

# TECNOLOGIA Y CRECIMIENTO: ANALISIS EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA, 1986-1992

*Carmen López Pueyo\**  
*Jaime Sanaú Villarroya\**

Desde hace décadas, se acepta que la tecnología es uno de los fundamentos más relevantes del crecimiento de las economías y de la extensión y diversificación de las actividades productivas. El presente artículo sintetiza los planteamientos teóricos sobre el tema y analiza los efectos que el capital tecnológico ha ejercido en la producción industrial española del período 1986-1992, comparándolos con los resultados obtenidos para otras economías y/o períodos. Asimismo, se contrasta su efecto diferencial a tenor de su financiación pública o privada.

**Palabras clave:** *cambio tecnológico, investigación y desarrollo, producción industrial, crecimiento económico, modelo con datos de panel, financiación pública, financiación privada, España, 1986-1992.*

**Clasificación JEL:** *C23, D24, O30, O40.*

## 1. Introducción: la incorporación de la tecnología a la explicación del crecimiento

Hace cuarenta años, cuando los economistas trataban de explicar el crecimiento de los países utilizando las entonces recientes extensiones de la revolución neoclásica, encontraron el «residuo» —véase Solow (1956) y Swan (1956)—. El mensaje de los trabajos de Abramovitz (1956) y Solow (1957)<sup>1</sup> era que el crecimiento de los *inputs* convencionales explicaba sólo una

pequeña parte del aumento del producto observado y que el mencionado residuo —al que se consideró como el crecimiento de la productividad total de los factores, o el cambio técnico—, era en gran parte «una medida de nuestra ignorancia»<sup>2</sup>. El interés por el papel de la tecnología que va a tener lugar a finales de los años cincuenta, impulsado por la importancia cuantitativa del residuo, se aborda desde dos frentes —uno macroeconómico y otro más bien microeconómico— con un origen común: la insatisfacción por el tratamiento que el modelo neoclásico daba a la tecnología<sup>3</sup>.

La literatura teórica de carácter macroeconómico intentó inicialmente mejorar sus modelizaciones manteniendo los supues-

---

\* Universidad de Zaragoza.

Esta investigación ha sido financiada por la CICYT (Proyecto SEC96-0524). Los autores agradecen las sugerencias de un evaluador anónimo que han permitido mejorar la versión original del trabajo.

<sup>1</sup> En realidad, ya TINBERGEN (1943) usando el método que luego se denominó «residuo de Solow» evidenció que, entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, una gran parte del crecimiento europeo y norteamericano se debía a un crecimiento exógeno en la eficiencia con que se utilizaban el capital y el trabajo.

<sup>2</sup> ABRAMOVITZ (1956: 11).

<sup>3</sup> Llama la atención el paralelismo existente entre los nuevos desarrollos teóricos en los ámbitos del comercio internacional y del crecimiento, surgidos ambos de la aparición de sendas paradojas —paradoja de Leontief y residuo de Solow— en la aplicación de la teoría neoclásica.

tos neoclásicos e incorporando la tecnología como un proceso exógeno con tasa de crecimiento constante que se manifestaba de manera equivalente a un aumento en el *stock* de los *inputs*<sup>4</sup>. Los trabajos empíricos se desarrollaron siguiendo la «contabilidad del crecimiento» de Abramovitz (1956) o la «aproximación de Solow» (1957) basada en el desarrollo teórico formal de la función de producción. En el primer caso, se trató de incorporar la mayor parte de progreso tecnológico dentro de los propios factores, como en Jorgenson y Griliches (1967), o de reducir la parte inexplicada correspondiente al residuo a través de la incorporación de otras variables explicativas, tal como hizo Denison (1962, 1967). En el segundo caso, autores como Chenery *et al.* (1970) y Feder (1986) estimaron funciones de producción neoclásicas con datos de sección cruzada nacionales, incorporando variables como los cambios en la estructura sectorial u otras variables representativas de distintos tipos de desequilibrios existentes dentro de los países, e ignorando la contribución de la innovación y la difusión tecnológica. Todos estos intentos contradecían claramente los supuestos de equilibrio del modelo neoclásico ya que —como señala Fagerberg (1988: 438)— las variables añadidas para mejorar el poder explicativo eran básicamente factores en desequilibrio.

El frente de carácter microeconómico desarrolla el análisis económico de la innovación considerando la distribución de información que conlleva. Los denominados por Griliches (1984) «estudios de la innovación»<sup>5</sup> presentan como novedad el análisis de los procesos de innovación con el instrumental tradicional de costes, beneficios, oferta y demanda. La orientación eminentemente aplicada de estas contribuciones —iniciada con el estudio de casos— pone de manifiesto las características y peculiaridades del progreso técnico que habían señalado los autores precursores de tales estudios. A pesar de los problemas de medición de las variables analizadas, en todos estos trabajos —revisados en profusión en

Griliches (1994)— el crecimiento se explica tanto por las mejoras en la calidad del trabajo y del capital, como por la mejora en la eficiencia y el cambio técnico —producto, a su vez, de las inversiones formales e informales en I+D de empresas y gobiernos—. Por ello no debe extrañar que recomendasen el aumento de las inversiones en capital humano, ciencia básica, e I+D en la creencia de que el cambio técnico no iba a detenerse en el futuro

Sin embargo, la realidad de los hechos hizo que, en la década de los ochenta, se cuestionasen estos supuestos y comenzara a despertarse un renovado interés por las cuestiones del crecimiento y por el comportamiento diferencial de los países durante dilatados períodos de tiempo. Los hechos a los que nos referimos se han denominado «paradoja de Solow» y se pueden sintetizar en los siguientes comportamientos:

- Desde la segunda mitad de los años sesenta se observa un descenso en el crecimiento de la productividad de los grandes países de la OCDE y, tras la primera crisis petrolífera, también en los países más pequeños.
- Simultáneamente, desde final de los años setenta tiene lugar una aceleración del esfuerzo científico y tecnológico en dichos países, si bien la relación entre número de patentes y gastos de I+D ha caído.
- El mayor esfuerzo tecnológico no se ha traducido en un aumento significativo de las tasas de crecimiento a nivel agregado de los países de la OCDE<sup>6</sup>.

El desafío que estos hitos supusieron para las explicaciones del crecimiento vigentes impulsó el desarrollo de dos grandes líneas de investigación que, si bien quisieron explicar la influencia de la tecnología —entendida como el elenco de conocimientos que se emplean en la producción de bienes y servicios— partieron de supuestos teóricos diferentes —hecho, una de ellas presentaba rasgos «heterodoxos» con respecto al paradigma neoclásico— y se desarrollaron con distinto nivel de sofisticación matemática y de riqueza interpretativa de la realidad eco-

<sup>4</sup> DE LA FUENTE (1992) contiene un tratamiento más exhaustivo y al mismo tiempo sintético sobre el tema.

<sup>5</sup> Véanse los trabajos de GRILICHES (1957, 1958, 1963, 1964) y MANSFIELD (1961, 1965), sobre la difusión de innovaciones en los sectores agrícola e industrial, o los de SCHMOOKLER (1952, 1966).

<sup>6</sup> Véase PATEL y SOETE (1988), OECD (1992) o GRILICHES (1994) para un mayor desarrollo de estas ideas, así como para una discusión sobre el distinto significado que el cambio técnico tiene entre los economistas y los científicos.

nómica. La línea más heterodoxa, englobaba diferentes corrientes como el análisis del *catch-up*, la teoría del *gap* tecnológico y la perspectiva evolucionista<sup>7</sup>.

De esta forma, a lo largo de la década de los ochenta, el desarrollo de los estudios de la innovación —que habían puesto de manifiesto las peculiaridades de la innovación como fenómeno económico consumidor de recursos con un mercado propio—, de los modelos de competencia imperfecta —gracias, fundamentalmente, a los teóricos de la organización industrial—, y de las técnicas de análisis de sistemas dinámicos permitieron salir de la situación de estancamiento en la que habían quedado los modelos teóricos de corte neoclásico.

