



CAMBIO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN. ¿CÓMO MEDIRLOS?

Ruth Rama Dellepiane² y Juan Fernández Sastre³

Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS), CSIC

Resumen: El presente artículo analiza algunos de los principales indicadores de las actividades de investigación, desarrollo e innovación como se reflejan en la literatura y las estadísticas económicas. Se indican sus ventajas e inconvenientes para medir dichos fenómenos, al tiempo que se ejemplifica con resultados de los principales estudios empíricos relacionados con esta materia, haciendo especial hincapié en los que se han obtenido para el caso español.

Palabras clave: Innovación, cambio tecnológico, patentes, Innovación y Desarrollo.

Title: *Technological Change and Innovation. How to measure them?*

Abstract: *This article analyses some of the main indicators of research, product development and innovation, as they are used in the economic literature and in statistics. We indicate their advantages and disadvantages, and in doing so we provide examples taken from the main empirical studies on this question, especially those focussing on results obtained for Spain*

Keywords: *Innovation, technological change, patents, Research and Development.*

1. INTRODUCCIÓN

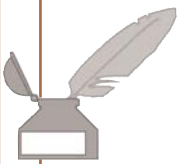
En el último año, todos hemos oído con una cierta frecuencia que la revitalización del modelo económico español y hasta la superación de la actual crisis pasan por la innovación tecnológica. Esa no es una idea nueva. Desde Schumpeter (1942) [1], muchos otros economistas han opinado que, en el largo plazo, la innovación es el motor que estimula la evolución de las economías capitalistas. Una innovación es la aplicación económica de un invento. Mientras que el científico o el ingeniero plasman el conocimiento científico en un invento, el empresario debe ser capaz de percibir la viabilidad comercial de la invención. Desde el punto de vista de la economía, una particularidad de la innovación radica en la dificultad de predecir los beneficios derivados de la inversión realizada en ella. El gasto en Investigación y Desarrollo (I+D) se caracteriza por unos resultados inciertos y los beneficios que dicha inversión pueda llegar a proporcionar pueden ser, inclusive, susceptibles de apropiación por parte de la competencia a través de la imitación, reduciéndose así su rentabilidad para la empresa innovadora, que termina no recogiendo en su totalidad los

frutos del progreso técnico [2]. Por otra parte, cada innovación tiene un valor técnico y comercial diferente; de hecho ocurre a menudo que el valor técnico y el comercial no coincidan, puesto que este último depende en gran medida de las preferencias de los consumidores [3]. Es el valor comercial de las innovaciones sobre el que centraremos nuestro análisis. Por esas razones, a veces resulta difícil interpretar el significado económico de las estadísticas de la I+D+i (investigación, desarrollo e innovación) y si realmente existen razones sólidas para preocuparnos por el lugar que ocupa en el "ranking" tecnológico nuestro país o nuestra región.

Este artículo estudia algunas formas utilizadas por la literatura económica para medir y clasificar el cambio tecnológico y las innovaciones, especialmente aquellas más centradas en la industria, con el objeto de proporcionar al lector no especializado elementos de juicio para una lectura crítica de dichas estadísticas y el análisis de la actividad innovadora de países y empresas. Ilustramos los conceptos analizados, sus ventajas e inconvenientes, con ejemplos tomados de la literatura económica y, en la medida de lo posible,

² Ruth Rama Dellepiane es Doctora en Economía por la Universidad Autónoma de Barcelona y ha sido investigadora del CSIC desde 1988. Actualmente es Profesora de Investigación del Departamento de Economía del Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS), CSIC. ruth.rama@cchs.csic.es

³ Juan Fernández Sastre es licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Madrid. Actualmente es becario predoctoral JAE del CSIC en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales donde está desarrollando su Tesis Doctoral sobre estrategias empresariales e innovación en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CCHS, CSIC). juan.fernandez@cchs.csic.es



de estadísticas y análisis del Sistema Español de Innovación.

En la Sección 2, estudiaremos algunas maneras de clasificar las innovaciones desde el punto de vista de la Economía. En la sección 3 presentaremos algunas formas de medir la actividad innovadora y el cambio tecnológico. El artículo termina con una breve sección de Conclusiones.

2. CLASIFICACIONES DE LAS INNOVACIONES EN LA LITERATURA ECONÓMICA

Existen varias formas de clasificar las innovaciones, aunque sólo nos detendremos en las más relevantes para el proceso económico. La primera se centra en el carácter heterogéneo de la innovación y hace referencia a su tipo, pudiendo ser éste de producto, de proceso, organizacional o de sistema. Los dos últimos tipos hacen referencia a la importancia de los aspectos organizativos en la producción de innovaciones exitosas. En muchas ocasiones las innovaciones surgen como consecuencia de variaciones en la forma de organizar las distintas actividades de la empresa, como demuestran algunos estudios históricos que evidencian el fuerte estímulo al cambio tecnológico que supuso la creación del departamento de I+D, en tanto innovación organizativa, en la industria alemana del siglo XIX [4]. Las innovaciones de producto aumentan la calidad y la variedad de los bienes, además de permitir, en muchos casos, aumentos en la producción y/o en el precio de los mismos. Por otro lado, las innovaciones de proceso van orientadas a aumentar la eficiencia de la producción, es decir, a disminuir los costes de la empresa. Un aspecto a considerar cuando se examinan estadísticas de la innovación es que, aunque existe una considerable variabilidad de los indicadores en función de la industria que analicemos, algunas investigaciones demuestran que las empresas tienden a dedicar más recursos a la investigación cuando se trata de obtener productos nuevos que cuando aspiran a generar nuevos procesos industriales [5]. En una encuesta realizada a 177 empresas agroalimentarias europeas, Avermaete *et al.* (2004) [6] observan que, en el transcurso de cinco años, 148 de aquellas introdujeron tanto innovaciones de proceso como de producto, 10 sólo de proceso y 38 sólo de producto. Mediante la Encuesta IAIF-CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial), que recoge datos de un conjunto de empresas que, entre 1984 y 1994, recibieron créditos del CDTI, Buesa y Molero (1998) [7] encuentran este mismo patrón para el caso de las empresas que operan en España. Es decir, parece que las empresas, en la mayoría de las industrias, prefieren competir lanzando nuevos productos al mercado que bajando el precio de los existentes, a través de innovaciones de proceso. No obstante, si atendemos a los datos que proporciona la Encuesta de Innovación de las Empresas Españolas para el año

2003, se observa que la especialización de la innovación en España está más orientada hacia las mejoras de proceso. Aunque el mayor esfuerzo innovador privado se dedique a mejoras de producto, la economía española es menos intensiva en I+D interna y un gran porcentaje de las innovaciones se basan en compras de equipo y maquinaria producidas por otras empresas, que implican innovaciones de proceso [8]. El informe sobre la innovación PITEC (Panel de Innovación Tecnológica) publicado por FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) en el año 2006 muestra que hay un 25% más de empresas que implementan innovaciones de proceso que de producto (33.767 frente a las 27.085); esta diferencia resulta aún mayor si sólo tenemos en cuenta a las empresas industriales. Aunque esta distinción es importante en la literatura económica, en realidad, muchas veces resulta difícil el diferenciar entre innovaciones de proceso y de producto puesto que, generalmente, las innovaciones de producto requieren de un nuevo proceso productivo para ser llevadas a cabo [9].

