
LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN: UN ANÁLISIS ECONOMÉTRICO SOBRE LAS REGIONES ESPAÑOLAS.

.....
MIKEL BUESA
THOMAS BAUMERT
JOOST HEIJS
MÓNICA MARTÍNEZ (*)

Instituto de Análisis Industrial y Financiero
Universidad Complutense de Madrid

EL CRECIENTE INTERÉS QUE LA ECONOMÍA DE LA INNOVACIÓN HA SUSCITADO NO YA EN EL MUNDO ACADÉMICO, SINO CADA VEZ EN MAYOR MEDIDA TAMBIÉN ENTRE LOS POLICY MAKERS HACE NECESARIO EL DESARROLLO DE ESTUDIOS

67

econométricos que permitan determinar los factores que inciden en mayor medida en la generación de nuevas ideas —germen de futuras innovaciones— a fin de disponer de las informaciones necesarias para el diseño de políticas tecnológicas.

Los estudios de este tipo cuentan ya con cierta tradición académica. Los primeros de ellos, aplicados al caso de los Estados Unidos, se desarrollaron a partir del trabajo inicial de Jaffe (1989), y centraron su

atención en detectar la presencia de *spillovers* universitarios. Basándose en estos antecedentes, en España se comenzaron a llevar a cabo análisis de este tipo a partir de la segunda mitad de los años noventa, aunque la mayoría de estos modelos ha trabajado con un conjunto muy limitado de variables. Finalmente, podemos considerar que se ha alcanzado un punto de inflexión en este tipo de estudios con el modelo presentado por Stern, Porter y Furman (1999), si bien éste trabaja con un

conjunto de sistemas de innovación nacionales.

Al enfocar un trabajo de este tipo, resulta necesario decidir, en primer lugar, cuál es el ámbito de estudio más indicado. Consideramos que estudiar el sistema de innovación a nivel regional es lo más acertado: primero, porque en casi todos los países se ha detectado una concentración geográfica muy alta de las actividades innovadoras; segundo, porque, además, en la mayoría de Estados existen regiones con un pe-

so muy elevado dentro del conjunto del sistema de innovación nacional, mientras otras presentan actividades innovadoras muy aisladas; y, en tercer lugar, porque la creación de nuevas ideas, basadas en el conocimiento tácito, resulta difícil de transmitir a través de la distancia (Audretsch, 1998), a pesar de las posibilidades ofrecidas por las nuevas tecnologías de información.

Por tanto, resulta necesario analizar las actividades tecnológicas en unidades geográficas reducidas que tengan en consideración tanto el fenómeno de la globalización como el alcance limitado de los *spillovers*. Por este motivo hemos optado por la región y, más concretamente, por las comunidades autónomas como unidad geográfica de análisis, a medio camino entre el planteamiento de Krugman (1991), quien señala que «los Estados son realmente la unidad geográfica correcta», y Audretsch (1998), para quien «la unidad geográfica relevante de observación es la ciudad» (véase al respecto Krugman, 1998), además de entender que las comunidades autónomas son, en el caso español, las menores unidades administrativas que cuentan con competencias en materia de I+D.

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

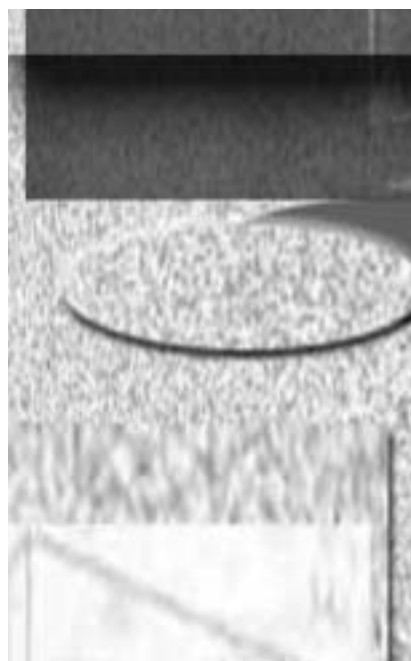
La mayoría de los trabajos anteriormente citados tienen su cimiento teórico en la función básica de generación de ideas desarrollada por Griliches (1979), en la que el flujo de nuevas ideas depende del esfuerzo innovador —medido a través de los recursos destinados a la I+D— llevado a cabo por una región, tal que:

$$K = f(R) \quad [I]$$

donde:

K = Nuevos conocimientos valorables económicamente.

R = Recursos destinados a la investigación.



Este planteamiento concuerda básicamente con el modelo de crecimiento tecnológico endógeno formulado por Romer (1990), en el que la generación de nuevas ideas no sólo está en función del esfuerzo en I+D realizado —en este caso medido a través del personal total en I+D—, sino también del *stock* de conocimientos acumulados, es decir, de la disponibilidad de resultados de anteriores investigaciones:

$$A_t = \delta H_{A,t}^\lambda A_t^\phi \quad [II]$$

donde:

A_t = Flujo de nuevos conocimientos.

$H_{A,t}$ = Personal total dedicado a la I+D.

A_t = *Stock* de conocimientos acumulados (y, a largo plazo, λ y $\phi = 0$).

Un desarrollo más complejo de esta función se encuentra en Porter y Stern (1999). De acuerdo con estos autores, la generación de ideas resulta de combinar el esfuerzo innovador —medido a través de los recursos humanos dedicados a la innovación— con el *stock* de conocimientos acumulados nacionales e internacionales, tal que:

$$A_{i,t} = \delta H_A^\gamma A_j^\phi A_{-j}^\psi \quad [III]$$

donde:

$A_{i,t}$ = Producción de idea (patentes).

H_A^γ = Esfuerzo innovador (recursos humanos destinados a innovación).

A_j^ϕ = *Stock* de conocimientos propios del país j.

A_{-j}^ψ = *Stock* de conocimientos descubiertos en países distintos al país j y aún no difundidos en éste.

Generalizando las funciones (II) y (III), podemos concluir, de acuerdo con Griliches (1990) y Bania, Calkins y Dalenberg (1992), que el flujo de nuevos conocimientos depende, por una parte, del esfuerzo innovador llevado a cabo en la región (1) y, por otra, de un conjunto de características propias de la región que se englobarían en un vector Z_r , de manera que:

$$K_r = f(R_r, Z_r) \quad [IV]$$

donde Z_r puede ser sustituido directamente por una combinación lineal de los indicadores regionales oportunos.

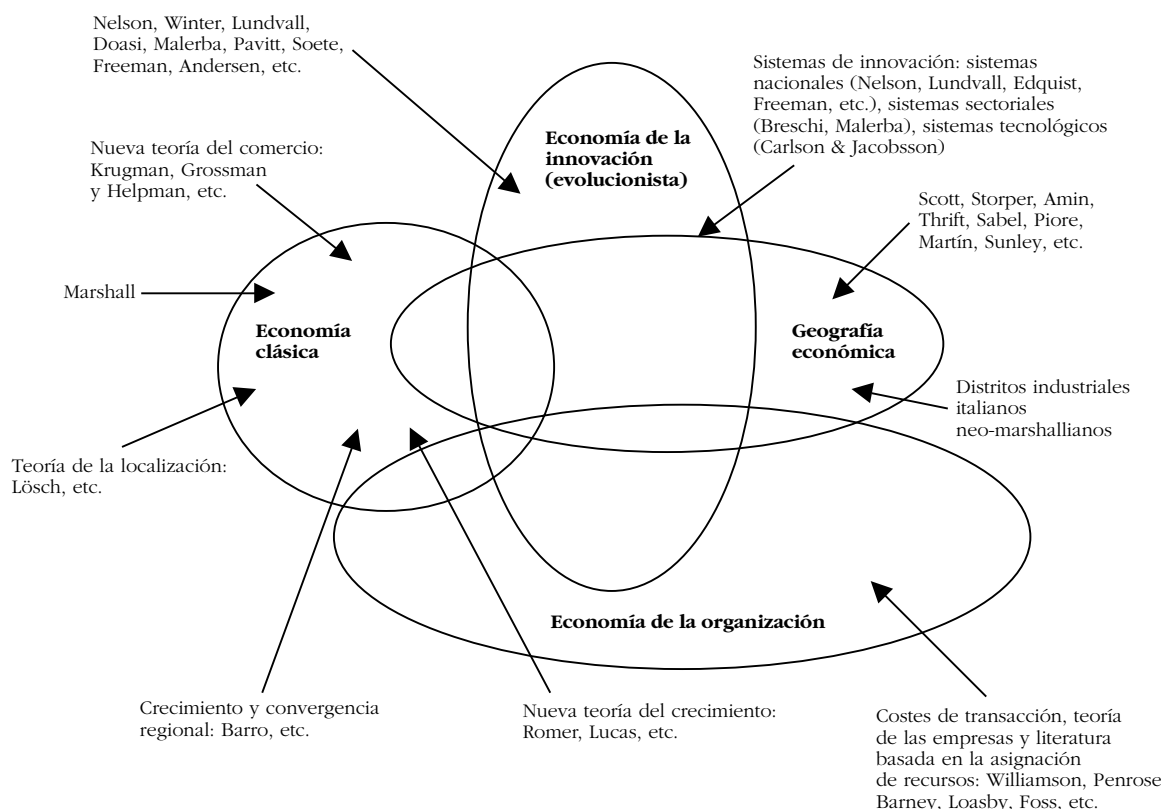
Ahora bien, la pregunta sobre cuáles son, en concreto, los indicadores regionales que inciden en la generación de nuevos conocimientos ha recibido respuestas dispares por parte de las distintas «escuelas» y enfoques teóricos que se han enfrentado a ella. A la hora de diseñar el modelo que presentamos en este trabajo hemos considerado las principales corrientes de estudio, conjugando sus aportaciones y complementándolas entre sí, para formar Z_r .

Para ello, analizamos a continuación los enfoques teóricos que han enfatizado la importancia del territorio para el proceso de innovación. Estos son (gráfico 1).

LA TEORÍA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Un aspecto relevante, del que además se deduce la importancia de los

GRÁFICO 1
ESCUELAS QUE FORMAN LA TEORÍA ECONÓMICA DE LA INNOVACIÓN



FUENTE: Dahl (2001).

sistemas nacionales y regionales de innovación, surge del enfrentamiento entre el concepto tradicional-lineal de la innovación y el modelo interactivo (2) de la teoría del cambio tecnológico que ha tenido lugar durante las últimas décadas.

Hasta mediados de los años setenta, la teoría económica consideraba la tecnología básicamente como información, cuyo proceso de producción resultaba de la acción secuencial de las instituciones de investigación —exógenas al sistema económico— y de las empresas innovadoras. Este modelo, denominado *modelo lineal del cambio tecnológico*, fue la base teórica de la política tecnológica de la mayoría de los países desarrollados hasta mediados de los años ochenta. La teoría lineal de la innovación considera que el producto o resultado (*output*)

está relacionado de forma lineal con el factor de entrada (*input*), lo que conlleva una visión de la I+D como actividad aislada, llevada a cabo en centros de investigación, insensible a los incentivos del mercado y a los requerimientos de otras unidades de la empresa. La transferencia tecnológica sería un proceso automático sin costes significativos ni retrasos en el tiempo, basado en el mecanismo de «la mano invisible», y en el que la tecnología sería una información fácil de copiar. El modelo lineal niega de manera virtual factores como la influencia institucional, las estrategias y actitudes competitivas de otras empresas o países, así como los factores relacionados con la demanda y la educación u otros aspectos regionales.