Surgieron en este contexto los denominados modelos de crecimiento endógeno, caracterizados por un contenido eminentemente teórico y un riguroso desarrollo analítico. Sus más bien escasas aplicaciones —al menos hasta la publicación por Summers y Heston (1991) de datos de más de un centenar de países y varias décadas— trataron de explicar la evolución del crecimiento de la productividad a lo largo de dilatados períodos de tiempo, y las sendas de convergencia/divergencia de renta per cápita entre países<sup>8</sup>.

A nivel más bien microeconómico, los hechos anteriormente mencionados también impulsaron un renovado interés por el crecimiento a través de un conjunto de aplicaciones sobre la contribución de la tecnología al crecimiento económico, que pretendieron ganar mayores dosis de generalidad que el mero estudio de casos y paliar las críticas a las aplicaciones macroeconómicas de corte neoclásico. Se trata de aplicaciones que, tomando el método de Solow, realizan una estimación econométrica de funciones de producción sectoriales ampliadas con variables tecnológicas y bajo supuestos derivados de la economía del cambio técnico, tratando de determinar la contribución de la tecnología al crecimiento económico.

Normalmente, estimaron funciones de producción Cobb-Douglas en la que las variables explicativas eran el *stock* de capital en investigación y desarrollo, el capital físico, el trabajo y, en ocasiones, los *inputs* intermedios. Las funciones estimaban en niveles o en tasas de crecimiento, utilizando datos de sección cruzada, series temporales o paneles de datos de países, sectores o incluso empresas. En ocasiones, las productividades marginales se igualaron a la retribución de los factores y la variable dependiente fue el crecimiento de la productividad total de los factores o el de la productividad laboral. En otras, se impusieron rendimientos constantes a escala y/o se introdujeron variables explicativas adicionales, como el grado de utilización de la capacidad productiva, la cualificación de la mano de obra, la importancia relativa de los sectores productivos y diversas medidas de las externalidades positivas que pueden generar las inversiones en I+D realizadas por otras empresas, sectores o países<sup>9</sup>.

Siguiendo este último enfoque, el presente estudio analiza el impacto de los gastos en investigación y desarrollo y de los pagos por patentes sobre la producción de la industria española en el período 1986-1992, único período para el que se ha podido reunir información fiable y homogénea de todas las variables explicativas con una desagregación sectorial apropiada. A pesar de que el estudio no se refiera al conjunto de la economía española, conviene recordar que el sector escogido acapara la mayoría de las inversiones en tecnología de la economía nacional. En cualquier caso, la ampliación del estudio a los restantes sectores económicos es una cuestión que dejamos pendiente para futuras investigaciones.

En el apartado siguiente se concreta la especificación escogida y se explica con detalle la medición de las variables y las fuentes estadísticas seleccionadas, ya que ambos aspectos son novedosos en relación con otros trabajos realizados para la economía española. En el apartado tercero, se presentan los resultados de la estimación y se comparan con los alcanzados en otras investigaciones nacionales y extranjeras. Finalmente, el apartado cuar-

<sup>7</sup> En WOLFF (1997) (Parte III) se recogen algunos de los artículos más representativos de estas aproximaciones.

<sup>8</sup> Merece la pena resaltar, siguiendo a FAGERBERG, VERSPAGEN y VON TUNZELMAN (1996: 3.) cómo en estos modelos se han adoptado supuestos ligados hasta muy recientemente con economistas heterodoxos y cómo ha perdurado paralelamente una falta de comunicación entre ambas líneas.

<sup>9</sup> Excelentes panoramas sobre esta literatura pueden encontrarse en MOHNEN (1992), MAIRESSE y SASSENOU (1991) y GRILICHES (1991).

to cierra el trabajo con un breve resumen y algunas reflexiones sobre las implicaciones de la evidencia existente.

## 2. Modelo teórico, medición de las variables y fuentes estadísticas utilizadas

Siguiendo el método de Solow partimos de la siguiente especificación:

$$Q_{it} = A e^{\lambda t} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta} R_{it}^{\gamma_1} S_{it}^{\gamma_2} e^{\varepsilon_{it}} \quad [1]$$

donde  $Q$  indica el volumen de valor añadido;  $i$  denota el sector productivo;  $t$ , el periodo temporal, en este caso, el año;  $A$  es una constante;  $\lambda$ , la tendencia del progreso técnico autónomo;  $L$ , el trabajo;  $K$ , el capital físico;  $R$ , el capital tecnológico;  $S$ , el capital tecnológico extrasectorial;  $\varepsilon$ , una perturbación aleatoria;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma_1$  y  $\gamma_2$  las elasticidades de la producción con respecto al capital físico, al trabajo, al capital tecnológico propio y al extrasectorial respectivamente, con las cuales se mide la contribución relativa de cada uno de estos factores al valor añadido.

La función Cobb-Douglas presenta, al menos, tres ventajas con respecto a otras especificaciones. Primera, al haber sido habitualmente utilizada en los modelos convencionales de crecimiento, permite comparar los resultados de este trabajo con los de otras investigaciones. Segunda, no exige imponer restricciones sobre los rendimientos a escala. De esta forma, los rendimientos de los factores privados podrán ser tanto crecientes a escala ( $\alpha + \beta > 1$ ), como constantes ( $\alpha + \beta = 1$ ) o decrecientes ( $\alpha + \beta < 1$ )<sup>10</sup>. Y tercera, al tomar logaritmos puede estimarse como una regresión lineal del tipo:

$$q_{it} = a + \lambda t + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \gamma_1 r_{it} + \gamma_2 s_{it} + \varepsilon_{it} \quad [2]$$

<sup>10</sup> En ocasiones, algunos autores calculan la productividad total de los factores, imponiendo rendimientos constantes a escala al aproximar  $\alpha$  y  $\beta$  por la participación observada del capital y su diferencia a la unidad, respectivamente. De esta forma, se considera que en presencia de competencia perfecta y rendimientos constantes de escala, los factores se remunerarían de acuerdo con su productividad marginal hasta agotar el producto.

donde las minúsculas denotan el logaritmo de las variables.

Este modelo teórico se va a estimar con un panel con datos de 13 agrupaciones sectoriales de la industria española del período 1986-1992 (ver Anexo). La desagregación sectorial tomada es la de la Fundación BBV (1996). La medición de las variables se ha efectuado de la siguiente forma:

1. El valor añadido se ha aproximado por el valor añadido bruto a coste de los factores, tomado de la *Encuesta Industrial* del Instituto Nacional de Estadística y expresado en pesetas de 1990, mediante el deflactor del VAB a precios de mercado de cada una de las ramas de actividad.

2. El factor trabajo se ha cuantificado por el número de horas trabajadas, tomado de la *Encuesta Industrial*.

3. La variable capital privado se ha calculado por el procedimiento del inventario permanente a partir del *stock* inicial y de las cifras de inversión del sector manufacturero de la Fundación BBV (1996)<sup>11</sup>. En todas las regresiones se retardó un período para que el *stock* de capital privado a finales del año  $t-1$  fuera el disponible durante el año  $t$ .

La fórmula aplicada fue la siguiente:

$$K_{it} = K_{i,t-1} (1 - \delta) + I_{i,t} \quad [3]$$

donde  $K_{it}$  es el *stock* del sector  $i$  en el año  $t$ ;  $K_{i,t-1}$ , el *stock* del sector  $i$  en el año  $t-1$ ;  $I_{i,t}$  la inversión en el sector  $i$  en el año  $t$ ; y  $\delta$ , la tasa de depreciación del *stock*. En relación con el desarrollo de la misma en este trabajo, deben hacerse las siguientes puntualizaciones:

<sup>11</sup> A la hora de valorar el *stock* de capital físico es importante tener en cuenta que en realidad el *input* de capital que forma parte de la función de producción no es el *stock* de capital, sino el flujo de servicios que se utilizan de dicho *stock*. Mientras la relación *stock*/flujo se mantenga constante a lo largo del tiempo, la distinción entre ambos es irrelevante a efectos cuantitativos. Pero si a raíz de una importante alteración de precios relativos, o de un cambio estructural, parte del capital queda obsoleto, disminuirá el flujo de servicios de él obtenidos, y, si esto no se tiene en cuenta, se estará sobreestimando el crecimiento del *input* e indirectamente aparecerá un menor crecimiento de la productividad del realmente generado. De hecho, ésta es una cuestión de sumo interés que sería aplicable asimismo a la posible obsolescencia que un cambio estructural pueda inducir también sobre el resto de factores productivos (trabajo y capital tecnológico).

