

DIFUSIÓN TECNOLÓGICA INTERNACIONAL Y PRODUCTIVIDAD*

CARMEN LÓPEZ-PUEYO

JAIME SANAÚ

SARA BARCENILLA VISÚS

Universidad de Zaragoza

En este trabajo se estiman los efectos de las externalidades tecnológicas en el crecimiento de la PTF de la manufactura de Finlandia, Francia, Italia, Estados Unidos, Canadá y España. El estudio realiza aportaciones destacables en el cálculo de las variables, utiliza procedimientos alternativos de estimación y test de raíces unitarias y de cointegración adecuados al panel de datos reunido.

Los resultados permiten concluir que la tecnología generada en el ámbito nacional, dentro de un sector, tiene una influencia positiva y significativa sobre la PTF. Al estimar diferenciando el origen sectorial de las externalidades, se ha advertido que los efectos de la tecnología generada en el propio sector son mayores que los de la tecnología generada en otros sectores; y al estimar distinguiendo el origen geográfico, que los *spillovers* foráneos son ligeramente mayores que los domésticos. Se confirma también el papel de las relaciones comerciales como canal de transmisión de las externalidades tecnológicas, ya que éstas son superiores cuanto mayor es el comercio que un país efectúa con otros de elevado capital tecnológico y cuanto mayor es la apertura al exterior del país receptor.

Palabras clave: Productividad total de los factores, transferencia de tecnología, comercio internacional, cointegración, paneles de datos.

Clasificación JEL: 03, 04, 05, C23, F1.

La tecnología ocupa desde hace décadas la atención de los economistas, particularmente de quienes tratan de formalizar y precisar los factores explicativos del crecimiento económico y las políticas que lo favorecen. Inicialmente, las formulaciones neoclásicas no explicaron cómo se producen los avances tecnológicos pero entendían que el crecimiento de las economías dependía de la acumulación de capital y se veía limitado por el decrecimiento del rendimiento de este factor, a no ser que alguna innovación de carácter exógeno neutralizara esa tendencia decreciente. Un corolario de los modelos neoclásicos era la convergencia en los nive-

(*) Investigación realizada por el Grupo FECEPAD y financiada por el Gobierno de Aragón, la Universidad de Zaragoza e Ibercaja en el marco de los Proyectos 269-58, 269-67, 269-83 y 269-102. Los autores agradecen las sugerencias de los evaluadores anónimos, la ayuda econométrica prestada por los profesores Dolores Gadea, Marcelo Reyes y Luciano Gutierrez, y la información facilitada por Collin Webb (OCDE). Los errores que pueda contener el texto, así como las opiniones en él vertidas, son responsabilidad exclusiva de sus autores.

les de renta per cápita, al considerar que las economías pobres crecerán más rápido que las ricas y que, a largo plazo, el crecimiento alcanzará un estado estacionario.

Dado que este último corolario no se ha cumplido y que las diferencias en las tasas de crecimiento de los países ricos y buena parte de los países pobres apenas se reducen, autores como Romer (1986), Lucas (1988), Rebelo (1991) o Young (1991) decidieron ofrecer una explicación más consistente con la realidad, completando las teorías neoclásicas. De los estudios de estos y otros autores surgieron las conocidas teorías del crecimiento endógeno, que suponen que la actividad innovadora tiene lugar como una respuesta propia de los agentes económicos a las señales de los precios¹.

Dentro de estas teorías, cabe referirse, de una parte, a los modelos que pusieron énfasis en la acumulación de factores que, al generar externalidades, evitan los rendimientos decrecientes del capital y la llegada al estado estacionario, impulsando un círculo virtuoso de mejoras en la productividad de los factores que se traduce en un crecimiento acumulativo y continuo alimentado por las innovaciones². Y, de otra, a los modelos basados en la existencia de un sector tecnológico que constituye la fuente del proceso de innovación y de aumento de la productividad.

Autores como Romer, Grossman, Helpman o Aghion y Howitt, que desarrollaron este segundo conjunto de modelos, consideraron que el sector tecnológico genera tanto conocimiento general que no es apropiable y se extiende a otras empresas como conocimiento que se incorpora a nuevos productos o a variedades de los existentes. En este último caso, los beneficios de la investigación pueden apropiarse, aunque sea parcialmente (con patentes, por ejemplo), proporcionando un incentivo a las empresas que invierten en tecnología.

Las aportaciones de Romer (1986, 1990), Grossman y Helpman (1991, cap. 11 y 12) y Aghion y Howitt (1992) –junto a las de Rivera-Batiz y Romer (1991), Barro y Sala-i-Martin (1995, cap. 8) y Aghion y Howitt (1998, cap. 12)– configuraron la línea de modelos de crecimiento derivados de la innovación (*innovation-driven growth theory*) en economías abiertas, que subraya la importancia de los esfuerzos innovadores y de las externalidades del conocimiento tecnológico –tanto nacionales como internacionales– en la explicación de la productividad y el crecimiento de los países. Estos estudios admiten que la competencia en los mercados es imperfecta y que las economías son interdependientes y pueden operar en rendimientos crecientes a escala³.

Reconocido que el conocimiento es no rival y no excluible, rasgos propios de los bienes públicos, el interés de muchos académicos se centró en las externalidades o *spillovers* de la tecnología, es decir, en analizar cómo una empresa (sector o

(1) Tal como señala Griliches (1992), que los agentes económicos persiguen el cambio técnico a través de decisiones racionales es una idea expuesta desde principios del decenio de 1950 por autores como Griliches, Mansfield, Schmookler o Schultz. No debe extrañar, por tanto, que Helpman (1992) y Los y Verspagen (2000) califiquen los planteamientos neoclásicos y los de las teorías del crecimiento endógeno como complementarios. Una buena síntesis de las primeras teorías del crecimiento endógeno puede consultarse en Romer (1994) o en Barro y Sala-i-Martin (1995, 2001).

(2) Que las externalidades son fuente de rendimientos crecientes a escala y del crecimiento de la productividad es una idea expuesta por numerosos autores, tal como señala Griliches (1992), alguno de ellos anterior a Edgeworth.

(3) Sobre los trabajos que endogeneizan el cambio tecnológico puede consultarse el *survey* de Helpman (1992).

economía) puede captar el conocimiento productivo desarrollado por otros agentes y utilizarlo junto al suyo propio.

Al principio los esfuerzos se orientaron hacia los mecanismos de transmisión de los *spillovers* tecnológicos, ya que las innovaciones pueden vincularse tanto a las personas como a los bienes (de capital o intermedios). En este contexto, Griliches (1979, 1992), distinguió entre los *spillovers* puros de conocimiento (*pure knowledge spillovers*) y los *spillovers* renta (*rent spillovers*) y comenzaron a estudiarse diversos canales a través de los cuales pueden transmitirse las externalidades tecnológicas como el comercio internacional, la inversión extranjera directa o el progreso desincorporado.

Los estudios que, como el presente, ponen especial atención en el primero de los canales suponen que el comercio internacional puede incrementar la productividad de los países al estimular, por un lado, la utilización de una gama más amplia de productos intermedios y bienes de capital; por otro, la apertura de canales de comunicación que incentiven el aprendizaje de nuevos métodos de producción, diseño de productos, métodos de organización y condiciones de mercado; y, finalmente, los contactos internacionales que permitan copiar y adaptar tecnologías foráneas. De todo ello se deriva que los beneficios y conocimientos directos que un país adquiere mediante el comercio internacional han de ser tanto mayores cuanto mayores sean sus compras de bienes a países con elevados *stocks* de conocimiento tecnológico.

Para poder aprovechar estas externalidades y utilizar la tecnología foránea, se acepta que el importador de conocimiento ha de disponer de cierto nivel de capital físico, capital humano y capital tecnológico. Ello significa, como subraya Abramovitz (1986), que las externalidades tecnológicas no surgirán si no existe congruencia tecnológica entre el productor de la innovación y sus usuarios. Asimismo, la magnitud de los efectos que una innovación foránea ejerza en la productividad de una empresa (sector o economía) dependerá de la brecha o *gap* que le separe de quien la haya producido⁴.

Este último aspecto –que influye en el crecimiento y en la convergencia en renta per cápita de los países– llevó a autores como Zilibotti (1995), Hoff (2000) o Hoff y Stiglitz (2001) a modelizar los diferentes mecanismos que posibilitan las trampas del subdesarrollo, entre los que se encuentran algunos relacionados con los *spillovers* tecnológicos. La trampa del subdesarrollo es una noción antigua, ligada a la de múltiples equilibrios de Rosenstein-Rodan (1943), que tras las contribuciones de Abramovitz (1986) y Baumol (1986), se revisó asociando los equilibrios múltiples con el hecho de que la convergencia en renta per cápita se produzca sólo dentro de ciertos grupos o clubes de países.

Los clubes de convergencia estimularon, a su vez, el desarrollo de los modelos de innovación-imitación que hasta finales de la década de 1980 se formularon separadamente. Variantes posteriores de estos modelos consideran supuestos más reales como que todos los países imitan (aunque sean innovadores intensivos),

(4) Según Funk (2001), los más avanzados (situados en la frontera del conocimiento) reciben fundamentalmente externalidades de países de su mismo grado de desarrollo. Los países menos avanzados, en cambio, también reciben externalidades de naciones de sus características, pero son considerablemente mayores los efectos que perciben de los países más ricos. Se trata, por tanto, de un trabajo consistente con un modelo simple de *catch-up* a la frontera tecnológica.

que los costes de imitación e innovación dependen de la calidad institucional de un país y su nivel de desarrollo relativo (cociente entre la productividad de un país y la de la economía más avanzada), que la imitación de tecnologías menos avanzadas es más barata y tiene mayores probabilidades de éxito o que hay innovaciones globales (tomadas de otros países) e innovaciones locales (del propio país).

En este contexto teórico, esta investigación analiza la relación entre la productividad total de los factores (es decir, el cambio en el *output* no explicado por modificaciones en el uso de *inputs*), el *stock* de conocimiento y el comercio internacional, centrándose en la difusión de los *spillovers*. Aunque Coe y Helpman (1995) siga siendo el trabajo más citado entre los que han contrastado la *new innovation-driven growth theory* en economías abiertas, los trabajos de Coe, Helpman y Hoffmaister (1997), Keller (1997, 1998, 2002), Lichtenberg y van Pottelsbergue de la Potterie (1998), Xu y Wang (1999), Frantzen (2000), Funk (2001) y Crespo *et al.* (2004a,b) también lo han hecho utilizando economías agregadas en un determinado año como unidad de observación.

Entre los estudios que toman el sector-país como unidad de observación para contrastar la existencia de externalidades internacionales del conocimiento tecnológico, cabe resaltar los de Verspagen (1997b), Braconier y Sjöholm (1998), Frantzen (2002) y Keller (2002)⁵. En comparación con estos trabajos, nuestro estudio realiza dos aportaciones destacables: el cálculo de las variables de forma más rigurosa y la utilización de técnicas más modernas y adecuadas a la naturaleza de los datos. En primer lugar, ha de reseñarse que el análisis va a extenderse hasta el año 2000, explotando la diversidad sectorial y nacional de las distintas variables para calcular la PTF y los *stocks* tecnológicos⁶. La perspectiva sectorial se justifica porque los gastos en I+D no se distribuyen de forma uniforme entre las distintas ramas. En cuanto a la PTF, su cálculo se ha realizado con una metodología estricta y laboriosa, partiendo de información sobre horas trabajadas, estimando las participaciones del factor trabajo, aplicando ratios de valor unitario (RVU)⁷ específicas para cada sector manufacturero frente a una PPA común, ajustando por el ciclo económico y deflactando el valor añadido de los sectores más afectados por el cambio en la calidad de sus productos con índices de precios hedónicos⁸. Para cuantificar los *spillovers* se han calculado diferentes tipos de *stocks* tecnológicos, aplicando ponderaciones alternativas que combinan información referente al comercio sectorial bilateral entre países, así como flujos intersectoriales nacionales e internacionales de bienes intermedios, con objeto de considerar la influencia del país de origen de las externalidades y de la intensidad de las relaciones mantenidas.

(5) Uno de los *survey* más completo sobre los distintos trabajos empíricos que han tratado la influencia de las externalidades del conocimiento tecnológico internacional sobre la PTF es el de Mohnen (2001). A su vez, Keller (2004) presenta un estado de la cuestión más genérico.

(6) La principal restricción para la elección de los países de la muestra viene dada por la ausencia de deflatores de la formación bruta de capital con los que construir los *stocks* de capital físico sectorial y la PTF.

(7) Para una comparación teórica entre las RVU y las PPA, véase Pilat y Prasada Rao (1996).

(8) Sobre la problemática teórica y aplicación práctica de los precios hedónicos en los sectores de la información y las telecomunicaciones puede consultarse Triplett (2004) y O'Mahoney y van Ark (2003).