En consecuencia, las políticas basadas en el modelo lineal están dirigi-

das hacia la generación de innovaciones mediante la creación de centros de investigación, el apoyo a la I+D básica para tecnologías claves, o la financiación directa de las actividades de investigación empresariales.

Al modelo lineal del cambio tecnológico se le opone *el modelo interactivo*, desarrollado en la década de los ochenta, que ha implicado cambios radicales no sólo en la gestión tecnológica de las empresas, sino también en el diseño de la política tecnológica por parte de la Administración Pública.

Este modelo parte de una interacción continua entre los distintos agentes y elementos del mismo a lo largo de todo el proceso de innovación y de la posterior comercialización de los resultados. Inclu-

so, una vez que el producto esté plenamente introducido en el mercado, el proceso continúa mediante el perfeccionamiento y la diversificación de los productos, de los procesos de producción y de las tecnologías utilizadas.

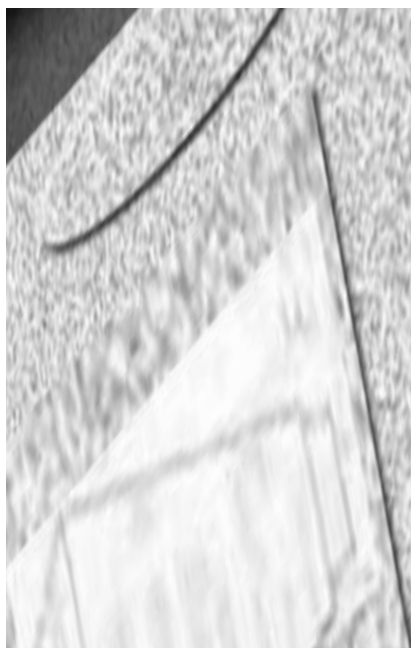
Así, mientras que en el modelo lineal destacan solamente las actividades tecnológicas del departamento de I+D, en el modelo interactivo destaca la capacidad tecnológica de la empresa en general, considerando la gestión de la innovación como un proceso estratégico y corporativo en el que debería estar implicada toda la empresa, además de sus distribuidores y clientes.

De acuerdo con este modelo, la capacidad tecnológica de una empresa se basa en su «saber-hacer» y tiene una dimensión tácita y acumulativa. La transferencia tecnológica resulta difícil y costosa, y la absorción de nuevas tecnologías exige un fuerte gasto en tiempo y dinero. El modelo interactivo considera la innovación como un proceso dinámico e interrelacionado, con efectos de retroalimentación continuos entre las distintas etapas, y, además, todo este proceso se desarrolla en un ambiente cambiante (Malerba y Orsenigo, 1995), en el que los agentes y competidores reaccionan, a su vez, ante cada uno de los cambios.

Cada uno de estos dos modelos refleja un concepto opuesto de bien tecnológico, aunque, en la práctica, la mayoría de los conocimientos se podrían clasificar como una forma mixta de ambos.

LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS NACIONALES Y REGIONALES DE INNOVACIÓN

Uno de los enfoques de la teoría de la innovación y del desarrollo económico en que más se ha profundizado en los últimos años —directamente relacionado con el mo-



delo interactivo— es el estudio de los sistemas nacionales y regionales de innovación (Freeman, 1987; Dosi, 1989; Porter, 1990; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997; Koschatzky, 1997), que podría definirse como «la red de instituciones, del sector privado y público, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican o divulgan nuevas tecnologías» (Freeman, 1987), siendo este sistema heterogéneo, dinámico y abierto, caracterizado por la retroalimentación positiva y la reproducción. Dentro de él, la innovación y el aprovechamiento de nuevas tecnologías, además de los factores individuales, dependen de la interacción y sinergia entre éstos. La capacidad innovadora de una región no solamente está en función de su esfuerzo cuantitativo en I+D (gastos y personal) y de su infraestructura tecnológica (el conjunto de centros y instituciones que llevan a cabo actividades innovadoras), sino también de la interacción entre las empresas, administraciones públicas, y otros agentes.

Esta idea es muy parecida al concepto de «milieu» innovador desarrollado por los autores neomarthallianos de los distritos industriales y de la geografía económica, para

quienes las actividades innovadoras requieren un ambiente innovador en el que tenga lugar un intercambio recíproco de personal, conocimientos científicos y tecnológicos, servicios especializados y de impulsos innovadores (Aydalot/Keeble, 1988; Stöhr, 1987; Perrin, 1986/88; Koschatzky, 1997).

LOS TRABAJOS QUE ANALIZAN LOS DISTRITOS INDUSTRIALES Y EL «MILIEU» INNOVADOR

Dejando a un lado las diferencias existentes entre los distintos enfoques —*clusters*, distritos industriales y sistemas de innovación— se puede indicar que los tres coinciden en adjudicarle un alto grado de importancia a las externalidades y la proximidad geográfica como factor explicativo de la innovación.

El concepto neo-marshalliano de «distrito industrial» ha sido desarrollado sobre todo en los años ochenta (3) para explicar el crecimiento y éxito económico de algunas regiones especializadas del norte de Italia, Suiza y Francia (Piore y Sabel, 1984; Stöhr, 1987; Aydalot y Keeble, 1988; Perrin 1988; Vázquez Barquero, 1988; Camagni, 1991; Sengenberger y Pyke, 1992).

Los estudios empíricos sobre «distritos industriales» que se han llevado a cabo al respecto han centrado su atención en regiones con un dominio de pequeñas y medianas empresas (PYMES). La importancia de la proximidad geográfica radica en la existencia de una interacción muy intensa entre un conjunto de PYMES altamente especializadas, que se disputan una misma industria o mercado y, por tanto, se ven obligadas a competir en costes y calidad.

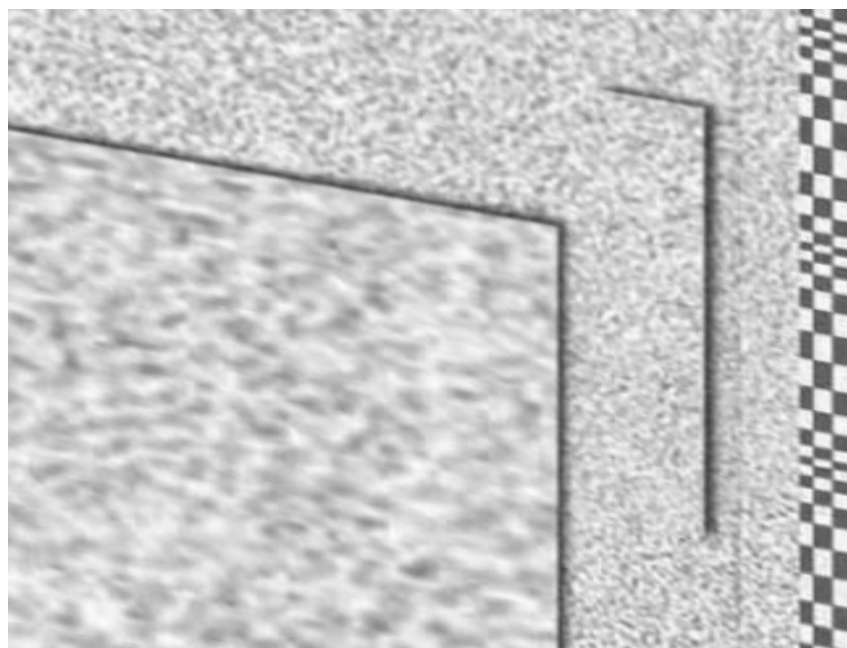
La rivalidad, la sinergia y el aprendizaje colectivo son aspectos fundamentales para un «milieu» innovador, y su enfoque local se basa en el bajo nivel de movilidad de los factores productivos especiali-

zados (Camagni, 1994), aunque no se puede deducir que son únicamente los factores endógenos los que determinan el éxito de las regiones especializadas. Los «milieus» innovadores y los distritos industriales solamente pueden sobrevivir si están integrados en redes nacionales o internacionales que actúan como estímulo externo y fuente de aprendizaje (Koschatzky, 1998).

EL ENFOQUE BASADO EN LA IMPORTANCIA DE LAS REDES DE COOPERACIÓN Y LOS CLUSTERS INDUSTRIALES

El concepto de *clusters* se ha visto expandido de forma rápida a partir del libro de Porter sobre *La ventaja competitiva de las naciones* que, como indica su título, analiza la forma de explicar el nivel competitivo de un país. De hecho, en el sistema productivo de los países más desarrollados se ha podido apreciar un aumento en la especialización de las empresas y, simultáneamente, un incremento de su funcionamiento en redes (Schibany *et al.*, 2000) y *clusters* (Porter, 1998), especialmente en los sectores tecnológicamente más avanzados y en las relaciones de carácter vertical (Schmitz y Nadvi, 1999). El enfoque de los *clusters* (basado, entre otros, en aportaciones de Porter, 1990; Freeman, 1991; DeBresson y Amesse, 1991) valora positivamente los procesos de rivalidad, aprendizaje colectivo y los efectos de sinergia, pero sin limitar su estudio a las regiones altamente especializadas y a la interacción entre PYMEs del mismo sector (como fue el caso de los distritos industriales).

En cambio, este enfoque plantea una visión mucho más amplia, que incluye un análisis del papel de las grandes empresas en las redes empresariales y de cooperación, además de adjudicarle mucha importancia a la interacción e interdependencia entre los distintos agentes económicos (proveedores, clientes, com-



petidores, centros de investigación, etc.), tanto a nivel intra como inter-industrial. Además, se basa en la noción de interdependencia y complementariedad: los actores son diferentes y, por tanto, tienen requerimientos diferentes; compiten, pero, a la par, necesitan los productos de la competencia para poder innovar (4).

La interacción y cooperación es un aspecto fundamental para entender los conceptos de *cluster*, sistemas de innovación o distritos industriales, ya que los tres enfoques teóricos valoran positivamente la interacción entre los distintos agentes. La cooperación en el campo tecnológico ha sido objeto de numerosos estudios en la literatura reciente (Sharp y Shearman, 1987; Mytelka, 1991; Herden y Heydenbreck, 1991; Dodgson y Rothwell, 1994; Haagendoorn, 1995). En los años ochenta y noventa la colaboración entre empresas ha aumentado de forma sustancial (Mytelka, 1991; Sharp y Shearman, 1987; Narula y Hagendoorn, 1999; Narula, 1999). Las ventajas de escala crecientes y la indivisibilidad de las actividades innovadoras dificultan las actuaciones individuales de las empresas, lo que implica que la cooperación

tecnológica ha recibido cada vez más atención por parte de las empresas y de la política tecnológica.

LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS

Del modelo interactivo de la teoría moderna del cambio tecnológico se deriva que la capacidad tecnológica de las empresas es un factor fundamental a la hora de llevar a cabo con éxito proyectos tecnológicos, que sólo se obtiene mediante un proceso de acumulación de experiencia (Freeman, 1974, 1987; Dosi *et al.*, 1988; Cohen y Levinthal, 1989; Meyer-Krahmer, 1989; Roussel *et al.*, 1991; Dankbaar *et al.*, 1993; Rothwell, 1994; Malerba y Orsenigo, 1995; Koschatzky, 1997). La mejora de estas capacidades podría considerarse tanto un objetivo explícito de un instrumento de la política tecnológica (Meyer-Krahmer, 1989) como un objetivo de la propia empresa para llevar a cabo ciertos proyectos de I+D (Cohen y Levinthal, 1989).

Son muchos los autores que han subrayado *la importancia de los empresarios* (Schumpeter, 1911; Roussel *et al.*, 1991; Malerba y Orsenigo,

1992; Dankbaar *et al.*, 1993). El concepto schumpeteriano de «entrepreneurship» consiste en un individuo creativo que combina nuevas tecnologías con nuevos mercados, dejando las tecnologías viejas obsoletas. En muchas empresas no hay reglas explícitas, pero se responde mediante decisiones *ad hoc* del empresario según las necesidades o problemas que se presenten, una forma de funcionar que se da principalmente en las PYMEs, aunque, a veces, también en algunas empresas grandes (Dankbaar *et al.*, 1993).

El segundo modelo schumpeteriano ha quitado cierta importancia al inventor y empresario creativo, señalando la importancia de la acumulación de conocimiento en centros de I+D.

El concepto de aprendizaje señalado por Dodgson (1991) habla de la manera en que una empresa construye y complementa su base de conocimientos respecto a tecnologías, productos y procesos de producción para desarrollar y mejorar la utilización de las habilidades de sus recursos humanos. Este dominio se puede obtener mediante I+D o laboratorios propios, personal cualificado, transferencias tecnológicas o buenos flujos de información con el entorno.

Un último aspecto que determina parte de la competencia o capacidad tecnológica son las relaciones con el entorno (5) o la imbricación de las empresas en el sistema nacional y regional de innovación, incluyendo los flujos de información, la transferencia tecnológica y la cooperación en este campo. Teniendo en cuenta el concepto interactivo de la innovación, queda claro que la capacidad de absorción de las nuevas tecnologías por parte de las empresas no sólo depende de su potencia y capacidad individual sino también de un proceso interactivo con otras empresas y su entorno. El poder o esfuerzo tecnológico relativo de las empresas localizadas



en regiones específicas se puede explicar estadísticamente por el número de empresas y no por su tamaño (Patel y Pavitt, 1991).

ESTUDIOS EMPÍRICOS

Al diseñar nuestro modelo hemos tenido en cuenta los estudios empíricos anteriores que han estudiado la presencia de *spillovers* en sus respectivos ámbitos de análisis. Podemos distinguir básicamente entre dos tipos de modelos: aquellos que analizan los sistemas nacionales de innovación (Stern, Porter y Furman, 1999, 2000 y 2002) y aquellos que lo hacen para los sistemas regionales. De estos últimos, a su vez, hemos diferenciado entre los que estudian el sistema regional de innovación estadounidense (Jaffe, 1989; Acs *et al.*, 1992; Feldman, 1994; Anselin *et al.*, 1997) y los que lo han hecho para España (Gumbau, 1996; Coronado y Acosta, 1997; García Quevedo, 1999). Para poder facilitar la comparación con nuestros propios resultados, presentamos a continuación un breve esbozo de los trabajos anteriormente señalados.

TRABAJOS QUE ESTUDIAN LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN

El modelo de Stern, Porter y Furman resulta de combinar las aportaciones teóricas de Romer (1990), Porter (1990) y Nelson (1993). En él, los autores introducen una serie de variables que hacen referencia a las características microeconómicas y de los *clusters* de la nación, de acuerdo a los postulados de Porter (1990) y las características propias de sistema nacional de innovación (Nelson, 1993).

A ello se añade la calificación de los recursos humanos, el peso que los sistemas de educación científica tienen en el sistema de I+D, el contexto de competitividad del país (grado de apertura a la exportación y nivel de la protección de la capacidad intelectual, existencia de políticas antimonopolio), la presencia de *clusters* y del nivel de la demanda tecnológica interna, así como del número y de la intensidad de las interconexiones existentes en el sistema de I+D.

De todo ello resulta una ecuación, en la que la innovación está en función de la calidad de la infraestructura común de innovación, del entorno innovador específico de los *clusters* y de la calidad de los vínculos del sistema de I+D, además del esfuerzo en I+D (A) y del *stock* de conocimientos acumulados (6).

Los resultados de la estimación del modelo correspondiente, basado en el estudio de 17 países para un período de 21 años, señalan que todas las variables mencionadas, excepto la fuerza del capital riesgo, resultan significativas. La especificación preferida por los autores muestra una alta elasticidad del *stock* de conocimiento (PIB *per cápita*) y del esfuerzo en I+D. Llama la atención que el número de empleados en I+D presente una elasticidad tres veces mayor que el gasto de I+D, hecho que se explica probablemente

te a consecuencia de la muestra utilizada (países de la OECD), en la que la disponibilidad de recursos humanos en I+D es superior a la del gasto en I+D, es decir, en los que el esfuerzo innovador en términos de *recursos humanos* es mayor que el *económico*.

En cuanto a las variables referentes a la infraestructura, todas ellas resultan estadísticamente significativas, si bien la política antimonopolio presenta signo negativo, por lo que los autores optan por sacarla del modelo. Finalmente, llama la atención que la participación de las empresas y de la universidad en el sistema de I+D, si bien resulta significativa, presente en ambos casos ambas una elasticidad muy baja.

TRABAJOS QUE ESTUDIAN LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN

El modelo de Jaffe, que se puede considerar ya un clásico, tiene el mérito de haber sido el primero en establecer no sólo una incidencia positiva del esfuerzo innovador empresarial sobre el número de patentes (que ya había sido constatada por Griliches), sino de haber comprobado, además, la influencia positiva que sobre las mismas ejerce el esfuerzo innovador llevado a cabo por las universidades.

Los modelos posteriores elaborados por Acs *et al.* (1992), Feldman (1994) y Anselin *et al.* (1997) se limitan básicamente a introducir variables nuevas de manera aislada en el modelo de Jaffe, sin revisar los planteamiento originales y sin considerar la existencia de más factores que interaccionan en el sistema nacional de I+D, aparte de los gastos en I+D de la universidad y las empresas. En el cuadro 1 se resumen los principales resultados de los trabajos que acabamos de mencionar.

La aportación básica de Acs *et al.* consiste en haber demostrado la ausencia de diferencias notables a

CUADRO 1
MODELOS QUE ESTUDIAN EL SISTEMA REGIONAL DE LOS EEUU

Estudio	Jaffe (1989)	Acs <i>et al.</i> (1992)	Feldman (1994) ^(a)	Anselin <i>et al.</i> (1997) ^(a)
Ámbito geográfico de estudio	Estados USA	Estados USA	Estados USA	Áreas metropolitanas
Output	Patentes	Innovaciones	Innovaciones	Innovaciones
Gasto en I+D de las empresas	X	X	X	X
Gasto en I+D de la universidades	X	X	X	X
UNIV*C	—	X		
Spillovers universitarios en un radio de 50 millas				X
CONC			X	
Población	—	—	X	
Industria relacionada			X	
Servicios a empresas			X	X
Ventas			X	
Empleo en alta tecnología				X
% de grandes empresas				X
Calidad de los departamentos universitarios de alta tecnología				X

(a) Las casillas marcadas con una X denotan variables que resultan estadísticamente significativas. Las casillas marcadas con — designan una variable incluida en el modelo que no resulta estadísticamente significativa.

FUENTE: Elaboración propia a partir de los estudios señalados.

la hora de utilizar como variable de medida del nivel tecnológico de una región el número de patentes o el número de innovaciones, reforzando así los resultados obtenidos por Jaffe (1989). Por otra parte, el hecho de que se obtenga una mayor elasticidad para los *spillovers* universitarios en el caso de las innovaciones, puede tener su origen en la marcada orientación empresarial del sistema universitario estadounidense.

En cuanto al modelo de Feldman (1994), la autora no modeliza la transmisión de *spillovers*, por lo que «dada la complejidad y las distintas formas en las que tiene lugar la relación entre los *inputs* innovadores definidos y los resultados innovadores, el uso del término *spillover*, por parte de Feldman, supera lo que cabe entender una definición estricta y más precisa del término. Además, en algún caso como en la relación entre gastos en I+D empresariales e innova-

ciones, parece más razonable suponer que las innovaciones son el *output* directo de la investigación» (García Quevedo, 1999). Aunque en principio la misma crítica resultaría válida para el caso de Anselin *et al.* (1997), la aportación de estos autores debe valorarse no tanto por los resultados empíricos obtenidos, sino por su contribución metodológica, pues se trata del primer modelo que analiza de forma exhaustiva, recurriendo a tres indicadores alternativos, los efectos espaciales de la innovación y el alcance geográfico de los *spillovers*, superando así el planteamiento inicial de Jaffe.

En resumen, podemos concluir que los cuatro modelos aquí reseñados ven confirmada su hipótesis acerca de la existencia de *spillovers* universitarios para el caso de los Estados Unidos, y Anselin *et al.* (1997) incluso estiman el alcance de los mismos a un radio de 50 millas alrededor del área metropolitana estudiada. Sin embargo, dado que el

sistema universitario estadounidense, a diferencia del español, se caracteriza por una fuerte orientación empresarial, parece improbable que estos resultados se puedan extrapolar directamente a España.

En cuanto a los estudios económicos aplicados al sistema regional de innovación español, presentaremos tan sólo aquellos que toman como unidad de análisis las comunidades autónomas, y no las provincias (7), a fin de facilitar la comparación con nuestros propios resultados, analizando en primer lugar el estudio de Gumbau (1996). Su trabajo destaca que las regiones con una mayor oportunidad tecnológica, es decir, aquellas que presentan un mayor peso en los sectores industriales de mayor complejidad, registran una elasticidad más grande con respecto al número de patentes, lo que permite concluir que la composición sectorial explica una parte de las diferencias que actúan como estímulo a la innovación.

Por otra parte, se detecta una incidencia estadísticamente significativa y positiva entre el *capital humano* y el nivel de innovación. Igualmente, los resultados apuntan a que existe una mayor propensión a patentar en aquellas regiones que presentan una mayor riqueza en términos de PIB *per cápita*. En cambio, en el caso de las regiones españolas, el grado de *apertura exterior* no resulta significativo. Tampoco resultan significativos los *gastos internos en I+D de la administración pública*, lo que indicaría que las políticas públicas de I+D no estimulan las actividades de innovación regionales.