— Las cantidades se han expresado en unidades monetarias de 1990, utilizando el deflactor de la inversión productiva privada de la *Contabilidad Nacional*.

— Las tasas de depreciación utilizadas son las de la Fundación BBV (1996)<sup>12</sup>.

— Se ha considerado que las inversiones se realizan a finales del ejercicio, y que comienzan a amortizarse al ejercicio siguiente.

— Se han calculado los *stocks* a 31 de diciembre de cada año.

4. La variable capital tecnológico se ha aproximado aplicando el método de inventario permanente a las series de gastos en I+D y de pagos por patentes. Estos últimos provienen del Registro de Caja del Banco de España y aparecen por sectores en Giráldez (1993)<sup>13</sup>. Los primeros recogen los gastos intramuros ejecutados por el sector de empresas tomados de la *Estadística sobre las Actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (I+D)* que elabora el INE desde 1969<sup>14</sup>. Dado que hasta la publicación correspondiente al bienio 1982-1983 no se había incluido información desagregada para dos dígitos de la CNAE-1974, se utilizó

para el cálculo de los *stocks* tecnológicos el siguiente procedimiento:

— El *stock* inicial R, se calculó, de acuerdo con Griliches (1980) como:

$$R_{i,t+1} = E_{i,t+1-\theta} + (1-\lambda) R_{i,t} \quad [4]$$

$$R_{i,t+1} = (1+g_i) R_{i,t} \quad [5]$$

de donde:

$$R_{i,t} = \frac{E_{i,t+1-\theta}}{g_i + \lambda} \quad [6]$$

— Siguiendo a Pakes y Schankerman (1984) se supuso que los efectos de las inversiones en I+D en el crecimiento no son inmediatos, considerándose dos años como retardo medio entre la realización de los gastos y la derivación de sus efectos, es decir,  $\theta = 2$ . Consecuentemente:

$$E_{i,t+1-\theta} = E_{i,t+1-2} = E_{i,t-1} = E_{i,82},$$

de manera que:

$$R_{i,83} = \frac{E_{i,82}}{g_i + \lambda} \quad [7]$$

donde:

$R_{i,83}$  = *stock* tecnológico en el año 1983 del sector *i*

$E_{i,82}$  = gasto en I+D y pagos por patentes en el año 1982 del sector *i*

$g_i$  = tasa media anual acumulativa de crecimiento de los gastos en I+D y pagos por patentes del sector *i* durante el período 1982-1989. En los casos en que  $g_i < 0$ , se consideró  $g_i = 0$ .

$\lambda$  = tasa de depreciación del *stock* tecnológico.

<sup>12</sup> Para minerales metálicos y siderometalurgia, fue el 6,4 por 100; para minerales y productos no metálicos, el 8,5 por 100; para productos químicos, el 8,8 por 100; para productos metálicos n.c.o.p., el 9 por 100; para maquinaria agrícola e industrial, el 10,3 por 100; para máquinas de oficina y otros, el 9 por 100; para material y accesorios eléctricos; el 9,4 por 100; para material de transporte, el 10,6 por 100; para productos alimenticios, bebidas y tabacos, el 9,3 por 100; para productos textiles, cuero y calzados y vestido, el 9,7 por 100; para papel, artículos de papel de impresión, el 7,8 por 100; para productos de caucho y plásticos, el 6,7 por 100; y para madera, corcho y otras manufacturas, el 8,8 por 100. Al amortizar los bienes a una tasa anual fija se supone que su influencia en la actividad económica va disminuyendo en el tiempo, aunque no llega a desaparecer. En todo caso, se siguieron los criterios del Sistema de Cuentas Económicas Integradas —que recomienda la utilización de una función de depreciación lineal para el cálculo de la amortización—.

<sup>13</sup> La adquisición directa de tecnología foránea puede realizarse a través de importación de bienes, inversión directa, la cesión de la titularidad de la tecnología o por el arrendamiento de la licencia para su uso o asistencia técnica a través de un contrato entre las partes remunerado de forma directa. Este último mecanismo es el que recoge la Balanza de Pagos Tecnológicos que a su vez distingue entre *Asistencia Técnica y Patentes, Diseños y Marcas*. Los estudiosos del tema —véase GIRALDEZ (1993) o SANCHEZ (1993)— coinciden en señalar ciertos problemas que hacen tomar con cautela la información suministrada por estos conceptos. Entre ellos, la utilización de la asistencia técnica como mecanismo de repatriación de beneficios por parte de ciertas empresas extranjeras. Ello nos ha inclinado a prescindir de las cifras de pagos por asistencia técnica y a tomar exclusivamente las cifras de pagos por patentes.

<sup>14</sup> Las encuestas utilizadas para su elaboración tienen, en teoría, un carácter censal aunque, en la práctica, la cobertura no es plena, tanto por la insuficiencia del directorio de partida como por la falta de respuesta por parte de las empresas. Las propias publicaciones señalan que la mejora que se ha producido con el paso del tiempo en ambos aspectos puede suponer un sesgo alcista en la evolución de los datos de I+D.

— Para años sucesivos se aplicó la expresión:

$$R_{i,t} = R_{i,t-1} (1 - \lambda) + E_{i,t-2} \quad [8]$$

En relación con la aplicación de este procedimiento conviene puntualizar que todas las cifras de inversión en I+D a nivel sectorial se expresaron en unidades monetarias de 1990, utilizando el deflactor del PIB de la Contabilidad Nacional<sup>15</sup> y que, dado que los resultados de las estimaciones del modelo teórico podían ser sensibles a esta variable, los *stocks* se calcularon considerando cuatro tasas de depreciación diferentes: 0 por 100, 15 por 100, 20 por 100 y 40 por 100<sup>16</sup>.

El uso de este indicador para aproximar la tecnología utilizada por cada sector tiene limitaciones inherentes tanto a la concreción del propio concepto capital tecnológico, como a las fuentes utilizadas. Respecto a la formulación del indicador, se ha pretendido, por un lado, captar la idea de que el proceso de investigación y desarrollo lleva tiempo y que el efecto de la I+D corriente sobre la producción tiene una estructura de retardos que hay que determinar; y, por otro, que la tecnología se deprecia y está sometida a obsolescencia, lo cual exige también optar por una determinada tasa de depreciación. En cuanto a la selección de las fuentes estadísticas, se ha supuesto que sólo los gastos intramuros del sector empresas en I+D y los pagos por patentes son las vías de acumulación de tecnología. Sin embargo, somos conscientes de que existen otras formas de acumular tecnología que van desde la transmisión oral y ciertos componentes tácitos de la innovación en las empresas hasta las importaciones de

productos intermedios o bienes de capital o la inversión extranjera como vehículos de transmisión de conocimientos<sup>17</sup>.

Además, el gasto total en I+D tiene, a su vez, dos restricciones: no expresa la composición interna de ese gasto total, y no tiene en cuenta el personal y medios que, sin pertenecer propiamente a actividades de I+D, contribuyen a la innovación. Estas limitaciones se agravan cuando tenemos en cuenta su sensibilidad ante variaciones en los criterios de contabilización de las empresas y en su consideración como un coste y no como una inversión.

