

Jaime Sanaú Villarroya*
Sara Barcenilla Visús*
Carmen López-Pueyo*

PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES Y CAPITAL TECNOLÓGICO: UN ANÁLISIS COMPARADO

En este trabajo se presenta el cálculo homogéneo de la productividad total de los factores (PTF) de diez agregaciones sectoriales de la manufactura de cuatro países europeos, Estados Unidos y Canadá, y se estima su contribución al crecimiento de la producción industrial durante el período 1979-2001. También se estima la influencia que la inversión en I+D —tanto nacional, como foránea— ha ejercido sobre el factor residual, poniendo especial atención en los efectos del comercio internacional y en las tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Entre las aportaciones efectuadas cabe resaltar, además del cálculo de índices de PTF a nivel sectorial que posibilitan las comparaciones multilaterales, el empleo de técnicas de tratamiento de series temporales que permiten aplicar la metodología de cointegración a paneles de datos.

Palabras clave: crecimiento económico, productividad, capital tecnológico, TIC, comercio internacional, cointegración, paneles de datos.

Clasificación JEL: O30, O40, O50.

1. Introducción

Comprender el crecimiento de las naciones es una de las más antiguas e importantes inquietudes de los eco-

nomistas, impulsada tras la pérdida de la hegemonía del paradigma keynesiano y el debilitamiento de las tasas de expansión de las economías occidentales a mediados del decenio de 1970.

Gracias al trabajo pionero de Solow (1957) y a la abundante literatura teórica desarrollada desde entonces, se sabe que las variaciones en el producto de una economía a lo largo del tiempo pueden atribuirse tanto a la utilización de más cantidad de trabajo y capital como a los cambios en la forma de usar ambos factores, es decir, al denominado factor residual. La amplia evidencia empírica de las últimas décadas, permite concluir

* Universidad de Zaragoza.

Investigación realizada con financiación del Gobierno de Aragón, la Universidad de Zaragoza e IberCaja en el marco de los Proyectos 269-58 y 269-67. Los autores agradecen los comentarios de los evaluadores anónimos y la ayuda prestada por los profesores Dolores Gadea, Marcelo Reyes, Alain Cuenca y Luciano Gutiérrez para la realización de este trabajo, así como los datos y la información facilitada por Collin Webb de la OCDE.

—pese a las diferencias metodológicas— que el factor residual —también conocido como productividad total de los factores (PTF) o productividad multifactor— juega un papel relevante en el crecimiento de la producción¹.

La PTF como medida residual ha de ser interpretada con cautela. En muchas ocasiones el conocido residuo de Solow (cambio en la PTF) se ha identificado con el cambio tecnológico. Sin embargo, el cambio tecnológico no se transmite exclusivamente a cambios en la PTF, ni la PTF es necesariamente tecnología. De una parte, si la PTF está bien calculada ha de recoger exclusivamente el cambio técnico desincorporado mientras que el cambio técnico incorporado en los bienes de capital o los *inputs* intermedios debe ser recogido en las contribuciones de cada uno de ellos. Y de otra, el residuo recoge otros factores no tecnológicos como los costes de ajuste, las economías de escala, los efectos del ciclo, los cambios puros en la eficiencia (cuando el cambio en la PTF debería recoger sólo los movimientos de la frontera de posibilidades de producción), o los errores de medida (entre los que se incluirían los efectos del cambio técnico incorporado no medidos correctamente al valorar la heterogeneidad y la calidad de los *inputs* así como sus correspondientes participaciones en los costes, y la no consideración de los cambios en el capital humano). De hecho, algunos de estos factores pueden invalidar la construcción de los índices de PTF bajo los supuestos de rendimientos constantes y eficiencia técnica².

¹ La aproximación al residuo de Solow en las distintas economías se efectuó antes, incluso, de disponer de cuantificaciones del capital físico. Entre los primeros trabajos realizados en España con datos macroeconómicos puede citarse el de MARTÍNEZ MONGAY y PASCUAL LAPEÑA (1988); entre los que cuantifican el capital físico en unidades monetarias, los estudios de capitalización y crecimiento de la economía española y sus regiones —impulsados por el IVIE— y los publicados en monográficos de revistas económicas —como los números 12 de *Ekonomi Gerizan* o 63 de *Papeles de Economía Española*—. Existe también una prolífica literatura que analiza las diferencias en la PTF con datos de empresas, así como con enfoques no paramétricos —véase, por ejemplo, DELGADO *et al.* (1999) o BAR-SHIRA *et al.* (2003)—.

² Si se adopta una aproximación dual mediante una función de costes, el cambio en la PTF se interpreta como una medida del crecimiento en el coste medio no explicado por el crecimiento de los precios de los *inputs* (que habría inducido una sustitución de factores hacia los más

Teniendo en cuenta estas premisas, en este trabajo se calcula la PTF con datos de diez agregaciones sectoriales de la manufactura de cuatro países europeos, los Estados Unidos y Canadá. Tras un análisis de la evolución de esta magnitud en el período estudiado, se contrasta la relación existente entre la PTF de las distintas ramas de la manufactura y el capital tecnológico, nacional e internacional, así como los efectos que el comercio internacional y las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (en adelante TIC) ejercen en la PTF.

La organización del resto del trabajo es la siguiente. A continuación se exponen los modelos empíricos y se especifican las ecuaciones a estimar. En el apartado tercero, se comentan las estadísticas de las variables teóricas y se analiza el crecimiento de la producción manufacturera en los países considerados y la contribución de la PTF a dicho crecimiento. En el apartado siguiente, se presenta la evidencia empírica obtenida sobre la relación entre PTF y capitales tecnológicos. Cierra el trabajo un apartado de conclusiones.

2. Modelos empíricos

La relevancia del factor tecnológico en la explicación del crecimiento de las naciones ha sido reconocida en el marco de la literatura de crecimiento endógeno por los trabajos de Grossman y Helpman (1991) y Barro y Sala-i-Martin (1995) o Eaton y Kortun (1999), entre otros. Como es sabido, dicha influencia puede tener su origen en el esfuerzo tecnológico autóctono o en la adquisición de tecnología foránea a través de diversos canales de difusión tecnológica internacional, como son el comercio internacional o la inversión extranjera directa (IED)³.

baratos). El cambio técnico incorporado se reflejará en una disminución del coste medio a través de una reducción en el precio agregado de los *inputs*. Si se considera una economía con competencia perfecta, el cambio técnico desincorporado puede expresarse como la diferencia en la tasa de crecimiento de los precios del *output* y de los *inputs*.

³ Un reciente panorama sobre la literatura empírica que valora los *spillovers* tecnológicos internacionales transmitidos a través de la IED puede verse en FAN (2003).

Este trabajo centra su atención en el comercio internacional como vehículo transmisor de la tecnología. La literatura empírica que estudia el papel del intercambio comercial como mecanismo transmisor de los *spillovers* tecnológicos internacionales ha sido especialmente fructífera desde que en 1995 se publicara el trabajo seminal de Coe y Helpman. A partir de entonces, las extensiones del análisis empírico han seguido dos direcciones. De una parte, algunos trabajos se han centrado en el análisis de las imprecisiones cometidas en la especificación o estimación econométrica de Coe y Helpman (1995) [Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998), Coe y Hoffmaister (1999), Edmond (2001), Kao *et al.* (1999)]. De otra, una segunda línea de investigación se ha centrado en ampliar los modelos originales con nuevas variables, niveles de desagregación etcétera [Funk (2001), Keller (1997), Braconier y Sjöholm (1998), Frantzen (2000, 2002, 2003), Guellec y Van Pottelsberghe de la Potterie (2001), Routinen (2005)].

Para valorar la influencia del esfuerzo tecnológico nacional sobre la PTF se planteó, inicialmente, una ecuación en la que como única variable explicativa aparece el *stock* tecnológico nacional, calculado según se describe en López-Pueyo, *et al.* (2005). Así, partiendo de una función de producción Cobb-Douglas, la PTF se explicó de la siguiente forma:

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{oi} + \alpha_1 \log R_{ijt}^d + \varepsilon_{ijt} \quad \forall i, t \quad [1]$$

donde PTF_{ijt} es la productividad total de los factores del país i en el sector j y en el momento t y R_{ijt}^d es el *stock* de capital tecnológico doméstico.

Como se ha señalado, la PTF puede verse afectada por el conocimiento tecnológico foráneo que se transmite internacionalmente. Cuando el país receptor adquiere los modelos de utilidad que le permiten reproducir la tecnología foránea y lo hace a un coste inferior al que le supondría producirla internamente se genera un *spillover activo*, en terminología de Keller (2001). Adicionalmente, la tecnología foránea puede estar incorporada en distintos tipos de bienes en cuya transmisión media alguna actividad econó-

mica, tal como el comercio internacional o la IED. Si el producto se adquiere a un precio menor que el coste de oportunidad de elaborarlo en la nación se origina una externalidad o *spillover pasivo*. El comercio internacional contribuye claramente a la transmisión de *spillovers* pasivos. No obstante, al aprender cómo se hizo un producto y cómo funciona, el progreso técnico se desincorpora y el *spillover* adquiere la condición de activo.

