecto.

### **3.2. Incentivos políticos.**

Noll (1985) ofrece unas reflexiones sobre cómo el proceso electoral afecta las decisiones públicas. Tres rasgos del proceso electoral producen determinada estructura de incentivos en relación a las políticas de I+D. Estos rasgos son: primero, los contratos políticos son de duración limitada; segundo, la

---

cuando una de las partes contratantes tiene información relevante desconocida para la otra.

responsabilidad de los elegidos con respecto al resultado de muchas políticas es limitada; y tercero, los electores suelen estar preocupados no sólo por los beneficios sociales netos generados por una política, sino por su distribución. Las consecuencias de estos rasgos del proceso electoral para la actuación de los políticos en el área de I+D son las siguientes, según Noll:

a) Los políticos tenderán a la impaciencia: por ello, habrá un sesgo hacia políticas que producen resultados a corto plazo;

b) Los políticos tenderán a ser aversos al riesgo: puesto que la reelección de un político depende de la decisión de los electores, se tenderá a impulsar programas cuyos beneficiarios estén claramente definidos desde el principio, y se descartarán aquellos con beneficios diluidos o cuyos últimos beneficiarios son inciertos;

c) Los políticos tenderán a escoger programas poco controvertidos, cuyos beneficios sean claramente percibidos como tales por la mayoría.

Todos estos factores juegan en contra de las políticas de I+D, porque la I+D es una actividad cuyos resultados pueden ser muy inciertos, tomar mucho tiempo, y los beneficios estar muy

diluidos<sup>33</sup>. La concesión de fondos públicos a una sólo empresa para la consecución de una innovación (tal como implicaría un sistema de subvenciones como el obtenido en el modelo de Dixit), puede tener la consecuencia de que sean perjudicadas las empresas (y trabajadores) que no disponen de ellos. Los beneficios de dicha política pueden ser poco visibles en relación a los costes.

### 3.3. Conclusiones.

1. Debe profundizarse en el análisis de los costes y beneficios de la intervención desde diversos puntos de vista: caracterización de las posibles distorsiones creadas por la intervención, y dificultades institucionales y políticas relacionadas con la aplicación de las políticas óptimas.

2. La diversidad de situaciones que pueden darse en la práctica en relación a la generación de innovaciones (presencia y magnitud de externalidades, riesgo, indivisibilidades, importancia de la innovación, disponibilidad de información, etc., que pueden darse en mayor o menor grado simultáneamente) hacen que la puesta en práctica de una política óptima sin costes o errores sea seguramente imposible. Sin embargo, ello no conduce a la

---

<sup>33</sup>Por ello, dentro del presupuesto público total el volumen asignado a la promoción de la I+D puede variar más en función de criterios puramente electorales que económicos.

conclusión de que es mejor no intervenir. Debe tenerse en cuenta que no es lo mismo cometer lo que en estadística se conoce como error tipo II (que equivaldría a intervenir en algunos casos en los que no es necesario) que un error tipo I (no intervenir cuando hacerlo mejora la asignación de recursos), porque las consecuencias no son simétricas en términos de eficiencia. El problema que se plantea en la práctica es, como dice Kahn refiriéndose a la regulación del monopolio, el de la elección entre sistemas imperfectos:

'To the pragmatist and twentieth-century liberal, competition is the preferred method for both restraining and prodding private management. To the extent it can be relied on, the institution itself, rather than either political or managerial *policy*, takes over responsibility for the public interest. All competition is imperfect; the preferred remedy is to try to diminish the imperfections. Even when highly imperfect, it can often be a valuable supplement to regulation. But to the extent that it is intolerably imperfect, the only acceptable alternative is regulation. And for the inescapable imperfections of regulation, the only available remedy is to try to make it work better.'

(Alfred Kahn (1988), págs. 328-329/II)

#### 4. Evaluaciones de la intervención pública en las actividades de I+D.

Como ya se ha dicho, los tipos de intervención que se encuentran en la práctica son las subvenciones a la investigación básica, los créditos subvencionados, los incentivos fiscales a las empresas que innovan o investigan, y la provisión pública de información (de la que un ejemplo clásico y antiguo son las agencias de extensión agraria)<sup>34</sup>. Existen, sin embargo, pocos estudios cuantitativos, y en especial econométricos, sobre los efectos de dichas políticas.