Un problema adicional que puede surgir tanto en la medición del factor trabajo, como el capital físico cuando el capital tecnológico se incorpora a la función de producción es el de la doble contabilización de servicios del trabajo y el capital. El hecho de que las estadísticas disponibles sobre estos dos factores contabilicen las unidades de ambos destinadas a los servicios realizados, tanto en actividades tradicionales como en actividades de I+D, hace necesario descontar sus aportaciones en términos de unidades de trabajo y capital empleadas en I+D. La no corrección de la doble contabilización induce a algunos autores a interpretar la productividad marginal de las actividades de I+D como una tasa de rendimiento en exceso respecto a la tasa normal de los *inputs* tradicionales<sup>18</sup>. En este trabajo la corrección se ha llevado a cabo descontando de los valores de formación bruta de capital, que sirven de base para construir el *stock* de capital físico, los valores de gastos en capital de actividades de I+D correspondientes a cada año. De la misma forma, de las horas trabajadas tomadas de la *Encuesta Industrial* se han descontado las horas trabajadas en actividades destinadas a I+D.

A partir de la información disponible en las *Estadísticas sobre las Actividades en Investigación y Desarrollo* se han construido dos variables adicionales que denominamos, respectivamente,

<sup>15</sup> Quizás hubiera sido más apropiado o idóneo construir deflatores *ad hoc* que consideraran la composición de los gastos de I+D (salarios, gastos de capital y consumos intermedios). Esta tarea la dejamos pendiente para trabajos posteriores.

<sup>16</sup> Los trabajos realizados para la economía española, no han calculado  $\lambda$ . Tampoco se ha estudiado la tasa de obsolescencia de los conocimientos tecnológicos a medida que nuevos conocimientos van desplazando a los anteriores. Los análisis realizados para países desarrollados proponen una tasa de depreciación  $\lambda = 0,25$ , mayor que la del capital físico. De acuerdo con ellos, podría argumentarse que la tasa de depreciación en el caso de la economía española sería inferior a 0,25 —aunque mayor que la del capital físico— dado su menor grado de competencia tecnológica.

<sup>17</sup> Nos referimos a conceptos como el *learning by doing*, *learning by using*, efecto *Verdoorn*, en los cuales las mejoras acumulables son ajenas a la I+D y pueden proceder de los ingenieros, técnicos u operarios. La reciente Encuesta Europea de Innovación es un intento de incorporar alguno de estos aspectos.

<sup>18</sup> Véase GRILICHES y LICHTENBERG (1984), así como en el caso español LAFUENTE *et al.* (1985).

*stock* tecnológico de las empresas industriales financiado por las Administraciones públicas y *stock* tecnológico de las empresas industriales no financiado por las Administraciones públicas, es decir, financiado con fondos propios de las empresas, por otras empresas, por el exterior o por instituciones privadas sin fines de lucro. En ambos casos, se trata de gastos ejecutados intramuros por las empresas industriales y se recogen tanto las retribuciones de los investigadores, técnicos y auxiliares (todos ellos vinculados directamente con los proyectos de I+D), como otros gastos corrientes (energía, suministros diversos, alquileres, retribución a personal de seguridad y mantenimiento, dietas de viaje, etcétera) o los gastos de capital (inversión bruta en terrenos, edificios, material inventariable, instalaciones y equipo). Con la construcción de estas dos variables se pretende contrastar si la I+D financiada por el sector privado es más efectiva que la financiada públicamente<sup>19</sup>.

5. Puesto que el conocimiento tecnológico genera efectos desbordamiento *spillovers*, se ha tratado de aproximar los efectos que sobre la productividad de cada sector pueda tener el *stock* tecnológico existente en el resto de la economía. Siguiendo a Engelbrecht (1997) se ha definido la siguiente variable:

$$S_{it} = s_{it} * \log v_t$$

donde  $S_{it}$  son los efectos desbordamiento que el sector  $i$  capta del resto de la economía en el momento  $t$ ;  $s_{it}$  es el *stock de capital* tecnológico interindustrial, definido como el *stock* de gastos en I+D y patentes ejecutados por las empresas del resto de ramas industriales, es decir:

$$s_{it} = \sum_{j=1}^n R_{jt} \quad i \neq j$$

<sup>19</sup> La *Estadística sobre las Actividades en Investigación y Desarrollo* proporciona también información desglosada sobre los gastos ejecutados intramuros por las empresas industriales en personal, otros gastos corrientes, y los gastos de capital, así como el detalle de los gastos corrientes dirigidos a investigación fundamental o básica, investigación aplicada o desarrollo tecnológico. La elevada correlación existente entre todas estas categorías de gastos no permite extraer resultados concluyentes sobre su contribución individual al crecimiento de la producción industrial.

y  $v_t$  es el *stock* de capital tecnológico extraindustrial, definido como suma del *stock* de gastos en I+D y patentes ejecutados por las empresas de los sectores no industriales y el *stock* de capital tecnológico público, esto es el ejecutado por las Administraciones públicas, los centros de enseñanza superior y las instituciones privadas sin ánimo de lucro.

6. Finalmente, señalaremos que en todas regresiones los *stocks* de capitales tecnológicos y físicos se ajustaron por el grado de utilización de la capacidad de las diferentes agregaciones sectoriales analizadas —calculado a partir de la información suministrada por la Encuesta de Coyuntura Industrial del MINER—, con objeto de captar el efecto del ciclo económico.

### 3. Resultados

La función de producción se ha estimado con la técnica econométrica de datos de panel, ya que, como se ha comentado, sólo se logró reunir información de 13 ramas de la industria española para el período 1986-1992. La reducida dimensión del panel —sólo se dispuso de siete observaciones temporales— obligó a asumir la hipótesis de homogeneidad de los parámetros de las variables exógenas del modelo, supuesto que, aun no siendo estrictamente correcto, ha sido aceptado en la literatura revisada cuando el objetivo es obtener respuestas promedio. Por consiguiente, se calcularon los efectos medios que el trabajo, el capital privado y el capital tecnológico han ejercido en la producción de la industria, no pretendiendo estimar los efectos de los tres factores productivos en los diferentes sectores ni contrastar si fueron evolucionando en el tiempo.

El Cuadro 1 recoge los resultados de la estimación de la ecuación [2], una vez corregida la autocorrelación de orden uno por el procedimiento de máxima verosimilitud, del modelo de efectos aleatorios que resulta elegido de acuerdo con los estadísticos  $F$  y el del test de Hausman<sup>20</sup>. Se contrastó la no existencia de simultaneidad a través del procedimiento propuesto por Wu

<sup>20</sup> La única excepción a este resultado se produce al suponer que el capital tecnológico no se deprecia.

**CUADRO 1**

**FUNCION DE PRODUCCION: RESULTADOS DE LA ESTIMACION DE LA ECUACION [2]**

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>L</i> ( <i>K</i> <sup>*</sup> ) .....	0,273 [5,819]	0,299 [5,380]	0,301 [5,486]	0,318 [6,024]
<i>log</i> ( <i>N</i> ).....	0,583 [14,704]	0,576 [12,362]	0,575 [12,459]	0,564 [12,555]
<i>log</i> ( <i>R</i> <sup>*</sup> ) .....	0,125 [7,183]	0,097 [4,693]	0,097 [4,739]	0,093 [4,820]
<i>log</i> ( <i>S</i> ).....	0,007 [2,849]	0,007 [2,937]	0,006 [2,751]	0,007 [2,874]
<i>T</i> .....	0,081 [2,299]	0,079 [2,125]	0,078 [2,104]	0,076 [2,053]
<i>R</i> <sup>2</sup> ajustado.....	0,923	0,900	0,902	0,902
<i>SE</i> .....	0,101	0,111	0,111	0,111
<i>DW</i> .....	2,159	2,175	2,172	2,175
<i>F</i> ( <i>SIM</i> ).....	2,348	0,101	0,104	0,003

**NOTAS:**

Variable dependiente: *log* (*Y*).

Capital privado y tecnológico ajustados por el grado de utilización de la capacidad. Modelo de efectos aleatorios corregida la autocorrelación de orden uno.

*Y* es el VAB al coste de los factores; *K*, el stock de capital privado; *N*, el número de horas trabajadas; *R*, el stock de I+D y pagos tecnológicos; *S*, el stock tecnológico extrasectorial.

En la columna (1) se supone una tasa de depreciación del 0 por 100; en la (2), del 15 por 100; en la (3), del 20 por 100 y en la (4), del 40 por 100.

Las cifras entre corchetes son los valores del estadístico *t*.

*SE* es el error estándar.