No obstante, cuando se considera sólo el gasto de las administraciones autonómicas, entonces se constata una influencia positiva sobre las patentes regionales. Finalmente, con este modelo se obtienen resultados significativos, pero negativos, para la variable *tamaño medio de las empresas* de



una región. Esto indicaría que a menor tamaño empresarial, mayor sería la incidencia en el resultado tecnológico de una región. Aunque estos resultados coinciden con Acs y Audretsch (1990), contradicen los obtenidos por Molero y Buesa (1997).

Algo distinto resulta el enfoque empleado por García Quevedo (1999), cuyo objetivo principal es detectar la presencia de *spillovers* universitarios. Si bien su unidad de análisis primaria son las provincias, también lleva a cabo un análisis para las comunidades autónomas, cuyos resultados señalan que, tal y como cabría esperar, el esfuerzo innovador, medido a través del gasto en innovación o del gasto en I+D, resulta estadísticamente significativo y presenta signo positivo en todos los casos.

Sin embargo, no se detecta una incidencia positiva de la investigación universitaria, independientemente de que se mida en términos de los gastos en I+D de las universidades o del personal investigador universitario, por lo que se puede concluir que no se pone en evidencia la existencia de *spillovers* universitarios.

MODELIZACIÓN Y RESULTADOS

Como resultado de la consideración de las anteriores propuestas teóricas y empíricas, así como de la disponibilidad de datos, nuestro modelo de generación de nuevos conocimientos (patentes) se resume en la siguiente función, en la que el vector Z de la ecuación (IV) se especifica con un detalle mayor que en los modelos revisados en el epígrafe precedente (8):

$$\begin{aligned} \text{INN}_{j,t} = & \delta_{\text{EMP}} S_{j,t}^{\text{EMP}} + \delta_{\text{ESF}} T_{j,t}^{\text{ESF}} + \delta_{\text{ENT}} U_{j,t}^{\text{ENT}} + \\ & + \delta_{\text{PUB}} V_{j,t}^{\text{PUB}} + \delta_{\text{INF}} W_{j,t}^{\text{INF}} + \delta_{\text{COO}} X_{j,t}^{\text{COO}} + \\ & + \delta_{\text{UNI}} Y_{j,t}^{\text{UNI}} + \delta_{\text{HUM}} Z_{j,t}^{\text{HUM}} \end{aligned}$$

Para calcular los coeficientes correspondientes disponemos de una base de datos con alrededor de 80 variables, referidas al tamaño económico y poblacional de la región, a su estructura científica y al entorno económico, a las infraestructuras de apoyo a la innovación, así como a la calidad de los recursos humanos. Incluye tanto variables absolutas como relativas, con numerosas *ratios* calculadas a partir de ellas. La mayoría de las variables se encuentran desglosadas para los tres agentes del sistema de I+D, a saber, las empresas, la Administración Pública y las universidades. Los datos han sido recogidos para cada una de las diecisiete comunidades autónomas y para los años comprendidos entre 1994 y 1998, ambos inclusive.

Con estos datos llevamos a cabo un análisis de regresión múltiple por mínimos cuadrados ordinarios, a fin de determinar aquella combinación de variables que permita optimizar la estimación del flujo de innovación, medido a través de la variable dependiente *número de patentes* (9). Antes de presentar los resultados así obtenidos, precisaremos brevemente aquellas variables que finalmente han sido incluidas en los modelos que aquí presentamos.

VARIABLE DEPENDIENTE

Hemos optado por utilizar como variable dependiente el *número de solicitudes de patentes publicadas* por las oficinas española y europea de patentes (OEPM y EPO). Una amplia gama de estudios empíricos respalda la existencia de una alta correlación entre una medida del *input* innovador como los gastos de I+D y una medida del *output* como el número de patentes (Griliches, 1990; Trajtenberg, 1990; Patel y Pavitt, 1994). Además, frente a otras medidas alternativas del *output* de la innovación, las patentes garantizan un nivel mínimo de originalidad, además de presentar una elevada probabilidad de convertirse en un producto innovador (Buesa *et al.*, 2001).

Indudablemente, la utilización de patentes como medida de innovación tecnológica también presenta algunos inconvenientes que ya fueron señalados por Griliches (1990): en primer lugar, no todas las innovaciones encuentran su reflejo en forma de patente, ya que las empresas pueden optar por otras formas de protección de sus descubrimientos, como, por ejemplo, el propio secreto industrial. En segundo lugar, aunque las patentes —por su propia definición— garantizan un determinado nivel de novedad y originalidad, también es cierto que ese valor es heterogéneo, es decir, que no refleja las diferencias de calidad existentes entre ellas. Además, no todas las patentes reflejan una tecnología utilizada en la actividad productiva. Sin embargo, como señalan Buesa *et al.* (2001), «se trata de una restricción a tener en cuenta, pero con dos matices: el primero se refiere a que el mismo problema se presenta con cualquier otra forma de medir la actividad tecnológica; el segundo tiene que ver con la ley de los grandes números, pues si [en el caso de] las patentes [...], como ocurre en la práctica, se emplean datos de miles de ellas, es posible suponer que su calidad se distribuye de una manera

CUADRO 2
VARIABLES INDEPENDIENTES UTILIZADAS EN EL MODELO

Abreviatura	Factor	Nombre y fuente de la variable
S^{EMP}	Tamaño tecnológico empresarial.	• Número de empresas que realizan I+D sistemática (INEb).
T^{ESF}	Esfuerzo innovador.	• Gasto interno en I+D (INEa).
U^{ENT}	Entorno económico y científico-empresarial.	• Producto interior bruto <i>per cápita</i> (INEb). • Stock de capital tecnológico (Buesa <i>et al.</i> , 2001a). • % VAB de tecnología alta y medio-alta respecto al total (IAIF sobre la base de datos del INE). • % de empleados de tecnología alta y medio-alta respecto al total. • % de exportaciones de tecnología alta y medio-alta respecto al total IAIF a partir de «El comercio exterior de la Comunidad de Madrid». • % gasto total en I+D respecto al PIB (INEa).
V^{PUB}	Participación del sector público.	• % del gasto interno en I+D llevado a cabo por el sector público INEa.
W^{INF}	Infraestructura de apoyo a la innovación.	• Cuantía de los proyectos nacionales aprobados por el CDTI IAIF a partir de datos CDTI. • Personal de plantilla de los centros tecnológicos respecto a los empleados del sector industrial IAIF a partir de datos FEDIT. • Cuantía del capital inversión (Martí Pellón, 2000).
X^{COO}	Interacción entre los agentes del sistema de I+D.	• % de empresas innovadoras que cooperan con otros agentes en I+D (INEb).
Y^{UNI}	Calidad investigadora de la universidad.	• Índice de calidad investigadora de la universidad (De Miguel <i>et al.</i> , 2001).
Z^{HUM}	Calidad de los RRHH en I+D.	• Ratio de calidad de los RRHH en ciencia y tecnología IAIF en base INEc.

INEa: Estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico (varios años).

INEb: Encuesta sobre innovación tecnológica en empresas (varios años).

INEc: Encuesta sobre la población activa.

FUENTE: Elaboración propia.

similar para cualquier tipo de agregación, probablemente siguiendo una curva normal».

Al calcular un indicador del *output* con las patentes hemos creído necesario reflejar la mayor valía de las patentes europeas, cuyo proceso de registro presenta costes más altos tanto en tiempo como en dinero, ponderándolas con respecto a las españolas por un factor cinco, ya que las patentes europeas se re-

gistran en media para cinco países, de manera que:

$$PAT_R = PAT_{E,R} + 5 \cdot PAT_{EU,R}$$

Donde PAT_R es la suma ponderada de las patentes de la región R y $PAT_{E,R}$ y $PAT_{EU,R}$ son, respectivamente, las patentes españolas y europeas de la región R . A diferencia de Stern, Porter y Furman (1999), que incluyen un retardo de tres años entre que se lleva a cabo el esfuerzo de

investigación y el registro de la patente, en el presente trabajo hemos prescindido de este retardo, dado que en España la relación entre I+D y patentes es casi contemporánea (Buesa y Molero, 1992).

VARIABLES EXPLICATIVAS

Número de empresas que realizan I+D sistemática: Como señala COTEC (1998), las empresas son el agente fundamental de todo el proceso de innovación, por ser el único especializado en ofrecer productos y servicios al mercado. Hemos tomado en consideración el número de empresas que declaran haber realizado I+D de forma sistemática en la encuesta de I+D del INE (1999).

Gasto interno en I+D: La alta correlación existente entre el esfuerzo innovador —medido a través del gasto en I+D— y el número de patentes ya fue enunciada y comprobada por Griliches (1990). Hemos recurrido al gasto *interno* en I+D, por considerar que es el que incide más directamente en el registro de patentes.

Entorno económico y científico-empresarial: Dado que las variables de entorno tienden a saturar por sí mismas los modelos de regresión y resultan problemáticas a causa de las altas correlaciones existentes entre ellas (Baumert y Heijs, 2002), pero, a su vez, consideramos indispensable que estén incluidas en un modelo que aspire a reflejar las interacciones del sistema de I+D en toda su complejidad, hemos procedido a efectuar un análisis factorial que agrupe las principales variables referentes al entorno científico y económico-empresarial. Aplicando los criterios habituales (10) todas las variables de entorno, a excepción del *porcentaje de empresas innovadoras respecto al total*, se agrupan en un único factor. Las variables agrupadas son:



Producto Interior Bruto per cápita: El Producto Interior Bruto *per cápita*, además de medir el tamaño económico relativo de una región, actúa como indicador del nivel tecnológico de la demanda. En los mercados de bienes y servicios, la demanda ejerce un efecto dinamizador en el sistema de innovación (Rosenberg, 1993; Von Hippel, 1983). Como indican Stern, Porter y Furman (2000), «el PIB *per cápita* mide la habilidad de una región para convertir su *stock* de conocimiento en un nivel aplicado de desarrollo económico, convirtiéndolo en un control agregado de la sofisticación tecnológica».

Stock de capital tecnológico: Además del gasto en I+D hemos recurrido a otro indicador del esfuerzo innovador, como es el *stock de capital tecnológico*, que recoge el valor agregado y amortizado del gasto en I+D de los cinco años anteriores al que tomamos como referencia. Esta variable representa el conjunto de conocimientos que se han venido obteniendo a lo largo del tiempo, agregando la experiencia adquirida en la realización de actividades de I+D, convenientemente amortizadas en función de los elementos que se van quedando obsoletos o que carecen

de posibilidades para su aplicación (Buesa *et al.*, 2001b). De esta manera, el *stock* de capital tecnológico no sólo representa el esfuerzo económico en I+D agregado, sino que actúa, simultáneamente, como variable indicadora del conocimiento acumulado. Los datos del *stock* de capital tecnológico han sido tomados de (Buesa *et al.*, 2001b), calculados de acuerdo con la siguiente función:

$$T_t = (1-0,15)T_{t-1} + (0,20GID_{t-1} + 0,30GID_{t-2} + 0,30GID_{t-3} + 0,20GID_{t-4})$$

Donde T_t representa el *stock* de capital tecnológico en un momento determinado t y GID el gasto en I+D. Las tasas de depreciación, dado que se carece de evidencias empíricas para determinarlas, han sido estimadas por Buesa *et al.*, basándose en Soetel y Patel (1985).