La literatura sobre economía del cambio tecnológico también suele distinguir entre innovaciones radicales o incrementales. Esta clasificación no se refiere necesariamente a la originalidad técnica del nuevo producto o proceso industrial. Los economistas consideran que una innovación es radical cuando necesita de la apertura de una nueva fábrica, de un nuevo mercado para su explotación o de una nueva columna en la matriz de *input-output* de un país [10], mientras que las innovaciones incrementales solo suponen una mejora en el rango de productos ya existentes. Esta clasificación resulta relevante por su posible impacto económico ya que la creación de una innovación radical puede otorgar a la empresa un monopolio o puede destruir un monopolio existente anteriormente. Además, el tipo de innovación influye en el sistema económico y modifica las condiciones de producción, no sólo en el principal sector de producción y utilización, sino en muchos otros sectores industriales o de servicios, dada la interdependencia presente en el cambio tecnológico [3]. Por otro lado, las grandes innovaciones que suponen un cambio en el paradigma tecno-económico, como por ejemplo las tecnologías de la información y comunicación, están fuertemente asociadas a los ciclos económicos [3]. Aunque la gran mayoría de las empresas no efectúan innovaciones radicales, todas ellas son capaces de realizar innovaciones de mejora y de adoptar nuevos procesos industriales desarrollados por otros anteriormente [11]. Por ejemplo, Buesa y Molero (1998) [7], utilizando datos de la Encuesta IAIF-CDTI sobre empresas innovadoras españolas, constatan que, en nuestro país, predominan las innovaciones imitativas o incrementales, tanto en relación a la tecnología de proceso como a la de producto. Otra consideración a tener en



cuenta, a la hora de estudiar la innovación, es distinguir cual es el verdadero alcance de la novedad. Así, las encuestas de innovación suelen indagar si las innovaciones de producto que declara haber realizado el encuestado suponen una innovación tan sólo para la empresa (porque el producto ya existe en el mercado), si se trata de una innovación respecto al panorama de la industria española (la compañía es la primera en producir ese “nuevo” producto en España) o de una innovación de carácter mundial (la empresa encuestada es la primera en lanzar dicho producto mundialmente). Esta es una diferencia entre los conceptos de patente e innovación, ya que el sistema de patentes registra solamente inventos que son primicias mundiales.

Otra manera de clasificar las innovaciones es según su grado de apropiación; esta clasificación informa sobre si la innovación es patentable o no.

Otras formas de clasificar a las innovaciones son más complejas, como la propuesta por Archibugi y Simonetti (1998) [12], cuya categorización resalta varios aspectos a tener en cuenta a la hora de analizar las innovaciones. Esta clasificación se basa en cinco criterios distintivos: 1) el agente promotor (empresa, gobierno, asociaciones comerciales, etc); 2) el destino de la innovación (la propia empresa innovadora u otra empresa/industria); 3) los usuarios o destinatarios finales de la innovación; 4) las necesidades que va a satisfacer y 5) la naturaleza de la innovación (contenido tecnológico). Esta clasificación resulta adecuada si se desea entender mejor la interdependencia entre objetos (productos) y sujetos (usuarios) de la innovación; por ejemplo, una innovación utilizada en la industria textil puede haber sido producida en la de maquinaria.

3. ALGUNAS FORMAS DE MEDIR LA ACTIVIDAD INNOVADORA

La medición de la actividad innovadora de las empresas, instituciones y países plantea problemas importantes. Hay que tener en cuenta que el cambio técnico depende del conocimiento científico, que su origen puede ser interno (dentro de la empresa) o externo (relaciones con otras empresas u otros organismos) y que las innovacio-

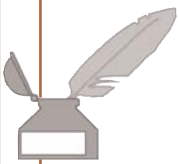
nes pueden estar incluidas en bienes de capital, en los productos o en el “saber hacer” de la empresa (patentes, licencias, diseños, etc.) y de sus trabajadores [13]. Es difícil medir el conocimiento acumulado en una empresa ya que contiene elementos intangibles relacionados con la habilidad empresarial, la suerte y otros factores que escapan a la medición. La actividad innovadora incluye otros aspectos relevantes, además del esfuerzo en I+D, como es el caso de ciertas funciones intangibles de la empresa (“learning by doing”, “learning by using”) que apoyan a las actividades de I+D propiamente dichas [14]. Un informe del Community Innovation Survey (CIS) de la Unión Europea (UE) para 23.000 empresas italianas muestra, por ejemplo, que sólo el 36% del coste total de la innovación se corresponde exactamente con la I+D. La mayor parte del coste (47%) se dedica, en realidad, a inversiones relacionadas con la innovación pero que no constituyen propiamente gasto en I+D, mientras que otro 14% está asociado al diseño y pruebas de producción. Estos resultados están en concordancia con los resultados de otros estudios empíricos que destacan la importancia, en la producción de innovaciones, de ciertos costes no directamente atribuibles a la I+D. En el cuadro 1, se recogen los datos presentados por el INE (Instituto Nacional de Estadística) sobre la distribución del gasto innovador de las empresas innovadoras (de todos los sectores) que operaron en España en el año 2006, lo que nos permite tener una idea sobre la importancia de cada tipo de gasto en el proceso innovador.

La complejidad de la tecnología y sus diversas procedencias han originado, en la literatura económica, el uso de diversas metodologías de investigación, una amplia y diferente selección de variables que intentan representar el mismo fenómeno y la combinación de distintos conjuntos de datos [15]. Esto quizás explique por qué algunos autores han llegado a conclusiones contradictorias entre sí. Algunos autores destacan el hecho de que la innovación incluya elementos no susceptibles de medición o de que ciertos indicadores, como las patentes, hayan sido concebidos para su uso en un marco legal, no con el propósito específico de medir el cambio tecnológico [16]. Por otra parte, como señala Rosemberg (1982) [17], la innovación ya no se concibe como un proceso secuencial que nace con la investigación básica y culmina con

Cuadro 1: Gasto en actividades innovadoras en miles de euros.

Total 2006	
I+D interna	12.386
Adquisición de I+D (I+D externa)	7.572
Adquisición de maquinaria, equipos y software	16.374
Adquisición de conocimientos externos	1.573
Formación	6.737
Introducción de innovaciones en el mercado	5.954
Diseño, otros preparativos para producción y/o distribución	2.819

Fuente: Instituto Nacional de Estadística [35]



un nuevo producto en el mercado o un nuevo proceso en la planta industrial. Como veremos más adelante, la innovación surge en muy diversas instancias, lo que plantea la necesidad de acudir a diversos indicadores o a indicadores compuestos para captarla. Los procesos de retroalimentación entre diversas etapas de dicho proceso, muchas veces más frecuentes que la evolución lineal, también dificultan la medición de los fenómenos.

No obstante, existen diversas medidas de la actividad tecnológica que permiten comprender mejor el proceso innovador y sus relaciones con el mundo de la empresa.

Smith (2005) [16] distingue tres indicadores principales de ciencia y tecnología: 1) las estadísticas de I+D, 2) las patentes y sus respectivas citas y 3) los datos bibliométricos, a saber la información correspondiente a las publicaciones científicas y las citas que éstas reciben⁴. A ellos suma otros indicadores complementarios, como los indicadores sintéticos (que analizaremos más adelante) y los tecnométricos, que proporcionan información sobre el contenido tecnológico de los productos, teniendo en cuenta aspectos como su impacto sobre la calidad de vida de la población, la facilidad de utilización de la tecnología en cuestión, los diversos procesos de formación en el trabajo requeridos por parte de la mano de obra que los fabrica, etc. (véase, por ejemplo, [18]). Según Grupp (1998) [14], la actividad innovadora puede ser aproximada por medio de tres indicadores principales: 1) Los indicadores de los recursos que se dedican a las actividades de I+D (por ejemplo, el presupuesto en investigación, o el número de científicos contratados de que dispone una empresa, una industria o un país); 2) los de resultados obtenidos de ese esfuerzo, como por ejemplo el número de patentes que se le han otorgado; 3) los indicadores de progreso (como el número de nuevos productos colocados en el mercado, el éxito comercial de éstos, etc.). La selección más adecuada de los indicadores que deben usarse en el estudio del cambio tecnológico depende, muchas veces, del tipo de industria que se analice.