Un segundo aspecto a destacar es la aplicación de distintas especificaciones de carácter lineal, utilizando procedimientos alternativos de estimación y test de raíces unitarias y de cointegración adecuados al panel de datos manejado.

La organización del resto del artículo es la siguiente. En el apartado 1 se comentan los principales estudios sectoriales sobre la difusión de *spillovers* tecnológicos y se exponen los modelos econométricos a contrastar. En el epígrafe 2 se definen las variables que intervienen y las fuentes estadísticas empleadas, remitiendo a los anexos para un mayor detalle. En el apartado 3 se presentan los modelos estimados y se analizan los resultados obtenidos. A continuación, se incluye el análisis de sensibilidad para evaluar la robustez de los resultados. Cierra el trabajo un epígrafe de conclusiones.

1. ANTECEDENTES Y MODELOS A ESTIMAR

1.1. Antecedentes

El cuadro 1 recoge las características metodológicas de los trabajos previos que han estimado las externalidades tecnológicas tanto nacionales como internacionales, utilizando simultáneamente datos de distintos países, sectores y años.

Obsérvese que todos se ciñen al periodo que va desde los años setenta hasta comienzos de los noventa y analizan el sector manufacturero en los países desarrollados. En general, utilizan como variable dependiente la PTF, cuyo cálculo se efectúa con la información disponible en cada momento. Así, por ejemplo, manejan el número de empleados, aplican algún promedio de las participaciones de las rentas del trabajo, utilizan una PPA común para todos los sectores y no usan deflatores que tengan en cuenta la mejora en la calidad de los productos.

Como variables independientes utilizan el *stock* de capital tecnológico del propio sector y país, los *stocks* de capital tecnológico de otros sectores del mismo país, del mismo sector de otros países y de otros sectores del resto de países. Para su construcción, parten de los gastos de I+D y utilizan distintas ponderaciones para aproximar los canales de transmisión de las externalidades tecnológicas, suponiendo la homogeneidad entre países o sectores ante la falta de información más detallada. Generalmente, la especificación es lineal y los métodos de estimación no aprovechan las ventajas de trabajar con paneles de datos que, al disponer de datos para varios individuos a lo largo de unos años, aumentan considerablemente los grados de libertad⁹.

Aunque la comparación de estos trabajos ha de efectuarse con cautela, dadas sus diferencias metodológicas y temporales, todos ellos concluyen que la tecnología –tanto la desarrollada en un sector como en los restantes– influye bien en la PTF bien en la productividad laboral, tal como se indica en el cuadro 2.

A la luz de estos resultados, este trabajo realiza dos aportaciones fundamentales para avanzar en esta línea de estudios. Por un lado, calcula las variables de forma rigurosa, ampliando el horizonte temporal hasta el año 2000. Y, por otro, utiliza contrastes y técnicas más modernas y adecuadas a la naturaleza del panel de datos y emplea distintos estimadores.

(9) Ventajas acrecentadas en los últimos años con el desarrollo de las técnicas de cointegración aplicadas a paneles de datos, tal como señala Banerjee (1999, pág. 607).

Cuadro 1: PRINCIPALES ESTUDIOS SECTORIALES SOBRE LA DIFUSIÓN DE *SPILLOVERS* TECNOLÓGICOS INTERNACIONALES. CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS

Autor	Muestra	Bases de datos	Cálculo PTF	Cálculo <i>stock</i> tecnológico propio
Frantzen (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - 22 ramas de la manufactura. - 4 países de la OECD. - Periodo 1972-1994. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>STAN</i> <i>ANBERD</i> <i>BTID</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Participación del trabajo: media del periodo. - PPA común a los sectores de un país. - Trabajo: número de empleados. - Rendimientos constantes. - <i>Stock</i> de capital por MIP con depreciación del 10%. 	<ul style="list-style-type: none"> - MIP a partir de gastos en I+D. - Tasas de depreciación: 5%, 10%, 15%.
Keller (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - 13 ramas de la manufactura. - 8 países de la OCDE. - Periodo 1970-1991. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>STAN</i> <i>World Trade</i> <i>Data of the Hamburg Institute of International Economics (HWWA)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Participación del trabajo en los costes. - Rendimientos constantes. - Trabajo: número de empleados. 	<ul style="list-style-type: none"> - MIP. - Tasa de depreciación: 5%.

Cuadro 1: PRINCIPALES ESTUDIOS SECTORIALES SOBRE LA DIFUSIÓN DE *SPILLOVERS* TECNOLÓGICOS INTERNACIONALES. CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS (continuación)

Autor	Externalidades intersectoriales nacionales	Externalidades intersectoriales internacionales	Externalidades intersectoriales internacionales	Especificación y estimación
Frantzen (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i> tecnológico a partir de gastos de I+D de otros sectores manufactureros del mismo país. Ponderación: <ul style="list-style-type: none"> - Matriz de patentes (<i>Merit Centre</i> a partir de EPO) invariable entre países y en el tiempo. - Participación del <i>output</i> doméstico en el mercado interior. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i> tecnológico a partir de gastos de I+D de otros sectores manufactureros de otros países. Ponderación: <ul style="list-style-type: none"> - Comercio sectorial bilateral. - Penetración de importaciones sectorial. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i> tecnológico a partir de gastos de I+D del mismo sector de otros países. Ponderación: <ul style="list-style-type: none"> - Comercio sectorial bilateral. - Penetración de importaciones sectorial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Especificación lineal V. dependiente: PTF V. independientes: <i>stocks</i> tecnológicos (nacional del mismo sector, nacional de otros sectores, internacional del mismo sector, internacional de otros sectores). - Estimación <i>OLS</i> y <i>DOLS</i> - Test de raíces unitarias y cointegración.
Keller (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i> tecnológico a partir de gastos de I+D de otros sectores manufactureros del mismo país. Ponderación alternativa: <ul style="list-style-type: none"> * P1: % patentes registradas en Canadá entre 1978 y 1987 [Evenson <i>et. al.</i> (1991)]. * P2: % flujos <i>input-output</i> interiores de EE.UU. en 1982. - No tiene en cuenta el efecto intensidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i> tecnológico a partir de gastos de I+D de otros sectores manufactureros de otros países. Ponderación alternativa: <ul style="list-style-type: none"> * P1: % patentes registradas en Canadá entre 1978 y 1987 [Evenson <i>et. al.</i> (1991)]. * P2: % flujos <i>input-output</i> de importaciones de EE.UU. en 1982. - No tiene en cuenta el efecto intensidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i> tecnológico a partir de gastos de I+D del mismo sector de otros países Ponderación: <ul style="list-style-type: none"> - Comercio bilateral sectorial. - No tiene en cuenta el efecto intensidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Especificación no lineal V. dependiente: PTF V. independientes: <i>stocks</i> tecnológicos (nacional del mismo sector, nacional de otros sectores, internacional del mismo sector, internacional de otros sectores). - Estimación <i>OLS</i> con <i>bootstrap</i> para los errores estándar. - Estimación <i>NLLS</i> (<i>non-linear least-squares</i>) - Justifica la no utilización de técnicas de panel con cointegración por considerarlas poco desarrolladas.

Cuadro 1: PRINCIPALES ESTUDIOS SECTORIALES SOBRE LA DIFUSIÓN DE *SPILLOVERS* TECNOLÓGICOS INTERNACIONALES.
CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS (continuación)

Autor	Muestra	Bases de datos	Cálculo PTF	Cálculo <i>stock</i> tecnológico propio
Verspagen (1997b)	<ul style="list-style-type: none"> - 22 ramas de la manufactura. - 14 países (España incluido). - Período 1974-1992. 	<p><i>STAN</i></p> <p><i>ANBERD</i></p> <p><i>BTD</i></p> <p><i>Penn World Tables</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - No calcula PTF. - Variable Dependiente: productividad laboral por empleado. - PPA común a todos los sectores de un país. - Capital: MIP. - Posibilidad de economías de escala. 	<ul style="list-style-type: none"> - MIP - <i>Investment PPA (Penn World Tables)</i>.
Braconier y Sjöholm (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - 9 ramas de la manufactura. - 6 de los grandes países de la OCDE - Período 1979-1991. 	<p><i>ISDB</i></p> <p><i>ANBERD</i></p> <p><i>TIO</i></p> <p><i>Main Economic Indicators (OECD) World Investment Directory (UNCTAD)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Participación en el VAB de las rentas del trabajo (promedio del país y muestra de países para cada sector). - Trabajo: número de empleados. - El ciclo de los negocios como variable explicativa (alternativa a ficticias temporales). 	<p>Alternativamente utiliza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i>: simple agregación de gastos de I+D del sector con depreciación del 5%. - Gasto de I+D.

Cuadro 1: PRINCIPALES ESTUDIOS SECTORIALES SOBRE LA DIFUSIÓN DE SPILLOVERS TECNOLÓGICOS INTERNACIONALES. CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS (continuación)

Autor	Externalidades intersectoriales nacionales	Externalidades intersectoriales internacionales	Externalidades intrasectoriales internacionales	Especificación y estimación
Verspagen (1997b)	<p>– Stock tecnológico a partir de gastos de I+D de otros sectores manufactureros del mismo país.</p> <p>Ponderación alternativa idéntica para todos los países:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Yale Matrix</i> (EPO): flujos de patentes entre sectores productores de la innovación y sectores usuarios [Putnam y Evenson (1994)]. – EPO + Correspondencia tipos de tecnología y sectores: flujos de patentes entre <i>main technology class</i> y <i>supplementary technology class</i> <p>Ponderación común:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Participación de la producción interior en el mercado interior del sector. 	<p>– Stock tecnológico a partir de gastos de I+D de otros sectores manufactureros del mismo país.</p> <p>Ponderación alternativa idéntica para todos los países:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Yale Matrix</i> (EPO): flujos de patentes entre sectores productores de la innovación y sectores usuarios [Putnam y Evenson (1994)]. – EPO + Correspondencia tipos de tecnología y sectores: flujos de patentes entre <i>main technology class</i> y <i>supplementary technology class</i>. <p>Ponderación común:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Participación de las importaciones en el mercado interior del sector. – Comercio bilateral sectorial. 	<p>– Conjuntamente con el <i>stock</i> intersectorial internacional.</p>	<p>– Especificación lineal V. dependiente: Productividad laboral</p> <p>V. independientes: <i>stocks</i> tecnológicos propio, de otros sectores nacionales y foráneo.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Estimación <i>within</i> y <i>between</i>. – Considera poco desarrolladas las técnicas de panel y series temporales. Aplica MCE. – No aplica test de raíces unitarias.
Braconier y Sjöholm (1998)	<p>Alternativamente utiliza:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Stock: simple agregación de los <i>stocks</i> de otros sectores internacionales sin ponderación. – Gasto de I+D: gastos de I+D de otros sectores nacionales ponderados por la proporción de las importaciones de bienes intermedios intersectoriales en el <i>output</i> sectorial receptor. 	<p>Alternativamente utiliza:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Stock: simple agregación de los <i>stocks</i> de otros sectores internacionales sin ponderación. – Gasto de I+D: gastos de I+D de otros sectores nacionales ponderados por: <ul style="list-style-type: none"> • La proporción de las importaciones de bienes intermedios intersectoriales en el <i>output</i> sectorial receptor. • Las importaciones bilaterales agregadas del país receptor con cada país emisor. 	<p>Alternativamente utiliza:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Stock: simple agregación de los <i>stocks</i> del sector internacionales sin ponderación. – Gasto de I+D: gastos de I+D del mismo sector en otros países ponderados por el peso del <i>stock</i> de IED sectorial en el <i>output</i> sectorial. 	<p>– Especificaciones lineales V. dependiente: crecimiento de PTF</p> <p>V. independientes alternativas: (V1): crecimiento de <i>stocks</i> tecnológicos (V2): gastos de I+D</p> <ul style="list-style-type: none"> – Estimación <i>OLS</i> – Test Levin y Lin (1992) de estacionariedad de los residuos.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2: PRINCIPALES ESTUDIOS SECTORIALES SOBRE LA DIFUSIÓN DE *SPILLOVERS* TECNOLÓGICOS INTERNACIONALES. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Autor	Resultados	Análisis de sensibilidad
Frantzen (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Externalidades intersectoriales nacionales mayores que la elasticidad del capital tecnológico propio. - Externalidades intersectoriales internacionales mayores que las externalidades intrasectoriales internacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento diferencial para sectores intensivos en I+D. - Externalidades internacionales con origen sólo en los principales líderes tecnológicos sectoriales. - Estimación de la función de producción ampliada.
Keller (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Escaso poder explicativo de las externalidades. - Externalidades intrasectoriales internacionales menores que las externalidades intersectoriales internacionales. - Efectos temporales (ficticias) significativos. - No significatividad estadística de las externalidades cuando se aproximan con patentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ponderaciones contrafactuales. - Ponderaciones con normalizaciones alternativas influyen en los resultados. - Retardos en las explicativas. - Distintas tasas de depreciación en los <i>stocks</i> tecnológicos.
Verspagen (1997b)	<ul style="list-style-type: none"> - No comparabilidad del coeficiente del <i>stock</i> propio (por empleado) con el resto de <i>stocks</i> (en términos absolutos). - Distinto valor de los coeficientes (en términos absolutos y relativos) según la elección de las variables explicativas. - Economías de escala decrecientes respecto a los <i>inputs</i> (capital, trabajo, I+D propia). - Distintas elasticidades según el método de estimación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diferentes elasticidades para los sectores de alta, media y baja intensidad tecnológica. - Diferenciación de externalidades renta (I-O) y conocimiento (EPO). - Retardos en las variables explicativas. - Economías de escala constantes.
Braconier y Sjöholm (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Ajuste muy pobre. - No significatividad estadística del crecimiento de los <i>stocks</i> en la explicación del crecimiento de la PTF. - Multicolinealidad elevada entre distintas variables. - I+D propia solo significativa con ficticias sectoriales. - Externalidades de I+D no significativas estadísticamente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Distintas tasas de depreciación. - Distintos retardos. - Ficticias sectoriales. - Distintos coeficientes para los sectores intensivos en I+D.