Valor añadido bruto en la industria de la tecnología alta y medio-alta con respecto al total: Los datos han sido elaborados por el IAIF a partir de la información publicada por el INE en la Contabilidad Regional de España, siguiendo la tipología sectorial de la OECD.

Empleados en la industria de tecnología alta y medio-alta con respecto al total: Se han empleado las mismas fuentes y metodología que en el caso anterior.

Exportaciones de tecnología alta y medio-alta respecto al total: Esta variable recoge la especialización de una región en exportaciones de alta tecnología, es decir, su competitividad tecnológica, calculada como porcentaje de las exportaciones de tecnología alta y medio-alta con respecto al total. Esta variable y las dos anteriores son complementarias entre sí.

Gasto total en I+D con respecto al Producto Interior Bruto: El gasto en I+D con respecto al PIB de una re-

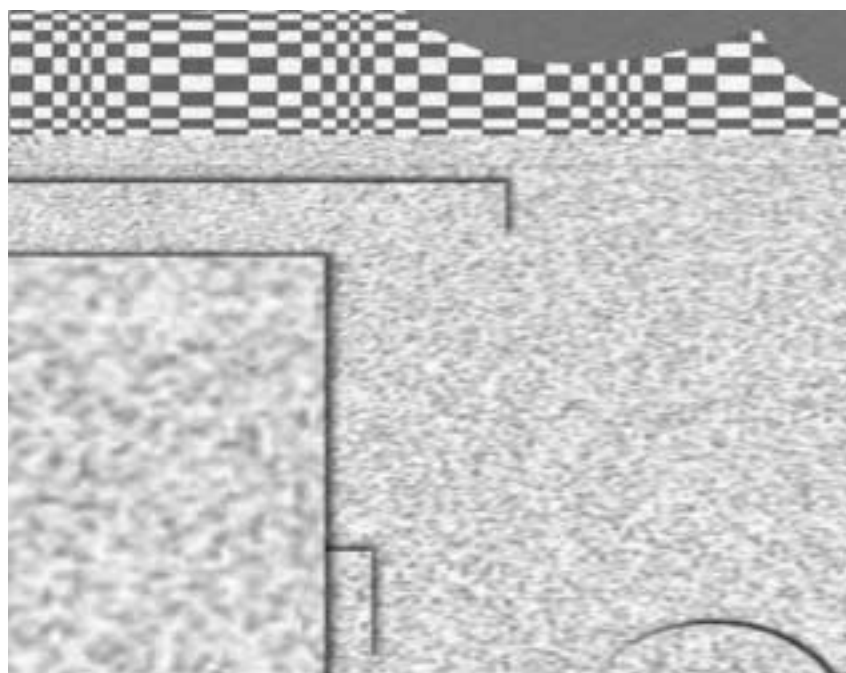
gión representa el peso que la I+D tiene en esa región o, dicho en otros términos, equivale a la propensión de una región a la I+D.

Al llevar a cabo la regresión hemos trabajado con las puntuaciones factoriales obtenidas al agrupar estas variables.

Gasto en I+D llevado a cabo por el sector público: Recoge el porcentaje del gasto en I+D llevado a cabo por la Administración Pública y las universidades.

Proyectos nacionales aprobados por el CDTI (millones de € de 1999): El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), organismo vinculado al Ministerio de Ciencia y Tecnología, se ha consolidado como una institución clave en la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico empresarial español. Cuenta con una capacidad de financiación importante y ocupa una posición central como gestor de la política tecnológica española, europea e internacional. Por tal motivo, se ha considerado la distribución regional de los proyectos financiados por esta institución como un elemento importante de la infraestructura de apoyo a la innovación.

Capital inversión (millones de € de 1999): Hemos incluido la cuantía de las operaciones de capital inversión, tal y como las recoge Martí Pellón (1997 y 2000). En el contexto actual de la innovación, cada vez se otorga una mayor importancia al mercado de capital-riesgo, ya que se considera necesario para favorecer la promoción de nuevas empresas innovadoras (COTEC, 1998). El concepto de capital-riesgo engloba las inversiones efectuadas en empresas que no cotizan en bolsa, incluyendo las realizadas por entidades que administran capitales propios o de particulares e instituciones ajenas, y por inversores informales o *business angels*. Sólo hemos tomado en consideración las prime-



ras, ya que se carece de datos acerca de los segundos.

Personal de los centros tecnológicos: Recoge el personal de plantilla de estos centros, medido en tanto por ciento respecto al total de ocupados en el sector empresarial.

Además, hemos trabajado con tres variables adicionales, a fin de comprobar si se detecta una incidencia positiva y estadísticamente significativa en el *output* innovador de una región, debido a la cooperación de las empresas con otros agentes del sistema, la calidad de los recursos humanos dedicados a la I+D y la calidad investigadora de las universidades asentadas en la región, tal y como se detalla a continuación:

Colaboración e interacción entre agentes del sistema de I+D: Esta variable mide el porcentaje de empresas innovadoras que cooperan con otros agentes del sistema de I+D, tal y como la recoge la Estadística de Innovación del INE. La cooperación es considerada por muchos autores (p. ej., Fritsch y Lucas, 1999) como un factor clave para la innovación, a pesar de que esta hipótesis no se puede avalar

históricamente para el caso español (COTEC, 1998).

Calidad de los recursos humanos en ciencia y tecnología: Se trata de la *ratio* de la calidad de los recursos humanos en ciencia y tecnología ocupados en actividades científico-tecnológicas (porcentajes), elaborada a partir de la *distribución regional de los recursos humanos en ciencia y tecnología (RHCT) respecto a la población de 16 y más años*. Los RHCT se definen a partir de la unión de dos conjuntos. Por un lado, el formado por las personas con formación de tercer grado, ya estén ocupadas en actividades de ciencia y tecnología (RHCTC), en otras actividades, desempleadas o inactivas; y por otro lado, por el conjunto que forman los recursos humanos ocupados en ciencia y tecnología (RHCTO), compuesto a su vez tanto por las personas con formación de tercer ciclo, como por aquellas que no lo poseen, pero que se encuentran ocupadas en ciencia y tecnología. A partir de estos indicadores se calcula la *calidad de los recursos humanos en ciencia y tecnología*, que se define como:

$$(RHCTC/RHCT) \cdot 100$$

Calidad investigadora de las universidades:

La mayoría de los autores coinciden en la importancia que el sistema educativo científico ejerce en el sistema de innovación de un país o una región, aunque los resultados empíricos, a diferencia de los obtenidos en el caso de los Estados Unidos (Jaffe, 1989; Stern, Porter y Furman, 2000 (11) hasta la fecha no avalen esta hipótesis en el caso de España (García Quevedo, 1999) (12).

Sin embargo, hemos creído conveniente incluir esta variable, por dos motivos: en primer lugar, la medición de la calidad universitaria a través del denominado índice investigador de las universidades permite introducir en el modelo una medida de la calidad investigadora de las universidades, factor que debería incidir en el *output* innovador. Por otra parte, el nivel de la enseñanza superior también repercute en el nivel del capital humano del sistema científico y tecnológico, es decir, en la calidad de los recursos humanos de una región.

El inconveniente de este indicador resulta obvio: no tiene en cuenta la movilidad geográfica de los licenciados, es decir, da por supuesto que la gran mayoría de éstos trabajan en la comunidad en la que han cursado sus estudios. En un reciente trabajo, Porter, Sachs *et al.* (2002) han soslayado este problema introduciendo una variable que mide la capacidad de una región para retener a sus ingenieros y científicos, lo que, por el momento, resulta imposible para el caso español, dada la inexistencia de datos que recojan la movilidad intra-regional según el nivel de educación.

Hemos calculado el índice de la calidad investigadora universitaria de las regiones a partir del índice investigador elaborado por De Miguel, Caïs y Vaquera (2001), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Índ_Investigador} =$$

$$= \frac{(\text{FET} \cdot 2 + \text{PRO} \cdot 10 + \text{LBE} \cdot 2 + \text{MPR}/2 + \text{TDE} \cdot 15 + \text{ETC})}{40}$$

donde:

FET = Centros con carreras largas (en números absolutos).

PRO = Tasa de profesorado (según el tamaño de la universidad).

LBE = Libros de biblioteca (por estudiante).

MPR = Mujeres profesoras (% del total del profesorado).

TDE = Títulos de doctor concedidos (por cada mil estudiantes).

ETC = Estudiantes que terminan la carrera en los años justos (en % de los que empezaron).

Para reflejar el peso de cada universidad dentro de la comunidad autónoma respectiva, hemos optado por ponderar el índice investigador de cada universidad por el número de licenciados de dicha universidad respecto al total de licenciados de la región, de acuerdo con la siguiente expresión (13):

$$\text{CURC}_{A,t} = \sum_{CA,t} \frac{\text{Ind}_{U,t} \cdot \text{Lic}_{U,t}}{\text{Lic}_{CA,t}}$$

donde:

$\text{CUR}_{CA,t}$ = Calidad universitaria (índice investigador) de la comunidad (CA), año (t).

$\text{Ind}_{U,t}$ = Índice investigador de la universidad (U), año (t).

$\text{Lic}_{U,t}$ = Número de licenciados de la universidad (U), año (t).

$\text{Lic}_{CA,t}$ = Número total de licenciados en la comunidad (CA), año (t).

RESULTADOS

Como ya hemos señalado, ofrecemos en primer lugar los resultados obtenidos al aplicar un procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios por el método de pasos sucesivos. El cuadro 3 recoge tanto los coeficientes estandarizados como los no estandarizados, además de los valores de la *t de Student* y los niveles de significación. Sobre este modelo se han llevado a cabo las necesarias pruebas de validación (14).

Como se puede comprobar —y tal y como cabía esperar de acuerdo

con el procedimiento utilizado—, todas las variables resultan estadísticamente significativas y presentan signo positivo. Procedemos, por tanto, a interpretar el peso relativo de las mismas en el modelo. Para ello tomamos en consideración los valores de los coeficientes estandarizados BETA (15), que nos permiten comparar la importancia de las variables incluidas en el modelo, independientemente de las unidades en las que estén medidas.