Puesto que se desea conocer si el comercio internacional es un vehículo transmisor de este tipo de conocimiento, el modelo inicial se amplió para incorporar una variable representativa de la capacidad tecnológica foránea. En línea con la propuesta de Coe y Helpman (1995), se consideró la siguiente especificación:

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{oi} + \alpha_1 \log R_{ijt}^d + \alpha_2 \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \varepsilon_{ijt} \quad \forall i, t \quad [2]$$

donde R_{ijt}^f es el *stock* de capital tecnológico foráneo y m_{it} la cuota de importaciones total del país i sobre el PIB. Al calcular el *stock* foráneo ponderando los *stocks* nacionales, su significatividad es indicativa del llamado efecto composición, es decir, de que cuanto mayor es el comercio de un país con las naciones tecnológicamente avanzadas mayores pueden ser las externalidades tecnológicas a las que el citado país accede. Al multiplicar el nivel de apertura por el *stock* foráneo se está aproximando también el efecto intensidad, esto es, que los países más abiertos son también los que más se benefician de la tecnología foránea⁴.

Dada la evolución de la PTF en el sector de las TIC —muy superior a la del resto de sectores, tal como se expondrá— se optó por introducir una *dummy* representativa de este comportamiento diferencial. Desde un

⁴ Con objeto de resolver el sesgo de indicación planteado por LICHTENBERG y VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE (1998) y BARCENILLA (2006) *et al.*, la variable apertura (importaciones de manufacturas/producción de manufacturas) se expresa para cada país como la media aritmética durante el período considerado de las tasas de apertura anualmente observadas.

punto de vista teórico, tres canales al menos pueden garantizar tal efecto de las TIC sobre el crecimiento: a) la aceleración de la productividad en los propios sectores productivos de las TIC y el creciente tamaño de dichos sectores, b) la intensificación de la inversión en equipos con tecnologías de la información y de la comunicación con la consiguiente mejora en la productividad laboral y c) los efectos desbordamiento sobre la productividad emanados de dichas tecnologías⁵. Por ello, en una tercera especificación del modelo se valoró la posibilidad de que el sector de las TIC tuviera un papel destacado en la transmisión del conocimiento y en la PTF, incorporando una *dummy* que adopta el valor uno para las observaciones de dicho sector en todos los países⁶.

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{oi} + \alpha_1 \log R_{ijt}^d + \alpha_2 \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \alpha_{tic} \cdot dum_{tic} \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \varepsilon_{ijt} \quad \forall i,t \quad [3]$$

Ante la posibilidad de que hubiera resultados diferenciales por países, el modelo [3] se amplió introduciendo un sumando adicional en el que una *dummy* representativa de cada país interactuaba con los *stocks* tecnológicos. Con la especificación [4] se valoró la posibilidad de que los países tuvieran comportamientos disímiles en la reacción de su PTF ante cambios en los *stocks* tecnológicos nacionales,

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{oi} + \alpha_1 \log R_{ijt}^d + \alpha_2 \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \alpha_{tic} \cdot dum_{tic} \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \alpha_{pais} \cdot dum_{pais} \cdot \log R_{ijt}^d + \varepsilon_{ijt} \quad \forall i,t \quad [4]$$

⁵ La abundante literatura sobre la relación entre las TIC y la productividad suele concluir que la creciente utilización de las TIC ha elevado la productividad y ha llevado a un crecimiento económico mayor que el que podría alcanzarse de otro modo. Véase COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2001), el estudio de COLECCIA y SCHREYER (2002), con datos de nueve países de la OCDE, o OECD (2004).

⁶ Adicionalmente, se estimó un modelo en el que la *dummy* correspondiente a las TIC interactuaba con el *stock* tecnológico nacional, la cual mostró un coeficiente positivo y significativo si bien claramente inferior al que mostraba cuando acompañaba al *stock* tecnológico foráneo. La introducción simultánea de ambas *dummies* en el modelo no llevó a resultados concluyentes.

y en la especificación [5] las *dummies* nacionales se multiplicaron por la variable representativa del *stock* tecnológico foráneo

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{oi} + \alpha_1 \log R_{ijt}^d + \alpha_2 \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \alpha_{tic} \cdot dum_{tic} \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \alpha_{pais} \cdot dum_{pais} \cdot m_{it} \cdot \log R_{ijt}^f + \varepsilon_{ijt} \quad \forall i,t \quad [5]$$

3. Datos

Los datos de VAB se tomaron de la STAN y se expresaron en unidades monetarias de 1997 utilizando los índices de volumen de la mencionada base, salvo en el sector Equipos eléctricos y ópticos para el que se emplearon índices de precios hedónicos. Las cifras de VAB expresadas en unidades monetarias de 1997 se convirtieron a dólares USA de 1997, utilizando los ratios de valor unitario (RVUS) que facilita el Groningen Growth and Development Centre (GGDC). Posteriormente, el VAB se ajustó por *output gap* del sector manufacturero para tener en cuenta la diferente posición de los países en el ciclo y facilitar las comparaciones internacionales.

El *stock* de capital físico de cada sector se calculó por el procedimiento de inventario permanente, partiendo de los flujos de inversión de la base STAN, expresados en unidades reales de 1997 y convertidos a dólares USA del citado año, utilizando la PPA de la formación bruta de capital fijo de los distintos países calculada por la OCDE. Finalmente, el factor trabajo se aproximó por el número de horas trabajadas en las ramas de la manufactura de los países analizados, información publicada por el GGDC.

Con las variables VAB ajustado por el ciclo, *stock* de capital físico y horas trabajadas, se calculó la PTF y se derivaron índices Törnqvist multilaterales transitivos. Para evitar la volatilidad y paliar los problemas de medición de la PTF se estimó la participación de las rentas del trabajo. Los índices tomaron base 100 en 1997 para cada individuo (los sectores de los distintos países).

En cuanto al capital tecnológico propio de cada sector-país, R_{ijt}^d , se utilizó también el método de inventario permanente habitualmente aplicado en la literatura para calcular las dotaciones. Las dotaciones sectoriales se expresaron en dólares de 1997 utilizando la PPA del PIB que publica la OCDE.

Para aproximar los *spillovers* del propio sector procedentes de los países con los que se comercia se construyó la variable:

$$R_{ijt}^f = \sum_{h \neq j} m_{iht} R_{iht}^d$$

donde m_{iht} representa el promedio durante el período del porcentaje de importaciones de productos clasificados en el sector i que proceden del país h y llegan al país j . Dicho porcentaje se calculó sobre un total que, a su vez, era el resultado de sumar las importaciones de productos del sector i que el país j efectúa del resto de países. Puesto que no se dispuso de datos de *stock* tecnológico inicial (base ANBERD) para todos los países con los que se comercia, al calcular ponderaciones el total se refiere sólo a los países para los que fue posible calcular el *stock* tecnológico propio⁷.

Una descripción más pormenorizada del procedimiento seguido para calcular la PTF y los *stocks* de capital tecnológico doméstico y foráneo puede encontrarse en López-Pueyo *et al.* (2005).

En conjunto, se reunió una muestra de 1.320 observaciones. Los datos correspondieron al período 1979-2001 y comprendieron diez agregaciones sectoriales de la manufactura y seis países. Los sectores considerados fue-

ron: Productos de alimentación, bebidas y tabaco (15-16); Textil (17-19); Papel, artículos de impresión y publicidad (21-22); Química y productos químicos (24); Caucho y productos plásticos (25); Otros productos de minerales no metálicos (26); Productos de metales básicos y productos de fabricados metálicos (27-28); Maquinaria y equipos (n.c.o.p) (29); Equipos eléctricos y ópticos (30-33) y Equipos de transporte (34-35). A su vez, los países analizados fueron Finlandia, Francia, Italia, Estados Unidos, Canadá y España.

La información elaborada ilustra —tal como se recoge en el Cuadro 1— que el VAB industrial creció durante el período 1979-2001 a un ritmo medio anual acumulativo próximo al 3 por 100 en los países estudiados, despuntando Finlandia, con una tasa de incremento de su producción (4,5 por 100), que superó la de Estados Unidos (2,7 por 100), Canadá (2,6 por 100) o España (2,5 por 100) y, más que duplicó, la de Italia y Francia (1,9 por 100).

El crecimiento de la producción no se explica por un aumento del tiempo dedicado a la producción —que, en realidad, se redujo— sino por el notable incremento de la productividad laboral, aproximada por el cociente entre el VAB y las horas trabajadas. Aunque las diferencias en las tasas de crecimiento de la productividad laboral no fueran tan acentuadas como las de VAB, sobresale Finlandia con un incremento medio anual acumulativo del 5,4 por 100. Le siguieron, por orden de importancia, Francia (3,9 por 100), Estados Unidos (3,5 por 100) e Italia⁸ (3,1 por 100) y, a considerable distancia, España (2,7 por 100) y Canadá (2,6 por 100).