Fuente: Elaboración propia.

1.2. Modelos a estimar

Para valorar el efecto de la inversión en I+D sobre la productividad se adopta en este trabajo el modelo más generalizado en las aplicaciones empíricas que combinan las perspectivas nacional y sectorial: se parte de una función de producción tipo Cobb-Douglas en la que el *output* (Y) depende del nivel de los *inputs* trabajo y capital (K y L) y de un término de PTF que depende a su vez del capital tecnológico.

Concretamente, el análisis de la influencia de los *spillovers* nacionales/internacionales, por un lado, e intrasectoriales/intersectoriales, por otro, se articulará en torno a cuatro modelos con los que se trata de delimitar la disímil influencia de la capacidad tecnológica sobre la productividad en cada una de las citadas dimensiones.

En principio, la metodología utilizada en la construcción de variables permite partir de un modelo amplio que, aunque se estimará con menos grados de libertad, aporta información muy precisa al incorporar cuatro variables representativas de *stocks* tecnológicos diversos que corresponden al mismo sector nacional (R^{sd}), al mismo sector foráneo (R^{sf}), a otros sectores nacionales (R^{od}) y a otros sectores foráneos (R^{of}):

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{ij} + \alpha^{sd} \log R^{sd}_{ijt} + \alpha^{sf} \log R^{sf}_{ijt} + \alpha^{od} \log R^{od}_{jt} + \alpha^{of} \log R^{of}_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad [1]$$

donde *PTF* denota la productividad total de los factores; *i*, los diferentes sectores; *j*, los países; y *t* identifica el año; α_{ij} son los efectos fijos, introducidos para cada individuo (los distintos sectores de cada país), que reflejan cualquier determinante no incluido en el modelo como, por ejemplo, las diferencias en el capital humano, las instituciones o las regulaciones del mercado de trabajo; y α^{sd} , α^{sf} , α^{od} y α^{of} , son respectivamente, las elasticidades de la *PTF* con respecto al capital tecnológico del mismo sector nacional, del mismo sector foráneo, de otros sectores nacionales y de otros sectores foráneos.

A partir de esta especificación general se plantearán algunos modelos restringidos con los que se pretende valorar el efecto de la transmisión de tecnología desde distintas perspectivas geográficas y sectoriales, lo que permitirá ganar en grados de libertad y resolver algunos problemas de multicolinealidad frecuentes en este tipo de análisis.

Así, en el segundo modelo se distingue el efecto del esfuerzo inversor en tecnología autóctono del generado más allá de las fronteras nacionales y que supondremos se difunde internacionalmente a través del comercio. Concretamente, la *PTF* se explica en función de dos variables compuestas con las que se diferenciará el efecto de la capacidad tecnológica nacional del que ejerce la capacidad tecnológica foránea. La primera variable, el *stock* tecnológico nacional, se calcula agregando el *stock* tecnológico doméstico del propio sector (R^{sd}) y el *stock* tecnológico doméstico del resto de sectores (R^{od}). La segunda variable representa el *stock* tecnológico foráneo y es suma, a su vez, del *stock* tecnológico foráneo del mismo sector (R^{sf}) y del *stock* tecnológico foráneo del resto de sectores (R^{of}).

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{ij} + \alpha^d \log R^d_{ijt} + \alpha^f \log R^f_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad [2]$$

siendo R^d el capital tecnológico doméstico, R^f el capital tecnológico internacional y α^d , α^f las elasticidades de la *PTF* con respecto al capital tecnológico doméstico y al capital tecnológico internacional.

El tercer modelo adopta una perspectiva sectorial con la que se distinguirá la influencia sobre la *PTF* de la tecnología generada nacional e internacionalmente en el mismo sector de la que ejerce la tecnología originada en otros sectores. La primera de las variables independientes representa el *stock* tecnológico del propio sector y se define agregando el *stock* nacional (R^{sd}) y el foráneo del mismo sector (R^{sf}); la segunda representa el *stock* tecnológico del resto de sectores y se calcula sumando el *stock* de otros sectores nacionales (R^{od}) y de otros sectores foráneos (R^{of}).

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{ij} + \alpha^s \log R^s_{ijt} + \alpha^o \log R^o_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad [3]$$

donde R^s es el capital tecnológico propio de cada sector, R^o el capital tecnológico del resto de sectores y α^s y α^o , las elasticidades de la *PTF* con respecto a ambas variables.

Finalmente, se plantea un modelo en el que la productividad nacional de un determinado sector se explica en función de dos variables. De una parte, en función del *stock* tecnológico propio doméstico de cada individuo (sector-país), con cuya incorporación se valora el rendimiento o efectividad del esfuerzo inversor en I+D efectuado dentro del propio sector y dentro del propio país. Por otra parte, para reconocer la influencia que sobre la *PTF* sectorial nacional pueden tener los *spillovers* tecnológicos procedentes de la investigación realizada en otras ramas industriales o en otras naciones, se incorpora una segunda variable resultado de agregar el *stock* tecnológico generado en los tres posibles ámbitos externos al sector doméstico: otros sectores nacionales (R^{sd}), el mismo sector foráneo (R^{sf}) y otros sectores foráneos (R^{of}).

En consecuencia, la especificación final del modelo se concreta en la ecuación:

$$\log PTF_{ijt} = \alpha_{ij} + \alpha^{sd} \log R^{sd}_{ijt} + \alpha^{spill} \log R^{spill}_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad [4]$$

donde R^{spill} es el capital tecnológico internacional (inter e intrasectorial) y de otros sectores nacionales; y α^{sd} y α^{spill} , son, respectivamente, las elasticidades de la *PTF* con respecto al capital tecnológico de cada sector-país y al capital tecnológico generado fuera del ámbito del propio sector doméstico.

2. DATOS Y FUENTES ESTADÍSTICAS

Tal como se ha señalado, en este trabajo se ha realizado un esfuerzo especial en mejorar el cálculo de la *PTF* sectorial y de los *stocks* tecnológicos a partir de los cuáles se estima el impacto que los *spillovers* tecnológicos tienen en la *PTF*.

Dado que las medidas de *PTF* deben ser comparables tanto entre sectores como entre países, el análisis empírico sólo ha podido realizarse para la manufactura industrial de seis países desarrollados para los que la información disponible era suficientemente detallada y homogénea. Este condicionante, lógicamente, habrá de tenerse en cuenta al interpretar los resultados que se exponen en el apartado siguiente. En conjunto, se reunió una muestra de 1.320 observaciones. Los datos correspondieron al periodo 1979-2000 y comprendieron diez agregaciones sectoriales de la manufactura y seis países. Los sectores considerados fueron: Productos de alimentación, bebidas y tabaco (sectores 15-16 de la ISIC Rev. 3); 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.

En cualquier caso, analizar el sector industrial de varios países de la OCDE –que permitirá comparar los resultados con los de los trabajos previos– es una tarea especialmente útil por al menos dos motivos. Por una parte, las circunstancias socio-políticas en las que se han visto inmersos alguno de ellos en las últimas décadas hacen interesante la verificación de estas hipótesis. Y, por otra, restringir el estudio al sector industrial hace más atractivo el contraste de los supuestos teóricos, dado que las características implícitas en la elaboración de los mismos se corresponden más con las de la manufactura que con las de los otros sectores productivos.

Como variable endógena se ha considerado la *PTF* –es decir, el cambio en el *output* no explicado por modificaciones en el uso de los *inputs*– expresada en forma de índice:

$$\ln PTF_{rz} = (\ln Y_z - \ln Y_r) - \left[\begin{aligned} &\frac{1}{2}(\hat{s}_z + \bar{s})(\ln L_z - \overline{\ln L}) + \left[\left(1 - \frac{1}{2}(\hat{s}_z + \bar{s})\right) (\ln K_z - \overline{\ln K}) \right] \\ &- \frac{1}{2}(\hat{s}_r + \bar{s})(\ln L_r - \overline{\ln L}) - \left[\left(1 - \frac{1}{2}(\hat{s}_r + \bar{s})\right) (\ln K_r - \overline{\ln K}) \right] \end{aligned} \right] \quad [5]$$

donde Y es el valor añadido bruto (VAB); r, z son dos observaciones distintas (por ejemplo, el sector-país r y el sector-país z en el mismo año o el mismo sector-país en dos años diferentes); L es el factor trabajo; \hat{s} una estimación de la participación de las rentas del trabajo en el VAB; \bar{s} , la media de las participaciones de las rentas del trabajo en el VAB; K , el *stock* de capital físico; y $\overline{\ln X} = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \ln X_n$, siendo

M el número total de observaciones. Los índices tomaron base 100 en 1997 para cada individuo, al haber elegido dicho año para expresar las magnitudes monetarias en términos reales.

Para el cálculo de la *PTF* los datos de VAB (Y) 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 transformaron a dólares USA de 1997, utilizando las *ratios* de valor unitario (RVU) 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. Todos los ajustes se explican de forma detallada en el anexo I.

El *stock* de capital físico (K) de cada sector-país 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 (L) 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. Los índices de PTF se construyeron estimando la participación de las remuneraciones de los asalariados en el *output* (\hat{s}_{ijt}) y utilizando la media muestral (\bar{s}), con el fin de evitar la volatilidad y paliar los problemas de medición de la PTF, tal y como se detalla en el anexo I.

Para calcular el capital tecnológico propio de cada sector-país (R^{sd}) se utilizó el método de inventario permanente a partir de los gastos en I+D, habitualmente aplicado en la literatura, suponiendo una tasa de depreciación común del 5%¹⁰.

Los datos sobre los gastos en I+D empresarial se tomaron de la base *ANBERD* de la OCDE. Inicialmente se utilizó la versión de 1997 que abarca el periodo 1973-1994, expresa el flujo en moneda nacional y clasifica las ramas productivas según la ISIC Rev. 2. Dichos datos se transformaron a ISIC Rev. 3 y se deflataron con el índice de precios del productor de manufacturas de la OCDE. Para algunos individuos no se dispuso de cifras del índice para los primeros años del estudio. En tal caso, se calculó la tasa de crecimiento del deflactor del PIB que figura en *National Accounts. Main aggregates 1960-1997* de la OCDE, aplicando dicha tasa al deflactor de las manufacturas. A partir de 1995, los datos proceden de la nueva versión de *ANBERD* (2002).

El *stock* inicial, R^{sd}_{ijt} , viene dado por la expresión:

$$R^{sd}_{ijt} = R_{ijt+1-\theta} / (g_{ij} + \delta') \quad [6]$$

donde $R_{ijt+1-\theta}$ representa el gasto real en I+D efectuado en el sector i de la nación j en el año $t+1-\theta$, siendo t el periodo inicial y θ la estructura de retardos que suponemos igual a 2, indicando que el retardo medio entre la realización de los gastos y la derivación de sus efectos es de 2 años; g es la tasa de crecimiento media anual de dichos gastos durante el periodo considerado; y δ' la tasa de depreciación.

La estimación del *stock* tecnológico del sector para el primer año que se dispuso información (1974) fue, por tanto,

$$R^{sd}_{ij1974} = R_{ij1973} / (g_{ij} + \delta') \quad [7]$$

Para el resto del periodo el *stock* tecnológico de cada sector i en el país j respondía a la expresión:

$$R^{sd}_{ijt} = R_{ijt+1-\theta} + (1 - \delta')R^{sd}_{ijt-1} \quad [8]$$

(10) Tasa usada en Coe y Helpman (1995). Se comprobó que los resultados apenas variaban de los que se comentan más adelante, utilizando tasas de depreciación de los *stocks* tecnológicos del 10% o el 15%.

Calculados los *stocks* sectoriales en términos reales y en moneda nacional, se expresaron en dólares de 1997 utilizando la PPA del PIB que publica la OCDE.