*F* (*SIM*)= valor del estadístico *F* para el contrastaste de la no simultaneidad.

El signo \* indica que la variable ha sido ajustada por el grado de utilización de la capacidad productiva del sector correspondiente.

**CUADRO 2**

**FUNCION DE PRODUCCION: PARAMETROS DE LA ESTIMACION DEL MODELO TEORICO**

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>L</i> ( <i>K</i> <sup>*</sup> ) .....	0,217 [4,878]	0,277 [5,079]	0,277 [5,141]	0,296 [5,749]
<i>log</i> ( <i>N</i> ).....	0,627 [16,875]	0,605 [12,850]	0,606 [13,053]	0,596 [13,280]
<i>log</i> ( <i>AP</i> <sup>*</sup> ).....	0,020 [1,570]	0,033 [2,263]	0,031 [2,089]	0,029 [1,892]
<i>log</i> ( <i>NAP</i> <sup>*</sup> ) .....	0,142 [7,084]	0,090 [4,017]	0,093 [4,100]	0,093 [4,089]
<i>T</i> .....	0,033 [1,368]	0,027 [0,095]	0,030 [1,047]	0,028 [1,004]
<i>R</i> <sup>2</sup> ajustado.....	0,939	0,905	0,907	0,909
<i>SE</i> .....	0,092	0,110	0,110	0,110
<i>DW</i> .....	2,215	2,155	2,157	2,164
<i>F</i> ( <i>SIM</i> ).....	0,344	2,236	1,863	2,325

**NOTAS:**

Variable dependiente: *log* (*Y*).

Capital privado y tecnológico ajustados por el grado de utilización de la capacidad. Modelo de efectos aleatorios corregida la autocorreción de orden uno.

*Y* es el VAB al coste de los factores; *K*, el stock de capital privado; *N*, el número de horas trabajadas; *AP*, el stock de I+D financiado por las Administraciones públicas; *NAP* la variable que recoge el stock de I+D no financiado por otras entidades distintas a las Administraciones públicas.

En la columna (1) se supone una tasa de depreciación del 0 por 100 en la (2), del 15 por 100; en la (3), del 20 por 100 y en la (4), del 40 por 100.

Las cifras entre corchetes son los valores del estadístico *t*.

*SE* es el error estándar.

*F* (*SIM*) = valor del estadístico *F* para el contrastaste de la no simultaneidad.

El signo \* indica que la variable ha sido ajustada por el grado de utilización de la capacidad productiva del sector correspondiente.

para pequeñas muestras. De acuerdo con los resultados de este contraste, que se recogen en la última fila del Cuadro 1, no se rechazaba para los niveles de significatividad habitual, la hipótesis nula de no simultaneidad, lo cual, en definitiva, permite aceptar los resultados anteriores<sup>21</sup>.

Puede observarse que los coeficientes de las variables teóricas son —en todos los casos— positivos y estadísticamente sig-

nificativos, tal y como se esperaba. Además, la magnitud y significatividad de las elasticidades del valor añadido bruto con respecto al capital tecnológico y a sus efectos desbordamiento apenas se ve alterada por la tasa de depreciación considerada, tal como ocurre en la literatura internacional. En cualquier caso, la bondad del ajuste del modelo econométrico —medida por el coeficiente de determinación corregido— apenas varía en los cuatro escenarios considerados. En definitiva, con estas estimaciones se encuentra evidencia empírica a favor de los efectos del capital tecnológico en la producción de la manufactura industrial española.

<sup>21</sup> También se contrastó la exogeneidad de todas las variables explicativas considerando como instrumentos el valor de las mismas retardado en un período (test de Haussman-Wu). En ningún caso, se rechazó la hipótesis nula de exogeneidad de las variables.

El valor de la elasticidad del valor añadido con respecto al capital tecnológico propio oscila entre el 0,093 y el 0,125, dependiendo de la tasa de depreciación utilizada. No obstante, debe tomarse con cautela este valor ya que, como se ha advertido anteriormente, existen limitaciones en cuanto a la aproximación utilizada para medir el capital tecnológico. Así, por ejemplo, su medición a partir de los gastos en I+D de las empresas y de los pagos por patentes puede explicar el menor valor que ostenta en comparación con la elasticidad respecto al capital físico privado. Los problemas de medición se agudizan en el caso de los efectos desbordamiento, debiendo tomar con las reservas oportunas el valor de la elasticidad del valor añadido con respecto al capital tecnológico del resto de la economía. Es más, cara a futuras investigaciones se considera necesario incorporar los efectos desbordamiento del capital tecnológico de otros países transmitidos a través de distintas vías, como el comercio exterior o la inversión extranjera.

El Cuadro 2 recoge los parámetros de la estimación del modelo teórico, distinguiendo el *stock* tecnológico de las empresas industriales financiado públicamente del financiado con fondos de las empresas. Nuevamente, puede apreciarse que todas las variables continúan siendo significativas, si bien el capital tecnológico de las empresas financiado por la iniciativa privada muestra una mayor elasticidad (entre 0,14 y 0,09) que el financiado con fondos públicos (entre 0,02 y 0,03).

Llama la atención este resultado, puesto que significa que la eficiencia del capital tecnológico de las empresas financiado públicamente era menor que la del financiado con fondos privados. No obstante, nos inclinamos por interpretarlo como un indicio de que las Administraciones públicas financiaban un tipo de tecnología con menor rendimiento aunque necesaria para rentabilizar y acometer otro tipo de inversiones<sup>22</sup>.

A la hora de interpretar los resultados alcanzados, conviene tener presentes las conclusiones de otros estudios realizados tanto para

la economía española, como para otras economías. Respecto a la economía española, cinco son los trabajos que han estimado previamente la elasticidad del *output* con respecto al capital tecnológico. El primero de ellos, Lafuente, Salas y Yagüe (1986), utilizó datos del conjunto de la economía del período 1966-1981, calculando un *stock* de capital tecnológico a partir de los gastos en I+D realizados por el sector privado y público y de los pagos tecnológicos. En este caso, los valores de la elasticidad de la producción respecto de este capital tecnológico eran ligeramente superiores a los aquí obtenidos, ya que oscilaban entre el 0,12 (cuando consideraban tasas de depreciación del capital tecnológico del 20 y del 40 por 100) y 0,15 (al suponer una tasa de depreciación del 0 por 100)<sup>23</sup>.

Otros tres trabajos —Fluviá (1990), Grandón y Rodríguez Romero (1991) y Rodríguez Romero (1993)— formaron un panel de datos para el período 1975-1981 con información de carácter microeconómico suministrada por la extinta Encuesta de Grandes Empresas Españolas del MINER. En el primer trabajo, el panel era incompleto, ya que la muestra oscilaba entre las 500 empresas en 1975 y las 1.344 en 1981. En cambio, en el segundo y tercero los paneles eran completos y se referían a 53 y 59 empresas, respectivamente. En todos los casos, el capital tecnológico se calculaba a partir de los gastos en investigación propia e importaciones de tecnología realizadas por las empresas.

Fluviá (1990) introdujo una medida de externalidades calculada a partir del capital tecnológico de las empresas tecnológicamente próximas, con la finalidad de cuantificar también el rendimiento social de la inversión en I+D. Sus resultados mostraban elasticidades del capital tecnológico que oscilaban entre 0,12 y 0,18, dependiendo, de nuevo, de las tasas de depreciación utilizadas. Ello implicaba una tasa de rendimiento privado del capital tecnológico entre 0,7 y 2. No obstante, ha de tenerse en cuenta que esos valores tan elevados no eran muy representativos, ya que había gran disparidad intersectorial y habían sido obtenidos a partir de unos niveles de partida de capital tecnológico/producto muy bajos. Al considerar conjuntamente el rendimiento privado y social, los

<sup>22</sup> Para un mayor detalle sobre la complementariedad o sustituibilidad del capital tecnológico financiado privada o públicamente, así como de los distintos efectos de los tipos de financiación (vía impositiva o crediticia) puede consultarse MAMUNEAS y NADIRI (1996).