A su vez, el VAB generado por hora trabajada se elevó por las mayores dotaciones de capital y, sobre todo, por el aumento de la PTF, variable esta última que explica más del 60 por 100 del aumento de la productividad del factor trabajo de los países, porcentaje que en el caso de Finlandia se eleva a casi un 90 por 100.

⁷ Incorporando el promedio de las importaciones del país durante el período estudiado se soluciona una de las críticas que LICHTENBERG y VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE (1998: 1486-1487) hicieron a la especificación de COE y HELPMAN (1995). La crítica señalaba que si el grado de apertura de las importaciones de un país se introduce con distintos valores para cada año y R^{sf} se toma en forma de índice, la estimación MCO con las variables expresadas en niveles y la estimación MCO con las variables expresadas en índices responden a distintas especificaciones, a menos que se introduzca el *stock* R^{sf} en niveles y un término aditivo, correspondiente a la mencionada medida de apertura.

⁸ Sobre la evolución reciente de la productividad en Italia puede consultarse VENTURINI (2004).

CUADRO 1

**DESCOMPOSICIÓN CONTABLE DEL CRECIMIENTO DEL VAB REAL
DE LAS MANUFACTURAS EN FINLANDIA, FRANCIA, ITALIA, ESTADOS UNIDOS,
CANADÁ Y ESPAÑA EN EL PERÍODO 1979-2001***
(En %)

Países	VAB**	Horas	Productividad laboral	Dotación de capital**	PTF
Finlandia	4,5	-1,0	5,4	0,7	4,7
Francia	1,9	-2,0	3,9	1,4	2,5
Italia	2,1	-1,0	3,1	1,1	2,0
Estados Unidos	2,7	-0,8	3,5	1,3	2,2
Canadá	2,6	0,0	2,6	0,9	1,7
España	2,5	-0,2	2,7	0,8	1,9

NOTAS: * Tasas medias anuales acumulativas de crecimiento de las variables.
** Unidades monetarias reales de cada uno de los países.

FUENTE: Elaboración propia a partir de información publicada por la OCDE y el GGDC.

CUADRO 2

**DESCOMPOSICIÓN CONTABLE DEL CRECIMIENTO DEL VAB REAL
DE LA MANUFACTURA EN FINLANDIA, FRANCIA, ITALIA, ESTADOS UNIDOS,
CANADÁ Y ESPAÑA EN EL PERÍODO 1979-2001***
(En %)

Sector	VAB**	Horas	Productividad laboral	Dotación de capital**	PTF
Productos de alimentación	0,6	-0,3	0,9	1,1	-0,2
Textil	0,4	-2,9	3,4	1,2	2,2
Papel.	0,8	0,2	0,6	1,2	-0,6
Química	2,9	-0,7	3,7	1,3	2,4
Caucho	4,1	0,8	3,3	0,7	2,5
Minerales no metálicos	1,4	-0,8	2,2	0,9	1,3
Productos de metales	1,3	-1,1	2,5	0,5	1,9
Maquinaria	5,4	-0,9	6,4	1,3	5,1
TIC	11,7	-0,6	12,4	2,0	10,3
Equipo de transporte	1,4	-0,9	2,3	0,8	1,5

NOTAS: * Tasas medias anuales acumulativas de crecimiento de las variables.

** Dólares USA (PPA 1997).

FUENTE: Elaboración propia a partir de información publicada por la OCDE y el GGDC.

El Cuadro 2 recoge la descomposición contable del crecimiento de la producción por ramas de actividad⁹.

Obsérvese que la diversidad sectorial es mayor que por países. Así, las tasas anuales acumulativas de crecimiento de VAB alcanzaron su máximo en el sector de las TIC (11,7 por 100), y fueron seguidas, a considerable distancia, de las de Maquinaria y equipos (n.c.o.p) (5,4 por 100), Caucho y productos plásticos (4,1 por 100) y

⁹ Para su elaboración se homogeneizaron las variables monetarias, siguiendo el procedimiento descrito en LÓPEZ-PUEYO *et al.* (2005).

Química y productos químicos (2,9 por 100). En el extremo opuesto, pueden citarse Productos de alimentación, bebidas y tabaco, con un crecimiento anual de tan sólo el 0,6 por 100, y Textil (0,4 por 100). El crecimiento del VAB real de las diferentes ramas también se explica por la mayor productividad del factor laboral y no porque se trabajaran más horas, ya que —salvo en Caucho y productos plásticos y Papel, artículos de impresión y publicidad— éstas disminuyeron.

Lógicamente, las tasas de crecimiento de la productividad laboral fueron también muy dispares, destacando las del sector de las TIC (12,4 por 100), Maquinaria y equipos (n.c.o.p) (6,4 por 100) y las de Productos químicos, Caucho y Textil. En cambio, la productividad del factor trabajo tuvo una evolución modesta en Productos de alimentación, bebidas y tabaco (0,9 por 100) y en Papel, artículos de impresión y publicidad (0,6 por 100).

Al expresar el crecimiento de la productividad laboral como suma de los incrementos en las dotaciones de capital y en la PTF, también se aprecian comportamientos diferenciados, ya que en Productos de alimentación, bebidas y tabaco y en Papel, artículos de impresión y publicidad las mayores dotaciones de capital físico —y no el progreso técnico desincorporado— explican el crecimiento de la productividad del trabajo. En cambio, en el resto de sectores ocurre lo contrario. Entre éstos, ha de resaltarse la pujante evolución de la PTF en el sector de las TIC (con un ritmo de crecimiento anual acumulativo del 10,3 por 100) y ya alejadas en Maquinaria y equipos (n.c.o.p) (5,1 por 100), la química y el textil¹⁰.

¹⁰ Aunque diversos estudios —como el de TIMMER *et al.* (2003) o el de O'MAHONY y VECCHI (2003)— pongan de manifiesto que las diferencias en la evolución de la productividad de la Unión Europea y de Estados Unidos durante los últimos años se explican por el desigual desarrollo de las TIC en Europa, la descomposición contable de los factores explicativos del crecimiento efectuada evidencia que los países europeos presentan comportamientos diversos, ya apuntados por COLECCHIA y SCHREYER (2002), O'MAHONY y VAN ARK (2003) y posteriormente por OCDE (2005).

El análisis puede completarse observando la evolución temporal de la PTF en las diez ramas industriales analizadas. Para facilitar las comparaciones, los Gráficos 1 a 10 se han confeccionado considerando como base 1 el valor que tomaba cada uno de los índices sectoriales en los Estados Unidos en el año 1997.

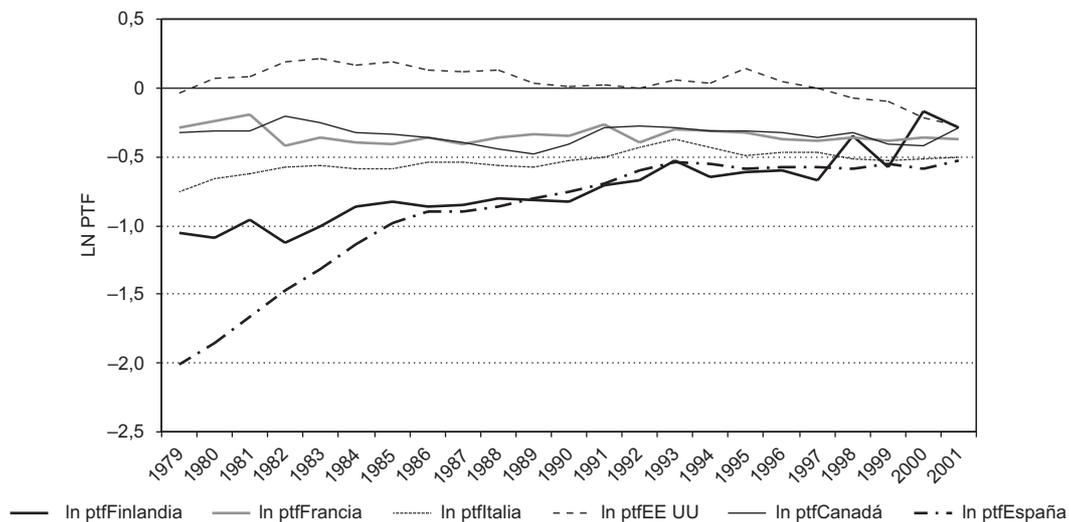
Adviértase cómo el crecimiento de la PTF en el período 1979-2001 osciló ampliamente por sectores, países y años. Entrando en detalle, puede subrayarse que Finlandia registró avances importantes en la PTF de todos sus sectores; Francia destacó por los aumentos en la PTF de Equipos de transporte y Otros productos de minerales no metálicos; los Estados Unidos, por su sobresaliente evolución en Maquinaria y equipos (n.c.o.p) y en Caucho y productos plásticos; y, por último, Italia y Canadá, por Química y productos químicos. España, en cambio, no despuntó en ningún sector por el crecimiento de la PTF.