A partir de los *stocks* tecnológicos sectoriales se calcularon las diferentes agregaciones. Para aproximar el capital tecnológico foráneo del mismo sector se construyó la variable

$$R_{ijt}^{sf} = \left(\frac{M_{ijt}}{Y_{ijt}} \right) \sum_{h \neq j} m_{iht} R_{iht}^{sd} \quad [9]$$

donde R_{ijt}^{sf} es el *stock* de capital tecnológico foráneo del sector i del país j en el año t ; M_{ijt} son las importaciones de bienes del sector i efectuadas por el mismo sector i en el país j en el año t , tomando como fuente las tablas *input-output* (TIO); Y_{ijt} es el valor añadido bruto del sector i en el país j en el año t ¹¹; m_{iht} es el peso de las importaciones bilaterales de bienes i realizadas por el país j y procedentes del país h en el total de importaciones de bienes i efectuadas por el país j ¹².

Puesto que sólo se dispuso de datos de *stock* tecnológico inicial de los países incluidos en la base de datos *ANBERD*, las ponderaciones sólo se efectuaron con aquellos países para los que fue posible calcular el *stock* tecnológico propio. El detalle de cuotas de importación para el año 1990, calculadas a partir de la *BILATERAL TRADE DATABASE* (BTD) de la OCDE, figura en el anexo III.

Dada la construcción de la variable R^{sf} puede comprobarse, por un lado, si la PTF guarda alguna relación con la procedencia geográfica de importaciones de productos pertenecientes al mismo sector (el denominado efecto composición del comercio internacional). La idea subyacente es que si el comercio internacional es uno de los vehículos de transmisión del conocimiento tecnológico los países que importan fundamentalmente de naciones con un elevado capital tecnológico percibirán más externalidades tecnológicas y, por lo tanto, la PTF de sus sectores será mayor que si los bienes proceden de economías con un capital tecnológico más reducido. Y, por otro, si existe alguna relación entre la mayor apertura del sector-país y su nivel de PTF (efecto nivel de comercio internacional).

Para medir las externalidades tecnológicas intersectoriales, tanto nacionales como internacionales, se construyeron las variables *stock* tecnológico de otros sectores nacionales (R^{od}) y *stock* tecnológico de otros sectores foráneos (R^{of}). Se consideró que los sectores susceptibles de generar un mayor grado de externalidades son los de maquinaria y bienes de equipo (códigos 29 a 33 ISIC Rev. 3) y que el flujo de conocimientos que recibe un sector es mayor cuanto más compras de tales bienes haga en proporción a su producción¹³.

(11) Dado que no existen TIO para todos los años, se tomaron datos de un único año (entre mitad de los años ochenta y mitad de los años noventa, dependiendo del país) para calcular estas tasas de apertura sectoriales de cada país.

(12) Se tomó el promedio del periodo muestral.

(13) Estas dos últimas variables se tomaron para un único periodo comprendido entre 1985 y 1995, según las tablas *input-output* disponibles para los distintos países.

En consecuencia, el *stock* tecnológico de otros sectores nacionales (R^{od}), a partir del cual se generan las externalidades intersectoriales intranacionales, se midió con la variable:

$$R_{ijt}^{od} = \sum_{\substack{k=29 \\ k \neq i}}^{33} \frac{W_{ijt}^k}{Y_{ijt}} R_{ijt}^{sd} \quad [10]$$

donde R_{ijt}^{od} es el *stock* tecnológico de otros sectores nacionales k distintos de i ; W_{ijt}^k , las compras nacionales que el sector i del país j hace del sector k (según las TIO); Y_{ijt} , el *output* del sector i (según la STAN) y R_{ijt}^{sd} es el *stock* tecnológico propio del sector k .

Para construir el *stock* tecnológico de otros sectores foráneos (R^{of}) se supuso que las externalidades son mayores cuanto más importaciones de maquinaria y bienes de equipo realiza un sector en proporción a su producción. Asimismo, son mayores en tanto en cuanto provengan de países con elevado *stock* tecnológico. Por ello, el *stock* propio en los sectores de maquinaria y equipo de cada uno de los países susceptibles de generar externalidades tecnológicas se ponderó por el porcentaje (respecto al total de importaciones del receptor) de importaciones que el país receptor hace del país emisor. De esta forma, las externalidades intersectoriales internacionales se miden con la variable:

$$R_{ijt}^{of} = \sum_{\substack{k=29 \\ k \neq i}}^{33} \sum_{k \neq j} \frac{M_{ijt}^k}{Y_{ijt}} m_{kht} R_{kht}^{sd} \quad [11]$$

donde R_{ijt}^{of} es el *stock* tecnológico de otros sectores extranjeros k distintos de i ; M_{ijt}^k , las importaciones de otros países que el sector i hace del sector k (según las tablas *input-output*); Y_{ijt} , el *output* del sector i (según la STAN); m_{kht} , el porcentaje de importaciones de bienes k que el país j hace del país h (según la BTD) respecto del total de importaciones de bienes k efectuadas por el país j ¹⁴ y R_{kht}^{sd} , el *stock* tecnológico propio del sector k país h . De nuevo, en este caso, se están recogiendo los efectos composición y nivel del comercio internacional.

Las restantes variables se obtuvieron como agregación de las anteriores, de forma que:

$$R^d = R^{sd} + R^{od} \quad [12]$$

$$R^f = R^{sf} + R^{of} \quad [13]$$

$$R^s = R^{sd} + R^{sf} \quad [14]$$

(14) Se ha tomado el promedio del periodo 1979-2000.

$$R^o = R^{od} + R^{of} \quad [15]$$

$$R^{spill} = R^o + R^{sf} \quad [16]$$

3. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

Para la estimación de un panel de datos con variables no estacionarias Phillips y Moon (1999a) proponen el estimador de MCO combinado (*pooled OLS estimator*) que es la extensión natural del coeficiente de regresión a largo plazo entre variables no estacionarias. Se trata de un coeficiente de regresión medio correspondiente a la media de las matrices de covarianzas a largo plazo que, aunque superconsistente, no es eficiente porque tiene una distribución asintótica que depende de parámetros *nuisance* debido a la correlación serial en el término de error y a la endogeneidad de los regresores provocada por una causalidad tipo Granger¹⁵. Dado que Chen *et al.* (1999) demuestran que tales limitaciones no se superan con un estimador *OLS* corregido, en este trabajo se ha recurrido a dos estimadores alternativos, el plenamente modificado (*FM*) desarrollado por Phillips y Moon (1999a), y el estimador de mínimos cuadrados dinámicos (*DOLS*) propuesto por Stock y Watson (1993).

Phillips y Moon (1999a) definen un estimador *FM* combinado, extendiendo así a un panel de datos el método plenamente modificado inicialmente desarrollado por Phillips y Hansen (1990) para modelos cointegrados de regresiones individuales¹⁶. El estimador *FM* resulta idóneo para aquellos casos en los que existe cointegración homogénea— la relación de cointegración es la misma para todos los individuos— y para el supuesto más probable de que exista cointegración cuasi-homogénea, es decir, que existan pequeñas diferencias en las relaciones de cointegración que mantienen los distintos individuos de la muestra. Para obtener el estimador *FM* se efectúa una corrección semiparamétrica del sesgo de endogeneidad y de la correlación serial utilizando estimaciones Kernel de las covarianzas a largo plazo. El estimador *FM* resultante tiene una distribución asintótica normal y resulta superior al estimador *OLS* combinado.

Por su parte, los estimadores *DOLS* se obtienen a partir de la estimación mínimo cuadrática ordinaria de una regresión en la que la variable dependiente está en función de una constante, los niveles contemporáneos de las restantes variables, así como los retardos y adelantos de sus primeras diferencias, lo que corrige la endogeneidad de los regresores y permite estimar la senda dinámica de equilibrio a largo plazo. Adicionalmente, la correlación serial se corrige mediante un procedimiento de mínimos cuadrados generalizados. El método *DOLS* es idóneo para cualquier tipo de cointegración-heterogénea, homogénea o cuasi-homogénea.

(15) En efecto, la endogeneidad de los regresores y la correlación serial generan un sesgo de segundo orden que tiene su origen en la covarianza unilateral a largo plazo entre el término de error y la primera diferencia de las variables explicativas. Véase Phillips (1995).

(16) Una visión más general de diversos modelos de datos de panel no estacionarios y de las propiedades asintóticas de los distintos estimadores puede verse en Phillips y Moon (1999b).

Kao y Chiang (2000) demuestran que ambos estimadores *FM* y *DOLS* presentan una distribución asintótica normal, si bien en el análisis de Monte Carlo que efectúan para conocer las propiedades de estos estimadores en muestras finitas se pone de manifiesto la superioridad del método *DOLS* tanto en el caso de que las varianzas sean constantes entre las unidades transversales de la muestra (paneles homogéneos) como en el caso de que difieran (paneles heterogéneos)¹⁷. Por ello, en el presente epígrafe se exponen los resultados obtenidos con el método *DOLS* (cuadro 3), si bien posteriormente en el análisis de sensibilidad se presentan los resultados obtenidos por los métodos *OLS* y *FM* con objeto de valorar la robustez de nuestros resultados y la magnitud de los citados sesgos.

En el cuadro 3, la estimación (1) muestra los resultados del modelo completo en el que aparecen desagregados los capitales tecnológicos conforme a su procedencia geográfica –nacional o foránea– y sectorial –mismo sector y otros sectores–. Como puede observarse, los coeficientes de R^{sd} , R^{sf} y R^{od} resultan claramente significativos, mientras que el capital tecnológico de otros sectores foráneos, R^{of} , no lo es. Las elasticidades correspondientes a los capitales tecnológicos domésticos son prácticamente idénticas –0,145 para R^{sd} y 0,146 para R^{od} –, lo que sugiere que el impacto de los capitales tecnológicos nacionales sobre la productividad es similar con independencia de su procedencia sectorial. La comparación de estos valores con la elasticidad obtenidas para R^{sf} –0,486– parece poner de manifiesto la existencia y la superior influencia de las externalidades tecnológicas internacionales procedentes del mismo sector.

No obstante, la no significatividad del coeficiente que acompaña a R^{of} debe interpretarse con cautela, sin atribuir directamente este resultado a la ausencia de este tipo de externalidades. El propio Griliches (1992, pág. 39) señala que la multicolinealidad entre varias series de I+D puede producir signos incorrectos. Asimismo, algún tipo de *spillover* no significativo estadísticamente puede todavía ser económicamente bastante importante. Su recomendación es la ponderar y agregar, en lugar de utilizar los contrastes de significatividad como herramienta de modelización, puesto que dan resultados discontinuos de “dentro o fuera”.

Como es frecuente en estos análisis, R^{of} muestra una elevada correlación tanto con R^{od} como con R^{sf} lo que origina un serio problema de multicolinealidad en el modelo y genera distorsiones en el valor de las elasticidades. Concretamente, el coeficiente de correlación entre las dos variables correspondientes a otros sectores R^{od} y R^{of} se aproxima a 0,8, mientras que entre los dos *stocks* foráneos – R^{sf} y R^{of} – es de 0,9.

(17) En paneles homogéneos, el estimador *OLS* es el que presenta un sesgo mayor cuando los dos parámetros, el de endogeneidad y el de correlación serial, son negativos. En cambio, el sesgo de *FM* es superior cuando dichos parámetros son mayor, y mayor o igual que cero, respectivamente. En paneles heterogéneos, *OLS* presenta el mayor sesgo en la práctica totalidad de los casos, si bien el estimador *FM* aparece sesgado en la mayoría de las pruebas en paneles heterogéneos, poniendo de manifiesto el fallo de la corrección no-paramétrica. Por el contrario el estimador *DOLS* arroja buenos resultados tanto en paneles homogéneos como en paneles heterogéneos. En consecuencia, aun siendo clara la superioridad del estimador *DOLS*, debe precisarse que el error estándar del estadístico t de *DOLS* presenta un claro sesgo a la baja cuando los errores son generados por una distribución no estándar. Véase Kao y Chiang (2000, págs. 208-211).

**Cuadro 3: EFECTOS DEL CAPITAL TECNOLÓGICO EN LA PTF DE LAS
MANUFACTURAS ESTIMADORES DOLS**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R^{sd}	0,145*** (2,598)	0,150*** (2,682)			0,199*** (3,244)
R^{sf}	0,486*** (2,935)	0,285*** (3,132)			
R^{od}	0,146*** (2,915)	0,136*** (2,815)			
R^{of}	-0,175 (-1,258)				
R^d			0,293*** (5,607)		
R^f			0,212*** (2,608)		
R^s				0,322*** (2,934)	
R^o				0,201** (1,896)	
R^{spill}					0,351*** (3,226)
\bar{R}^2	0,53	0,53	0,53	0,43	0,50

Notas: PTF es la productividad total de los factores; R^{sd} , R^{sf} , R^{od} , R^{of} , son, respectivamente, los *stocks* tecnológicos del propio sector nacional, del propio sector foráneo, de otros sectores nacionales y de otros sectores foráneos; R^d , la suma de los *stocks* nacionales (del propio y de otros sectores); R^f , la suma de los *stocks* foráneos; R^s , la suma de los *stocks* tecnológicos del propio sector (nacional y foráneo); R^o , la de los restantes sectores y R^{spill} , el *stock* tecnológico generado fuera del propio sector nacional.