3.1. Indicadores de recursos. Dada su importancia en la literatura económica y las estadísticas de cambio tecnológico, en los párrafos que siguen nos centraremos fundamentalmente en los gastos en I+D, aunque enumeraremos también brevemente otros indicadores de recursos. Entre los documentos internacionales referentes a las actividades de I+D resulta clave el Manual de Frascati de la OCDE [19], que señala las dos vertientes fundamentales que integran esta actividad: la creación de nuevos conocimientos y las nuevas aplicaciones prácticas del conocimiento. La I+D, según el Manual, comprende tres áreas: la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental. El Manual excluye la educación y la formación profesional del recuento de las actividades de I+D, aunque como vere-

mos más adelante, ambas constituyan elementos fundamentales del cambio tecnológico, recogidas en los índices compuestos que miden el capital innovador de la empresa o el liderazgo tecnológico de las naciones. Volveremos a los aspectos relacionados con el capital humano al final de este artículo.

En la literatura económica reciente, siguiendo los hallazgos de Cohen y Levinthal (1989) [20] sobre la innovación en la empresa británica, se entiende que los gastos de I+D de una compañía no sólo reflejan los recursos con los que ella cuenta para lanzar nuevos productos y procesos, sino que también miden su capacidad de absorber nuevos conocimientos procedentes de otras empresas y de instituciones, como los centros públicos de investigación y las Universidades. En palabras de dichos autores, la I+D tiene, en realidad, "dos caras".

Se considera que, como medida de la actividad tecnológica, este indicador puede resultar más apropiado para las tecnologías basadas en la ciencia que para las fundamentadas en la producción y en la información. En general, se observa que el presupuesto de I+D es una medida que infravalora las actividades tecnológicas relacionadas con la producción porque obvia que gran parte del cambio técnico se genera alrededor de actividades cuyos gastos se incluyen en las partidas contables de diseño y de ingeniería y no en las de investigación [21, 22]. La I+D tampoco es un buen indicador cuando, en una determinada industria, existe una alta proporción de PYMES (pequeñas y medianas empresas), como sucede en la mayoría de las industrias españolas, puesto que muchas de estas compañías no tienen una cuenta contable propia para las actividades de investigación, aunque las realicen en la propia planta industrial, sin contar para ello con un departamento de I+D específico. En el caso de los servicios, también de extrema importancia para el caso español, dada la orientación terciaria de nuestra economía, hay que tener en cuenta que este sector tiene una menor dependencia de la I+D interna y un mayor protagonismo de las innovaciones no tecnológicas (innovaciones en organización y marketing) [23]. La utilización del volumen de I+D para medir la innovación en una economía basada en los servicios también puede introducir sesgos en el análisis de la actividad innovadora. El cuadro 2 recoge datos sobre el gasto en actividades innovadoras de empresas industriales y de servicios que funcionaban en España en 2006. Como se puede observar en el cuadro, las grandes empresas industriales dedican, en su conjunto, más recursos a las actividades innovadoras que las empresas pequeñas del mismo sector, aunque el análisis de la distribución porcentual muestre que las de menor tamaño dedican una mayor proporción de dichos recursos a la I+D interna. Las empresas de servicios de más de 250 empleados destinan una menor proporción del gasto en actividades innovadoras a la I+D interna que las industriales, con

⁴ Estos indicadores son proporcionados por el Science Citation Index (SCI), que comprende publicaciones y citas procedentes de 170 países y de unos 105 campos científicos. El SCI depende del Institute for Scientific Information (ISI), creado en los años cincuenta del siglo pasado



independencia de su tamaño, lo que parece confirmar que aquellas basan en menor medida su actividad innovadora en la I+D interna. No ocurre lo mismo con las empresas de servicios de menos de 250 trabajadores, que destinan una elevada proporción del gasto a la I+D interna (51,93%), la mayor de la muestra. En cambio, las empresas de servicios de gran tamaño destinan una gran parte del gasto a la adquisición de maquinaria, equipos y software de modo que su la fuente de cambio tecnológico procede, en buena medida, de las industrias proveedoras de equipamiento y "software". Estos datos proporcionan una pauta, dada la incidencia de los servicios en la economía, de la procedencia del cambio tecnológico que surge, en buena medida, de las empresas proveedoras de equipamiento para los servicios y de "software".

Las políticas tecnológicas e industriales con frecuencia utilizan otro indicador, la intensidad de la innovación (Gastos de I+D/PIB o Gastos de I+D /Valor de la producción de la empresa o de la industria), para fijar objetivos nacionales o supra-nacionales de cambio tecnológico. Así, por ejemplo, la UE se ha propuesto alcanzar un cociente de I+D/PIB del 3%. Smith (2005) [16] observa, sin embargo, que los valores del ratio I+D/PIB dependen, en buena medida, de la composición de la producción de cada país. Las necesidades de las diversas industrias difieren, como sugieren sus diferentes cocientes medios

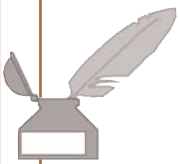
de Gastos en I+D/Valor de la producción. Un país cuyo sector manufacturero conste de un importante componente en términos de industrias de alta tecnología, como la electrónica, exhibirá un ratio mucho mayor que otro, como España, cuyas relevantes industrias tradicionales (alimentos, calzado, etc.) requieran inversiones de menor cuantía en ese capítulo. Tampoco existe una "regla de oro" única para establecer la magnitud deseable de la inversión pública en investigación básica. Un modelo teórico, por ejemplo, estima que dicha inversión debe ser mayor a mayor importancia de los sectores de alta tecnología del y a mayor apertura de dicha economía, ya que la inversión pública contribuiría de este modo a evitar la penetración de empresas multinacionales competidoras en sectores tecnológicamente punteros del país de acogida [24].

Otros indicadores de los recursos utilizados en el proceso innovador son las estadísticas de personal que efectúa I+D, en cuyo caso se suele estimar la dedicación plena puesto que, frecuentemente, además de las personas que se consagran a dicha actividad en régimen de tiempo completo, otros miembros de la plantilla dedican a la misma una parte de su tiempo. Si, por ejemplo, tres personas se dedican a realizar actividades de I+D a tiempo completo, mientras otra asigna a las mismas sólo un 30% de su tiempo, se estima que la dedicación plena del personal de esa empresa a las actividades de I+D sería

Cuadro 2: Gasto total en actividades innovadoras en miles de euros y su distribución porcentual.

	Menos de 250 empleados	250 y más empleados
Total Industria		
Gastos totales en 2007 (miles de euros)	3.757.803	4.840.472
<i>Distribución de los gastos</i>		
I+D interna	41,2	40,91
Adquisición de I+D (I+D externa)	11,03	20,16
Adquisición de maquinaria, equipos y software	38,92	19,43
Adquisición de otros conocimientos externos	0,49	11,71
Formación	0,53	0,44
Introducción de innovaciones en el mercado	5,12	4,21
Diseño, otros preparativos para producción y/o distribución	2,71	3,14
Total Servicios		
Gastos totales en 2007 (miles de euros)	3.703.052	5.032.306
<i>Distribución de los gastos</i>		
I+D interna	51,93	26,4
Adquisición de I+D (I+D externa)	15,2	14,36
Adquisición de maquinaria, equipos y software	21,85	45,35
Adquisición de otros conocimientos externos	2,47	4,77
Formación	1,17	1,03
Introducción de innovaciones en el mercado	5,54	4,22
Diseño, otros preparativos para producción y/o distribución	1,85	3,87

Fuente: Instituto Nacional de Estadística [36]



un total de 3,3. Finalmente, los datos de subsidios proporcionados para la realización de este tipo de actividades, la adopción por parte de las empresas de bienes de capital que incorporan tecnologías avanzadas y otros indicadores también reflejan los recursos utilizados por la empresa [14].