Las preguntas que cabe plantearse son las siguientes: ¿Ha conducido la política adoptada a los objetivos finales deseados? ¿Se han introducido distorsiones importantes? En el caso de medidas dirigidas a las empresas (créditos subvencionados, incentivos fiscales), ¿han respondido éstas? ¿Cómo han respondido: ha aumentado su productividad, su tasa de innovación? ¿Hubieran hecho lo mismo sin ayuda pública? ¿Se produce desviación de fondos hacia otras actividades de la empresa (*crowding-out*)?

---

<sup>34</sup>No siempre la intervención ha sido justificada bajo el criterio económico de fallos de mercado. Algunas veces se puede haber apoyado sobre el concepto de 'ventaja comparativa dinámica' (*infant-industry*), o sobre la idea de facilitar los ajustes frente a los cambios, o sobre criterios políticos (noción de sector estratégico para la seguridad nacional).

Contestar estas preguntas requiere conocer bien cuáles son los factores que inciden en la innovación, y tener una buena base de datos. Pueden existir distintos tipos de evaluación, de acuerdo con diversos objetivos. Uno es la evaluación individual, o empresa por empresa (¿se ha conseguido el objetivo del proyecto? ¿se ha realizado el esfuerzo acordado?). Este nivel es necesario para decidir la renovación de subvenciones a empresas individuales, o para extraer criterios cualitativos para conceder nuevas ayudas. El segundo tipo es una evaluación más general, cuyo objetivo es detectar, en promedio, qué empresas responden, y cómo lo hacen, y de cuantificar los efectos sobre la productividad a medio plazo. Este tipo de evaluación, basada en el estudio estadístico y econométrico de un conjunto de observaciones, puede ser útil para evaluar una política de I+D en conjunto, y al tiempo aportar información para la evaluación de casos individuales, puesto que debido a la incertidumbre asociada a las actividades de I+D, debe esperarse una determinada proporción de fracasos.

#### **4.1. Evaluaciones cualitativas.**

Las dificultades asociadas a la intervención pública mencionadas en el apartado anterior probablemente contribuyen a explicar el escepticismo que se desprende de diversas valoraciones cualitativas. Una de ellas es la que se encuentra en Nelson

(1982), quien en un un breve artículo, resume las conclusiones de un amplio estudio<sup>35</sup>:

- El apoyo a la I+D de las empresas parece ser muy efectivo cuando el Estado compra bienes o servicios cuya producción exige I+D. Ello es así porque como comprador, el Estado conoce sus necesidades en cuanto a usuario, y por tanto las características que el nuevo producto debe reunir<sup>36</sup>.

- La capacidad del Estado de financiar de forma efectiva el desarrollo de tecnologías genéricas es menos efectivo si el Estado no va a ser usuario de los productos generados, porque no tendrá acceso a la información necesaria. Una excepción es la financiación de investigación básica (non-proprietary), cuando en la asignación de recursos a la misma participa la comunidad científica y técnica relevante.

- Las dificultades que obstaculizan la eficiencia de la intervención pública aumentan a medida que la investigación que se financia públicamente adquiere un carácter más aplicado. En este

---

<sup>35</sup>El estudio fue llevado a cabo en el Center for Science and Technology Policy, New York University.

<sup>36</sup>Es posible que aunque el Estado no conozca perfectamente las características del producto deseado, al ser el usuario tenga más mecanismos para evaluar los resultados de las actividades de I+D, y de incidir en la misma.

caso, las asimetrías en la información entre las empresas y la institución pública pueden tener efectos importantes. Una condición necesaria para que la intervención pública sea efectiva en este caso es el mercado en el que tienen lugar sea competitivo, es decir, que las empresas sean precio-aceptantes (el ejemplo clásico es el de la financiación pública de la investigación agraria en los EE.UU.).

- La experiencia con la intervención del tipo 'escoger o apostar por ganadores' ha sido negativa, porque el Estado no tiene normalmente la experiencia técnica ni comercial necesaria.

El estudio individual de casos constituye sin duda una herramienta útil y necesaria para evaluar la efectividad de la intervención pública. Sin embargo, puede ocurrir que se encuentren todo tipo de casos particulares, de forma que dificulten la extracción de conclusiones generales. Si se desea obtener evidencia sobre cuál es, en promedio, la efectividad de la intervención pública, puede ser muy útil recurrir a una evaluación econométrica.