<sup>23</sup> Sólo en el caso español comentamos este trabajo referido a datos macroeconómicos

valores que se obtenían se situaban entre 2,00 y 4,00, lo cual significaba que las empresas únicamente internalizaban el 50 por 100 de sus beneficios por inversión en I+D.

Otro de los trabajos mencionados, Grandón y Rodríguez (1991), obtuvo un valor muy bajo para la elasticidad del capital tecnológico, 0,044, y productividades marginales entre 0,46 y 0,96. Ahora bien, dado que el estudio de Fluvía (1990) tenía un mayor sesgo hacia el final de la etapa (1975-1981), Grandón y Rodríguez (1991) decidieron reestimar su modelo con información de los años 1979-1981, obteniendo, en este caso, una elasticidad mayor, en torno a 0,15.

Más recientemente, Rodríguez Romero (1993), utilizó un sistema de ecuaciones simultáneas con datos de panel, considerando como variables endógenas tanto la actividad económica, como la actividad tecnológica. Empleando variables instrumentales, obtuvo unos valores para la elasticidad de la producción respecto al capital tecnológico a largo plazo del orden de 0,025 y 0,047. También estimó un modelo uniecuacional con variables instrumentales, en el que las elasticidades oscilaban entre 0,019 y 0,033.

Por último, Beneito (1997), utilizando datos de empresas manufactureras españolas durante el periodo 1990-1994 a partir de la Encuesta de Estrategias Empresariales, y aplicando la técnica de datos de panel, rechazó la existencia de simultaneidad (como problema estadístico). Sus datos le permitieron distinguir entre empresas de distinto tamaño, empresas que realizan y no realizan actividades de I+D, así como entre distintos tipos de actividades de I+D<sup>24</sup>. Así sólo se obtiene una elasticidad significativa del capital de I+D cuando la muestra recoge exclusivamente a las empresas que realizan programas de I+D; además, dentro de éstos únicamente son efectivos los realizados interna-

mente, no teniendo impacto sobre la productividad la I+D encargada fuera de la empresa. En ambos casos el valor de la mencionada elasticidad es del 0,15.

Respecto a los estudios realizados para otros países, conviene precisar que la gran variedad de especificaciones, métodos de estimación, y tipo de datos utilizados dificultan la labor de comparación de los resultados. Ciñéndonos a los trabajos que utilizan datos de empresas o sectores, podemos extraer, no obstante, ciertas regularidades empíricas respecto a la elasticidad de la producción al capital tecnológico.

En primer lugar, las aplicaciones han empleado habitualmente paneles de datos, aunque sólo muy recientemente, y merced a los avances en la econometría y en la informática, la técnica ha sido aplicada con satisfacción. Ello es notorio cuando se revisan las dos generaciones de estudios que se han realizado. La primera estaría integrada por las aportaciones iniciales de Minasian (1969) y Griliches (1980) a las que siguieron los trabajos de Schankerman (1981), Griliches y Mairesse (1984), Griliches (1986), Griliches y Jaffe (1986) para EE UU, Cuneo y Mairesse (1984) y Mairesse y Cuneo (1985) para Francia y Sassenou (1988) para Japón. Normalmente, todos ellos ofrecían estimaciones de los modelos restringidos, intergrupos e intragrupos. Las estimaciones de los modelos restringidos —basadas en datos de distintas empresas o sectores para varios años— o intergrupos —calculadas las medias para cada empresa o sector sobre el periodo para el que se dispone de información—, ofrecen mayores valores de la elasticidad que las estimaciones intragrupos, realizadas una vez transformados los datos en desviaciones respecto al comportamiento promedio de cada empresa o sector, o bien calculadas sobre las diferencias primeras de las variables transformadas en logaritmos (aproximación a la tasa de crecimiento anual) o sobre tasas de crecimiento medio anual sobre un periodo<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> Sin embargo, la variable de capital físico que utiliza incluye exclusivamente equipo y no instalaciones. Por otra parte, los resultados no se ven apenas afectados por la utilización de distintas tasas de depreciación para la construcción del stock de capital por el método de inventario permanente (finalmente se utiliza una tasa del 15 por 100 y una tasa de crecimiento de los gastos de I+D del 4 por 100 para construir el stock inicial), mientras el ajuste por doble contabilización de la mano de obra tiende a incrementar la elasticidad del stock tecnológico y a disminuir la elasticidad de la variable trabajo.

<sup>25</sup> La variabilidad temporal dentro de cada empresa o sector (intraempresa o intrasectorial) es mucho menor, como cabía esperar, que la variabilidad individual entre empresas o sectores (interempresas o intersectorial), por lo que las estimaciones totales son, generalmente, muy próximas a las estimaciones intergrupos.

En las estimaciones intergrupos, los valores de la elasticidad del *output* con respecto al capital tecnológico oscilan entre 0,05 en el trabajo de Griliches y Mairesse (1984), realizado sobre una muestra de 133 empresas durante los años 1966-1977, hasta un valor extremo de 0,26 en el estudio pionero de Minasian (1969) sobre 17 empresas químicas de EE UU en el período 1948-1957. Asimismo, en este tipo de estimaciones se obtienen ostensibles diferencias entre sectores.

Las estimaciones temporales o *intragrupos* oscilan entre valores negativos de 0,02 en el trabajo de Sassenou (1988) para Japón, a valores de 0,16 en Griliches y Mairesse (1984) para 133 empresas entre 1966-1977.

Los estudios de la segunda generación utilizan técnicas econométricas más elaboradas. Entre ellos, pueden destacarse las tres aportaciones de Hall y Mairesse (1992, 1995, 1996). Su trabajo de (1992) con aplicación a 196 empresas francesas entre 1980-1987 y elasticidades entre 0,05 y 0,48, se continúa en el de 1995. En este último, los autores mejoran la calidad de las estimaciones al incluir más años en el cálculo del *stock* de capital tecnológico, confirman la irrelevancia de la tasa de depreciación elegida para su cálculo, y sostienen la preferencia por la aproximación de elasticidad frente a la de la tasa de rendimiento de la I+D; las elasticidades respecto al capital tecnológico oscilan entre el 0,25 en el modelo total, al (0,03-0,11) en el modelo intragrupos. En 1996 llevan a cabo una comparación con las empresas manufactureras estadounidenses, controlando asimismo los problemas de heterogeneidad entre empresas y de simultaneidad entre variables. Por último, cabe mencionar el artículo de Raut (1995) que, con una muestra de 192 empresas indias para el período 1975-1986, obtuvo una elasticidad entre 0,007 y 0,012.

Por lo que concierne a los rendimientos de los factores tradicionales, no se ha impuesto ninguna restricción, y aparecen como decrecientes. Cuando no se imponen restricciones acerca de los rendimientos de los factores tradicionales, éstos suelen resultar ligeramente decrecientes en el corte transversal y fuertemente decrecientes en las estimaciones temporales<sup>26</sup>. La

imposición de rendimientos a escala constantes y la estimación de las elasticidades del trabajo y el capital físico a partir de la participación de la remuneración del trabajo en el valor añadido y su complemento a la unidad, resuelve el problema de colinealidad en las estimaciones temporales de las variables de capital físico y tecnológico.

A su vez, la utilización de datos de capital físico y mano de obra, una vez corregida la doble contabilización de las inversiones y horas trabajadas en actividades de I+D tiende, lógicamente, a aumentar los valores estimados de la elasticidad respecto al capital tecnológico, especialmente en corte transversal. Buena prueba de ello puede encontrarse comparando los trabajos de Schankerman (1981), Cuneo y Mairesse (1984), Mairesse y Cuneo (1985) o López y Sanaú (1997).

En cuanto a la medición de las externalidades del capital tecnológico, ésta varía en función de la especificación de las mismas<sup>27</sup>. Ciñéndonos a los resultados obtenidos especificando las externalidades de las que se beneficia un sector, como la suma no ponderada del capital tecnológico de otros sectores o de las empresas de un mismo sector, las elasticidades que se obtienen son del orden del 0,1 para Japón —véase Sassenou (1988)— y la India —véase Raut (1995)—, tratándose, en ambos casos, de externalidades intrasectoriales o interempresas. En este trabajo, se ha planteado una *proxy* de las externalidades más acorde para captar el efecto indirecto que inducen sobre la producción y se han obtenido unos resultados de magnitud muy inferior respecto a los estudios realizados hasta la fecha, si bien, parecen intuitivamente más verosímiles si se relacionan con el valor de la elasticidad del capital tecnológico propio.