Al final del período estudiado, Finlandia, Francia y Estados Unidos se distinguían por sus elevados índices de PTF y, en cambio, España e Italia, tendían a mostrar los valores más bajos. En cuanto a las ramas productivas, los índices de PTF mayores correspondían a los sectores de las TIC, Maquinaria y equipos (n.c.o.p) y Equipos de transporte y los más reducidos a Otros productos de minerales no metálicos y a Productos de alimentación, bebidas y tabaco.

Puede, en suma, concluirse que la PTF protagonizó el crecimiento de la productividad laboral y de la producción industrial de los países durante el período estudiado y muy especialmente en el sector de las TIC.

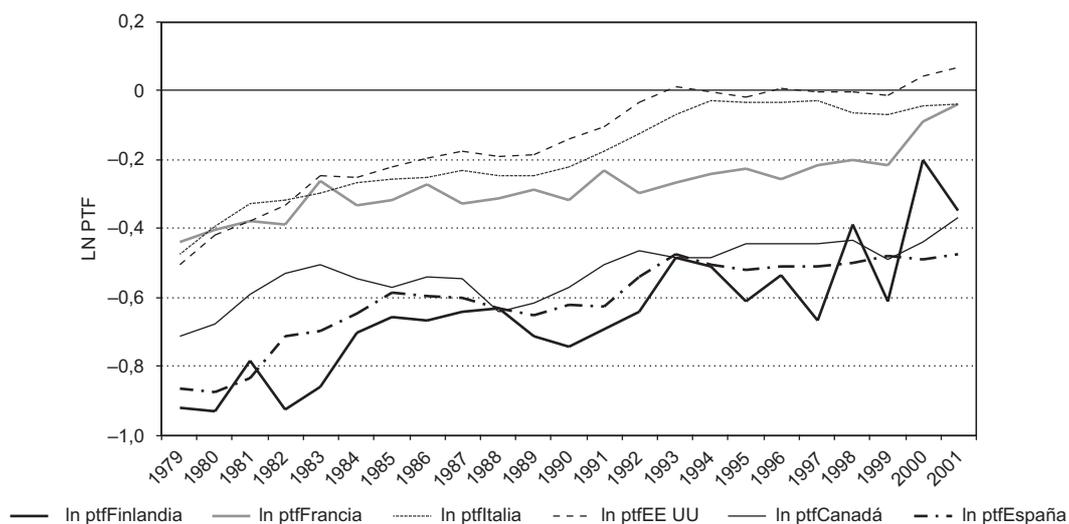
En este contexto, resultan interesantes estudios como el presente en el que se profundiza en los factores que estimulan la PTF y más concretamente en la relación de la PTF con el capital tecnológico y en el papel del comercio internacional como difusor de la tecnología foránea. Con este propósito, se calculó para cada país y sector el capital tecnológico, propio y foráneo, siguiendo el procedimiento expuesto.

GRÁFICO 1
PTF DE PRODUCTOS DE ALIMENTACIÓN, BEBIDAS Y TABACO
(EE UU 1997 = 1)



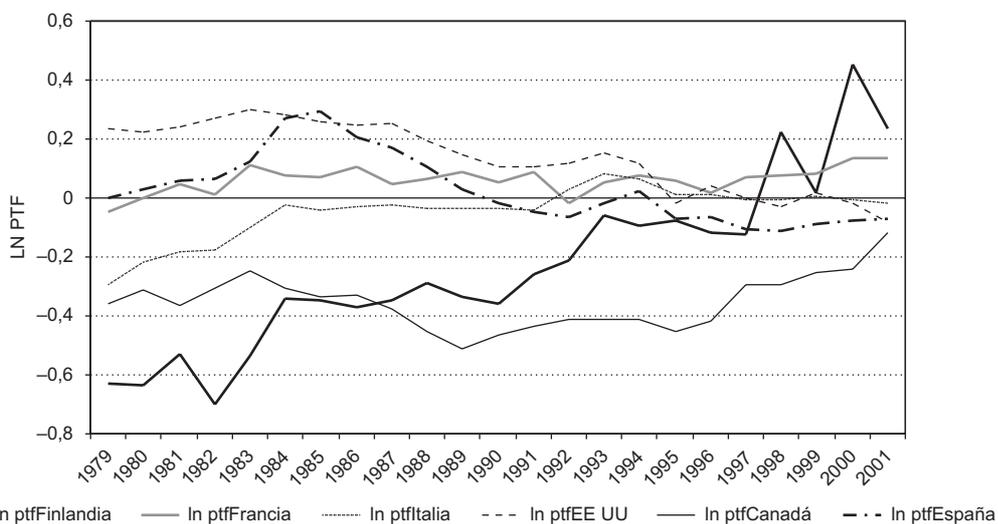
FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

GRÁFICO 2
PTF DE TEXTIL
(EE UU 1997 = 1)



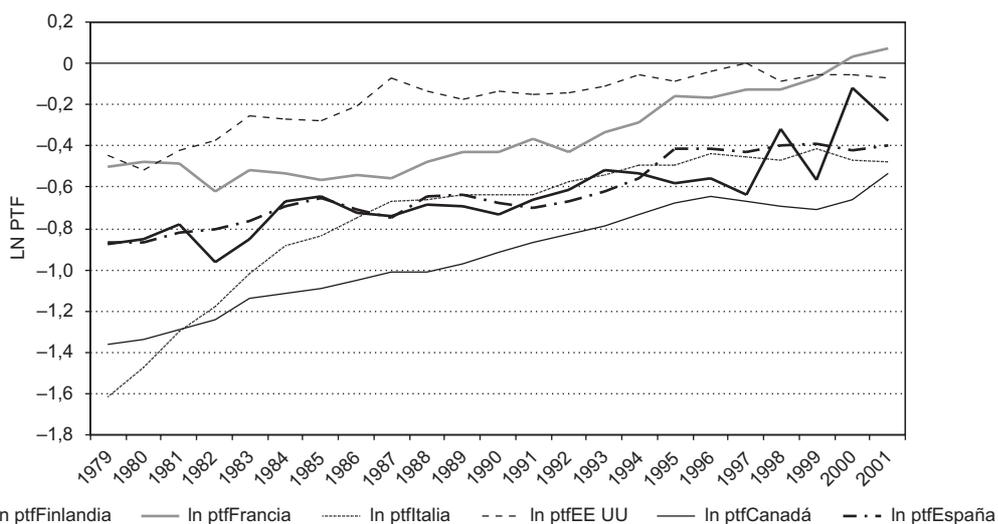
FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

GRÁFICO 3
PTF DE PAPEL, ARTÍCULOS DE IMPRESIÓN Y PUBLICIDAD
(EE UU 1997 = 1)



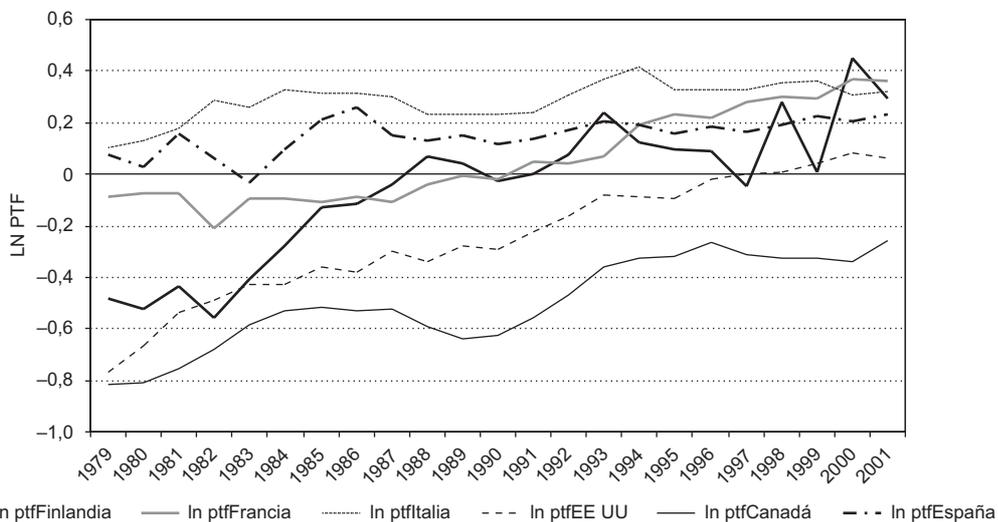
FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

GRÁFICO 4
PTF DE QUÍMICA Y PRODUCTOS QUÍMICOS
(EE UU 1997 = 1)