#### **4.2. Evaluaciones econométricas.**

¿Qué pueden aportar los modelos econométricos en relación al análisis caso por caso? En primer lugar, para obtener una estimación cuantitativa del impacto que las innovaciones

tecnológicas o el esfuerzo innovador tienen sobre el crecimiento económico, es decir, a nivel agregado, resulta imprescindible recurrir a la estimación de modelos econométricos. Algunos ejemplos recientes, que no los primeros, son: Levy and Terleckyj (1983), y Griliches y Mairesse (1983).

En segundo lugar, debe reconocerse que para detectar problemas concretos que pueden presentarse en la aplicación de las políticas de promoción de la innovación, sin duda el análisis individual de un conjunto de casos particulares puede ser el instrumento adecuado. Sin embargo, si se desea obtener una estimación cuantitativa del impacto que, en promedio, tiene una intervención pública sobre un conjunto de decisiones de una empresa, debe acudirse al análisis econométrico de datos individuales de empresas. A continuación la discusión se centrará sobre los efectos que tiene la transferencia de fondos públicos a las empresas.

Existen muy pocos estudios en los que se analice una muestra de empresas mediante técnicas econométricas<sup>37</sup>. Un repaso de buena parte de las principales publicaciones internacionales de economía produce unos resultados muy escuetos, como se verá a continuación. Stoneman (1987), uno de los investigadores más significados en

---

<sup>37</sup>Ver, por ejemplo, J.M.M. Ritzen (1990)

temas de innovación y política tecnológica, cita asimismo a un número muy reducido de autores. Probablemente, ello puede atribuirse principalmente a dos factores. Por un lado, a la escasez de bases de datos. Para obtener estimaciones cuantitativas de los efectos de las políticas de I+D sobre la productividad de las empresas y de los rendimientos sociales de las mismas, hace falta disponer de una muestra de empresas cuyo comportamiento se siga a lo largo del tiempo, es decir, de un panel de datos. Ello es así porque los resultados de las actividades de I+D normalmente no se obtienen de forma inmediata. Al parecer, en pocos países se recoge, o no se hace pública, la información necesaria por parte de las propias administraciones públicas para realizar este análisis. En segundo lugar, la propia dificultad de construir modelos analíticos teóricos en este campo que puedan ser contrastados (problemas de causalidad, desfases temporales, cantidad de variables a tener en cuenta, etc.), tal como se ha puesto de manifiesto en el Capítulo I. A pesar de ello, disponemos de algunos estudios que se comentan a continuación.

La primera pregunta clave que se ha planteado en algunos estudios empíricos en relación a la subvención de actividades de I+D es la de si las empresas hubieran hecho el mismo esfuerzo innovador de todos modos, es decir, la cuestión de si existe un efecto de sustitución de fondos privados por fondos públicos (*crowding-out*). Un estudio en el que se aborda de forma muy directa la primera cuestión es el realizado por Lichtenberg (1987). El autor utiliza dos tipos de datos para estimar el

efecto incentivador de los fondos de I+D públicos sobre los gastos de I+D privados. Por un lado, utiliza datos temporales agregados de la economía americana en el período 1956-1983. Por otro, datos de una muestra de un panel de 187 empresas en el período 1979-1984. Estima el mismo modelo, muy sencillo, con los dos tipos de datos. El modelo es el siguiente:

$$ID = b_1 + b_2 IDF + b_3 VentG + b_4 VentO + u$$

donde ID son los gastos de I+D de la empresa (sin los públicos), IDF son los fondos públicos recibidos para I+D, VentG es el valor de las ventas realizadas al Estado, y VentO es el valor de las ventas restantes.