Entre paréntesis aparecen los valores del estadístico t de Student. Las variables que aparecen con asteriscos son significativas al 1% (***) o al 5% (**).

Número de observaciones: 1.140.

Fuente: Elaboración propia.

Ante la presencia de multicolinealidad, se han adoptado dos estrategias. Por un lado, se ha estimado el modelo omitiendo dicha variable y, por otro, se ha procedido a agregar las variables geográfica y sectorialmente. Esta última opción permite, además, obtener coeficientes con una interesante interpretación y de más fácil comparación con la evidencia empírica disponible.

En la estimación del modelo con tan sólo tres variables –estimación (2)–, la elasticidad de los capitales tecnológicos nacionales apenas varía, con valores de 0,150 y 0,136 para R^{sd} y R^{od} , respectivamente. El coeficiente de la variable R^{sf} , por el contrario, reduce su valor –ahora de 0,285– tras eliminar las distorsiones que generaba la inclusión de R^{of} , variable con la que estaba fuertemente correlacionada. No obstante, R^{sf} sigue mostrando la existencia de externalidades foráneas, así como su mayor magnitud respecto de los capitales nacionales.

En la estimación (3) del modelo se incluyen dos únicas variables, R^d y R^f representativas, respectivamente, de los capitales tecnológicos nacional y foráneo con independencia del sector del que procedan. Adviértase al comparar la elasticidad de la PTF con respecto al capital tecnológico nacional –0,293– y con respecto al capital tecnológico foráneo –0,212– que no parece que existan diferencias en el impacto del capital tecnológico por el origen nacional o foráneo del mismo.

Por el contrario, las diversidades en el origen de los *spillovers* son más pronunciadas cuando se valoran desde la perspectiva sectorial, tal y como se realiza en la estimación (4) del modelo. En la misma, la variación de la PTF se explica en función de dos variables: la primera representativa de los capitales tecnológicos (nacional y foráneo) del mismo sector productivo (R^s) y la segunda, de los capitales tecnológicos (nacional y foráneo) de otros sectores productivos (R^o). En definitiva se trata de dos variables obtenidas como resultado de agregar los capitales tecnológicos con una procedencia sectorial común con independencia de cuál sea el origen geográfico de los mismos. Puede observarse que la elasticidad mostrada por el *stock* tecnológico correspondiente al mismo sector –0,322– supera la de los otros sectores –0,201–, resultado lógico si se considera que la distancia tecnológica disminuye la magnitud de las externalidades.

Para concluir, se presentan los resultados del modelo más agregado en el que el impacto sobre la productividad del esfuerzo tecnológico realizado en el reducido ámbito del propio sector y el propio país, se valora frente a la influencia del capital tecnológico generado externamente. Para ello se construyó la variable R^{spill} , que recoge el capital tecnológico creado en el extranjero –tanto en el mismo sector como en otros sectores– o en otros sectores de la propia nación. Los resultados de la estimación (5), ponen de manifiesto que, si bien la tecnología generada en el ámbito nacional dentro del propio sector tiene una influencia positiva y claramente significativa sobre la PTF, con una elasticidad estimada de 0,199, los *spillovers* procedentes de fuentes tecnológicas externas consideradas en su totalidad ejercen una influencia notoriamente mayor con una elasticidad de 0,355.

La comparación de estos resultados con los de trabajos desagregados elaborados por otros autores debe tener en cuenta las diferencias metodológicas y temporales existentes detalladas en los cuadros 1 y 2. Sorprende la similitud de los coeficientes obtenidos para las variables R^d y R^f por Frantzen (2002), con unas elasticidades de 0,277 y 0,291, respectivamente. Sin embargo, en nuestro caso es mayor la elasticidad conjunta de los *stocks* domésticos (del mismo y de otros sectores) que la elasticidad respecto a los *stocks* foráneos. A diferencia de este autor, sin embargo, nuestro modelo atribuye una elasticidad muy superior a los *stocks* R^{sd} y R^{sf} [0,095 y 0,079 en Frantzen (2002)] y muy inferior a los R^{od} y R^{of} (0,251 y 0,208 en dicho trabajo), lo cual parece más acorde con la hipótesis de la distan-

cia tecnológica, pues ésta es menor cuando se considera el conocimiento generado en el mismo sector. Al mismo tiempo, los resultados que se presentan siguen la pauta más generalizada en los trabajos previos, de obtener la mayor elasticidad para el conocimiento internacional del mismo sector.

Nuestras elasticidades son muy inferiores a las de Keller (2002) [0,607, 0,571 y 0,294 para R^{sd} , R^{od} y R^{of} , respectivamente] cuando el autor utiliza las tablas *input-output* para modelizar la transmisión de la tecnología a través del comercio, con la excepción del coeficiente de R^{sf}_{ijt} que el autor cifra en 0,09. Llama la atención que nuestros valores sean más cercanos a los obtenidos por Keller (2002) cuando el modelo asume que la tecnología se transmite según la matriz de flujos tecnológicos (coeficientes de 0,150, 0,219, 0,385 y 0,194 para las variables para R^{sd} , R^{sf} , R^{od} y R^{of} , respectivamente). Sin embargo, nuestros valores relativos parecen más verosímiles al obtener la menor magnitud para los *spillovers* provenientes de otros sectores. Los estimadores obtenidos por Verspagen (1997) son difíciles de comparar con los nuestros, dado que entre otras diferencias metodológicas el autor estima una función explicativa de la productividad laboral. Cabe señalar, no obstante, que los *spillovers* muestran una influencia positiva y significativa, superior o inferior al efecto ejercido por la capacidad tecnológica generada dentro del propio sector dependiendo del método de estimación propuesto. Finalmente, aunque nuestras elasticidades son de nuevo muy superiores a las de Bracconier y Sjöholm (1998) que obtienen valores de 0,010 y 0,018 para R^{sd} y R^{sf} , el presente trabajo comparte con aquél la similitud en las elasticidades relativas asociadas a ambas variables y la no significatividad de los *spillovers* procedentes del capital tecnológico foráneo generado en otros sectores (R^{of}).

En definitiva, tras el detallado proceso de construcción de variables y aplicando la metodología más adecuada a la naturaleza de los mismos, este trabajo confirma la relevancia de la transmisión intrasectorial de tecnología para explicar la PTF, siendo especialmente relevante el impacto de las externalidades internacionales dentro del sector y, aunque de menor magnitud, la existencia de externalidades intersectoriales nacionales.

Teniendo en cuenta la construcción de las variables, el comercio internacional aparece como mecanismo clave en la transmisión de tecnología, ya que cuanto más abierto esté un sector-país y mayores relaciones comerciales mantenga con los líderes tecnológicos de su campo mayor incremento experimentará su productividad vía las externalidades recibidas.

4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En los cuadros 4A, B y C se presentan los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad, con cinco nuevas estimaciones del modelo. En las dos primeras se ha efectuado un cambio en la técnica de estimación con objeto de valorar la intensidad de los sesgos causados por un efecto de retroalimentación a corto plazo de la PTF sobre el *stock* de I+D, o por *shocks* de demanda comunes que pueden afectar al valor de estas variables. Así, en la primera parte aparece la estimación *OLS* y, en la segunda, la estimación *FM*.

Puede observarse que, si bien el signo de los parámetros estimados no varía, la estimación *OLS* provoca un incremento generalizado de los valores de la *t* de Student y algunas alteraciones en las elasticidades. Concretamente, en las versiones (1) y (2) del modelo las variables, R^{sd} , R^{sf} y R^{of} (ahora significativa), elevan el valor de sus coeficientes, mientras que la elasticidad de R^{od} se reduce. Por otra parte, en la estimación (4) se produce un cambio en el impacto relativo de las variables R^s y R^o , pues esta última a diferencia de lo que ocurre en la estimación *DOLS* muestra una elasticidad mayor.

La estimación *FM* que figura en la segunda parte del cuadro 4A, presenta en general un nivel de significatividad de las variables mucho más próximo al de la estimación *DOLS* y, para la mayor parte de los coeficientes estimados, unos valores semejantes. La única variación que conviene destacar es la reducción del coeficiente de R^{od} cuando esta variable se estima separadamente en las versiones (1) y (2) del modelo y, por el contrario, el incremento en la elasticidad de R^o en la estimación (5) que, al igual que en *OLS* y en contra de lo que sucede en *DOLS*, supera en su valor a R^s .

En definitiva el cambio en la técnica de estimación pone de manifiesto la importancia cuantitativa de los sesgos antes citados que puede llevar a la conclusión errónea de una elevada significatividad para algunos coeficientes o alterar el impacto relativo de los mismos.

En el resto de estimaciones se ha efectuado una modificación de los supuestos adaptados en la construcción de variables. De una parte, se han realizado dos estimaciones del modelo variando el cálculo de la variable dependiente. En la primera de ellas, la PTF se calcula sin corregir por el ciclo (PTF^{singap}) mientras que, en la segunda, no se estiman las rentas del trabajo (PTF^{sines}), sino que para cada individuo y año se toman los porcentajes que suponen las rentas del trabajo en el VAB según la *STAN*.

Por otra parte, se ha estimado un modelo en el que el *stock* foráneo del propio sector se calcula siguiendo, a nivel sectorial, la metodología de Lichtenberg y van Pottelsbergue de la Potterie (1998) (R^{sLP}) que subsanaba el posible sesgo de agregación que provoca la estimación de dichos *stocks* utilizando como ponderaciones las cuotas de importación¹⁸. Se presentan asimismo los resultados obtenidos en estas estimaciones con la técnica *DOLS*. Aunque para simplificar no se presenten los test de raíces unitarias y de cointegración de las nuevas variables, en todos los casos se admite la existencia de raíz unitaria con la aplicación del test de Pesaran (2005) y se rechaza la hipótesis de no cointegración en los test de Kao (1999) y Pedroni (1995)¹⁹.

Al incluir la PTF sin ajustar por el ciclo (PTF^{singap}), se producen pequeñas alteraciones en las elasticidades –casi siempre al alza– y una reducida alteración de los valores de la *t* de Student, sólo relevante en el caso de la variable R^o en la estimación (4) que sin realizar el oportuno ajuste, ahora resulta significativa al 1%.

(18) Lichtenberg y van Pottelsberghe de la Potterie (1998) criticaban las ponderaciones (porcentaje de comercio bilateral) utilizadas para construir R^f , ya que esta variable no resultaba invariable a posibles agregaciones de países. Por ello proponían construir R^f ponderando los *stocks* foráneos por la fracción del *output* del país emisor exportada al país receptor.

(19) Los resultados están a disposición del lector interesado.

El efecto de calcular la PTF sin estimar participaciones (PTF^{sines}) es diverso aunque no de una magnitud considerable. Concretamente disminuye, en términos relativos, el efecto de los *stocks* domésticos respecto a los foráneos (estimación 3), por la reducción de la elasticidad de otros sectores nacionales (estimación 2) pues la elasticidad del mismo sector doméstico –tal y como se ve en las estimaciones 1, 2 y 5– se incrementa ligeramente. Además, la nueva variable dependiente tiene consecuencias en torno a la significatividad de las explicativas. Concretamente, la variable R^o (representativa de los *spillovers* tecnológicos procedentes de otros sectores), resulta ahora significativa al 1% en la estimación 4.

Finalmente, el modelo experimenta alteraciones llamativas cuando el cálculo correspondiente al *stock* tecnológico foráneo del mismo sector sigue la metodología propuesta por Lichtenberg y van Pottelsbergue de la Potterie (1998). A diferencia de lo observado en otros estudios –como el de Edmond (2001)–, esta variable resultó ser I(1), según el test de Pesaran (2005), y mantiene una relación de cointegración con el resto de variables del modelo como puede observarse en la última fila del cuadro 4. La nueva variable muestra una elevada significatividad, reduce sustancialmente la de la variable R^{sd} –en las estimaciones 1 y 2– y provoca la pérdida de significatividad de R^{od} . No obstante, como han señalado recientemente Kwark y Shyn (2006) esta variable presenta también un sesgo que los autores denominan efecto congestión según el cual cuanto mayor sea el número de naciones que comercian con un país, menores serán los *spillovers* que se transmiten a través del comercio, por lo que el valor del coeficiente responde más al efecto patrón de comercio del país emisor que al efecto intensidad del país receptor²⁰.

5. CONCLUSIONES

El progreso técnico es un factor explicativo esencial del crecimiento económico a la luz de los desarrollos de la nueva teoría del crecimiento endógeno, línea de estudios que propone diversos mecanismos a través de los cuales se ejerce dicha influencia. Por su parte, la nueva teoría del comercio internacional explicita diversas vías por las que se puede favorecer la transmisión internacional de tecnología, entre las que el comercio ocupa un lugar destacado.