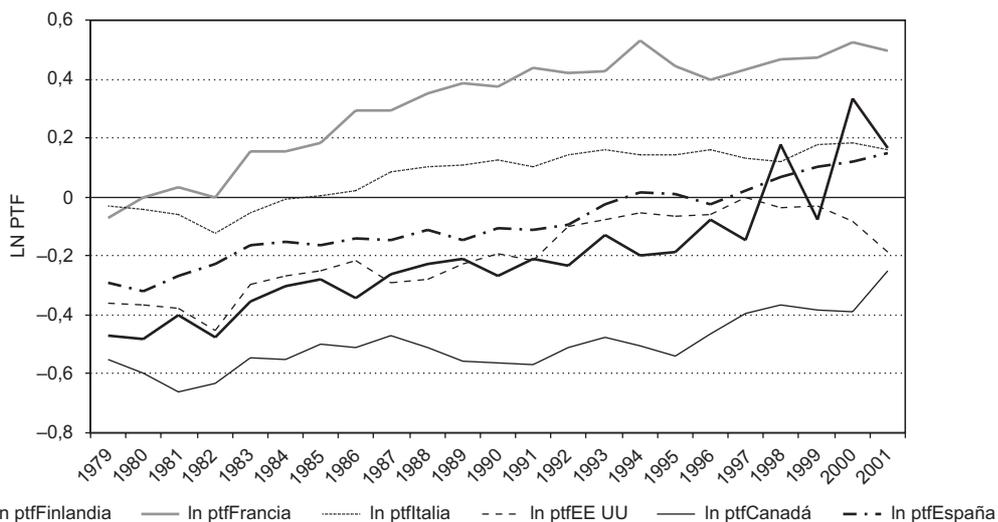
FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

GRÁFICO 5
PTF DE CAUCHO Y PRODUCTOS PLÁSTICOS
(EE UU 1997 = 01)



FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

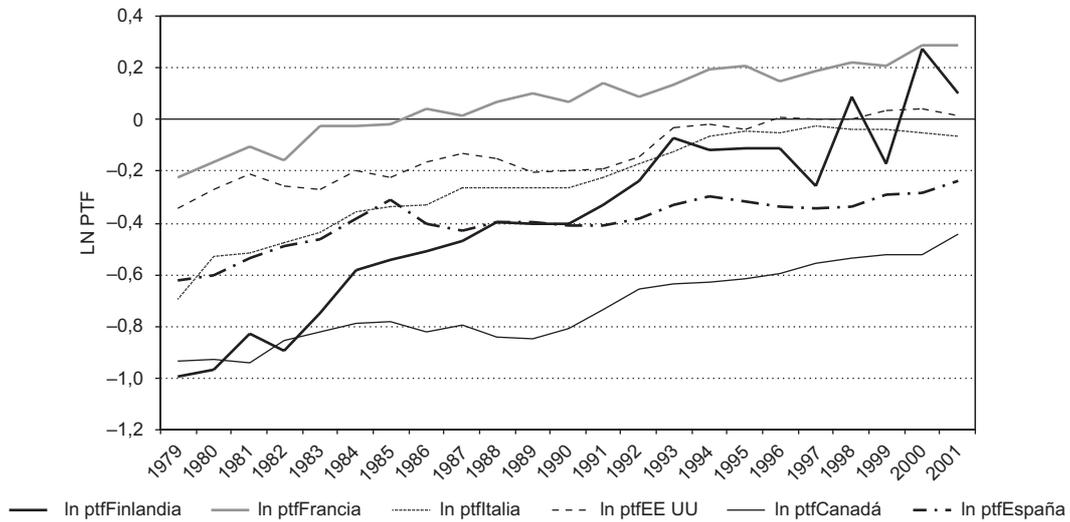
GRÁFICO 6
PTF DE OTROS PRODUCTOS DE MINERALES NO METÁLICOS
(EE UU 1997 = 1)



FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

GRÁFICO 7

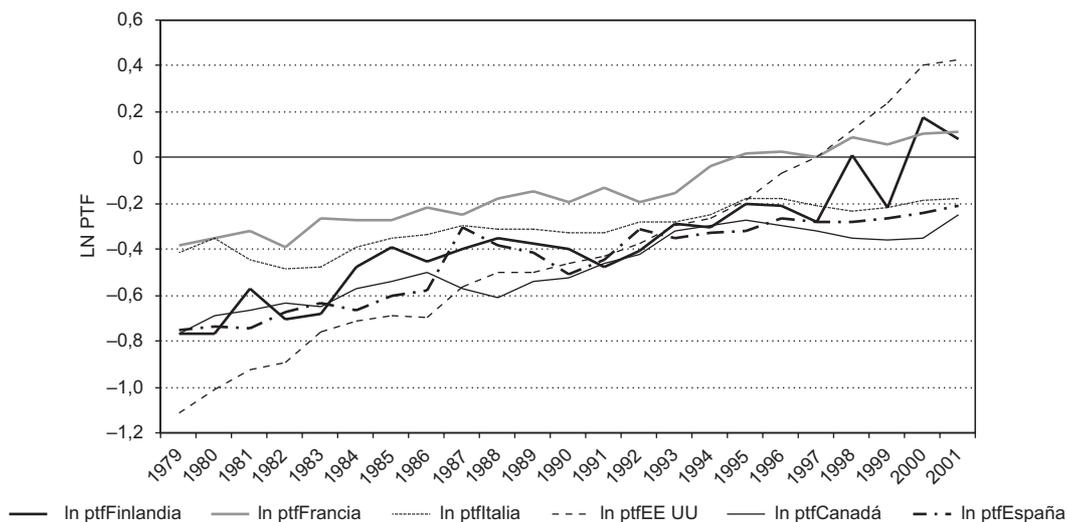
**PTF DE PRODUCTOS DE METALES BÁSICOS Y PRODUCTOS FABRICADOS METÁLICOS
(EE UU 1997 = 1)**



FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

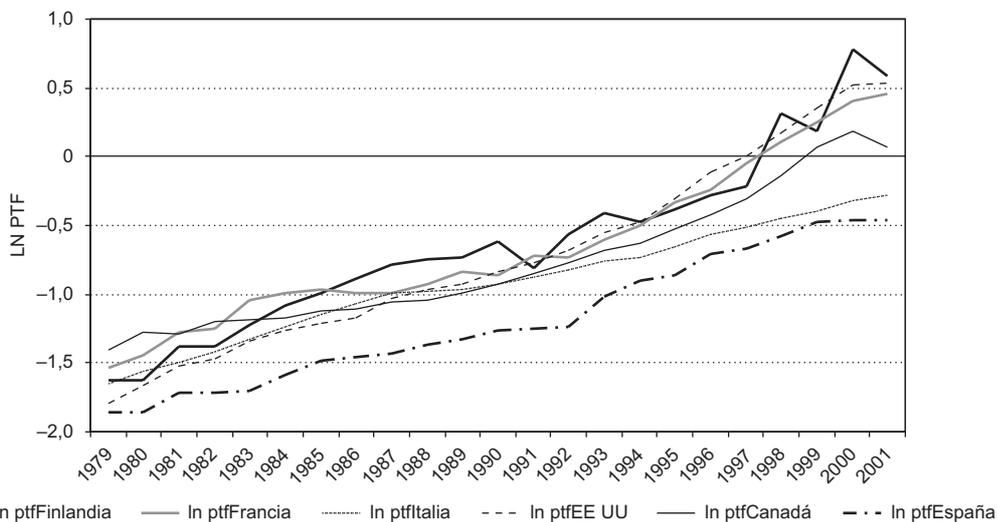
GRÁFICO 8

**PTF DE MAQUINARIA Y EQUIPOS (N.C.O.P.)
EE UU 1997 = 1)**



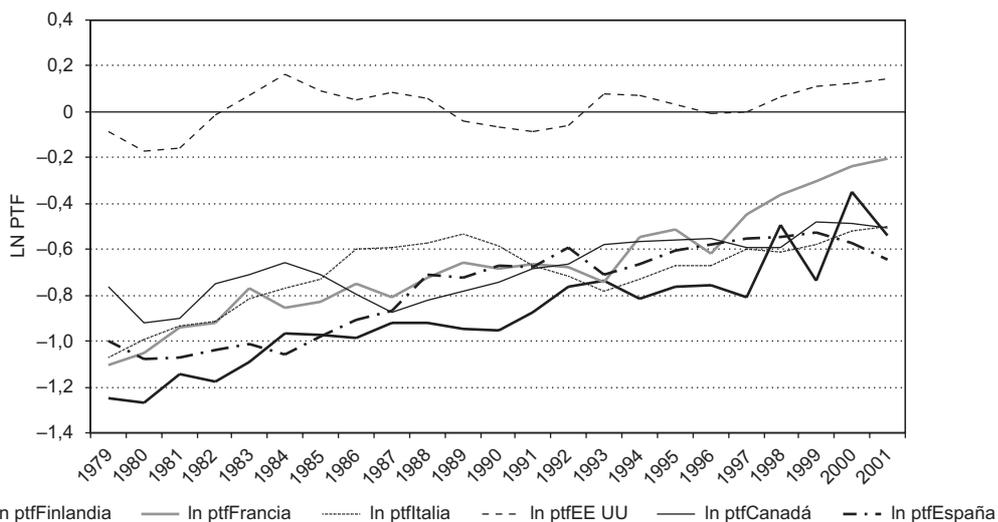
FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

GRÁFICO 9
PTF DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES
(EE UU 1997 = 1)



FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

GRÁFICO 10
PTF DE EQUIPOS DE TRANSPORTE
(EE UU 1997 = 1)



FUENTE: Elaboración propia a partir de información facilitada por la OCDE y el GGDC.