Si la financiación pública simplemente sustituye la privada, cabría esperar que  $b_2 < 0$ . Si  $b_2 > 0$ , podría interpretarse que financiación pública y privada son complementarias. Si  $b_2 = 0$ , son independientes. Según los resultados de la estimación, la variable clave que afecta el gasto privado son las ventas al Estado. En la estimación con los datos agregados, ésta es la única variable estadísticamente significativa. En el caso de los datos desagregados, tanto el valor de las ventas al Estado como las ventas a los otros clientes son estadísticamente significativas, aunque el coeficiente de la primera es de magnitud superior. En cambio, el coeficiente de los fondos públicos, IDF, no es significativamente distinto de 0. Sin embargo, no puede decirse, a la vista de los resultados, que la financiación pública sustituye

a la privada, o ni siquiera que su impacto es nulo. En primer lugar, porque la relación entre ambas financiaciones no tiene porqué ser lineal<sup>38</sup>; en segundo lugar, en este modelo se supone que la relación es la misma para todas las empresas de la muestra, supuesto que no aparece justificado. Si la cuantía de la financiación pública estuviera determinada en función de las externalidades generadas, es evidente que su magnitud no será la misma para todos los proyectos. En tercer lugar, en el supuesto de que la financiación pública cubriera los costes fijos de I+D, y la privada los variables, no hay ninguna razón para esperar que entre ambos tipos de costes exista una relación lineal. Finalmente, que el gasto privado no varíe al aumentar el gasto público no quiere decir que no aumenten los recursos utilizados, en términos 'físicos'.

Un problema adicional que dificulta la interpretación de las estimaciones es de carácter econométrico: si la correlación entre IDF y VentG es elevada, puede sospecharse que exista una colinealidad elevada, que resulte, como es conocido, en la imposibilidad de identificación de los efectos de las dos variables, IDF y VentG, por separado.

---

<sup>38</sup>Será lineal si, por ejemplo, para todas las empresas, la regla que determina la cuantía de financiación pública es del tipo proporcional: 'dado el coste de un proyecto, se concederá un 50 % de subvención pública'.

En una investigación posterior, el mismo autor profundiza en el impacto de las compras del Estado sobre el gasto privado en I+D, distinguiendo entre diversos tipos de compras. Los resultados sugieren que la forma en que el Estado concede los contratos influye sobre sus efectos en el gasto privado de I+D. En particular, se estima un conjunto de regresiones en las que la variable dependiente es el gasto privado en I+D, y las independientes son el valor de los contratos públicos competitivos y de los no competitivos, desagregados a su vez en dos categorías según sean o no contratos de I+D, y las ventas a otros clientes. De los resultados de la estimación, el autor concluye que los contratos públicos competitivos, sean o no de I+D, tienen un efecto significativo y positivo sobre el gasto privado de I+D; sin embargo, los contratos no competitivos de I+D tienen un efecto negativo. El efecto neto de los contratos públicos de I+D resulta ser negativo (evidencia de 'crowding-out'), pero el de las compras públicas es positivo y de magnitud considerable. La principal conclusión que se desprende de este estudio es, obviamente, la importancia que puede tener la forma de intervención para los incentivos.

La segunda pregunta que puede formularse es si la productividad de los gastos privados de I+D es distinta de la de los gastos públicos. Griliches (1986) investiga la relación entre el aumento de productividad y los gastos en I+D mediante una

muestra de empresas industriales americanas que realizan I+D <sup>39</sup> en el período 1967-1977. El punto de partida es una función de producción Cobb-Douglas:

$$Q_t = Ae^{\lambda t} K_t^\alpha C_t^\beta L_t^{1-\beta}$$

donde Q es el output (ventas o valor añadido), C y L son medidas de los inputs de capital y trabajo respectivamente, y K es una medida del capital de investigación (conocimiento) acumulado. Esta medida está definida como  $K = \sum_{i=1}^n w_i R_{i,t-1}$ , siendo R la inversión real en I+D en el período t. A su vez, la inversión en I+D se descompone de acuerdo con dos criterios: origen de los fondos (públicos o privados) y tipo de investigación que financian (básica y no básica). Esta descomposición permite estimar los efectos que los distintos tipos de gasto en I+D tienen sobre la productividad de la empresa. También se añaden, en la estimación, variables binarias sectoriales.