Un aspecto que debe tenerse en cuenta al medir las actividades de I+D en su dimensión macroeconómica es el origen de los recursos ya que la financiación puede proceder de las empresas o del gobierno. Aunque — como veremos más adelante — existan excepciones, en general los fondos que dedican las empresas son de mayor cuantía y se invierten en actividades de investigación y desarrollo orientadas al mercado. De acuerdo a los datos del INE, en 2007 el 55,9% del gasto en I+D de la economía española corre a cargo del sector privado y el sector público sólo representa el 17,6% (estos datos no recogen el gasto en enseñanza). Para el caso español y de acuerdo con la Encuesta IAIF-CDTI, cada empresa dedica en promedio el 5,9 % de sus ventas a la I+D y emplea en esa actividad al 29,3% del personal [7], aunque estos datos sobrevalúan la importancia de dicha inversión en la empresa media española, al tratarse de una muestra de empresas innovadoras. Cuando tenemos en cuenta el total de empresas, tal y como se recoge en las estadísticas del INE, observamos que el porcentaje de recursos dedicados a la I+D en función de la cifra de negocios de la empresa es en media de 0,89%, aunque si tenemos en cuenta sólo las actividades industriales esta cifra asciende al 1%. Los fondos públicos se invierten, por lo regular, en investigación básica y soporte técnico para la provisión de bienes públicos. Además, el 10% de la I+D empresarial es financiada por el gobierno español; mientras que la industria sólo financia el 7,5% del gasto de I+D que realizan las universidades (OECD 2007). Una importante aportación hecha por Pavitt (1993) [26] en su artículo “*What do firms learn from basic research?*” muestra que la contribución hecha por la ciencia básica, en la industria estadounidense, es indirecta y que se da principalmente en forma de la contratación de jóvenes científicos y tecnólogos con mayores conocimientos y habilidades. En España, la participación privada en el proceso innovador es muy inferior a la media de los países de la UE. Además, del total de fondos que aportan las empresas para financiar la I+D, cerca de la mitad procede de filiales de empresas multinacionales que están establecidas en España [27], especialmente en industrias tales como la aeronáutica, la farmacéutica y las tecnologías de la información. En España, las Universidades efectúan un 29,5% de la inversión total y el sector público el 16%. Estos patrones de financiación se han mostrado bastante estables a lo largo del tiempo en la mayoría de los países industrializados [25].

Los indicadores de recursos pueden subdividirse mediante diversas clasificaciones, mostrando otras distinciones importantes que suele realizar la literatura económica. Cuando una empresa decide invertir en innova-

ción se encuentra ante la disyuntiva de invertir intramuros para generar sus propias innovaciones o de comprar a terceros la tecnología que necesita. Con datos de la Encuesta IAIF-CDTI, Buesa y Molero (1998) [7] evidencian que las empresas establecidas en España generan, por sí mismas, una gran parte de las tecnologías que ellas necesitan y que dichas compañías dependen en escasa medida de las adquisiciones tecnológicas. En otras palabras, también en España las empresas valoran la I+D interna como la actividad más relevante para la generación de tecnología. Beneito (2002) [28] observa que, para una muestra de 1.488 empresas manufactureras establecidas en nuestro país, el gasto de I+D interno constituye el más importante de los gastos que realizan en innovación. Estos datos son confirmados por la información más actualizada que presentamos en el cuadro 2. No obstante, como observan Molero y García (2008) [8], el Informe de Innovación Española del año 2006 muestra que las empresas dan mucha importancia a las fuentes externas de conocimiento, aunque entre éstas valoren en una menor medida a las fuentes institucionales, como las Universidades.

Para concluir, pese a los ya señalados inconvenientes de las estadísticas de I+D para la medición del cambio tecnológico, pueden señalarse algunas ventajas evidentes de esos indicadores, como el estar disponibles para largas series históricas, ser susceptibles de comparación entre diferentes países (además de los de la OCDE, muchos otros países se han inspirado en el Manual de Frascati) y ofrecer, para muchos de ellos, detalladas subclasificaciones que permiten analizar a fondo este fenómeno [16].

3.2 Indicadores de resultados. Como ya se indicó, la actividad innovadora suele medirse también a través de sus resultados. Según la definición de Grupp (1998) [14], la patente es un concepto legal que confiere al detentor el derecho exclusivo de explotar determinados conocimientos tecnológicos por un período específico de tiempo. La patente, según este autor, debe reunir ciertas características, como la novedad, calidad y aplicabilidad comercial del invento. El sistema de patentes, además de ser un método que utilizan los inventores para proteger sus inventos, tiene validez para analizar la actividad innovadora de países, instituciones y empresas. “*Estimar el valor de las patentes, analizar sus determinantes y construir indicadores ponderados por su valor es una de las líneas de investigación más importantes de los estudios en economías de la innovación*” [29, p. 7]. A primera vista, las patentes pueden parecer una medida más adecuada de la actividad tecnológica ya que se centran en la producción innovadora y no en los recursos dedicados a ésta. Además, representan innovaciones con impacto comercial y permiten, por tanto, el estudio de la dimensión competitiva del cambio técnico. Otra ventaja radica en que las estadísticas de patentes están disponibles para largos períodos de tiempo, por lo que permiten



efectuar análisis longitudinales de la innovación. No obstante, las patentes también presentan algunos inconvenientes como instrumento de medición. Un estudio de la oficina Europea de Patentes (EPO) que investiga los métodos que utilizan las empresas europeas para proteger sus innovaciones encontró que el 84% patentan sus innovaciones de producto y el 71% las de proceso, lo que señala que no todas las compañías patentan sus innovaciones, aunque lo haga la mayoría de ellas. Otra desventaja de las patentes como instrumento de medición de la actividad innovadora es que no todos los inventos son patentables. Por ejemplo, según el Convenio sobre la Patente Europea firmado por España en 1986, no todos los programas de ordenador son patentables⁵ – lo que supone una diferencia importante entre el sistema europeo y el estadounidense [29] –. Además, como las patentes son documentos públicos, las empresas pueden preferir el secreto industrial (en vez de la patente) para proteger a algunos de sus descubrimientos, aunque los estudios empíricos muestran que la mayoría de los inventos son patentados [13] del mismo modo que, como hemos visto, la mayoría de las empresas tienden a solicitar alguna patente. Asimismo las empresas exhiben diferente propensión a patentar en su mercado doméstico o en el internacional. En este sentido, la mayoría de los estudios considera que las patentes para las que el solicitante pide protección legal más allá de su lugar de residencia suelen ser de mayor valor que el resto de estos instrumentos legales puesto que la empresa innovadora sólo incurrirá en los costes adicionales de una patente extranjera o internacional si espera obtener de ella un beneficio superior a los costes adicionales vinculados a esa decisión [29]. El cuadro 3 muestra el número de solicitudes y concesiones de patentes con efectos en España para el año 2007.

Otro inconveniente del uso de la patente como instrumento de medición surge porque no todos los inventos patentados se convierten finalmente en innovaciones, es decir que no todos llegan al mercado. El estudio de EPO encontró que sólo el 47% de las empresas europeas comercializan o licencian más del 90% de sus inventos patentados. Otro problema que debe ser tenido en cuenta cuando se estudia este tipo de estadística es que la patente surge al comienzo del proceso innovador, por lo que es una mala medida, por ejemplo, de las actividades de desarrollo de producto que lleva a cabo una empresa o industria [21]. Además, existen variaciones persistentes tanto entre sectores como entre países en cuanto a la productividad de la I+D (medida por el número de patentes otorgadas/unidad de I+D gastada). La productividad de la I+D en términos de invenciones obtenidas dependerá de muchas variables, como los recursos que destine

Cuadro 3: Patentes con efectos en España

2007	
SOLICITUDES	
Total	223.161
Vía Nacional (Directas)	3.439
Vía Europea (Directas y Euro-PCT)	219.629
PCT que entran en fase nacional	93
CONCESIONES	
Total	21.823
Vía Nacional (Directas)	2.603
Vía Europea (Directas y Euro-PCT)	19.156
PCT que entran en fase nacional	64

Notas:

Vía Nacional directa: Son las solicitudes presentadas directamente en la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).