CUADRO 3
ESTADÍSTICAS DE LAS VARIABLES TECNOLÓGICAS

País	Tamaño relativo en términos de I+D*	Crecimiento medio del <i>stock</i> propio**	Crecimiento medio del <i>stock</i> foráneo**
Finlandia	0,7	9,0	3,8
Francia	10,5	5,2	3,5
Italia	5,7	5,3	3,8
Estados Unidos	78,8	2,5	6,8
Canadá	2,7	5,2	2,8
España	1,5	8,3	3,8

NOTAS: * Calculado con datos de 1990.

** Tasa de crecimiento medio anual acumulativo en el período 1979-2001.

Sector	Tamaño relativo en términos de I+D*	Crecimiento medio del <i>stock</i> propio**	Crecimiento medio del <i>stock</i> foráneo**
Productos de alimentación	1,7	3,9	3,5
Textil	0,4	3,4	2,6
Papel	1,2	4,9	5,0
Química	16,2	4,9	4,7
Caucho	1,5	1,4	2,4
Minerales no metálicos	0,8	1,3	2,7
Productos de metales	2,4	1,6	2,3
Maquinaria	3,7	3,6	4,5
TIC	36,9	3,2	3,9
Equipo de transporte	35,2	2,0	2,5

NOTAS: * Calculado con datos de 1990.

** Tasa de crecimiento medio anual acumulativo en el período 1979-2001.

Los principales resultados aparecen en el Cuadro 3. Obsérvese que entre 1979 y 2001 los Estados Unidos realizaron el mayor esfuerzo tecnológico, ya que su gasto en I+D representó casi las cuatro quintas partes del efectuado por los países considerados. Como es lógico, este esfuerzo no impidió que el ritmo de crecimiento del capital tecnológico norteamericano fuera el más bajo de la muestra examinada, circunstancia que se vio contrarrestada por el notable aumento del capital tecnológico foráneo. En cambio, las economías más pequeñas —Finlandia y España— registraron los mayores crecimientos del *stock* de capital tecnológico propio, aunque el aumento del *stock* foráneo fuera también aceptable.

Si se atiende a ramas de la manufactura, buena parte del esfuerzo tecnológico se concentró en tres sectores: TIC (36,9 por 100), Equipos de transporte (35,2 por 100) y Química y productos químicos (16,2 por 100). El análisis de la evolución de los *stocks* tecnológicos permite asimismo concluir que hubo una elevada correlación —próxima a 0,8— entre el crecimiento de los *stocks* propios y foráneos. Así los incrementos más elevados se registraron en Papel, artículos de impresión y publicidad y en Química y productos químicos, sectores que anotaron tasas de crecimiento medio anual acumulativo de los capitales tecnológicos superiores al 4 por 100. Por su parte, los capitales tecnológicos de Otros pro-

CUADRO 4
CONTRASTE DE LA PRESENCIA DE UNA RAÍZ UNITARIA

Variable	Test ADF de IPS (1997)	Decisión	Probabilidad
log PTF	-0,624	I(1)	0,266
log R^d	0,417	I(1)	0,338
log R^f	-0,288	I(1)	0,387

NOTA: Se ha aplicado el test Im *et al.* (1997) con tendencia temporal y un retardo.

FUENTE: **Elaboración propia.**

CUADRO 5
TESTS DE COINTEGRACIÓN

Estimaciones	Pedroni (1995)			
	TN1-rho	Decisión	TN2-rho	Decisión
(1)	-13,594	coint	-13,281	coint
(2)	-14,937	coint	-14,593	coint
(3)	-24,428	coint	-23,867	coint
(4)	-24,439	coint	-25,831	coint
(5)	-24,770	coint	-24,200	coint

NOTA: Para un mayor detalle sobre el estadístico véase www.maxwell.syr.edu/maxpages/faculty/cdkao/working/npt.html, y PEDRONI (1995).

FUENTE: **Elaboración propia.**

ductos de minerales no metálicos y Productos de metales básicos y productos de fabricados metálicos aumentaron a un ritmo considerablemente menor.

Analizada la evolución de las variables del modelo empírico, el apartado siguiente se dedica a la estimación del modelo y análisis de los principales resultados.

4. Estimación de los modelos y resultados

Para estimar los modelos se utilizaron tanto el estimador de mínimos cuadrados ordinarios como el estimador de mínimos cuadrados dinámicos (DOLS). Estos últimos solucionan las limitaciones de los OLS, ya que su distribución no suele ser estándar por la presencia de un sesgo de muestras finitas (causado bien por la endoge-

neidad de las variables explicativas bien por la correlación serial de la perturbación).

La aplicación de la técnica DOLS requiere previamente contrastar la existencia de raíz unitaria en todas las variables implicadas en el modelo y, en su caso, la existencia de una relación de cointegración entre ellas. La existencia de raíces unitarias en las variables fue evidente a la luz de los resultados del test de Im *et al.* (1997), así como también lo fue el rechazo de la hipótesis nula de no cointegración con el test de Pedroni (1995) (véanse Cuadros 4 y 5)¹¹.

¹¹ GUTIÉRREZ (2003) demuestra que el poder del contraste de PEDRONI (1995) es superior al de KAO (1999) cuando el número de observaciones temporales de la muestra es superior a 10.

CUADRO 6
EFFECTOS DE LOS STOCKS TECNOLÓGICOS SOBRE LA PTF

	ESTIMACIÓN 1		ESTIMACIÓN 2		ESTIMACIÓN 3		ESTIMACIÓN 4		ESTIMACIÓN 5	
	(1) OLS	(1) DOLS	(2) OLS	(2) DOLS	(3) OLS	(3) DOLS	(4) OLS	(4) DOLS	(5) OLS	(5) DOLS
$\log R_{jt}^d$	0,336** (30,134)	0,257** (7,566)	0,176** (11,238)	0,166** (3,794)	0,128** (10,433)	0,121** (3,690)	0,093** (7,183)	0,102** (2,949)	0,147** (11,942)	0,134** (4,114)
$m_j \log R_{jt}^f$			1,432** (13,623)	1,025** (3,794)	1,081** (13,075)	0,623** (2,950)	1,084** (13,398)	0,612** (2,966)	0,861** (9,993)	0,538** (2,480)
$dum_{tic} m_j \log R_{jt}^f$					4,979** (29,288)	5,116** (10,281)	4,694** (29,826)	5,014** (10,308)	4,787** (28,412)	4,890** (9,916)
$dum_{fin} \log R_{jt}^d$							0,139** (7,627)	0,123** (2,338)		
$dum_{usa} \log R_{jt}^f$									1,282** (7,508)	1,070* (2,170)
R ² -ajust	0,407	0,385	0,480	0,463	0,685	0,666	0,698	0,682	0,698	0,684

NOTA: i, j , denotan sectores y países, respectivamente. Los valores convencionales de la t de Student se presentan en paréntesis. El asterisco (**) denota que el coeficiente es significativamente distinto de cero a un nivel del 1 por 100 y (*), al 5 por 100.

FUENTE: Elaboración propia

Los resultados de las estimaciones de las ecuaciones planteadas se recogen en el Cuadro 6. Nótese que la PTF siempre se relacionó positivamente con el *stock* tecnológico doméstico. Ahora bien, el grado de ajuste del modelo se elevó al incorporar el *stock* tecnológico foráneo y prácticamente se dobló con la *dummy* representativa del sector de las TIC.

En el Cuadro 7 se realizan los ajustes necesarios para calcular la elasticidad respecto al *stock* tecnológico foráneo. Concretamente, el cálculo de la media $\hat{\alpha}^f \sum_{j=1}^n \bar{m}_j \frac{1}{n}$ muestra un valor de 0,158 por lo que puede afirmarse que la elasticidad de la PTF con respecto al capital tecnológico foráneo fue algo mayor que la del capital tecnológico nacional. La comparación de los valores por países reflejó relevantes diferencias, desde el máximo valor 0,256 de Canadá (el país más abierto de la muestra) hasta el valor 0,093 de Estados Unidos (el país más cerrado). Las posiciones intermedias las ocuparon, de mayor a menor Finlandia, Francia, España e Italia.

Cuando se incorporó el efecto diferencial del sector de las TIC (Estimación 3), la elasticidad de la PTF con

respecto al capital tecnológico foráneo se incrementó considerablemente¹². De nuevo Canadá con un valor de 2,099 y los Estados Unidos con un valor de 1,045 ocuparon las posiciones extremas.