Griliches estima el modelo con ligeras variaciones en la definición de las variables y en el tamaño muestral, con el fin de obtener una indicación de la robustez de los resultados. Las conclusiones que se derivan de su estudio son las siguientes: 1) en todas las ecuaciones estimadas, el stock de capital de

---

<sup>39</sup>El tamaño de la muestra oscila entre 1105 y 386 empresas, según las variables utilizadas.

conocimientos contribuye significativamente a explicar las diferencias de productividad entre las empresas; 2) los gastos en investigación básica están positiva y significativamente relacionados con el nivel de productividad en la mayoría de las ecuaciones, pero no en todas; 3) la variable que mide el papel de los gastos de I+D privados en relación a al gasto totales positivo y estadísticamente significativo en algunas ecuaciones estimadas, en particular en aquellas que se estiman para la muestra más reducida de empresas, cuyo tamaño medio es superior al de las restantes muestras, así como su antigüedad. Por lo tanto, el tercer resultado no es fácil de interpretar. La interpretación estadística es más clara cuando se consideran los resultados de estimar no la función de producción sino la tasa de crecimiento de la productividad parcial, puesto que en este caso la composición del gasto de I+D tiene un impacto inequívocamente positivo y significativo. Aunque ello parece conducir a la conclusión de que la inversión privada en I+D es más productiva que la pública, el propio Griliches advierte y muestra en su artículo que ello no es así, sino que los resultados parecen mostrar más bien la presencia de efectos-difusión (complementariedades) entre los dos tipos de financiación.

Finalmente, también existen estudios econométricos en los que se estiman los efectos de los incentivos fiscales ('tax credits') sobre el esfuerzo en I+D de las empresas. Mansfield (1986) concluye, del análisis de una muestra de 110 empresas norteamericanas, 55 empresas canadienses y 40 empresas suecas, que

el primer efecto de dichos incentivos consiste en provocar un aumento de los gastos revelados de I+D; por lo que respecta a los gastos realmente realizados, parece que en promedio un 'tax credit' de entre el 10 y el 25 % genera un aumento de un 1 % en los gastos de I+D. Sin embargo, el aumento generado de gastos de I+D es inferior a la pérdida en la recaudación del Estado<sup>40</sup>.

En el caso español, un trabajo similar a los anteriores es el realizado por Lafuente, Salas y Yagüe (1985), en el que estos autores obtienen que el impacto de la financiación pública varía según el sector de actividad, estimulando el gasto privado en algunos casos, y sustituyéndolo en otros.

En resumen, de los escasos estudios empíricos disponibles<sup>41</sup> se

---

<sup>40</sup>Se ha sugerido en la literatura que los incentivos fiscales pueden producir efectos "perversos": las empresas pueden asignar sus gastos de I+D a lo largo del tiempo de forma estratégica, dado que anticipan los efectos de la ley. Ello puede conducir a una reducción de los gastos de I+D en algunos períodos en relación a lo que hubieran hecho de no existir el tax credit. Es decir, que los incentivos fiscales introducirían distorsiones temporales en la asignación de recursos a la I+D.

<sup>41</sup>Además de los estudios comentados aquí, Stoneman (1987) cita una investigación realizada por Antonelli en 1986 en la que este autor estima la elasticidad del gasto total de I+D con respecto a las subvenciones públicas. La elasticidad media que se obtiene es positiva: 0.31. Sólo para el 10 % de sus observaciones la elasticidad es negativa, evidencia de 'crowding-out'. También es preciso mencionar un estudio de Mansfield (1984), quien presenta los resultados de una encuesta a 25 empresas, según los cuales éstas hubieran realizado un porcentaje muy inferior de proyectos de no haber contado con subvención pública.

desprende que, por lo que se refiere a los efectos de las subvenciones públicas sobre las actividades privadas de I+D, la evidencia es confusa. En cuanto a los incentivos fiscales, la evidencia apunta a que su efectividad es reducida.