La variable de mayor relieve es el número de empresas que realizan I+D sistemática (Beta 0,626), seguida del esfuerzo innovador llevado a cabo en la región, medido a través del gasto interno en I+D (Beta 0,193). A primera vista, podría llamar la atención que esta variable figure en segundo, en vez de, cómo cabría esperar, en primer lugar. Sin embargo, debemos tener en cuenta que el gasto interno en I+D incluye no sólo el llevado a cabo por las empresas, sino también el efectuado por la Administración Pública y la universidad, siendo estos últimos agentes menos proclives a patentar. El tercer factor en importancia es el entorno tecnológico y científico-empresarial (Beta 0,160), que, recordémoslo, engloba siete variables referentes a este ámbito.

Estas tres primeras variables en importancia reflejan claramente que la mayor incidencia en el *output* tecnológico en el caso español es debida a las empresas —confirmando así su destacado papel co-

CUADRO 3
MODELO DE LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN REGIONAL EN ESPAÑA

MODELO 1 Mínimos cuadrados ordinarios	Coeficientes no estandarizados		Coeficiente estandarizado BETA	Contrastes paramétricos	
	B	Error típico		t	Significación
Constante	-97,671	20,323		-4,806	0,000
Empresas que realizan I+D sistemática	0,909	0,051	0,626	17,676	0,000
Gasto interno en I+D (millones € 1999)	0,164	0,042	0,193	3,914	0,000
Entorno científico y económico-empresarial	0,184	0,044	0,160	4,167	0,000
Proyectos CDTI (millones € 1999)	4,464	1,609	0,117	2,775	0,007
% gasto en I+D del sector público	1,078	0,261	0,074	4,133	0,000
Capital inversión (millones € 1999)	0,767	0,339	0,050	2,741	0,008
Personal centros tecnológicos	1,367	0,499	0,044	2,258	0,027
R	R ²	R ² _a	Durbin Watson (*)	ANOVA F	Significación
0,992	0,984	0,983	1,976	690,720	0,000

(*) Se trata de valor obtenido tras aleatorizar los residuos. Se comprueban, además, los valores Box-Ljung, que resultan satisfactorios.

FUENTE: Elaboración propia.

mo agente clave, si no único, de la innovación regional—, al esfuerzo innovador llevado a cabo —en términos del gasto en I+D— y a la estructura económica y al entorno tecnológico de cada región.

Resalta, por otro lado, la menor importancia de las cuatro variables restantes, referidas a la participación del sector público en la I+D y a la infraestructura y mecanismos de apoyo a la innovación. En cuanto a la primera, se detecta una incidencia positiva, si bien presenta un peso relativo muy reducido. Mayor resulta la incidencia de la primera variable referida a los mecanismos de apoyo a la innovación: los proyectos anuales aprobados por el CDTI. Si a esto añadimos la incidencia positiva de la variable capital-riesgo, podemos afirmar que se evidencia la incidencia de estos mecanismos de financiación de la innovación empresarial, se comprueba también que la infraestructura de apoyo a la innovación, en concreto los centros tecnológicos, contribuye a mejorar los resultados regionales.

Vistos los resultados del modelo 1 (cuadro 3), hemos procedido a introducir en él tres variables adicio-

nales, con la intención de contrastar si contribuyen a mejorar su capacidad explicativa. Las variables son: el porcentaje de empresas innovadoras que colaboran con otros agentes del sistema de I+D, la calidad de los recursos humanos empleados en ciencia y tecnología, y la calidad investigadora de las universidades (cuadro 4). Como se puede apreciar, estas nuevas variables introducidas no resultan estadísticamente significativas, por lo que conviene detenerse a analizar brevemente algunas de las posibles causas de estos resultados.

En primer lugar, el hecho de que la cooperación en materia de I+D entre los distintos agentes del sistema no resulte significativa, coincide con los resultados obtenidos por COTEC (1998) para el caso español. Los motivos pueden ser múltiples. Así, se podría considerar que aún no se dispone de suficientes datos sobre la materia, ya que la encuesta de innovación del INE recoge únicamente los datos referidos a la colaboración de las empresas, pero no a los demás agentes del sistema.

Igualmente, se podría argumentar que los proyectos de colaboración son menos propensos a patentar, a

consecuencia de las dificultades que se pueden derivar de una formulación imprecisa al acordar la forma de compartir los derechos de propiedad, y que por eso se opte preferentemente por recurrir al secreto industrial o a otras formas similares de protección de conocimientos.

Finalmente, también cabría pensar que el origen se encuentra en el hecho de que en España aún no se ha desarrollado una verdadera mentalidad de cooperación, y que las cooperaciones registradas son, en gran medida, impuestas, es decir, que son una condición necesaria para poder beneficiarse de determinados tipos de ayudas estatales o europeas.

En segundo lugar, debemos centrar nuestra atención en el modelo 3 (cuadro 4), en el que se incluye la variable referente a la calidad de los recursos humanos empleados en ciencia y tecnología. Tampoco en este caso es posible detectar una incidencia estadísticamente significativa. Resulta, sin embargo, más sencillo encontrar una explicación a este hecho.

Indudablemente, la calidad y capacidad de los investigadores favore-

ce la generación de nuevas ideas y, por consiguiente, debería repercutir en el número de patentes de una región. Sin embargo, la realidad es que la calidad del personal investigador no resulta un hecho diferencial en el caso de las regiones españolas —al menos con los indicadores de los que disponemos actualmente—, pues apenas se perciben variaciones espaciales en la calidad de los recursos humanos científico-tecnológicos.

Veamos, en tercer lugar, el modelo 4 (cuadro 4). En esta ocasión, se ha introducido la *calidad investigadora de las universidades*. Esta variable podría considerarse como un indicador de la calidad del sistema universitario en tanto que agente de la infraestructura científico-tecnológica. Pero, como se puede apreciar, la variable no es estadísticamente significativa, resultado que coincide con el obtenido por García Quevedo (1999), a pesar de haber utilizado una variable alternativa a la de este autor, lo que permite sacar dos conclusiones: en primer lugar, por un lado, se evidencia la escasa incidencia que la universidad ejerce sobre la innovación y, por otro, refleja la muy limitada vinculación entre las universidades y las empresas españolas (COTEC, 1998). En segundo lugar, debemos reconocer que el indicador que hemos empleado no resulta óptimo, ya que incluye la calidad media de *todos* los departamentos universitarios. Lamentablemente, aún no es posible disponer para el caso español de una variable como la empleada por Anselin *et al.* (1997) que recoja únicamente la calidad de los departamentos universitarios de alta tecnología.

Debe añadirse, como se recoge en Baumert y Heijs (2002), que la *calidad investigadora de la universidad* sí resulta estadísticamente significativa, además de presentar una alta elasticidad, como variable explicativa del *output* científico medido por el número de publicaciones de una región, lo que señala que la

CUADRO 4 EXTENSIONES DEL MODELO SOBRE LOS DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN REGIONAL EN ESPAÑA			
Mínimos cuadrados ordinarios	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
Constante	103,741 (0,000)	-121,348 (0,094)	-111,349 (0,000)
Empresas que realizan I+D sistemática	0,903 (0,000)	0,916 (0,000)	0,902 (0,000)
Gasto interno en I+D (millones € 1999)	0,174 (0,000)	0,167 (0,000)	0,175 (0,000)
Entorno científico y económico-empresarial	0,173 (0,000)	0,183 (0,000)	0,167 (0,000)
Proyectos CDTI (millones € 1999)	4,469 (0,007)	4,299 (0,013)	4,515 (0,007)
% gasto en I+D del sector público	1,107 (0,000)	1,110 (0,000)	1,078 (0,000)
Capital inversión (millones € 1999)	0,717 (0,042)	0,750 (0,033)	0,786 (0,024)
Personal centros tecnológicos	1,306 (0,012)	1,441 (0,010)	1,267 (0,016)
% de empresas que cooperan en innovaciones	0,439 (0,441)		
Calidad de los recursos humanos		0,301 (0,731)	
Calidad investigadora de las universidades			2,413 (0,413)
R ²	0,984	0,984	0,984
R _a ²	0,983	0,983	0,983
FUENTE: Elaboración propia.			

excelencia investigadora es esencial para asegurar unos elevados resultados científicos.

Finalmente, presentamos los resultados obtenidos al repetir la regresión, esta vez por el procedimiento de mínimos cuadrados ponderados, que tienen en cuenta el peso relativo de los casos incluidos en el modelo (cuadro 5). Hemos llevado a cabo dos ponderaciones: la primera, por el PIB, es decir, tomando en consideración el tamaño económico de la región (modelo 5, en cuadro 5); y la segunda, por el número de habitantes de cada comunidad, tomando en consideración el tamaño poblacional de la región.

Se comprueba que los resultados no se ven alterados por la utilización de uno u otro factor de ponderación. En ambos casos los coeficientes son muy similares a los

obtenidos al trabajar por el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios, con una salvedad: al llevar a cabo la ponderación, la variable *proyectos anuales aprobados por el CDTI* pierde su significatividad estadística, cuyo nivel mínimo habíamos situado en el 95%, aunque se mantendrían en un nivel del 90%. Como efecto secundario podemos anotar que se incrementa aún más el peso relativo de las empresas, reduciéndose, en cambio, el del entorno económico y científico-empresarial, especialmente al ponderar por el tamaño económico de la región.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos avalan el destacado papel ejercido por las

empresas en el sistema español de innovación, muy por delante de la Administración Pública y las universidades, constatándose un peso casi tres veces mayor a la siguiente variable en importancia a la hora de explicar el *output* tecnológico de las comunidades autónomas españolas. Si, además, tenemos en cuenta que se trata de las empresas que realizan I+D *sistemática* en vez de, por ejemplo, las empresas innovadoras, podemos concluir que ese papel se deriva de la constancia, de la continuidad de la investigación tecnológica y no de la participación esporádica en proyectos de innovación. En definitiva, ello remite a la importancia de los efectos acumulativos y del aprendizaje.

Por otra parte, se evidencia, coincidiendo con todos los estudios previos al respecto, la importancia del esfuerzo innovador llevado a cabo por una región como variable explicativa de la generación de nuevos conocimientos. El hecho de que esta variable —que recoge el gasto *total* en I+D llevado a cabo por una región— contribuya en menor medida que la anterior a explicar la variabilidad del *output* tecnológico, refuerza la hipótesis de que es el esfuerzo innovador *empresarial* el que mayor incidencia tiene como variable explicativa de dicho *output*, aunque conviene matizar que este hecho puede estar influido por la menor propensión a patentar de la Administración Pública y de las universidades.

Comprobamos igualmente que el entorno económico y científico-empresarial contribuye positivamente a la estimación del número de patentes registradas en una región. En este caso, más que el resultado en sí, cabe resaltar la metodología utilizada, ya que la transformación factorial empleada en el presente estudio permite incluir un amplio espectro de variables altamente correlacionadas entre sí y que hasta ahora sólo habían sido incluidas en modelos de este tipo de forma aislada.