Vía Europea directa: Son las solicitudes presentadas directamente en la Oficina Europea de Patentes (OEP) y que designan a España.

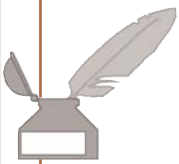
Vía Euro-PCT: Son las solicitudes presentadas directamente en la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y que designan a España a través de una patente europea (PCT - Tratado de Cooperación en materia de Patentes).

Vía PCT que entran en Fase Nacional: Son las solicitudes PCT que en su día designaron a España directamente en la OMPI y han iniciado el procedimiento ante la OEPM, en el año de las estadísticas.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística [37]

un país a dichas actividades, sus políticas de educación, ciencia y tecnología, etc. [29]. Otro aspecto a tener en cuenta cuando se analizan estadísticas de patentes es, como demuestra un clásico estudio sobre los EEUU, que existen grandes diferencias intersectoriales respecto a la propensión a patentar de las empresas [30], lo que dificulta la realización de estudios comparativos de la actividad innovadora de diversas industrias. Mientras algunas, como la farmacéutica, propenden a patentar mucho, otras patentan relativamente poco, como puede ser el caso de la industria alimentaria y de bebidas, protegiendo sus innovaciones de sus competidores a través de métodos como el secreto industrial (como ocurre en el célebre ejemplo de la fórmula secreta de la *Coca-Cola*). Por otro lado, existen diferencias entre países en la forma

⁵ Son patentables los programas de ordenador que se usan para controlar determinada maquinaria pero lo son en mucha menor medida los programas de "software" utilizados por los usuarios.



de los procedimientos legales y en los criterios para obtener patentes, lo que empobrece las comparaciones internacionales. La literatura económica ha obviado este último inconveniente estudiando las patentes extranjeras otorgadas en un mismo país, aunque ello implique perder para el análisis comparativo a las patentes del país seleccionado (que, por definición, no son patentes extranjeras sino domésticas al ser concedidas en el país de residencia del solicitante) [31]. Pero, aunque se trate de un indicador imperfecto, las patentes tienen múltiples usos en la literatura económica del cambio tecnológico. Un ejemplo interesante es su utilización en los estudios comparativos internacionales de la actividad innovadora. El análisis "per cápita" de las patentes otorgadas, por ejemplo, muestra que España presenta una gran distancia de las actividades innovadoras por habitante respecto al promedio de la UE. En el año 2000 el número de patentes por habitante era en España de 21, mientras que la media europea ascendía a 139 ese mismo año [27]. Según los datos de la Encuesta IAIF-CDTI las empresas radicadas en España obtienen, por término medio, una patente cada año y nueve meses; un modelo de utilidad cada cinco años y un trimestre y una marca cada año y tres meses [7]⁶. Si nos centramos en las patentes triádicas, como se verá de mayor valor, España contaba, en 2005, con tan sólo cinco familias⁷ triádicas, mientras que la media de la OCDE ascendía a 43 [29].

Además de ser útiles en las comparaciones internacionales de la actividad innovadora, las patentes también se utilizan para construir diversos índices que se analizan posteriormente en estudios de la estructura del mercado (monopolio), procesos de aprendizaje, ventajas competitivas, especialización tecnológica de los países, etc. El índice RTA (Revealed Technological Advantage), por ejemplo, es actualmente muy utilizado para medir la especialización internacional de los países. Un estudio sobre la innovación en la agricultura, la industria alimentaria y sus industrias auxiliares en la UE-15 muestra, por ejemplo, que España está muy especializada en la tecnología utilizada para producir equipamiento para la industria alimentaria, con un índice de 7.41 (versus 1.10 en el conjunto de Europa Occidental), mientras que está por debajo de la media en cuanto a la especialización en tecnologías para la fabricación de maquinaria agrícola [32].

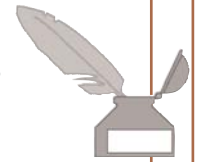
Como comentábamos anteriormente, las patentes distan de ser un indicador perfecto porque pueden diferir mucho entre sí en cuanto a los rendimientos

económicos que derivan al ser ciertas patentes más valiosas que otras en función de los rendimientos económicos que generan en el mercado. Algunos economistas opinan que esa es la verdadera debilidad de las patentes como medida del output científico [33].

Existen varias formas de aproximar el valor de una patente, su calidad o su impacto. Un estudio reciente observa que, en la literatura económica, existen tres tipos de indicadores del valor de las patentes [28]. Primero, se señalan los indicadores proporcionados directamente por el mercado, como las estimaciones basadas en el valor de la empresa a la que se le ha otorgado la patente. Por ejemplo, Austin (1993) [34] estudia el efecto de la obtención de una patente sobre la cotización bursátil de la empresa innovadora. El aumento del valor de la firma tras la introducción de la patente proporciona una aproximación del valor económico de dicho activo intangible. Ese autor analiza 565 patentes de las 20 mayores empresas biotecnológicas estadounidenses (datos obtenidos del CAS-SIS CD-ROM, en el que constan las patentes estadounidenses desde 1969); además es capaz de asociar 121 de estas patentes a productos introducidos en el mercado. Austin encuentra que las patentes identificadas con productos finales poseen, por lo general, un mayor valor que la patente media, es decir la patente relacionada con procesos intermedios que, en cambio, no genera un aumento en la cotización bursátil de la compañía que realizó el invento. Ello no significa que estas patentes carezcan de valor pues, como Austin observa, muchas de ellas son necesarias para la producción de bienes finales. Además, encuentra que las patentes que son anunciadas en la prensa resultan mejor valoradas por el mercado de valores que las que no lo son, observando, además, que la obtención de una patente de producto por parte de un innovador puede afectar negativamente a la cotización de las empresas rivales. El segundo grupo de indicadores recogidos por la literatura económica se refiere a los indicadores indirectos o bibliográficos [29], como el método de ponderar las patentes en función del número de citas que han recibido en otras patentes. Es asumible que las patentes más citadas son aquellas de mayor valor económico, aunque este indicador parece más adecuado para medir el impacto tecnológico de la patente que su verdadero valor comercial. Aunque no todas las opiniones sean coincidentes, se ha argumentado que si una patente es citada con gran frecuencia ello significa que el invento que protege ha ido más allá del "esta-

⁶ La muestra que utilizan estos autores consta sólo de empresas innovadoras, de modo que la empresa española media presenta, en realidad, una propensión a patentar mucho menor.

⁷ Las familias incluyen la solicitud original y sus duplicados en otros países donde el solicitante busca protección legal. Cuando la familia es numerosa, la literatura económica entiende que la patente es de mayor valor [14].



do del arte" en una determinada disciplina y que tendrá, por lo tanto, mayor interés técnico y económico ya que, al menos en teoría, posibilita la expansión de un determinado mercado) [14]. Esta interpretación apunta a otro problema metodológico que consiste en la equiparación de las categorías tecnológicas, como los campos técnicos de las patentes, con clasificaciones industriales como la SIC (Standard Industrial Classification de las Naciones Unidas) o el EUROS-TAT. No siempre se equiparan fácilmente ambos ámbitos de análisis y la literatura económica aún debate un problema de "concordancia" entre industrias y tecnologías.