Por supuesto, los trabajos citados no están exentos de dificultades. Desde un punto de vista puramente econométrico, los resultados pueden estar sesgados debido a un problema de selectividad de la muestra. En estos trabajos no se tiene en cuenta explícitamente que la obtención de una subvención por parte de las empresas es resultado de un doble proceso de decisión: la empresa debe solicitarla, y la institución pública concederla. Tener subvención (o estar en la muestra de las empresas que tienen subvención), y la magnitud de la misma, deberían ser variables endógenas del modelo. Esta observación pone de relieve la necesidad de un modelo de decisión de la empresa y de la agencia pública. A ello se dedica el Capítulo III.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arrow, K., (1962), 'Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions', en R.R. Nelson (ed), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Baron, D.P. (1989), 'Design of regulatory mechanisms and institutions', en *Handbook of Industrial Organization*, editado por R. Schmalensee y R. Willig, North-Holland.
- Beath, J., Katsoulacos, Y. y Ulph, D. (1989), 'Strategic R&D policy', *The Economic Journal*, 99.
- Bernstein, J.I. (1988), 'Costs of production, intra- and interindustry R&D spillovers: Canadian evidence', *Canadian Journal of Economics*, XXI, no. 2.
- Brandts, J., Busom, I., Caminal, R., García-Milá, T., Martínez-Giralt, X., Matutes, C. y Vives, X. (1989), 'An Overall Evaluation of the State of R&D in Spain', A report to the Comission of the European Communities.
- Bresnahan, T. (1986), 'Measuring the spillovers from technical advance: mainframe computers in financial services', *American Economic Review*, 76, pp. 742-755.
- Britton, J.N.H. (1989), 'Innovation Policies for Small Firms', *Regional Studies*, April.
- Brodley, J.F. (1990), 'Antitrust law and innovation cooperation', *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4., No 3.
- Busom, I. (1990), 'Políticas públicas de I+D y esfuerzo privado', comunicación presentada en el XV Simposio de Análisis Económico, Barcelona, Diciembre 1990.
- Clemenz, G. (1990), 'International R&D competition and trade policy', *Journal of International Economics* 28.
- Dixit, A. (1986), 'International R&D competition and policy', mimeo.
- Dixit, A. (1988), 'A general model of R&D competition and policy', *Rand Journal of Economics*, Vol 19, no 3.
- Evenson, R. y Kislev, Y., (1976), 'A Stochastic Model of Applied Research', *Journal of Political Economy*, vol. ;84, no. 2.
- Gilbert, R. y Newbery, D. (1982), 'Preemptive patenting and the persistence of monopoly', *American Economic Review*, 72.

- Gilbert, R. y Shapiro, C. (1990) 'Optimal patent length and breadth', *Rand Journal of Economics*, Vol 21, Num 1.
- Griliches, Z., ed (1984), 'R&D, Patents and Productivity', The University of Chicago Press, para NBER.
- Griliches, Z. (1986), 'Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970s', *American Economic Review*, March.
- Grabowski, H. and Vernon, J. (1986), 'Longer Patents for Lower Imitation Barriers: The 1984 Drug Act', *American Economic Review*, Papers and Proceedings, May 1986.
- Grossman, G.M. (1990), 'La promotion des nouvelles activités industrielles: analyses et observations récentes', *Revue Economique de l'OCDE*, Num. 14.
- Holmstrom, B. (1989), 'Agency costs and innovation', *Journal of Economic Behavior and Organization* 12.
- Isaac Gassol, J.M. (1988), 'Las ayudas públicas a la I+D', *Economía Industrial* 259.
- Jaffee, D. M. and Russell, T. (1976), 'Imperfect Information, Uncertainty, and Credit Rationing', *Quarterly Journal of Economics*, 90. November.
- Jorde, T.M. y Teece, D.J. (1990), 'Innovation and cooperation: implications for competition and antitrust', *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 3.
- Joskow, P. L. y Rose, N. (1989), 'The effects of economic regulation', en *Handbook of Industrial Organization*, editado por R. Schmalensee y R. Willig, North-Holland.
- Just, R.E. y Zilberman, D., (1988), 'The effects of agricultural development policies on income distribution and technological change in agriculture', *Journal of Development Economics* 28.
- Keck, O. (1988), 'A theory of white elephants: Asymmetric information in government support for technology', *Research Policy* 17.
- Klemperer, P. (1990), 'How broad should the scope of patent protection be?', *Rand Journal of Economics*, Vol. 21.
- Komiya, R., Okuno, M. y Suzumura, K. ed. (1988), 'Industrial Policy of Japan', Academic Press, Inc., San Diego, California.
- Lacroix, R. y Martin, V. (1988), 'Government and the decentralization of R&D', *Research Policy* 17.