CUADRO 5
MODELOS SOBRE LOS DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN REGIONAL
ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS PONDERADOS

Mínimos cuadrados ponderados	MODELO 5 Ponderado por PIB		MODELO 6 Ponderado por la población	
	Coefficiente no estandarizado	BETA	Coefficiente no estandarizado	BETA
Constante	-155,157 (0,000)		-151,405 (0,000)	
Empresas que realizan I+D sistemática	0,984 (0,000)	0,724	0,942 (0,000)	0,693
Gasto interno en I+D (millones € 1999)	0,186 (0,000)	0,208	0,942 (0,000)	0,259
Entorno científico y económico-empresarial	0,172 (0,000)	0,101	0,131 (0,001)	0,122
Proyectos CDTI (millones € 1999)	2,638 (0,072)	0,065	2,900 (0,052)	0,072
% gasto en I+D del sector público	1,845 (0,000)	0,083	0,341 (0,000)	0,072
Capital inversión (millones € 1999)	0,966 (0,000)	0,067	0,998 (0,000)	0,067
Personal centros tecnológicos	2,533 (0,000)	0,060	2,738 (0,000)	0,072
R ²	0,990		0,989	
R _a ²	1,963		0,989	
Durbin-Watson	0,988		1,833	

FUENTE: Elaboración propia.

Además, el hecho de agruparlas corresponde a la alta interacción que se les presupone a estas variables. En cuanto a su interpretación, se evidencia la relevancia ejercida por la estructura productiva, el nivel de desarrollo regional y el *stock* de conocimientos acumulados.

Llegados a este punto, podemos trazar una primera conclusión: las tres primeras variables del modelo, que básicamente coinciden con los modelos más sencillos de Griliches (1979) y Romer (1990), explican el grueso de la variabilidad, concretamente el 97,5%, del *output* tecnológico regional de España. Es decir, que el esfuerzo innovador llevado a cabo por una región y, más concretamente, el realizado por su sector empresarial, junto con la estructura económica y científico empresarial de la misma son los factores que con mayor incidencia actúan sobre la generación de nuevas ideas.

Para las demás variables incluidas en el modelo, esa incidencia resulta claramente inferior. Así, en el caso de la participación del sector público en gasto en I+D, hemos detectado una influencia positiva, aunque con un peso relativo muy bajo dentro del modelo. Hemos detectado asimismo una incidencia positiva de la infraestructura de apoyo a la innovación, pero de nuevo su nivel es relativamente bajo, lo que debería ser tenido en cuenta al diseñar las políticas tecnológicas.

Por el contrario, no hemos podido constatar una incidencia positiva de la universidad sobre el número de patentes registradas de una región. Este resultado coincide con el obtenido por García Quevedo (1999), quien tampoco consigue detectar la existencia de *spillovers* universitarios en el caso de las regiones españolas, a pesar de trabajar con indicadores alternativos al empleado

en este trabajo. Ni tampoco hemos detectado que la cooperación o la calidad de los recursos humanos en ciencia y tecnología mejora el *output* innovador regional.

Finalmente, señalaremos que los resultados apenas varían si llevamos a cabo la regresión por el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios o lo hacemos por el de mínimos cuadrados ponderados. Únicamente, en el segundo caso, pierde significación estadística la cuantía de proyectos aprobados por el CDTI, independientemente de que la ponderación se efectúe por el PIB de región o por el tamaño poblacional.

De todo lo anterior se deduce, que una política tecnológica que pretenda impulsar la innovación regional debe dirigir su esfuerzo a reforzar y ampliar el elenco de empresas innovadoras que desarrollan actividades de generación de nuevos conocimientos, mejorando su disponibilidad de recursos, así como a desarrollar una estructura productiva diversificada y crecientemente basada en los sectores de mayor cualificación tecnológica.

Y se deduce también, que un énfasis excesivo en programas que sólo inciden sobre las infraestructuras de apoyo a la innovación o en la cooperación tecnológica, carece de justificación en las actuales condiciones de los sistemas regionales de innovación existentes en España.

(*) Este artículo se inscribe en el *Programa de Indicadores de la Ciencia y la Tecnología que financia la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid (Dirección General de Investigación) en el marco del Contrato Programa 2000-2003 suscrito con la Universidad Complutense. Los autores agradecen la amable ayuda de los profesores Enrique González, Eduardo Ortega y Conrado Manuel, de la Escuela Universitaria de Estadística de la Universidad Complutense de Madrid.*

NOTAS

- (1) Independientemente de que sea medido en términos del gasto en I+D o del personal empleado en I+D, véase Baumert y Heijs (2002).
- (2) Para una discusión teórica amplia sobre estos modelos, véanse las distintas publicaciones de Rothwell, 1983; Pavitt, 1984; Kline y Rosenberg, 1986; Dosi *et al.*, 1988; Malerba y Orsenigo, 1995.
- (3) Aunque el concepto de «distrito industrial» ya fue formulado por Marshall en 1949.
- (4) Según la OECD (1999): «El concepto *cluster* va más allá de las «simples» redes horizontales en las que las empresas, operando en el mismo mercado de productos finales y perteneciendo al mismo grupo industrial, cooperan en ciertas áreas (p. ej., I+D conjunta, programas de demostración, políticas de *marketing* colectivo o compras conjuntas). Los *cluster* son en la mayoría de los casos redes transsectoriales (verticales y laterales) que comprenden empresas complementarias especializadas en un específico lazo o base de conocimiento en la cadena de valor». Existen trabajos que incluyen un enfoque de *cluster* basado en la similitud, donde se agrupan las actividades económicas que presentan condiciones o requerimientos equivalentes: en investigación, habilidades de mano de obra, proveedores especializados, etc. (Navarro, 2001).
- (5) Sobre todo importantes para el desarrollo tecnológico de las PYMES (Dankbaar *et al.*, 1993).
- (6) Los autores incluyen un retardo relativamente largo —tres años— entre el momento en el que se lleva a cabo el esfuerzo innovador y el registro de la patente.
- (7) Un resumen de los resultados obtenidos por estos autores (Coronado y Acosta, 1997 y García Quevedo, 1999) se encuentra en Baumert y Heijs, 2002.
- (8) Véase, para el contenido de las variables, el cuadro 2.
- (9) El procedimiento elegido para ello es el de «pasos sucesivos» o *stepwise*, que permite maximizar la ortogonalidad entre las variables, reduciendo así de antemano los eventuales problemas de multicolinealidad a niveles estadísticamente insignificantes. Este método tiene la ventaja de admitir que una variable seleccionada en un paso puede ser eliminada en otro posterior. A partir de incluir la segunda variable, en cada etapa va analizando la significatividad de todas las variables que en ese momento están incluidas en la ecuación. Si la aportación de alguna de ellas no es significativa, es eliminada. El proceso termina cuando no pueda incluir ni excluir ninguna variable en el modelo. Véase Etxeberria (1999) y Ferrán Aranaz (2001).
- (10) Por el criterio de Kaiser.

(11) Como ya se ha visto, los autores miden el impacto innovador del sistema universitario como porcentaje del PIB destinado a la enseñanza superior.

(12) García Quevedo (1999) obtiene resultados positivos y estadísticamente significativos sólo para el sector de la electrónica, utilizando como medida, de forma alternativa, los gastos de la universidad en I+D y el personal investigador universitario.

(13) Dado que en la obra de De Miguel, Caïs y Vaquera (2001) sólo figura el índice investigador de las universidades públicas, hemos calculado e incluido el índice investigador de las universidades privadas, para las que están disponibles todos los datos necesarios: Universidad de Deusto, Universidad de Navarra, Universidad Pontificia de Comillas, Universidad Pontificia de Salamanca y Universidad Ramón Llull. Por otra parte, hemos optado por excluir a la UNED, pues no parece acertado adscribirla a una sola comunidad autónoma.

(14) Para validar el modelo hemos llevado a cabo las habituales pruebas sobre los residuos, contrastando la normalidad de los mismos, la ausencia de una correlación estadísticamente significativa entre los valores pronosticados y los residuos y, finalmente, la homoscedasticidad de los mismos, lo que asegura la robustez del modelo y, por consiguiente, la validez de los coeficientes calculados. De forma complementaria se lleva a cabo un diagnóstico de colinealidad, resultando un índice de condición menor de 15, lo que, junto al procedimiento de regresión empleado, descarta cualquier problema de multicolinealidad que pudiera restringir la validez de los resultados.

(15) En término de elasticidad, este coeficiente representa el incremento de la variable dependiente (en desviaciones típicas) que se produce cuando aumenta una desviación típica el valor de la variable independiente, *ceteris paribus*.

BIBLIOGRAFÍA

- ACS, Z.; AUDRETSCH, D. y FELDMAN, M. (1992): «Real Effect of Academic Research: Comment», *The American Economic Review*, vol. 82-1.
- ANSELIN, L.; VARGA, A. y ACS, Z. (1997): «Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations», *Journal of Urban Economics*, nº 42.
- ARCHIBUGI, D. y SIRILI, G. (2000): *The Direct Measurement of Technological Innovation in Business*, Ourth International Conference on Technology Policy and Innovation, Curitiba, Brazil, 28-31 de agosto.
- ARCHIBUGI, D.; CESARATTO, S. y SIRILI, G. (1991): «Sources of Innovative Activities and Industrial Organisation», *Research Policy*, vol. 20.