#### 4. Conclusiones

Los efectos de la tecnología en la producción y, por ende, en el crecimiento de las economías, están siendo objeto de debate en la literatura económica. Aunque subsistan problemas de informa-

<sup>26</sup> Así, aparece en los trabajos de GRILICHES y MAIRESSE (1984), MAIRESSE y CUNEO (1985) y JAFFE (1986).

<sup>27</sup> Véase MOHNEN (1991) para un panorama sobre la cuantificación de las externalidades del capital tecnológico.

ción y medición de las variables —particularmente de los indicadores referentes a los *inputs* y *outputs* del proceso tecnológico—, de mejora de los modelos teóricos, amén de dificultades económicas común a otras líneas de investigación próximas, la evidencia empírica de este trabajo permite concluir que:

- El capital tecnológico de los sectores industriales españoles ha contribuido al crecimiento de la producción industrial del período 1986-1992, con unas elasticidades que varían entre el 0,093 y el 0,125 dependiendo de la tasa de depreciación utilizada. Estos resultados están en la línea de los obtenidos para otros trabajos anteriores y en ningún caso parecen mostrar una pérdida de eficiencia de los gastos en I+D.

- Parecen existir externalidades positivas sobre la producción de cada sector provenientes del capital tecnológico del resto de la economía española; la elasticidad de la producción respecto de esta variable se ha estimado entre 0,006 y 0,007, magnitud en la que se recogen tanto la complementariedad de los esfuerzos tecnológicos entre sectores, como los efectos de la utilización de un conocimiento de dominio público globalmente disponible.

- La desagregación del capital tecnológico industrial apunta que el financiado por el sector privado ha tenido un efecto en el *output* industrial de mayor magnitud que el financiado por las administraciones públicas, advirtiendo, de esta forma, que es necesario investigar detalladamente la política tecnológica en este ámbito.

En definitiva, los resultados del trabajo señalan que la tecnología es un factor explicativo del crecimiento industrial español. No obstante, cara al futuro parece conveniente mejorar la medición de las variables e incrementar la evidencia empírica, extendiendo el estudio a otros países de la OCDE, considerando las externalidades internacionales e incorporando los capitales humano y público a los modelos teóricos.

## Referencias bibliográficas

- [1] ABRAMOVITZ, M. (1956): «Resource and Output Trends in the United States since 1870», *American Economic Review*, 2, páginas 5-23.
- [2] BENEITO, P. (1997): «The Productivity of R+D in Spanish Firms: Exploring Simultaneity with GMM Methods», comunicación presentada al XXII *Simposium de Análisis Económico*, Barcelona, 1997.
- [3] CHENERY, H.; ELKINGTON, H. y SIMS, C. (1970): «A Uniform Analysis of Development Patterns» en Harvard University Center for International Affairs: *Economic Development Report* 148, Cambridge, Mass
- [4] CUNEO, P. y MAIRESSE, J. (1984): «Productivity and R&D at the Firm Level in French Manufacturing», en GRILICHES, Z. (ed.): *Op. cit.*
- [5] DE LA FUENTE, A. (1992): «Histoire d'A: crecimiento y progreso técnico» *Investigaciones Económicas*, volumen XVI, (3), páginas 331-391.
- [6] DENISON, E. F. (1962): *The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before Us*, New York: Committee for Economic Development.
- [7] DENISON, E. F. (1967): *Why Growth Rates Differ: Post-War Experience in Nine Western Countries*, Washington, D.C.: Brookings Institution.
- [8] ENGELBRECHT, H. J. (1997): «International R&D Spillovers amongst OECD Economies», *Applied Economics Letters*, 4, páginas 315-319.
- [9] FAGERBERG, J. (1988): «Why Growth Rates Differ», en G. DOSI *et al.* (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Londres: Pinter, páginas 432-457.
- [10] FAGERBERG, J.; VERSPAGEN, B. y VON TUNZELMANN, N. (1996) (eds.): *The Dynamics of Technology, Trade and Growth*, Edward Elgar.
- [11] FEDER, G. (1986): «Growth in Semi-Industrialized Countries: A Statistical Analysis», en H. CHENERY *et al.* (ed): *Industrialization and Growth*, Oxford: Oxford University Press.
- [12] FLUVIA, M. (1990): «Capital tecnológico y externalidades: un análisis de panel», *Investigaciones Económicas*, suplemento, páginas 167-172.
- [13] FUNDACION BBV (1996): *El stock de capital en España y sus comunidades autónomas. Edición 1996*. Bilbao: Fundación BBV Documenta.
- [14] GIRALDEZ, E. (1993): *La balanza tecnológica*, Vitoria: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- [15] GRANDON, V. y RODRIGUEZ ROMERO, L. (1991): «Capital tecnológico e incrementos de productividad en la industria española (1975-1981)», *Investigaciones Económicas*, suplemento, páginas 19-24.
- [16] GRILICHES, Z. (1957): «Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change», *Econometrica*, 25 (4), páginas 501-522.
- [17] GRILICHES, Z. (1958): «Research Cost and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations», *Journal of Political Economy*, 66 (5), páginas 419-431.