En este trabajo, tras calcular meticulosamente los valores de la PTF y los *stocks* tecnológicos nacionales y foráneos de seis países desarrollados y diez sectores manufactureros durante el periodo 1979-2000, se han estimado varios modelos de crecimiento derivado de la innovación, aplicando modernos métodos para el tratamiento de series temporales de paneles de datos. Con ellos se ha obtenido evidencia empírica que pone de manifiesto la relevancia de la tecnología como factor impulsor del crecimiento económico y el papel que desempeña el comercio como vehículo transmisor de la misma en la manufactura de Finlandia, Francia, Italia, Estados Unidos, Canadá y España.

(20) La forma de construir la variable es tal que si una nación importa por ejemplo el 10% de las exportaciones de EEUU y el 10 % de las exportaciones germanas es posible que los cálculos muestren que los *spillovers* procedentes de USA son menores que los procedentes de Alemania, debido al menor peso de tales importaciones sobre el PIB de EEUU.

Los resultados del estudio permiten concluir que si bien la tecnología generada en el ámbito nacional, dentro de un sector, tiene una influencia positiva y significativa sobre la PTF, los *spillovers* tecnológicos conjuntos procedentes tanto de otros sectores como de otros países ejercen un efecto considerablemente mayor. Al estimar diferenciando el origen sectorial de las externalidades, se ha advertido que los efectos de la tecnología generada en el propio sector son mayores que los de la tecnología generada en otros sectores; y al estimar distinguiendo el origen geográfico, que los *spillovers* nacionales son ligeramente mayores que los foráneos.

El análisis de sensibilidad ha corroborado los resultados y la utilidad de los supuestos asumidos en la construcción de las variables, y pone de manifiesto la existencia de relevantes sesgos de endogeneidad y correlación serial que, de no ser corregidos adecuadamente, pueden inducir valores erróneos en las elasticidades.

Lógicamente, la cuantía de las externalidades puede estar condicionada por los supuestos adoptados en la construcción de las variables y por las características económicas e institucionales de los países de la muestra. Por ello, no solo la intensificación de los flujos comerciales con países de elevado capital tecnológico elevará la PTF de un país, sino que cualquier cambio institucional o económico que mejore la capacidad de absorción de la tecnología foránea irá en la misma dirección.

Por último, ha de puntualizarse que, cuando se disponga de una base de datos más homogénea y amplia y se avance en la medición de la tecnología, el estudio podrá ampliarse calculando elasticidades por sectores o por países o para periodos temporales concretos.

Cuadro 4A: EFECTOS DEL CAPITAL TECNOLÓGICO EN LA PTF DE LAS MANUFACTURAS. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. ESTIMADORES *OLS* Y *FM*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Estimación OLS</i>					
R^{sd}	0,176*** (8,743)	0,175*** (8,702)			0,197*** (8,835)
R^{sf}	0,523*** (8,284)	0,372*** (11,635)			
R^{od}	0,094*** (5,435)	0,082*** (4,882)			
R^{of}	-0,143*** (-2,758)				
R^d			0,299*** (16,419)		
R^f			0,267*** (9,453)		
R^s				0,285*** (6,990)	
R^o				0,328*** (8,298)	
R^{spill}					0,446*** (11,344)
\bar{R}^2	0,54	0,53	0,53	0,44	0,51

Cuadro 4A: EFECTOS DEL CAPITAL TECNOLÓGICO EN LA PTF DE LAS MANUFACTURAS. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. ESTIMADORES *OLS* Y *FM* (continuación)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Estimación FM</i>					
R^{sd}	0,158*** (3,138)	0,158*** (3,111)			0,193*** (3,468)
R^{sf}	0,515*** (3,439)	0,334*** (4,059)			
R^{od}	0,089*** (1,972)	0,076*** (1,751)			
R^{of}	-0,171 (-1,535)				
R^d			0,275*** (5,816)		
R^f			0,236*** (3,220)		
R^s				0,278*** (2,803)	
R^o				0,287*** (2,981)	
R^{spill}					0,380*** (3,862)
\bar{R}^2	0,53	0,53	0,53	0,44	0,50

Nota: PTF es la productividad total de los factores; R^{sd} , R^{sf} , R^{od} , R^{of} , son, respectivamente, los *stocks* tecnológicos del propio sector nacional, del propio sector foráneo, de otros sectores nacionales y de otros sectores foráneos; R^d , la suma de los *stocks* nacionales (del propio y de otros sectores); R^f , la suma de los *stocks* foráneos; R^s , la suma de los *stocks* tecnológicos del propio sector (nacional y foráneo); R^o , la de los restantes sectores y R^{spill} , el *stock* tecnológico generado fuera del propio sector nacional.

Entre paréntesis aparecen los valores del estadístico *t* de Student. Las variables que aparecen con asteriscos son significativas al 1% (***).

Número de observaciones: 1.320 en las estimaciones *OLS* y *FM*.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4B: EFECTOS DEL CAPITAL TECNOLÓGICO EN LA PTF DE LAS MANUFACTURAS. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (PTF SIN AJUSTAR). ESTIMADORES *DOLS*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>PTF^{singap}</i>					
<i>R^{sd}</i>	0,169*** (3,099)	0,175*** (3,201)			0,222*** (3,699)
<i>R^{sf}</i>	0,426*** (2,624)	0,309*** (3,467)			
<i>R^{od}</i>	0,110*** (2,252)	0,108*** (2,286)			
<i>R^{of}</i>	-0,090 (-0,658)				
<i>R^d</i>			0,305*** (5,993)		
<i>R^f</i>			0,221*** (2,798)		
<i>R^s</i>				0,337*** (3,136)	
<i>R^o</i>				0,205*** (1,969)	
<i>R^{spill}</i>					0,355*** (3,146)
\bar{R}^2	0,54	0,54	0,54	0,44	0,51

Nota: *PTF^{singap}* es la productividad total de los factores calculada sin ajustar por el ciclo y *PTF^{sines}* calculada sin estimar participaciones del trabajo; *R^{sd}*, *R^{sf}*, *R^{od}*, *R^{of}*, son, respectivamente, los *stocks* tecnológicos del propio sector nacional, del propio sector foráneo, de otros sectores nacionales y de otros sectores foráneos, *R^d*, la suma de los *stocks* nacionales (del propio y de otros sectores); *R^f*, la suma de los *stocks* foráneos; *R^s*, la suma de los *stocks* tecnológicos del propio sector (nacional y foráneo); *R^o*, la de los restantes sectores y *R^{spill}*, el *stock* tecnológico generado fuera del propio sector nacional.

Entre paréntesis aparecen los valores del estadístico *t* de Student. Las variables que aparecen con asteriscos son significativas al 1% (***).

Número de observaciones: 1.140.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4B: EFECTOS DEL CAPITAL TECNOLÓGICO EN LA PTF DE LAS MANUFACTURAS. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (PTF SIN AJUSTAR). ESTIMADORES *DOLS* (continuación)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>PTF^{sines}</i>					
<i>R^{sd}</i>	0,157*** (2,748)	0,162*** (2,828)			0,205*** (3,277)
<i>R^{sf}</i>	0,471*** (2,779)	0,295*** (3,173)			
<i>R^{od}</i>	0,124*** (2,421)	0,115*** (2,334)			
<i>R^{of}</i>	-0,154 (-1,079)				
<i>R^d</i>			0,290*** (5,465)		
<i>R^f</i>			0,223*** (2,706)		
<i>R^s</i>				0,304*** (2,725)	
<i>R^o</i>				0,225*** (0,084)	
<i>R^{spill}</i>					0,347*** (3,140)
\bar{R}^2	0,52	0,52	0,52	0,42	0,49

Nota: *PTF^{singap}* es la productividad total de los factores calculada sin ajustar por el ciclo y *PTF^{sines}* calculada sin estimar participaciones del trabajo; *R^{sd}*, *R^{sf}*, *R^{od}*, *R^{of}*, son, respectivamente, los *stocks* tecnológicos del propio sector nacional, del propio sector foráneo, de otros sectores nacionales y de otros sectores foráneos, *R^d*, la suma de los *stocks* nacionales (del propio y de otros sectores); *R^f*, la suma de los *stocks* foráneos; *R^s*, la suma de los *stocks* tecnológicos del propio sector (nacional y foráneo); *R^o*, la de los restantes sectores y *R^{spill}*, el *stock* tecnológico generado fuera del propio sector nacional.

Entre paréntesis aparecen los valores del estadístico *t* de Student. Las variables que aparecen con asteriscos son significativas al 1% (***).

Número de observaciones: 1.140.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4C: EFECTOS DEL CAPITAL TECNOLÓGICO EN LA PTF DE LAS MANUFACTURAS. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. ESTIMADORES *DOLS*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R^{sd}	0,074*	0,068*			
	(1,474)	(1,413)			
R^{sLP}	0,359***	0,349***			
	(9,047)	(9,752)			
R^{od}	0,035	0,030			
	(0,757)	(0,696)			
R^{of}	-0,036				
	(-0,467)				
\bar{R}^2	0,58	0,58			

Nota: PTF es la productividad total de los factores; R^{sd} , R^{od} , R^{of} , son, respectivamente, los *stocks* tecnológicos del propio sector nacional, de otros sectores nacionales y de otros sectores foráneos; R^{sLP} , es el *stock* foráneo del propio sector calculado según la metodología de Lichtenberg y van Pottelsbergue de la Potterie (1998).

Entre paréntesis aparecen los valores del estadístico *t* de Student. Las variables que aparecen con asteriscos son significativas al 1% (***), 10% (*).

Número de observaciones: 1.140 en las estimaciones.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO I. CONSTRUCCIÓN DE LA VARIABLE ENDÓGENA

Como variable endógena se ha considerado la PTF –el cambio en el *output* no explicado por modificaciones en el uso de los *inputs*– expresada en forma de índice.

Los datos de VAB se tomaron de la base *STAN* de la OCDE, expresándolos en unidades monetarias de 1997 de los distintos países, aplicando los índices de volumen de la mencionada base, salvo en el sector Equipos eléctricos y ópticos. En este último caso, los precios hedónicos disponibles en la *Industry Labour Productivity Database* del GGDC sirvieron de base para calcular el deflactor agregado del sector 30-33, mediante un índice encadenado Törnqvist.

La metodología aplicada para calcular los índices de precios hedónicos sigue la propuesta en O'Mahony y van Ark (2003, pág. 237 y ss.) para obviar el sesgo de sustitución que los índices de precios de ponderaciones fijas introducen al calcular el VAB a precios constantes cuando la estructura de un sector varía en el tiempo. Concretamente, si P_i^{Vt} es el deflactor del valor añadido de la rama i y P^V , el deflactor agregado, el cambio del deflactor en el periodo t vendrá dado por:

$$\Delta \ln P_i^{Vt} = \sum_i \bar{s}_i^{Vt} \Delta \ln P_i^{Vt}$$

la variación del precio en la rama i se pondera por la participación media de la rama en el valor añadido total en dos periodos contiguos:

$$\bar{s}_i^{Vt} = 1/2 \left(\frac{P_i^{Vt} V_i^t}{\sum_i P_i^{Vt} V_i^t} + \frac{P_i^{Vt-1} V_i^{t-1}}{\sum_i P_i^{Vt-1} V_i^{t-1}} \right)$$

En consecuencia, el crecimiento real del valor añadido se calcula como el crecimiento del valor añadido corriente del agregado menos el crecimiento del deflactor:

$$\Delta \ln V^t = \Delta \ln V^t P^{Vt} - \Delta \ln P^{Vt}$$

Las cifras de VAB expresadas en unidades monetarias de 1997 de los distintos países se convirtieron a dólares USA de 1997, utilizando los ratios de valor unitario (RVU) que facilita el GGDC en *Manufacturing Productivity and Unit Labour Cost Database*. Esta base incluye ratios de valor unitario de 20 sectores y 14 países para el año 1997. Dichos cocientes se calculan utilizando la aproximación de industria de origen desarrollada desde 1983 en el proyecto *International Comparisons of Output and Productivity* (ICOP) de la Universidad de Groningen. Las RVU son factores de conversión para sectores específicos derivados de precios relativos del productor y tienen importantes ventajas frente a otras alternativas como los tipos de cambio o las paridades de poder de compra calculadas desde el lado del gasto en el *International Comparisons Project* (ICP).

A su vez, los valores unitarios se obtienen dividiendo el valor de la producción por la cantidad. Tales valores unitarios pueden considerarse como un precio medio, esto es, un promedio a lo largo del año para todos los productores y para un grupo similar de productos. A continuación, se establece la correspondencia entre códigos de producto y se calcula el cociente de valores unitarios para cada

par de países. Esta ratio representa el precio relativo de un producto en los dos países. A partir de los cocientes de los distintos productos, se obtiene la RVU para cada sector y pareja de países. Aplicando el método Elteto-Koves-Szulc (EKS), pueden derivarse ratios de valor unitario multilaterales que permiten comparaciones multilaterales transitivas entre distintos países²¹.