Para obtener una idea sobre el valor económico de la patente también se tiene en cuenta el número de años y los costes en los que incurre el beneficiario de la patente para mantener sus derechos. También podemos obtener información sobre el área geográfica de explotación del invento, observando en qué países se extiende la patente. Por ejemplo, la literatura económica considera que las patentes triádicas, es decir aquellas para las que se solicita protección en la Oficina de Patentes y Marcas de los EEUU (USPTO), la Oficina de Europea de Patentes (EPO) y la oficina de Patentes del Japón (JPO), son económicamente más valiosas que otras ya que se presume han justificado los gastos de solicitud en la Tríada por el beneficio comercial esperado por el inventor, además de reflejar las expectativas de este último de comercializar la innovación en los tres mercados de mayor poder adquisitivo del mundo [29]. Finalmente, existen indicadores indirectos subjetivos del valor de la patente [29].

3.3. Indicadores de progreso. Aunque los indicadores de progreso son numerosísimos, aquí nos limitaremos a presentar solamente aquellos que tienen mayor difusión en la literatura económica. Uno de los más utilizados consiste en el recuento de innovaciones, dato que se obtiene directamente encuestando a las empresas, aunque actualmente existe un consenso de que este indicador debe interpretarse con la mayor cautela porque puede estar afectado por la subjetividad del encuestado [14]. El principal problema de este indicador es la unidad de análisis ya que, en dichos recuentos, es imposible distinguir entre innovaciones importantes y meras mejoras del producto o proceso industrial. Algo menos subjetivo resulta el análisis que suelen efectuar algunos autores basándose en los avisos de nuevos productos que aparecen en los periódicos especializados o en la prensa publicada por diversas asociaciones industriales. Otra medida que está empezando a ser utilizar recientemente son las marcas comerciales que posee cada empresa. Las patentes o el gasto en I+D informan más sobre la invención que sobre la innovación,

es decir, proporcionan escasa información acerca del impacto comercial de los inventos. Las marcas constituyen uno de los activos más importantes de las empresas, ya que les permiten obtener una base de consumidores fieles, jugando un papel fundamental en la comercialización de nuevos productos y constituyendo un medio para apropiarse de los beneficios de la innovación. Diversos estudios han encontrado una correlación positiva entre la actividad innovadora (medida con distintas variables tales como los gastos de I+D de la empresa, el número patentes que le han concedido, el número de productos lanzados al mercado, etc.) y el número de marcas que tiene la compañía [35]. Otra medida de progreso consiste en el porcentaje de las ventas totales de la empresa que es atribuible a ventas de nuevos productos. En los análisis macroeconómicos se estudia, además, la productividad de los factores, el empleo vinculado a sectores de alta tecnología y aspectos vinculados al comercio exterior.

La balanza de pagos tecnológica (BPT) es otra forma de medir la actividad innovadora, en este caso de los países, ya que nos permite analizar sus flujos tecnológicos. Esta balanza mide las transacciones entre empresas y sectores de diferentes naciones. La principal característica de la BPT es que sólo recoge transferencias que se realizan con un objetivo comercial y, por tanto, excluye todos los inventos no comerciables y la actividad innovadora como tal. El tipo de producto que es comercializado informa sobre el tipo de tecnología que se transfiere, el tipo de actividad de la empresa que adquiere el producto da cuenta del sector de utilización de dicha tecnología y el tipo de empresa vendedora informa del sector productor de la tecnología. Esta información permite estudiar de una forma precisa las relaciones de interdependencia tecnológica que existen entre los diversos sectores y las diversas economías nacionales, así como la relación productor-usuario de determinada tecnología. La principal ventaja de la BPT es que proporciona datos en términos monetarios indicando, por tanto, la relevancia económica de cada transacción tecnológica. Sin embargo, no informa en absoluto sobre la actividad innovadora en sí y, además, excluye a todas las tecnologías que no son objeto de intercambios comerciales como, por ejemplo, la tecnología que una empresa produce para su propio uso interno. En el cuadro 4 encontramos el saldo comercial (exportaciones-importaciones) de España en materia de productos de alta tecnología por países de destino para el año 2007, lo que permite tener una idea aproximada de cuales son las principales carencias y ventajas de los sectores altamente innovadores en nuestro país. Como se puede observar en el cuadro, España es deficitaria con la UE-15 en todos los productos intensivos en I+D, excepto armas y productos mecánicos.

Cuadro 4: Valor del saldo comercial español de productos de alta tecnología por países de destino y grupos de productos (en miles de ?)

	Armas	Aeronáutica	Equipo informático	Material electrónico	Fármacos	Instrument. científicos	Maquinaria	Productos químicos	Equipo mecánico
Total UE-15	-48.086	-762.677	-3.070.799	-4.499.373	-1.038.689	-1.225.113	-317.893	-358.587	101.871
Alemania	-10.377	-26.233	-848.648	-2.174.045	-189.821	-472.015	-93.740	-111.865	-41.417
Austria	-991	467	-28.198	-94.974	71.211	-26.352	-5.557	-5.020	-6.587
Bélgica	-3.886	-5.867	-75.521	-31.582	-178.960	-51.351	-1.252	-44.769	1.584
Dinamarca	9.242	-18.201	-20.226	-32.951	-61.163	-50.936	-2.512	-2.074	-1.208
Finlandia	1.469	35.993	-5.126	-334.626	-1.006	-4.122	-5.866	843	11.211
Francia	-38.709	-693.696	-301.510	-272.618	-254.003	-99.521	-30.133	19.566	201.552
Grecia	1.493	1.844	1.825	12.015	16.627	2.712	3.056	11.781	-257
Irlanda	5.991	-2.348	-454.945	-215.382	-70.752	-59.291	-44.302	1.565	817
Italia	-31.154	-20.671	-93.669	-55.886	-67.196	-132.783	-38.203	17.182	-51.845
Luxemburgo	9	-5.890	-110.671	-23.095	-4.381	-493	94	-500	-562
Países Bajos	5.288	-16.587	-1.124.353	-708.532	-13.112	-294.513	-49.388	-34.925	-6.272
Portugal	4.281	98.853	274.687	183.709	14.844	89.643	-962	23.331	11.555
Reino Unido	9.367	-107.302	-223.140	-406.762	-269.348	-84.943	-45.954	-233.725	37
Suecia	-109	-3.039	-61.304	-344.644	-31.629	-41.148	-3.174	23	-16.737
EEUU	34.652	-521.124	-213.550	-315.338	-348.867	-382.929	-13.672	-22.913	-65.423
Japón	132	-6.719	-210.039	-521.993	-25.596	-98.457	-28.169	-4.285	-41.429
Resto del Mundo	31.887	-5.931	-1.960.209	-3.332.478	-171.030	-135.249	-146.178	50.032	100.147
Total	18.585	-1.296.451	-5.454.597	-8.669.182	-1.584.182	-1.841.748	-505.912	-335.753	95.166

Fuente: Instituto Nacional de Estadística [40]

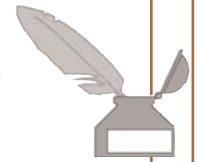
3.4. Otros indicadores. Como hemos visto, las estadísticas que se basan en las actividades de I+D, patentes e intercambios comerciales no recogen buena parte de las tareas vinculadas a la innovación en la empresa, actividades que puede tener lugar, por ejemplo, en la propia planta industrial (no en un departamento de I+D específico). Un aspecto, como hemos visto, soslayado por algunos estudios y fuentes estadísticas sobre el cambio tecnológico, se refiere a la educación y la formación de personal⁸. Esta limitación de los indicadores ha llevado a algunos estudiosos del tema a la utilización de mediciones más complejas que combinan diversos indicadores de la innovación, introduciendo esos importantísimos aspectos del cambio tecnológico. Un ejemplo microeconómico de estas mediciones complejas podría ser el *capital intelectual* de una empresa, que se calcula como la suma del valor de los activos acumulados en I+D (en muchas ocasiones se tiene en cuenta la posible depreciación de estos activos), el marketing, el software y el nivel de formación de los trabajadores [9]. Estas categorías tienen una relación directa con el conocimiento acumulado que posee una empresa, que en parte es codificado y fácilmente accesible para otros agentes eco-

nómicos (por ejemplo, a través de la lectura de una patente o una publicación técnica) y que, en parte, es tácito y está incorporado en la fuerza de trabajo y en la compañía en sí como "know how". El capital intelectual da forma y añade valor a la producción industrial mediante la diferenciación de los productos⁹. Usualmente, el valor del capital intelectual se calcula mediante encuestas que se realizan a las empresas, siendo un indicador que permite relacionar el acervo de conocimientos de las mismas con su desempeño económico. Por ejemplo, en una encuesta realizada a 150 sociedades de ingeniería suecas, Braunerhjelm (1997) [9] demuestra que esta compleja medida de la actividad tecnológica se relaciona positiva y significativamente con los rendimientos económicos que obtienen las empresas.