Las variables representativas de las *dummies* nacionales que se incorporaron en las Estimaciones [4] y [5] sólo resultaron significativas en los dos casos recogidos en el Cuadro 6. Por un lado, Finlandia mostró un resultado diferencial significativo cuando la *dummy* interactuó con el *stock* tecnológico nacional —Estimación [4]—. Ello puede indicar que la economía finlandesa fue capaz de rentabilizar su esfuerzo tecnológico de forma más eficiente que la mayoría de los países de la Unión Europea, capacidad que se aprecia al analizar la evolución

¹² La bibliografía sobre el impacto de las TIC en el crecimiento de los países es muy prolífica. Véase, por ejemplo, STIROH (2002a, b), OULTON y SRINIVASAN (2005) o PILAT (2005). En el caso español, MAS y QUESADA (2005a, b) han estudiado, por medio de la denominada contabilidad del crecimiento, la importancia de las TIC en el aumento de la producción durante el decenio de 1990.

CUADRO 7
ELASTICIDADES RESPECTO AL CAPITAL TECNOLÓGICO INTERNACIONAL

País	[0] Elasticidad respecto al capital tecnológico propio de cada sector-país	[1] Tasa de apertura M manufactura/ VAB manufactura	[2] = [1] * 0,623 Elasticidad respecto al capital tecnológico internacional Coeficiente = 0,623	[3] = [1] * 5,116 Elasticidad diferencial del sector de las TIC respecto al capital tecnológico internacional Coeficiente TIC = 5,116	[4] = [1] * 1,070 Elasticidad diferencial de los Estados Unidos respecto al capital tecnológico internacional Coeficiente Estados Unidos = 1,070
Canadá	0,120	0,410	0,256	2,099	
Finlandia	0,120	0,274	0,170	1,400	
Francia	0,120	0,262	0,163	1,340	
España	0,120	0,222	0,138	1,137	
Italia	0,120	0,204	0,127	1,045	
Estados Unidos	0,120	0,150	0,093	0,767	0,100
Promedio	0,120		0,158	1,298	

FUENTE: Elaboración propia.

de su PTF, especialmente en la década de 1990. Por otro lado, en la Estimación [5], en que la *dummy* interactuaba con el capital tecnológico foráneo se obtuvo un resultado positivo y significativo para Estados Unidos, el líder tecnológico. En esta ocasión, la mayor sensibilidad estadounidense a la tecnología foránea puede explicarse por la mayor capacidad de absorción que lógicamente ha de presentar el líder tecnológico, aunque se vincule a un efecto de carácter multiplicador más que a la existencia de un proceso de *catch-up*.

Debe subrayarse que las elasticidades de la PTF con respecto a la tecnología foránea fueron en este trabajo más elevadas que las de otras investigaciones, si bien no es fácil compararlas, dadas las diferencias en la construcción del capital tecnológico internacional, en las especificaciones estimadas y en los períodos, sectores y países analizados. Además, los trabajos que utilizan la variable multiplicada por la tasa de apertura ofrecen solamente el valor estimado del coeficiente y no del producto de éste con la mencionada tasa. En todo caso, puede destacarse, entre los trabajos con desagregación sectorial, que Frantzen (2002) obtuvo unos valores del

coeficiente del 0,079 ó 0,107; Verspagen (1997 a,b), de 0,133 —aunque incluyendo como capital tecnológico internacional también el de otros sectores—; y Keller (2001), de 0,046 ó 0,092. Asimismo, los cambios introducidos en los datos de España, tras la publicación de estimaciones del capital físico homologables a las de la OCDE, han alterado los resultados de López-Pueyo *et al.* (2005), al dejar este país de mostrar un comportamiento diferencial positivo y variar los valores de las elasticidades de la PTF con respecto a los capitales tecnológicos, evidenciando la importancia que tiene dedicar esfuerzos a mejorar la medición de variables.

5. Conclusiones

La literatura económica desarrollada en las últimas décadas concluye que la acumulación de los factores de producción tradicionales, trabajo y capital físico no explica suficientemente el crecimiento económico.

En este trabajo se ha comprobado —con datos de diez sectores industriales de Estados Unidos, Francia, Italia, Canadá, España y Finlandia— que el VAB de la

manufactura creció durante el período 1979-2001 a una tasa elevada, casi el 3 por 100 de media anual acumulativa, siendo el ritmo español (2,5 por 100) inferior al finlandés (4,5 por 100) aunque próximo al canadiense (2,6 por 100) o estadounidense (2,7 por 100) y superior al de Francia (1,9 por 100) e Italia (2,1 por 100).

En los otros países estudiados, el crecimiento del VAB industrial se explica por el pujante aumento de la productividad laboral y no por una mayor dedicación al trabajo. En España se alcanzó una tasa media anual acumulativa de crecimiento de la productividad laboral del 2,7 por 100, tasa que superaron Italia, Estados Unidos y Francia y que Finlandia duplicó.

A su vez, el aumento de la productividad laboral en el período fue posible por la mayor dotación de capital (que se elevó un 0,8 por 100 de media anual) y, sobre todo, por el aumento de la PTF, variable que en España explica el 70 por 100 del crecimiento del producto por trabajador. En Estados Unidos, Francia, Italia y Canadá la aportación al crecimiento de la PTF fue también decisiva, aunque el capital físico desempeñó un papel más relevante que en España. Por el contrario, casi el 90 por 100 del espectacular aumento de la productividad laboral de Finlandia se debió al factor residual.

La evolución por sectores fue más dispar que por países, registrándose avances sustanciales de la producción de las TIC (con un crecimiento medio anual acumulativo del 11,7 por 100) junto a aumentos moderados en el textil (0,4 por 100) o en la industria alimentaria (0,6 por 100). Dado que las horas trabajadas disminuyeron en todas las ramas productivas, salvo en Papel, artículos de impresión y publicidad y en Caucho y productos plásticos, el crecimiento de la producción se consiguió gracias al avance en la productividad laboral.

Contribuyeron al auge de esta última variable el incremento en las dotaciones de capital físico que fue especialmente acentuado en el sector de las TIC y, en menor medida, en maquinaria, productos químicos y en industrias tradicionales como las los productos alimenticios, textil y papel. Por el contrario, la PTF tuvo una aporta-

ción muy heterogénea, ya que junto a avances sustanciales como los del sector de las TIC, pueden señalarse otros más moderados en Maquinaria y equipos, industrias químicas y de textil e incluso algunos retrocesos en Productos de alimentación, bebidas y tabaco (-0,2 por 100) y en Papel, artículos de impresión y publicidad (-0,6 por 100).

Entre los diversos factores que potencialmente pueden explicar la PTF según los recientes desarrollos teóricos y empíricos— tecnología, capital humano, entorno institucional— en esta investigación se ha reflejado el efecto indiscutible del esfuerzo inversor en I+D nacional y foráneo y se ha corroborado la relevancia de la apertura comercial como mecanismo transmisor de la tecnología.

Concretamente, la hipótesis del efecto composición del comercio internacional se contrastó afirmativamente a través de la significatividad y el signo positivo del coeficiente de la variable de capital tecnológico internacional. A su vez, la hipótesis del efecto intensidad de comercio se confirmó mediante la significatividad y el signo positivo del coeficiente de la variable de capital tecnológico internacional interactuada con la tasa de apertura a las importaciones del país. Puede afirmarse, por tanto, que las externalidades tecnológicas internacionales recibidas por los países fueron mayores cuanto mayores fueron sus relaciones con las economías más avanzadas tecnológicamente y cuanto más abiertos estuvieran los países a las importaciones.

Asimismo se comprobó que el capital tecnológico del sector de las TIC tiene un efecto directo sobre la PTF diferente al efecto indirecto (*capital deepening channel*), profusamente estudiado en el ámbito de la contabilidad del crecimiento. Que la intensidad de las externalidades tecnológicas internacionales sea superior en el sector de las TIC es un resultado lógico si se tiene en cuenta que se trata de una industria que lidera el esfuerzo innovador y en la que la rápida transmisión de conocimientos es, por definición, un rasgo característico.