Dado que Scarpetta *et al.* (2000, pág. 8) destacaron que la diferente posición de los países en el ciclo es una de las complicaciones inherentes en las comparaciones internacionales de los niveles de producción y del crecimiento económico a corto plazo, se decidió calcular el comportamiento tendencial del valor añadido por el procedimiento de Hodrick-Prescott (1997)²². Posteriormente, el VAB se ajustó por *output gap* del sector manufacturero de cada país de forma que:

$$\hat{Y}_{ijt} = Y_{ijt} * \frac{Y_{mjt}^{trend}}{Y_{mjt}}$$

donde \hat{Y}_{ijt} = VAB ajustado por el ciclo del sector *i* del país *j* en el año *t*; Y_{ijt} es el VAB del sector *i* del país *j* en el año *t*; Y_{mjt}^{trend} , el VAB tendencial de la manufactura del país *j* en el año *t* e Y_{mjt} , el VAB de la manufactura del país *j* en el año *t*.

En cuanto al capital físico, se tomaron los flujos de inversión de la base *STAN*. Tales flujos se expresaron en unidades reales de 1997 y se convirtieron a dólares USA del citado año, utilizando la PPA de la formación bruta de capital fijo de los distintos países calculada por la OCDE. Con estas cifras se calcularon los *stocks* acumulados de capital físico, aplicando el procedimiento de inventario permanente frecuentemente usado en la literatura empírica.

Concretamente, el *stock* inicial K_{ij0} se calculó como:

$$K_{ijt+1} = E_{ijt+1} + (1-\delta) K_{ijt}$$

$$K_{ijt+1} = (1 + g_i) K_{ijt}$$

de donde

$$K_{ij0} = (E_{ij0}) / (g_i + \delta)$$

siendo K_{ij0} , el *stock* de capital del sector *i* del país *j* en el año 0; E_{ij0} , la formación bruta de capital fijo del sector *i* del país *j* en el año 0; g_i , la tasa media anual acumulativa de crecimiento de la formación bruta de capital fijo del sector *i* del país *j* en el periodo estudiado (en los casos en los que $g_i < 0$, se consideró un $g_i = 0$); y δ , la tasa de depreciación del capital físico que se supuso del 10%, constante para todos los sectores y países. Para los años sucesivos se aplicó la fórmula:

$$K_{ijt} = K_{ijt-1} (1-\delta) + E_{ijt}$$

(21) Véase para un mayor detalle van Ark y Timmer (2001).

(22) En cuanto a las razones del carácter procíclico de la PTF, véase Basu y Fernald (2001, pág. 226), trabajo en el que se señala que la utilización de los *inputs* varía con el ciclo y que la no consideración de esta variabilidad lleva a unos valores de la PTF que no reflejan la realidad.

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. A continuación, siguiendo a Caves, Christensen y Diewert (1982), se derivaron índices Törnqvist multilaterales transitivos, con el método EKS²³. Para evitar la volatilidad y paliar los problemas de medición de la PTF se estimó la participación de las rentas del trabajo, según proponen Harrigan (1999) y Scarpetta *et al.* (2000). Para ello se partió de una función de valor añadido translogarítmica con rendimientos constantes a escala, productores minimizadores de costes y precio aceptantes en el mercado de *inputs*, de forma que la participación de las rentas del trabajo en el VAB puede igualarse por la elasticidad del *output* respecto al trabajo. De esta forma, para cada sector-país se estimó (por mínimos cuadrados ordinarios) la expresión:

$$s_{ijt} = \beta_{0ij} + \beta_1 \log \left(\frac{K_{ijt}}{L_{ijt}} \right) + \varepsilon_{ijt}$$

Para construir los índices de PTF se utilizó esta estimación de la participación de las rentas del trabajo (\hat{S}_{ijt}) y la media muestral (\bar{s}). La fórmula utilizada para construir el índice de PTF en cada sector es la [5] que consta en el apartado 2 del trabajo.

(23) Para comparaciones multilaterales en paneles de datos (con dimensiones espacial y temporal como en este trabajo), los índices idóneos son los de ponderaciones encadenadas –como los de Fisher o Törnqvist (para evitar el sesgo de los índices con base fija)– transformados mediante el método EKS –como hicieron Caves, Christensen y Diewert (1982)– para que sean transitivos. Además, estos dos índices son superlativos, ya que pueden derivarse de una determinada forma de la función de producción (cuadrática o translogarítmica).

ANEXO II. ESTADÍSTICAS DE LAS VARIABLES

Cuadro A1: TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL ACUMULATIVO DE LA PTF ENTRE 1979 Y 2000

País	Tasa
Finlandia	4,9
Francia	2,1
Italia	2,1
Estados Unidos	2,0
Canadá	1,6
España	6,5
Rama de la manufactura	Tasa
Productos de alimentación, bebidas y tabaco	1,6
Textil	2,8
Papel, artículos de impresión y publicidad	2,2
Química y productos químicos	3,9
Caucho y productos plásticos	2,9
Otros productos de minerales no metálicos	2,0
Productos de metales básicos y productos de fabricados metálicos	3,5
Maquinaria y equipos (n.c.o.p)	2,5
Equipos eléctricos y ópticos (TIC)	7,2*
Equipos de transporte	3,3

La tasa de crecimiento medio anual acumulativa de este sector se reduce al 5,1% cuando se calcula con los deflatores convencionales que recoge la STAN.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A2: ESTADÍSTICAS DE LAS VARIABLES TECNOLÓGICAS

	Tamaño relativo en términos de I+D*	R^{sd}	R^{sf}	R^{od}	R^{of}	R^d	R^f	R^s	R^o	R^{spill}
<i>País</i>										
Finlandia	0,71	9,3	3,8	11,6	4,1	9,9	4,0	4,2	4,3	4,1
Francia	10,53	5,5	3,5	5,6	3,7	5,5	3,6	4,5	4,2	3,7
Italia	5,74	5,7	3,9	7,8	3,9	5,9	3,9	4,6	4,4	4,1
Estados Unidos	78,78	2,6	6,9	3,0	8,2	2,7	7,4	2,7	3,2	3,4
Canadá	2,69	5,5	2,8	7,1	3,2	5,7	2,9	2,9	3,2	2,9
España	1,52	8,7	3,9	10,1	4,1	8,9	4,0	4,5	4,2	4,0
<i>Sector</i>										
Productos de alimentación, bebidas y tabaco	1,71	4,2	3,6	3,3	4,6	4,1	3,6	4,0	3,4	3,5
Textil	0,37	3,6	2,6	3,3	5,2	3,5	3,3	3,4	3,6	3,3
Papel, artículos de impresión y publicidad	1,19	4,9	4,9	3,2	3,9	4,4	4,4	5,0	3,6	4,0
Química y productos químicos	16,15	5,2	4,7	3,3	4,4	5,1	4,7	5,0	3,5	4,6
Caucho y productos plásticos	1,54	1,3	2,3	3,2	4,5	1,8	2,2	1,5	3,4	2,6
Otros productos de minerales no metálicos	0,77	1,4	2,8	3,4	4,0	1,9	2,8	1,6	3,5	3,0
Productos de metales básicos y productos de fabricados metálicos	2,39	1,6	2,3	3,3	4,5	2,1	2,8	1,7	3,8	3,0
Maquinaria y equipos (n.c.o.p)	3,68	3,8	4,5	3,3	3,8	3,5	3,9	3,9	3,5	3,7
Equipos eléctricos y ópticos (TIC)	36,91	3,4	4,0	3,2	3,7	3,3	3,7	3,5	3,6	3,6
Equipos de transporte	35,24	2,1	2,6	3,3	3,8	2,3	2,6	2,2	3,5	2,7

Notas:

* Porcentajes calculados con datos de 1990.

** Tasa de crecimiento medio anual acumulativo en el periodo 1979-2000.

R^{sd} , R^{sf} , R^{od} , R^{of} , R^{son} , respectivamente, los *stocks* tecnológicos del propio sector nacional, del propio sector foráneo, de otros sectores nacionales y de otros sectores foráneos; R^d , la suma de los *stocks* nacionales (del propio y de otros sectores); R^f , la suma de los *stocks* foráneos; R^s , la suma de los *stocks* tecnológicos del propio sector (nacional y foráneo); R^o , la de los restantes sectores y R^{spill} , el *stock* tecnológico generado fuera del propio sector nacional.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO III. CUOTAS DE IMPORTACIÓN (PORCENTAJES). AÑO 1990

PRODUCTOS DE ALIMENTACIÓN BEBIDAS Y TABACO (SECTOR 15-16 DE LA ISIC REV. 3)

	Países importadores					
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	1,7	1,0	0,7	12,5	8,2	1,6
Canadá	0,9	1,2	0,4	29,6	0,0	0,5
Dinamarca	12,6	6,5	7,8	5,4	1,4	5,8
España	2,4	5,4	7,1	4,5	1,3	0,0
Finlandia	0,0	0,0	0,2	0,5	0,3	0,3
Francia	11,0	0,0	24,4	11,2	7,5	30,4
Alemania	13,3	22,2	27,7	5,2	2,4	10,1
Irlanda	2,2	5,4	1,3	2,8	0,7	2,9
Italia	3,0	12,4	0,0	7,9	3,5	4,8
Japón	0,2	0,4	0,2	3,1	0,7	0,6
Países Bajos	11,9	25,2	22,6	6,6	2,1	17,4
Noruega	9,1	1,5	1,2	1,0	0,3	0,8
Suecia	19,4	0,5	0,4	1,7	0,4	0,5
Reino Unido	8,0	12,9	4,0	8,0	5,2	16,5
Estados Unidos	4,4	5,5	2,1	0,0	66,0	7,7

TEXTIL (SECTORES 17-19 DE LA ISIC REV. 3)

	Países importadores					
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,0	0,2	2,9	1,5	0,3	0,3
Canadá	0,4	0,1	0,2	10,2	0,0	0,2
Dinamarca	7,2	0,6	0,8	0,3	0,2	0,3
España	2,0	7,5	8,9	7,7	3,1	0,0
Finlandia	0,0	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Francia	10,1	0,0	30,4	8,4	4,5	20,3
Alemania	21,9	19,2	31,5	7,4	5,7	13,5
Irlanda	0,8	0,7	1,5	0,9	0,3	0,6
Italia	29,4	53,0	0,0	41,4	18,6	44,3
Japón	0,9	2,2	3,1	10,9	3,9	3,2
Países Bajos	3,5	3,8	3,6	1,0	0,8	3,0
Noruega	1,5	0,1	0,1	0,4	0,1	0,0
Suecia	9,2	0,4	0,3	0,5	0,8	0,5
Reino Unido	11,0	8,1	10,0	9,2	6,0	8,3
Estados Unidos	1,9	3,7	6,2	0,0	55,4	5,1

PAPEL, ARTÍCULOS DE IMPRESIÓN Y PUBLICIDAD (SECTORES 21-22 DE LA ISIC REV. 3)

Países importadores						
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Canadá	1,1	4,0	8,9	76,9	0,0	1,9
Dinamarca	7,0	0,6	1,2	0,2	0,1	0,8
España	1,1	3,9	4,0	0,6	0,2	0,0
Finlandia	0,0	11,4	8,3	3,4	1,1	17,7
Francia	3,3	0,0	12,5	1,6	3,4	15,8
Alemania	19,6	30,3	24,8	3,8	1,8	19,5
Irlanda	2,2	2,4	0,9	0,2	0,3	1,6
Italia	4,2	10,3	0,0	1,6	0,8	7,4
Japón	2,8	1,2	0,5	4,1	1,3	1,1
Países Bajos	5,5	7,0	2,7	1,1	0,5	5,0
Noruega	2,9	1,5	1,2	0,5	0,0	2,1
Suecia	27,6	11,5	17,7	1,4	0,6	9,5
Reino Unido	13,8	7,7	4,8	4,5	3,3	7,9
Estados Unidos	8,9	8,2	12,3	0,0	86,6	9,7

QUÍMICA Y PRODUCTOS QUÍMICOS (SECTOR 24 DE LA ISIC REV. 3)

Países importadores						
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0
Canadá	1,3	0,5	0,2	24,0	0,0	0,3
Dinamarca	4,5	1,0	0,8	1,1	0,3	1,4
España	0,7	3,4	4,1	1,0	0,5	0,0
Finlandia	0,0	0,5	0,4	0,4	0,2	0,3
Francia	6,4	0,0	18,9	8,7	2,4	21,1
Alemania	29,6	33,8	36,6	17,3	5,4	27,3
Irlanda	1,2	2,6	2,5	2,6	1,2	2,3
Italia	2,4	9,0	0,0	4,9	1,0	9,4
Japón	3,9	4,5	3,1	21,3	3,7	5,1
Países Bajos	10,5	14,5	12,6	5,1	1,1	9,5
Noruega	4,0	0,5	0,4	0,7	0,1	0,7
Suecia	13,7	1,6	1,4	1,2	0,4	1,4
Reino Unido	14,2	15,4	11,3	11,4	4,5	11,1
Estados Unidos	7,5	12,7	7,8	0,0	79,0	10,0