En este capítulo de los indicadores compuestos resultan de particular interés los que se construyen para la realización de análisis macroeconómicos de la innovación pues permiten la preparación de "rankings" de países. EUROSTAT elabora el European Innovation Scoreboard, creando el Índice Sintético de Innovación (SII), que incluye 25 indicadores agrupados en 5 subcampos generadores de innovaciones:

⁸ El Community Innovation Survey de la Unión Europea contiene un capítulo referente a la formación en el trabajo, aunque sólo considera la que está específicamente vinculada al entrenamiento del trabajador requerido para la puesta en marcha de determinada tecnología (por ejemplo, la capacitación que necesita un trabajador para utilizar un equipo de CAD/CAM).

⁹ La diferenciación de producto es una estrategia basada en la creación de una percepción del producto, por parte del consumidor, que lo diferencie claramente de los de la competencia, ya sea mediante marketing o por la alteración físico-técnica de alguno de sus elementos. El aislamiento de las presiones competitivas, como consecuencia de la diferenciación, permite a las empresas obtener un mayor rendimiento económico.



- **Facilitadores de la innovación:** Incluye variables que miden el nivel de estudios de la población y nivel de penetración de la banda ancha.
- **Creación de conocimiento:** Recoge el gasto público y el privado en I+D como porcentaje del PIB (producto Interno Bruto), el gasto en I+D en sectores de media y alta tecnología en relación al gasto en I+D de toda la industria manufacturera y el porcentaje de establecimientos que han utilizado financiación pública para financiar sus proyectos de innovación.
- **Innovación y aprendizaje:** Hace referencia al porcentaje de empresas que efectúan innovación interna individualmente y el porcentaje de las que lo hacen a través de la cooperación, tanto de empresas intensivas en innovación como las que no.
- **Aplicaciones:** Se incluye el porcentaje de la población ocupada en alta tecnología en el sector servicios, el porcentaje de exportaciones tecnológicas en función de las exportaciones totales, el porcentaje de la venta de nuevos productos en relación a las ventas totales de las empresas.
- **Propiedad intelectual:** Se incluye el número de patentes, de marcas y de diseños registrados por millón de habitantes.

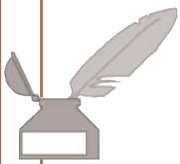
Como puede observarse, estos indicadores introducen y miden facetas decisivas del cambio tecnológico, aunque escasamente contemplados en otros indicadores, como la educación, la formación profesional y los diversos mecanismos de cooperación tecnológica que ponen en práctica las empresas.

Gracias al SII, actualmente es posible tener un conocimiento más preciso de la situación innovadora de los países europeos. España, por ejemplo, está claramente por debajo de la media de la Unión Europea (UE) en lo referente a este indicador. El SII español ocupa el puesto 25, dentro del grupo de 37 países de la OCDE que recoge el European Innovation Scoreboard. El valor de este índice para España es de 0.31, mientras que la media de la UE es de 0.45. En el único subcampo en el que España iguala a la media europea es en el de facilitadores de la innovación, que mide principalmente el nivel de estudios de la población. Se observa un peor funcionamiento en los aspectos relacionados con la empresarialidad, la creación de conocimiento, así como en la participación de las compañías privadas en la financiación global de la I+D [8]. El crecimiento del SII español también está por debajo del crecimiento medio europeo, aunque no ocurre lo mismo con el gasto en I+D. Los últimos datos recogidos por COTEC (Fundación para la Innovación Tecnológica) en su Informe 2007 sobre "Tecnología e Innovación" muestran que se mantiene el proceso de convergencia con los principales países de nuestro entorno con un crecimiento del 14% (9% el año anterior) del gasto total en I+D, que sitúa el esfuerzo español en el 1,13% del PIB, frente al 1,8% de la UE-25

y el 2,26% de los países de la OCDE. Este incremento del gasto, al igual que en otros países, ha sido impulsado por la expansión de la I+D en el sector servicios [25]. Desagregando la información por sectores, se observa que el distanciamiento del SII español respecto a la media europea es más acentuado en los sectores de mayor contenido tecnológico (equipo eléctrico y óptico, tecnologías de la información y el conocimiento, maquinaria y aparatos eléctricos, química, etc.), aunque también exista cierta distancia en sectores tradicionales, como el textil y la alimentación. Estos indicadores permiten deducir que las carencias innovadoras están francamente extendidas por el conjunto de la economía española, lo que sugeriría, en la opinión de algunos autores, que se trata de un problema estructural [23]. Estos datos también muestran que los índices que miden, en España, los recursos dedicados a la innovación están más próximos al promedio europeo que los que miden los resultados obtenidos, lo que indica una mala organización del proceso innovador en nuestro país y, posiblemente, una ineficiente absorción de personal científico y técnico de alto nivel.

Para realizar comparaciones internacionales sobre la capacidad tecnológica de diversos países, Archibugi y Coco (2004) [36] proponen el índice ArCo. Este índice se basa en indicadores de la creación de nueva tecnología (patentes, artículos científicos, etc.), de la disponibilidad nacional de infraestructuras tecnológicas (Internet, telefonía y electricidad) y de las habilidades de la fuerza de trabajo (años de estudios, etc). Estos tres componentes juegan un papel comparativo en la generación de capacidades tecnológicas de cada economía. Archibugi y Coco estiman este índice para un total de 162 países, lo que les permite clasificarlos en cuatro grupos:

- **Líderes:** grupo que se encuentra liderado por los países nórdicos europeos (Suecia, Dinamarca, Finlandia, Noruega) que poseen un elevado nivel educativo e importantes infraestructuras tecnológicas. En este grupo, destaca el crecimiento de los famosos Tigres Asiáticos (Corea del Sur, Taiwán, Singapur, Hong Kong), que presentan una extraordinaria mejora en la creación de nueva tecnología. EEUU y Canadá se encuentran en la posición quinta y sexta, respectivamente, aunque están perdiendo posiciones. Japón ocupa la posición número ocho, gracias a la generación de nueva tecnología y a las infraestructuras pero, hasta cierto punto, obtiene peores resultados en lo que se refiere a las habilidades de su fuerza de trabajo. Los países de Europa Occidental, presentan una desaceleración, excepto Suiza que se encuentra en la tercera posición. España, que se encontraba en un grupo tecnológicamente inferior, ocupa ahora el último lugar de este grupo, gracias a las posiciones que ha escalado en los últimos años. Israel ocupa el cuarto lugar y Australia y Nueva Zelanda el décimo y el decimosexto respectivamente.



- **Líderes Potenciales:** Se incluyen los países que han invertido en educación e infraestructuras, pero que han conseguido innovar relativamente poco. En este grupo se encuentran, entre otros, los países del este de Europa, Grecia, Portugal, Argentina, Uruguay, Chile, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait...

- **Rezagados:** Se encuentran los países de Centro y Sur América. Estos países han desarrollado algunas infraestructuras tecnológicas, pero la mejora no ha ido acompañada de mayores niveles educativos. Otros países que se encuentran en este grupo son: Malasia, Tailandia, China (aunque muestra un extraordinario crecimiento, excepto en educación), India, Líbano, Arabia Saudí, Sudáfrica, Túnez, Argelia y Egipto.