- Lafuente, A., Salas, V., Yague, M.J. (1985), 'Formación de capital tecnológico en la industria española', *Revista Española de Economía*, Vol. 2, Num 2.
- Levin, R. C. (1986), 'a New Look at the Patent System', *American Economic Review, Papers and Proceedings*, May 1986.
- Levin, R. y Cohen, W. (1989), 'Handbook of Industrial Economics', North Holland, Cap. 18.
- Lichtenberg, F. (1987), 'The Effect of Government Funding on Private Industrial Research and Development: a re-assesment', *The Journal of Industrial Economics*, Vol. XXXVI.
- Lichtenberg, F. (1988), 'The Private R&D Investment Response to Federal Design and Technical Competitions', *American Economic Review*, Vol. 78, No 3, June.
- MacDonald, S. (1986), 'Theoretically sound: practically useless? Government grants for industrial R&D in Australia', *Research Policy* 15.
- Mansfield, E. (1984), 'R&D and Innovation: Some Empirical Findings', en "R&D, Patents and Productivity", editado por Z. Griliches, The University of Chicago Press.
- Mansfield, E. (1986), 'The R&D Tax Credit and Other Technology Policy Issues', *American Economic Review, Papers and Proceedings*, May 1986.
- Martín, Carmela (1988), 'Fundamentos económicos de la política tecnológica', *Economía Industrial* 259.
- McKeon, R. y J.A. Ryan (1989), 'Evaluation of programs promoting technological innovation. The Australian experience', *Research Policy*, 1989.
- Noll, R.G. (1985), 'Economics, Politics and Government R&D', mimeo.
- Noll, R. G. (1989), 'Economic Perspectives on the Politics of Regulation', en *Handbook of Industrial Organization*, editado por R. Schmalensee y R. Willig, North-Holland.
- Nordhaus, W. (1972), 'The Optimal Life of a Patent: Reply', *American Economic Review*, LXII.
- Perez Castrillo, J.D. (1990), 'Procesos de I+D y estructura industrial: Un panorama de modelos teóricos', *Economía Pública*, Num 6, 1/1990.
- Reinganum, J. (1989), 'Handbook of Industrial Economics', Cap. 14.,

- Roessner, J.D. (1989), 'Evaluation of government innovation programs: Introduction', *Research Policy* 18.
- Rosenberg, N. (1974), 'Science, Invention and Economic Growth', *Economic Journal*, 84.
- Ritzen, (1990), 'Public intervention in R&D: right and wrong', en 'Producer Subsidies', R. Gerritse (ed), London.
- Romano, R.E. (1989), 'Aspects of R&D subsidization', *The Quarterly Journal of Economics*, November.
- Romano, R.E. (1990), 'Benefits of competition for patents', *Information Economics and Policy* 4, No 1.
- Rothwell, R. y W. Zegveld (1981), 'Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s', Frances Pinter Publishers, London.
- Scotchmer, S. y Green, J. (1990), 'Novelty and disclosure in patent law', *Rand Journal of Economics*, Vol 21., N. 1.
- Shapiro, C. y Willig, R.D. (1990), 'On the antitrust treatment of production joint ventures', *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No 3.
- Smith, B. (1983), 'Limited Information, Credit Rationing, and Optimal Government Lending Policy', *American Economic Review*, vol 73, n 3.
- Sternberg, R. (1990), 'The Impact of Innovation Centers on Small Technology-based Firms: The example of the Federal Republic of Germany', *Small Business Economics* 2.
- Stiglitz, J. and Weiss, A. (1981), 'Credit Rationing in Markets with Imperfect Information', *American Economic Review*, 71. June.
- Stoneman, P. (1987), 'The Economic Analysis of Technology Policy', Oxford University Press, Oxford.
- Trajtenberg, M. (1989), 'The welfare analysis of product innovations, with an application to computed tomography scanners', *Journal of Political Economy*, Vol 97.
- Ulph, D. (1991), 'Technology policy in the completed European market', en 'European integration: trade and industry', ed. by L.A. Winters and A. Venables, Cambridge University Press, Cambridge.
- Usategui, J.M. (1989), 'Incentivos fiscales a la innovación', *Economía Pública* 3, Num. 2.

- Vives, X. (1990), 'Information and Competitive Advantage', International Journal of Industrial Organization 8.
- Wiggins, S.N. (1981), 'Product quality regulation and new drug introductions: Some new evidence form the 1970's', Review of Economics and Statistics, 63.
- Wiggins, S.N. (1983), 'The impact of regulation on pharmaceutical research expenditures: A dynamic approach', Economic Inquiry, 22.
- Wright, B. D. (1983), "The Economics of Invention Incentives: Patents, Prizes and Research Contracts", American Economic Review, Vol 83, No 4.



  
Universitat Autònoma de Barcelona  
Servei de Biblioteques  
Reg. 201019  
Sig. \_\_\_\_\_  
Ref. 12500