- AUDRETSCH, D. B. (1998): «Agglomeration and the Location of Innovative Activity», *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 14-2.
- AUDRETSCH, D. B. y THURIK, R. (1999): *Innovation, industry evolution and employment*, Cambridge (UK).
- AYDALOT, P. y KEEBLE, D. (eds.) (1988): *High Technology Industry and Innovative Environment. The European Experience*, Londres.
- BANIA, N.; CALKINS, L. N. y DALEBERG, D. R. (1992): «The Effects of Regional Science and Technology Policy on the Geographic Distribution of Industrial R&D Laboratories», *Journal of Regional Science*, vol. 32-2.
- BAUMERT, T. y HEIJS, J. (2002): *Los determinantes de la capacidad innovadora regional: Una aproximación econométrica al caso español: Recopilación de estudios y primeros resultados*, documento de trabajo nº 33, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid, www.ucm.es/bucm/cee/iaif.
- BROSS, U. y HEIJS, J. (1999): «What can regional technology policy learn from the innovation systems approach? –with a case study of Spain and Germany», ponencia en la conferencia *Regional innovation systems in Europe*, NECSTS/RICTES-99 conference, San Sebastián.
- BUESA, M. (2002): *El sistema regional de innovación de la Comunidad de Madrid*, documento de trabajo nº 30, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid, www.ucm.es/bucm/cee/iaif.
- BUESA, M. et al. (2002): *Los centros tecnológicos en España*, Informe de investigación nº 7, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid.
- BUESA, M. et al. (2001a): *Indicadores del sistema regional de innovación basados en las estadísticas de I+D*, Informe de investigación nº 1, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid.
- BUESA, M. et al. (2001b): *Estimación del stock de capital tecnológico: comparación en el marco europeo*, Informe de investigación nº 2, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid.
- BUESA, M. et al. (2001c): *Sistemas nacionales y regionales de innovación: una aproximación teórica*, Informe de investigación nº 3, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1992): «Capacidad tecnológica y ventajas competitivas en la industria española: análisis a partir de las patentes», *Economía*, nº 22.
- BUESA, M.; CASADO, M.; HEIJS, J.; MARTÍNEZ PELLITERO, M. y GUTIÉRREZ DE GARDIÑA, A. (2002): *El sistema regional de I+D+I de la Comunidad de Madrid*, Madrid, Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Dirección General de Investigación, www.madrimasd.org/informacion/publicacion.
- BUESA, M.; MOLERO, J. y NAVARRO, M. et al. (2001): «Indicadores de la ciencia, la tecnología y la innovación: metodología y fuentes para la CAPV y Navarra», *Azkoaga Cuadernos de Ciencias Sociales y Económicas*, nº 9, Eusko Ikastuntza, Sociedad de Estudios Vascos, San Sebastián.
- CAMAGNI, R. (1991): *Innovation Networks: spatial perspectives*, Londres.
- COHEN, W. y LEVINTHAL, D. (1989): «Innovation and Learning: The two Faces of R&D Implications for the Analysis of R&D Investment», *Economic Journal*, vol. 99.
- CORONADO GUERRERO, D. y ACOSTA SERRÓ, M. (1997): «Spatial Distribution of Patents in Spain: Determining factors and Consequences on Regional Development», *Regional Studies*, vol. 31-4.
- COTEC (1998): *El sistema español de innovación. Diagnósticos y recomendaciones*, Madrid.
- COTEC (Informe) (1999): *Tecnología e innovación en España*, Madrid.
- COTEC (Informe) (2001): *Tecnología e innovación en España*, Madrid.
- DAHL, M. S. (2001): *What is essence of geographic clustering*. Paper presented in the DRUID Nelson & Winter Conference, 12-15 de junio, en Aalborg Denmark.
- DANKBAAR, B. et al. (1993): *Research and Technology Management in Enterprises: Issues for Community Policy Overall Strategic Review*, Monitor-Sasa Project, nº 8, Commission of the European Community.
- DEBRESSON, C. y AMESSE, F. (1991): «Networks of innovators. A Review and Introduction to the Issue», *Research Policy*, nº 20.
- DODGSON, M. y ROTHWELL, R. (1994): *Handbook of Industrial Innovation*, Cheltenham.
- DOSI, G. (1984): *Technical Change and Industrial Transformation*, Londres.
- DOSI, G. et al. (1988): *Technical Change and Economic Theory*, Londres.
- DURÁN, A. (1999): *Geografía de la innovación: ciencia, tecnología y territorio en España*, Madrid.
- EDQUIST, C. (1997): *Systems of innovation. Technologies, Institutions and Organizations*, Londres.
- ETXEBERRÍA, J. (1999): *Regresión múltiple*, Madrid.
- FELDMAN, M. (1994): *The Geography of Innovation*, Dordrecht.
- FRITSCH, M. y LUKAS, R. (1999): *Innovation, cooperation, and the region*, en Audretsch y Thuri.
- FREEMAN, C. (1987): *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*, Londres.
- FREEMAN, M. (1991): «Networks of innovators: a synthesis of research issues», *Research Policy*, nº 20.
- GARCÍA QUEVEDO, J. (1999): *Innovación tecnológica y geografía en España*, tesis doctoral dirigida por la Dra. M^a Teresa Costa Campí, Departamento de Economía, Estadística y Economía Española, Universidad de Barcelona.
- GRILICHES, Z. (1979): «Issues in assessing the contribution of R&D productivity growth», *Bell Journal of Economics*, nº 10.
- GRILICHES, Z. (ed.) (1984): *R&D, Patents and Productivity*, Chicago (IL).
- GRILICHES, Z. (1990): «Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey», *Journal of Economic Literature*, vol. 28.
- GUMBAU, M. (1996): *La dimensión regional de la innovación tecnológica*, IVIE-WP-EC96-08, Valencia.
- HAGEDOORN, J. (1995): «Strategic Technology Partnering during the 1980's. Trends, Networks and Corporate Patterns in Non-core Technologies», *Research Policy*, vol. 24.
- HEIJS, J. (1998): *Regional Technology Policy and Innovations Systems: a Comparative Study of Germany and Spain*, documento de trabajo nº 11, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid, www.ucm.es/bucm/cee/iaif.
- HEIJS, J. (2001a): *Política tecnológica e innovación. Evaluación de la financiación pública de I+D en España*, CES, Madrid.
- HEIJS, J. (2001b): *Justificación de la política de innovación desde un enfoque teórico y metodológico*, documento de trabajo nº 25, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid, www.ucm.es/bucm/cee/iaif.
- HERDEN, R. y HEYDENBRECK, P. (1991): *Analysen und Unterstützung innovationsorientierter Dienstleistungen. Zusammenfassung* (Forschungsprojekt des Ministeriums Wmt), Karlsruhe.
- INE (1995-1999): *Estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico*, Madrid.
- INE (1996-2000): *Encuesta sobre la innovación tecnológica en las empresas*, Madrid.
- JAFFE, A. (1983): «Technological Opportunity and Spillovers in R&D: Evidence from Firm's patents, profits and market value», *American Economic Review*, nº 5, vol. 76.
- JAFFE, A. (1989): «Real Effects of Academic Research», *The American Economic Review*, vol. 79-5.
- JAFFE, A.; TRAJTENBERG, M., y HENDERSON, R. (1993): «Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 109, nº 3.
- KOSCHATZKY, K. (1997): *Technology Based Firms in the Innovation Process. Management, Financing and the Regional Networks*, Heidelberg.
- KOSCHATZKY, K. (1998): «Firms Innovation and Region: the Role of space in Innovation

- Processes», *International Journal of Innovation Management*, nº 4, vol. 2.
- KRUGMAN, P. (1998): «What's new about the New Economic Geography?», *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 14-2.
- KRUGMAN, P. (1991): *Geography and trade*, Cambridge, MA.
- LUNDVALL, B. (1992): *National Systems of Innovation*, Londres.
- MALERBA, F. y ORSENIGO, L. (1995): «Schumpeterian Patterns of Innovation», *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19.
- MARTÍ PELLÓN, J. (1997-2001): *El capital inversión en España*, Madrid.
- MARTÍNEZ PELLITERO, M. (2002): *Recursos y resultados de los sistemas de innovación: elaboración de una tipología de sistemas regionales de innovación en España*, documento de trabajo nº 34, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid, www.ucm.es/bucm/cee/iaif.
- MEYER-KRAHMER, F. (1989): *Science and Technology in the Federal Republik of Germany*, Longman, Harlow.
- MIGUEL, J. DE; CAÍS, J. y VAQUERA, E. (2001): *Excelencia: Calidad de las universidades españolas*, (CIS), Madrid.
- MOLERO, J. y BUESA, M. et al. (1997): *La innovación tecnológica en la empresa española. Resultados de la encuesta IAIF-CDTI (1995)*, documento de trabajo nº 5, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid.
- MYTELKA, L. (1991): *Strategic Partnership and the World Economy*, Londres.
- NARULA, R. (1999): «Explaining the growth of strategic R&D alliances by european firms», *Journal of Economic Market Studies*, diciembre.
- NARULA, R. y HAGEDOORN, J. (1999): «Innovating through strategic alliances: moving towards international partnership and contractual agreements», *Technovation*, nº 19.
- NAVARRO, M. (2001): *El análisis y la política de clusters*, documento de trabajo nº 27, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense, Madrid, www.ucm.es/bucm/cee/iaif.
- NELSON, R. (ed.) (1993): *National Innovation Systems: A comparative Analysis*, Nueva York.
- PATEL, P. y PAVITT, K. (1994): «National Innovation Systems: why they are important and how they might be measured and compared», *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3-1.
- PATEL, P. y PAVITT, K. (1991): «Large firms in the Production of the World's Technology: an important case of non-globalisation», *Journal of International Business Studies*, First Quarter, 1-21.
- PAVITT, K. (1984): «Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory», *Research Policy*, nº 6, vol. 13.
- PERRIN, J. (1988): «A desconcentrated technology policy; lessons from the Sophia Antipolis Experience. Environment and planning», *Government and Policy*, nº 4, vol. 6.
- PIORE, M. y SABEL, C. (1984): *The Second Industrial Divide. Possibilities of Prosperity*, Nueva York.
- PORTER, M. E. (1990): *The Competitive Advantage of Nations*, Nueva York.
- PORTER, M. E. (1996): *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de su desempeño superior*, México.
- PORTER, M. E. (2000): *Estrategia competitiva: técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*, México.
- PORTER, M. E.; SACHS, J. D.; CORNELIUS, P. K.; MCARTHUR, J. W. y SCHWAB, K. (2002): *The Global Competitiveness Report*, Nueva York, Oxford.
- PORTER, M. E. y STERN, S. (1999): *Measuring the «ideas» Production Function: Evidence from the International Patent Output*, NBER Working Paper 7891.
- ROMER, P. (1990): «Endogenous Technological Change», *Journal of Political Economy*, vol. 98.
- ROSENBERG, N. (1993): *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, Barcelona.
- ROTHWELL, R. (1994): *Industrial Innovation: success, strategy, trends*, Cheltenham.
- ROTHWELL, R. (1983): *Evaluating the Effectiveness of Government Innovation Policies*, Cheltenham.
- ROUSSEL, P.; SAAD, K. y ERICSON, T. (1991): *Third generation R&D*, Harvard.
- SCHIBANY, A.; HÄMÄLÄINEN, T. y SCHIENSTOCK, G. (2000): «Innovation Networks», *OECD: Boosting innovation: the cluster approach*, París.
- SCHMITZ, H. y NADVI, K. (1999): «Clustering and Industrialization: Introduction», *World Development*, nº 9, vol. 27.
- SCHUMPETER, J. A. (1911): *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, Berlin.
- SHARP, M. y SHEARMAN, C. (1987): «European Technological Collaboration», *Chatbam House Paper*, 36.
- STERN, S.; PORTER, M. E. y FURMAN, J. L. (1999): *The Determinants of National Innovative Capacity*, NBER Working Paper 7876.
- STERN, S.; PORTER, M. E., y FURMAN, J. L. (2000): «Los factores impulsores de la capacidad innovadora nacional: implicaciones para América Latina», *Claves de Economía Mundial*, ICEX, Madrid.
- STERN, S.; PORTER, M. E. y FURMAN, J. L. (2002): «The Determinants of National Innovative Capacity», *Research Policy*, nº 31, pp. 899-933.
- STÖHR, W. (1987): «Territorial Innovation Complexes», *Papers of the Regional Science Association*, vol. 59.
- TRAJTENBERG, M. (1990): «Patents as indicators of Innovation», *Economic Analysis of Product Innovation*, Cambridge (MA).
- VON HIPPEL, E. (1988): *The Sources of Innovation*, Oxford.