Referencias bibliográficas

- [1] BARCENILLA, S. *et al.* (2006): «Just Openness or Technological Spillovers? A Note», *Applied Economic Letters* (en prensa).
- [2] BAR-SHIRA, Z.; FINKELSHTAIN, I. y SIMHON, A. (2003): «Cross-Country Productivity Comparisons: the “Revealed Superiority” Approach», *Journal of Economic Growth*, 8, páginas 301-23.
- [3] BARRO, R. J. y SALA-I-MARTÍN, X. (1995): *Economic Growth*, McGraw-Hill, Nueva York.
- [4] BRACONIER, H. y SJÖHOLM, F. (1998): «National and International Spillovers from R&D: Comparing a Neoclassical and Endogenous Growth Approach», *Weltwirtschaftliches Archiv*, 134, 4, páginas 639-663.
- [5] COE, D. y HELPMAN, E. (1995): «International R&D Spillovers», *European Economic Review*, 39, 5, páginas 859-887.
- [6] COE, D. y HOFFMAISTER, A. (1999): «Are There International R&D Spillovers Among Randomly Matched Trade Partners? A Response to Keller», *Documento de Trabajo*, 99/18, Fondo Monetario Internacional.
- [7] COELLI, T.; PRASADA, R. y BATTESE, G. (1998): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Nueva York.
- [8] COLECCHIA, A. y SCHREYER, P. (2002): «ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries?», *Review of Economic Dynamics*, 5, 2, páginas 404-442.
- [9] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2001): *El impacto de la economía electrónica en las empresas europeas: análisis económico e implicaciones políticas*, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Comisión Europea, Bruselas.
- [10] DELGADO, M. A.; FARIÑAS, J. C. y RUANO, S. (1999): «Firm’s Productivity and the Export Market: A Nonparametric Approach», *Documento de Trabajo*, 99-54, Serie Estadística y Econometría, Universidad Carlos III.
- [11] EATON, J. y KORTUM, S. (1999): «International Patenting and Technology Diffusion: Theory and Measurement», *International Economic Review*, 40, 3, páginas 537-570.
- [12] EDMOND, C. (2001): «Some Panel Cointegration Models of International R&D Spillovers», *Journal of Macroeconomics*, 23, 1, páginas 241-260.
- [13] FAN, E. (2003): «Technological Spillovers from Foreign Direct Investment: A Survey», *Asian-Development-Review*, 20, 1, páginas 34-56.
- [14] FRANTZEN, D. (2000): «Innovation, International Technological Diffusion and the Changing Influence of R&D on Productivity», *Cambridge Journal of Economics*, 24, páginas 193-203.
- [15] FRANTZEN, D. (2002): «Cross-Sector and Cross-Country Technical Knowledge Spillovers and Evolution of Manufacturing Productivity: A Panel Data Analysis», *Économie Appliquée*, LV, páginas 31-62.
- [16] FRANTZEN, D. (2003): «The Causality between R&D and Productivity in Manufacturing: an International Disaggregate Panel Data Study», *International Review of Applied Economics*, 17, 2, páginas 125-146.
- [17] FUNK, M. F. (2001): «International R&D Spillovers and Convergence Among OECD Countries», *Journal of Economic Integration*, 16, páginas 48-65.
- [18] GRILICHES, Z. (1979): «Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth», *Bell Journal of Economics*, 10, 1, páginas 92-116.
- [19] GRONINGEN GROWTH AND DEVELOPMENT CENTRE: <http://www.ggdc.net/>.
- [20] GROSSMAN, G. y HELPMAN, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge (Mass.).
- [21] GUELLEC, D. y VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (2001): *R&D and Productivity Growth Panel Data Analysis of 16 OECD Countries*, OECD/SDTI, París.
- [22] GUTIÉRREZ, L. (2003): «On the Power of Panel Cointegration Test, A Monte Carlo Comparison», *Economic Letters*, 80, 1, páginas 105-111.
- [23] IM, K. S.; PESARAN, M. H. y SHIN, Y. (1997): *Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels*, mimeo, Department of Applied Economics, University of Cambridge.
- [24] IM, K. S.; PESARAN, M. H. y SHIN, Y. (2003): «Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels», *Journal of Econometrics*, 2003, 115, páginas 53-74.
- [25] KAO, C. (1999): «Spurious Regression and Residual-Based Test for Cointegration in Panel Data», *Journal of Econometrics*, 90, páginas 1-44.
- [26] KAO, C.; CHIANG, M. H. y CHENG, B. (1999): «International R&D Spillovers: An Application of Estimation and Inference in Panel Cointegration», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, páginas 691-709.
- [27] KELLER, W. (1997): «How Trade and Technology Flows Affect Productivity Growth», *Policy Research Working Paper*, 1831.
- [28] KELLER, W. (1999): «Do Trade Patterns and Technology Flows Affect Productivity Growth», *NBER Working Paper*, 6990, NBER, Cambridge (MA).
- [29] KELLER, W. (2000a): «Do Trade Patterns and Technology Flows Affect Productivity Growth», *The World Bank Economic Review*, 14, 1, páginas 17-47.
- [30] KELLER, W. (2000b): «Geographic Localization of International Technology Diffusion», *NBER WP*, 7509.
- [31] KELLER, W. (2001): «International Technology Diffusion», *Working Paper*, 8573, NBER.

- [32] LICHTENBERG, F. y VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (1998): «International R&D Spillovers: A Comment», *European Economic Review*, 42, 8, páginas 1483-91.
- [33] LÓPEZ-PUEYO, C. et al. (2005): «Externalidades tecnológicas internacionales y productividad de la manufactura: un análisis sectorial», *Documento de Trabajo*, 2005-02, Universidad de Zaragoza, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (accesible en <http://www.dteconz.unizar.es/DT2005-02.pdf>).
- [34] MARTÍNEZ MONGAY, C. y PASCUAL LAPEÑA, N. (1988): «Productividad multifactor y efecto capacidad de la industria española 1971-1981», *Investigaciones Económicas* (segunda época), XII, 3, páginas 425-44.
- [35] MAS, M.; PÉREZ, F. y URIEL, E. (2005): *El stock y los servicios de capital en España (1964-2002)*. Nueva metodología, Fundación BBVA, Bilbao.
- [36] MAS, M. y QUESADA, J. (2005a): *Las nuevas tecnologías y el crecimiento económico en España*, Fundación BBVA, Bilbao.
- [37] MAS, M. y QUESADA, J. (2005b): *A Quantification of Productivity Growth in Spain. The Role of ICT*, mimeo, Universidad de Valencia e IVIE.
- [38] OECD (1997): *ANBERD. Database*, París, OCDE.
- [39] OECD (2001): *Measuring Productivity, OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*, OCDE, París.
- [40] OCDE (1999): *Cuentas Nacionales de la OCDE. Principales agregados 1960-1997*, OCDE, París.
- [41] OECD (1997, 2002): *Bilateral Trade Database (BTD)*, OCDE, París.
- [42] OECD (2002): *Research and Development Expenditure in Industry 1987-2000*, OCDE, París.
- [43] OECD (varios años): *Structural Analysis Data Base for Industrial Analysis (STAN)*, OCDE, París.
- [44] OECD (2004): *The Economic Impact of ICT Measurement. Evidence and Implications*, OCDE, París.
- [45] OECD (2005): *OECD Compendium of Productivity Indicators 2005*, OCDE, París.
- [46] O'MAHONY, M. y VAN ARK, B. (2003): *EU Productivity and Competitiveness; an Industry Perspective. Can Europe Resume the Catching-up Process?*, European Commission Enterprise Publications, Luxemburgo.
- [47] O'MAHONY, M. y VECCHI, M. (2003): *Is There an ICT Impact of TFP? A Heterogenous Dynamic Panel Approach*, National Institute of Economic and Social Research, Discussion Paper, 219.
- [48] OULTON, N. y SRINIVASAN, S. (2005): *Productivity Growth and The Role of ICT in The United Kingdom: An Industry View, 1970-2000*, Centre for Economic Performance, Discussion Paper, 681.
- [49] PEDRONI, P. (1995): «Panel Cointegration Analysis: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Test with and Application to the PPP Hypothesis», *Indiana University Working Paper Series in Economics*, 95-103.
- [50] PILAT, D. (2005): *Spain's Productivity Performance in International Perspective*, documento preparado por OECD Workshop on Productivity, Madrid, 19-19 octubre.
- [51] ROUTINEN, J. (2005): *Technological Diffusion and Trade in Services*, mimeo, Helsinki School of Economics.
- [52] SCARPETTA, S.; PILAT, A. y SCHREYER, P. (2000): «Economic Growth in the OECD Area: Recent Trends at the Aggregate and Sectoral level», *OECD Economics Department Working Paper*, 248, OCDE, París.
- [53] SOLOW, R. M. (1957): «Technical Change and the Aggregate Production Function», *The Review of Economics and Statistics*, 39, páginas 312-320.
- [54] STIROH, K. J. (2002a): «Are ICT Spillovers Driving the New Economy?», *Review of Income and Wealth*, 48, 1, páginas 33-57.
- [55] STIROH, K. J. (2002b): «Information Technology and the U.S. Productivity Revival: What Do the Industry Data Say?», *American Economic Review*, 92, 5, páginas 1559-1576.
- [56] TIMMER, M.; YPMA, G. y VAN ARK, B. (2003): *IT in the European Union: Driving Productivity Divergence?*, Groningen Growth and Development Centre Research Memorandum GD-67.
- [57] TRIPLET, J. (2004): «Handbook on Hedonic Price Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products», *STI OECD Working Paper*, número 9.
- [58] VENTURINI, F. (2004): «The Determinants of Italian Slowdown: What do the Data Say?», *Working Paper*, 29, Employment Prospects in the Knowledge Economy.
- [59] VERSPAGEN, B. (1997a): «Measuring Inter-Sectoral Technology Spillovers: Estimating from the European and US Patent Office Databases», *Economic Systems Research*, 9, páginas 49-67.
- [60] VERSPAGEN, B. (1997b): «Estimating International Technology Spillovers Using Technology Flow Matrices», *Weltwirtschaftliches Archiv*, 133, 2, páginas 227-248.