- [18] GRILICHES, Z. (1963): «The Sources of Measured Productivity Growth: US Agriculture, 1940-1960», *Journal of Political Economy*, 81 (4), páginas 331-346.
- [19] GRILICHES, Z. (1964): «Research Expenditures, Education and the Aggregate Agricultural Production Function». *American Economic Review*, 54 (6), páginas 961-974.
- [20] GRILICHES, Z. (1980): «Returns to Research and Development Expenditures in the Private Sector», en KENDRICK, J. y VACCARA, B. (eds.): *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Chicago: University of Chicago Press, páginas 419-454.
- [21] GRILICHES, Z. (1984) (ed.): *R & D, Patents and Productivity*, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass..
- [22] GRILICHES, Z. (1986): «Productivity, R&D and Basic Research at the Firm Level in the 1970s», *American Economic Review*, 76 (5), páginas 141-154.
- [23] GRILICHES, Z. (1991): «The Search for R&D Spillovers», *Scandinavian Journal of Economics*, Suplemento, 94, páginas 29-47.
- [24] GRILICHES, Z. (1994): «Productivity, R&D, and the Data Constraint», *American Economic Review*, 84 (1), páginas 1-23.
- [25] GRILICHES, Z. y LICHTENBERG, F. R. (1984): «R&D and Productivity Growth at the Industry Level. Is There still a Relationship?», en GRILICHES, Z. (ed), *op. cit.*
- [26] GRILICHES, Z. y MAIRESSE, J. (1984): «Productivity and R&D at the firm level», en GRILICHES, Z. (ed.), *op. cit.*
- [27] HALL, B. y MAIRESSE, J. (1992): «Exploring the Relationship between R&D and Productivity Growth in French Manufacturing Firms», *NBER Working Paper* 3956.
- [28] HALL, B. y MAIRESSE, J. (1995): «Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms», *Journal of Econometrics*, 65, páginas 263-293.
- [28] HALL, B. y MAIRESSE, J. (1996): «Estimating the Productivity of Research and Development: An Exploration of GMM Methods Using Data on French and United States Manufacturing Firms», *NBER Working Paper* 5501.
- [29] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Contabilidad Nacional*. Varios años. Madrid: INE.
- [30] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Encuesta Industrial*. Varios años. Madrid: INE
- [31] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D)*. Varios años. Madrid: INE
- [32] JAFFE, A. B. (1986): «Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value», *American Economic Review*, 76 (5), páginas 984-1001.
- [33] JORGENSON, D. W. y GRILICHES, Z. (1967): «The Explanation of Productivity Change», *Review of Economic Studies*, 34 (3), páginas 249-283.
- [35] LAFUENTE, A.; SALAS, V. y YAGÜE, M. J. (1985): *Productividad, capital tecnológico e investigación en la economía española*, Madrid: Ministerio de Industria y Energía.
- [36] LIECHTENBERG, F. R. y SIEGEL, D. (1989): «The Impact of R & D Investment on Productivity. New Evidence Using Linked R&D-LR y D Data», *NBER Working Paper* 3666.
- [37] LOPEZ PUEYO, C. y SANAU, J. (1997): «Tecnología y crecimiento. Una aplicación a las manufacturas españolas, 1986-1992», Mimeo, comunicación presentada en el *Simposium de Análisis Económico*, Barcelona 1997.
- [38] MAIRESSE, J. y CUNEO, P. (1985): «Recherche-développement et performance des entreprises: une étude économétrique sur données individuelles», *Revue Economique*, 36, páginas 1001-1042.
- [39] MAIRESSE, J. y SASSENOU, M. (1991): «Recherche-développement et productivité: Un panorama des études économétriques sur données d'entreprises», en DE BANDT, J. y FORAY, D. (dir.): *L'évaluation Economique de la Recherche et du Changement Technique*, Paris: CNRS.
- [40] MAMUNEAS, T. y NADIRI, M. (1996): «Public R & D Policies and Cost Behaviour of the US Manufacturing Industries», *Journal of Public Economics*, 63, páginas 57-81.
- [41] MANSFIELD, E. (1961): «Technical Change and the Rate of Imitation», *Econometrica*, 29 (4), páginas 741-766.
- [42] MANSFIELD, E. (1965): «Rates of Return from Industrial R&D», *American Economic Review (Papers and Proceedings)*, 55 (2), páginas 531-542.
- [43] MINASIAN, J. R. (1969): «Research and Development, Production Functions and Rates of Return» *American Economic Review*, 59, páginas 80-85.
- [44] MOHNEN, P. (1992): *The Relationship Between R&D and Productivity Growth in Canada and other Major Industrialized Countries*, Ottawa: Ministry of Supply and Services Canada.
- [45] OECD (1992): *Technology and the Economy. The Key Relationships*, Paris: OECD.
- [46] PATEL, P. y SOETE, L. (1988): «L'Evaluation des Effets Economiques de la Technologie», *STI revue*, 4, páginas 133-183.
- [47] PAKES, A. y SANKERMAN, M. (1984): «The Rate of Obsolescence of Patents, Research Gestation Lags and the Private Research Rate of Return to Research Resources», en GRILICHES, Z. (ed), *Op. cit.*
- [48] RAUT, L. (1995): «R&D Spillover and Productivity Growth: Evidence from Indian Private Firms», *Journal of Development Economics*, 48, páginas 1-23.
- [49] SANCHEZ, P. (1993): *Manual del sector exterior de la economía española*, Madrid: Instituto Español de Comercio Exterior.
- [50] RODRIGUEZ ROMERO, L. (1993): «Actividad económica y actividad tecnológica: un análisis simultáneo de datos de panel», en DOLADO, J.

J.; MARTIN, C. y RODRIGUEZ, L. (eds.): *La industria y el comportamiento de las empresas (Ensayos en homenaje a Gonzalo Mato)*, Madrid: Alianza.

[51] SASSENOU, M. (1988): *Recherche- développement et productivité dans les entreprises japonaises: une étude économétrique sur données de panel*, Thèse pour le doctorat de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, París.

[52] SCHANKERMAN, M. (1981): «The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D», *Review of Economics and Statistics*, 63 (3), páginas 454-458.

[53] SCHMOOKLER, J. (1952): «The Changing Efficiency of the American Economy 1869-1938», *Review of Economics and Statistics*, 34 (3), páginas 214-231.

[54] SCHMOOKLER, J. (1966): *Invention and Economic Growth*, Cambridge, Ma: Harvard University Press.

[55] SOLOW, R. (1956): «A Contribution to the Theory of Economic Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 70, páginas 65-94.

[56] SOLOW, R. (1957): «Technical Change and the Aggregate Production Function», *Review of Economic and Statistics*, 39 (3), páginas 312-320.

[57] SUMMERS, R. y HESTON, A. (1991): «The Pen World Table (Mark 5): An Expanded Set of International Comparisons, 1950-1988.» *Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), páginas 327-368.

[58] SWAN, T. W. (1956): «Economic Growth and Capital Accumulation», *Economic Record*, 32, páginas 334-361.

[59] TINBERGEN, J. (1943): «Zur Theorie der Langfristigen Wirtschaftsentwicklung», *Weltwirtschaftliches Archiv*, 55, páginas 511-549.

[60] WOLFF, E. N. (1997) (ed.): *The Economics of Productivity*, Edward Elgar.

## ANEXO

### Agregación sectorial utilizada en el modelo

Para estimar el modelo teórico, se utiliza un panel con datos de 13 agrupaciones sectoriales de la industria española para el período 1986-1992. La desagregación sectorial se ha tomado de la Fundación BBV (1996). En el apartado 2 del artículo se explican detalladamente todas las cuestiones relacionadas con la medición de las variables y las distintas fuentes estadísticas utilizadas.

En el Cuadro A1 se muestran las equivalencias de las 13 agrupaciones sectoriales con la clasificación de Sistemas de Cuentas Nacionales (SEC-79), en distintos grados de agregación. En el Cuadro A2 se ofrecen estas equivalencias con la Clasificación de Actividades Económicas (CNAE-74) y la *Encuesta Industrial*.

CUADRO A1

#### CORRESPONDENCIA DE LOS SECTORES CON EL SISTEMA DE CLASIFICACION DE CUENTAS NACIONALES EN DISTINTOS NIVELES DE AGREGACION

Sector	R17	R25	R44	R56
1. Minerales metálicos y siderometalurgia .....	13	13	13	134+137
2. Minerales y productos no metálicos .....	15	15	15	151+153+155+157
3. Productos químicos .....	17	17	17	170
4. Productos metálicos .....	24	19	19	190
5. Maquinaria agrícola e industrial .....	24	21	21	210
6. Máquinas de oficinas y otros .....	24	23	23	230
7. Material y accesorios eléctricos .....	24	25	25	250
8. Material de transporte .....	28	28	27+29	270+290
9. Productos alimenticios, bebidas y tabacos .....	36	36	31+33+35+37+39	310+330+350+370+390
10. Productos textiles, cuero y calzados, vestido .....	42	42	41+43	410+430
11. Papel, artículos de papel, impresión .....	47	47	47	471+473
12. Productos de caucho y plásticos .....	50	49	49	490
13. Madera, corcho y otras manufacturas .....	50	48	45+51	450+510

CUADRO A2

#### CORRESPONDENCIA DE LOS SECTORES CON LA AGREGACION DEL CNAE-74 Y LA ENCUESTA INDUSTRIAL

Sector	CNAE	Encuesta Industrial
1. Minerales metálicos y siderometalurgia .....	211, 221, 222, 223, 212 y 224	De 9 a 11
2. Minerales y productos no metálicos .....	242, 246, 241, 247, 231/239, 243, 244, 245, 249	De 12 a 18
3. Productos químicos .....	251/255	De 19 a 30
4. Productos metálicos .....	31	De 31 a 35
5. Maquinaria agrícola e industrial .....	32	36 y 37
6. Máquinas de oficinas y otros .....	330, 39	38 y 46
7. Material y accesorios eléctricos .....	34, 35	39 y 40
8. Material de transporte .....	361, 362, 363, 37, 38	De 41 a 45
9. Productos alimenticios, bebidas y tabacos .....	413, 414, 411, 412, 415/423, 424/428, 429	De 47 a 64
10. Productos textiles, cuero y calzados, vestido .....	43, 453/456, 441, 442, 451, 452	De 65 a 74
11. Papel, artículos de papel, impresión .....	471, 472, 473, 474, 475	De 80 a 82
12. Productos de caucho y plásticos .....	481, 482	83 y 84
13. Madera, corcho y otras manufacturas .....	46, 49	De 75 a 79; de 85 a 89