- **Marginales:** Está compuesto por países que no tienen acceso masivo incluso a tecnologías altamente difundidas mundialmente, como la electricidad o el teléfono. Estos países prácticamente no presentan generación de nueva tecnología y son deficientes en educación e infraestructuras tecnológicas. La mayoría de los estados africanos se encuentran incluidos en este grupo.

Una vez más, este indicador destaca la importancia de la educación que, en buena medida, es responsable del

liderazgo tecnológico de los países nórdicos.

4. CONCLUSIONES

Las estadísticas y estudios sobre cambio tecnológico desde una perspectiva económica clasifican y miden la innovación en forma muy diferente que la utilizada en ciencias experimentales pues, como es lógico, se privilegian los indicadores susceptibles de captar, ante todo, el valor comercial del invento y su posible impacto en la competitividad de las empresas y de los países. Los diversos indicadores que utiliza la literatura económica presentan ventajas e inconvenientes. No existe un indicador perfecto de la actividad innovadora. Por ese motivo, actualmente se recurre cada vez más a indicadores compuestos que recogen diversos aspectos de la actividad innovadora y enfatizan la importancia de la formación del capital humano y la educación. Nuestra revisión crítica de la bibliografía económica parece confirmar que, como señalan algunos autores [16], el futuro de la medición del cambio tecnológico y la innovación, estaría en la integración de diversas fuentes que cuantifican diversos aspectos de estos complejos fenómenos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la crítica constructiva y los comentarios de un evaluador anónimo y de Daniel Farías.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalismo, Socialismo y Democracia*. México, D. F., F. C. E.

[2] Teece, D. J. (1986). "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy." *Research Policy* **15**: 285-305.

[3] Archibugi, D. (1988). "In search of a useful measure of technological innovation (to make economists happy without discontending technologists)." *Technological Forecasting and Social Change* **34**: 253-277.

[4] Freeman, C. (1995). "The "National System of Innovation" in historical perspective." *Cambridge Journal of Economics* **19**: 5-24.

[5] Comanor, W. S. (1967). "Market Structure, Product Differentiation, and Industrial Research." *The Quarterly Journal of Economics* **81**(4): 639-657.

[6] Avermaete, T., J. Viaene, et al. (2004). "Determinants of product and process innovation in small food manufacturing firms." *Trends in Food Science & Technology* **15**: 474-483.

[7] Buesa, M. and J. Molero (1998). "Tamaño empresarial e innovación tecnológica en la economía española." *Información Comercial Española* **773**: 155-173.

[8] Molero, J. and A. García (2008). Factors affecting

innovation revisited. Madrid, Universidad Complutense de Madrid: 6-25.

[9] Braunerhjelm, P. (1997). "On the role of knowledge capital in firm performance. Evidence from Swedish firms in the engineering industry." *Revue d'Economie Industrielle* **81**: 9-22.

[10] Pérez, C. (1988). *New technologies and development. Technical Change and Economic Theory*. G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete. London & New York, Pinter Publishers.

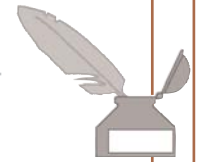
[11] Freeman, C. (1994). "The economics of technical change." *Cambridge Journal of Economics* **18**: 463-514.

[12] Archibugi, D. and R. Simonetti (1998). "Objects and subjects in technological interdependence. Towards a framework to monitor innovation." *International Journal of the Economics of Business* **5**(3): 295-309.

[13] Archibugi, D. and M. Pianta (1996). "Measuring technological change through patents and innovation surveys." *Technovation* **16**(9): 451-468.

[14] Grupp, H. (1998). *Foundations of the Economics of Innovation Theory. Measurement and Practice*, Edward Elgar.

[15] Montoya-Weiss, M. M. and R. Catalone (1994).



- "Determinants of new product performance: A review and meta-analysis." *Journal of Product Innovation Management* **11**: 397-417.
- [16] Smith, K. (2005). "Measuring innovation. The Oxford handbook of innovation. J. Fagerberg, D. C. Mowery and R. R. Nelson. Oxford, Oxford University Press: 148-177."
- [17] Rosenberg, N. (1982). Inside the Black Box: Technology and Economics. Cambridge.
- [18] Souder, W. E. and Shrivastava (1985). "Towards a scale for measuring technology in new product innovations." *Research Policy* **14**: 151-160.
- [19] OECD (2002). Trends in foreign direct investment in OECD countries. OECD, OECD: 1-9.
- [20] Cohen, W. M. and D. A. Levinthal (1989). "Innovation and learning: The two faces of R&D." *Economic Journal* **99**: 569-596.
- [21] Patel, P. and K. Pavitt (1995). Patterns of technological activity: their measurement and interpretation. "Handbook of The Economics of Innovation and Technological Change. P. Stoneman. Oxford, Blackwell".
- [22] von Tunzelmann, G. N. and V. Acha (2005). Innovation in 'low-tech' industries. "The Oxford Handbook of Innovation". J. Fagerberg, D. Mowery and R. Nelson. New York, Oxford, Oxford University Press: 407-432.
- [23] Molero, J. (2008). "La innovación en España: tres aspectos fundamentales de su evolución reciente." *Economistas* **118**(Monográfico sobre la innovación en las empresas españolas): 6-12.
- [24] Gersbach, H., M. T. Schneider, et al. (2008). On the design of basic-research policy. *Zurich, Center of Economic Research*: 39.
- [25] OECD (2007). Competitive Regional Clusters. National Policy Approaches. O. R. o. R. Innovation. Paris, OECD: 1-354.
- [26] Pavitt, K. (1993). *What do firms learn from basic research?* London, Pinter Publishers.
- [27] Molero, J. (2004). Tecnología e internacionalización de la empresa española. "La empresa multinacional española. Estrategias y ventajas competitivas". J. J. Durán. Madrid, Minerva ediciones.
- [28] Beneito, P. (2002). "Technological patterns among Spanish manufacturing firms." *Entrepreneurial & Regional Development* **14**: 89-115.
- [29] Martínez, C. (2008). *Las familias de patentes triádicas de origen español: Valor y estrategias.* Madrid, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- [30] Scherer, F. M. (1982). "Inter-industry technology flows in the United States." *Research Policy* **11**: 227-245.
- [31] Soete, L. (1987). "The impact of technological innovation on international trade patterns: The evidence reconsidered." *Research Policy* **16**: 101-130.
- [32] Christensen, J. L., R. Rama, et al. (1996). Study on innovation in the European Food Products and Beverages Industry. EIMS/SPRINT Brussels, The European Commission: 145.
- [33] Griliches, Z. (1979). "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth." *Bell Journal of Economics* **10**: 92-116.
- [34] Austin, D. H. (1993). "An event-study approach to measuring innovative output: The case of biotechnology." *AEA papers and proceedings* **83**(2).
- [35] Millot, V. (2009). Trademarks as an indicator of product and marketing innovation. T. a. I. *Statistical Analysis of Science, OECD*: 1-46.
- [36] Archibugi, D. and A. Coco (2004). "A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries (ArCo)." *World Development* **32**(4): 629-654.
- [37] INE (2009a). Estadística sobre actividades de I+D. España.
- [38] INE (2009b). Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas. España.
- [39] INE (2009c). Estadísticas de propiedad industrial. España.
- [40] INE (2009d). Indicadores de alta tecnología. España



Inserta aquí tu Publicidad

Anuncia tus productos o servicios en *Apuntes de Ciencia y Tecnología*,
tu anuncio lo leerán varios miles de investigadores científicos de todas las disciplinas.

*Más de 5000 suscriptores electrónicos, que reenvían la revista a amigos y conocidos.

*Más de 9000 descargas desde la web de la AACTE: <http://www.aacte.eu>

Para más información contacta con rosario.gil@uv.es