CAUCHO Y PRODUCTOS PLÁSTICOS (SECTOR 25 DE LA ISIC REV. 3)

	Países importadores					
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Canadá	0,3	0,2	0,2	32,8	0,0	0,2
Dinamarca	5,1	1,8	1,3	0,7	0,2	1,3
España	1,4	6,8	4,9	2,9	0,9	0,0
Finlandia	0,0	0,5	0,4	0,6	0,2	0,1
Francia	9,7	0,0	27,2	5,5	1,3	28,2
Alemania	23,8	38,4	41,2	12,3	2,7	27,3
Irlanda	0,7	0,7	0,4	0,4	0,0	0,7
Italia	6,9	23,6	0,0	4,4	1,5	20,0
Japón	4,0	2,8	2,0	32,4	6,8	3,0
Países Bajos	5,0	7,7	6,4	1,0	0,3	4,0
Noruega	3,8	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2
Suecia	20,6	1,6	1,0	0,9	0,5	1,1
Reino Unido	13,5	10,4	9,3	5,9	2,0	9,3
Estados Unidos	5,0	5,4	5,5	0,0	83,4	4,7

OTROS PRODUCTOS DE MINERALES NO METÁLICOS (SECTOR 26 DE LA ISIC REV. 3)

	Países importadores					
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0
Canadá	0,8	0,0	0,6	20,9	0,0	0,1
Dinamarca	8,5	0,3	0,5	0,6	0,1	0,4
España	2,5	12,4	6,5	6,4	1,9	0,0
Finlandia	0,0	0,3	0,3	0,4	0,0	0,8
Francia	7,4	0,0	30,4	9,1	2,8	29,4
Alemania	32,7	33,3	41,9	11,2	3,4	23,9
Irlanda	0,2	0,7	0,3	1,8	0,1	0,2
Italia	11,1	34,4	0,0	20,9	7,8	24,9
Japón	2,3	2,5	2,4	20,4	6,2	3,1
Países Bajos	3,0	5,6	2,7	0,4	0,2	2,3
Noruega	3,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,6
Suecia	14,8	0,6	1,8	0,8	0,3	1,0
Reino Unido	10,2	6,3	8,3	6,7	4,6	9,6
Estados Unidos	3,2	3,1	4,4	0,0	72,3	3,6

PRODUCTOS DE METALES BÁSICOS Y PRODUCTOS DE FABRICADOS METÁLICOS
(SECTORES 27-28 DE LA ISIC REV. 3)

Países importadores						
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	2,7	0,5	0,7	6,9	2,7	0,0
Canadá	1,6	1,3	4,9	37,1	0,0	1,0
Dinamarca	3,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,4
España	1,8	7,9	5,4	1,8	0,6	0,0
Finlandia	0,0	1,3	1,5	1,1	0,5	0,5
Francia	5,0	0,0	26,1	5,7	2,5	27,7
Alemania	28,2	41,9	32,7	10,4	3,8	29,7
Irlanda	0,2	0,4	0,6	0,3	0,1	0,5
Italia	4,3	13,8	0,0	2,9	1,5	16,7
Japón	2,4	0,0	1,0	22,1	4,6	1,0
Países Bajos	2,7	7,3	7,4	1,6	0,7	4,1
Noruega	5,0	3,6	1,3	1,8	0,6	0,7
Suecia	31,4	3,4	4,4	2,5	1,4	4,0
Reino Unido	9,5	10,2	9,7	5,7	3,4	10,1
Estados Unidos	2,0	7,9	3,8	0,0	77,7	3,3

MAQUINARIA Y EQUIPOS (N.C.O.P.) (SECTOR 29 DE LA ISIC REV. 3)

Países importadores						
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,0
Canadá	0,4	0,3	0,2	13,1	0,0	0,4
Dinamarca	5,5	1,7	1,4	0,8	0,3	1,4
España	1,1	4,2	3,0	0,7	0,3	0,0
Finlandia	0,0	1,1	0,9	0,8	1,0	0,5
Francia	5,1	0,0	14,8	4,1	2,1	13,9
Alemania	33,2	39,2	49,0	22,9	7,2	31,4
Irlanda	0,1	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2
Italia	9,5	23,0	0,0	6,7	2,4	26,3
Japón	7,2	6,2	7,6	36,0	7,1	6,2
Países Bajos	2,3	2,8	3,2	1,7	0,7	2,2
Noruega	2,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
Suecia	20,0	3,4	3,0	2,9	1,6	3,5
Reino Unido	7,5	8,5	8,2	9,4	3,0	6,9
Estados Unidos	5,6	8,7	7,8	0,0	73,9	6,8

EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ÓPTICOS (SECTORES 30-33 DE LA ISIC REV. 3)

Países importadores						
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1
Canadá	0,4	0,6	0,5	13,3	0,0	0,5
Dinamarca	3,4	0,9	0,8	0,4	0,2	0,9
España	0,7	2,7	1,8	0,4	0,1	0,0
Finlandia	0,0	0,7	0,5	0,3	0,2	0,4
Francia	5,4	0,0	16,3	2,7	1,3	13,3
Alemania	22,0	22,6	31,0	7,6	2,4	21,1
Irlanda	1,0	1,5	1,9	0,9	0,3	1,6
Italia	4,8	10,9	0,0	1,8	0,7	11,0
Japón	19,2	20,2	10,4	64,1	13,6	17,8
Países Bajos	1,9	2,7	9,1	1,3	0,6	5,0
Noruega	1,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Suecia	11,9	1,4	2,3	1,2	1,0	3,1
Reino Unido	9,2	10,6	12,0	5,4	2,0	10,6
Estados Unidos	18,3	25,0	12,9	0,0	77,4	14,3

EQUIPOS DE TRANSPORTE (SECTORES 34-35 DE LA ISIC REV. 3)

Países importadores						
	Finlandia	Francia	Italia	Estados Unidos	Canadá	España
Australia	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
Canadá	2,2	0,8	0,3	37,5	0,0	0,2
Dinamarca	1,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2
España	0,9	15,1	7,6	0,4	0,1	0,0
Finlandia	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,2
Francia	7,1	0,0	27,2	4,3	1,8	26,0
Alemania	23,1	32,4	47,1	10,0	2,8	31,1
Irlanda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Italia	3,3	13,7	0,0	1,5	0,2	10,9
Japón	20,4	5,4	1,9	37,8	12,9	6,2
Países Bajos	2,2	2,8	4,4	0,5	0,1	1,8
Noruega	2,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Suecia	17,8	1,7	1,3	2,5	0,6	1,9
Reino Unido	5,2	10,5	5,1	4,9	1,4	6,2
Estados Unidos	14,2	17,2	4,6	0,0	79,9	15,1

Fuente: Elaboración propia a partir de la *BTD*.

ANEXO IV. TEST DE RAÍCES UNITARIAS Y DE COINTEGRACIÓN

La no estacionariedad de las variables no se contrastó con el test de Im *et al.* (2003) –utilizado en buena mayor parte de las aplicaciones empíricas de paneles cointegrados–, puesto que presupone independencia de las distintas unidades transversales de la muestra, supuesto poco real para la muestra de países desarrollados empleada²⁴.

Dado que puede haber dependencia transversal entre las unidades de la muestra, se decidió emplear la versión desarrollada en Pesaran (2005), a partir del estadístico CADF (*cross-sectionally-augmented ADF statistic*). Para obtener dicho estadístico, las regresiones tradicionales ADF se amplían incluyendo las medias transversales de los niveles retardados y primeras diferencias de las series individuales, de forma que se filtre asintóticamente la influencia del factor común inobservable.

La regresión CADF se concreta en la siguiente expresión

$$\Delta y_{it} = a_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{i,t-1} + d_i \Delta \bar{y}_i + e_{it}$$

Hecho esto, es posible obtener una generalización del *t-bar* desarrollado por Im *et al.* a partir de la expresión²⁵:

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T)$$

donde $t_i(N, T)$ es el estadístico Dickey-Fuller aumentado transversalmente para la unidad transversal *i-ésima*, obtenido a partir de la *t-ratio* del coeficiente de $y_{i,t-1}$ en la regresión CADF.

Adicionalmente se presenta la versión ajustada de este test –denotada *CIPS**– con la que se trata de eliminar las dificultades técnicas que surgen en la aplicación del mismo –indebida influencia de los resultados extremos– en aquellos casos en los que *T* sea pequeño.

Los resultados del test de raíz unitaria, con constante y tendencia aparecen en el cuadro A3. Al 1% de significatividad el valor crítico del estadístico *CIPS* y *CIPS** para una muestra de $N = 50$ y $T = 20$ se sitúa en un (-2,76) por lo que, en ningún caso, se puede rechazar la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria.

El cuadro A4 ofrece los resultados de distintos test de cointegración, aplicados a los residuos mínimo cuadrático ordinarios de cada una de las estimaciones que se han realizado. Estos contrastes –desarrollados por Kao (1999) y Pedroni (1995)– permiten heterogeneidad en la estructura autorregresiva de los términos de error. De acuerdo con el valor del estadístico, la hipótesis nula de no cointegración se puede rechazar.

(24) La estrategia utilizada por Im *et al.* (2003) para hacer frente a este problema –cálculo de desviaciones respecto a la media previa a la aplicación de los test de raíz unitarias– puede no ser acertada cuando las covarianzas transversales de los términos de error tomadas de dos en dos difieren entre las unidades individuales.

(25) Gengenbach *et al.* (2004) demuestran la superioridad de CIPS frente al test CADF individual.

Cuadro A3: CONTRASTE DE LA PRESENCIA DE UNA RAÍZ UNITARIA. PESARAN (2005)

Variable	<i>CIPS</i>	<i>CIPS*</i>	Decisión
$\log PTF$	-2,080	-2,080	I(1)
$\log R^{sd}$	-0,566	-0,650	I(1)
$\log R^{spill}$	-1,372	-1,442	I(1)
$\log R^d$	-0,681	-0,766	I(1)
$\log R^f$	-1,869	-1,870	I(1)
$\log R^s$	-0,259	-0,366	I(1)
$\log R^o$	-1,504	-1,536	I(1)
$\log R^{sf}$	-0,677	-0,709	I(1)
$\log R^{od}$	-0,538	-0,617	I(1)
$\log R^{of}$	-0,687	-0,706	I(1)

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A4. CONTRASTES DE COINTEGRACIÓN

Estimaciones	Kao (1999)				Pedroni (1995)					
	Test DF -rho-star	Decisión	Test DF -t-star	Decisión	Test ADF	Decisión	TN1-rho	Decisión	TN2-rho	Decisión
(1)	-10,121	coint	-4,533	coint	-4,074	coint	-22,333	coint	-21,819	coint
(2)	-10,051	coint	-4,504	coint	-4,027	coint	-22,156	coint	-21,647	coint
(3)	-10,135	coint	-4,557	coint	-4,124	coint	-22,079	coint	-21,571	coint
(4)	-8,654	coint	-4,095	coint	-3,728	coint	-19,952	coint	-19,493	coint
(5)	-9,782	coint	-4,448	coint	-4,011	coint	-21,554	coint	-21,058	coint

Nota: Para un mayor detalle sobre los estadísticos véase www.maxwell.syr.edu/maxpages/faculty/cdkao/working/hpt.html, Kao (1999) y Pedroni (1995).

Fuente: Elaboración propia.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramovitz, M. (1986): "Catching up, forging ahead and falling behind", *Journal of Economic History*, vol. 46, n.º 2, págs. 385-406.
- Aghion, P. y P. Howitt (1992): "A model of Growth Through Creative Destruction", *Econometrica*, vol. 60, n.º 2, págs. 323-351.
- Aghion, P. y P. Howitt (1998): *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Ark, B. van y M. Timmer. (2001): *PPPs and internacional productivity comparisons: bottlenecks and new directions*, ponencia presentada a ILO Seminar on Productivity Comparisons and Joint World Bank Seminar on Purchasing Power Parities (disponible en <http://www.oecd.org/dataoecd/24/0/2424747.pdf>).
- Banerjee, A. (1999): "Panel data unit roots and cointegration: An overview", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 61, n.º 1, págs. 607-629.
- Barro, R.J. y X. Sala-i-Martin (1995): *Economic Growth*, McGrawHill, New York.
- Barro, R.J. y X. Sala-i-Martin (2001): *Economic Growth. Second edition*, The MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Basu, S. y J. Fernald (2001): "Why is Productivity Procyclical? Why do we care?", en: C.R. Hulten, E. R. Dean y M. J. Harper (eds.): *New Developments in Productivity Analysis, Studies in Income and Wealth*, Chicago: University of Chicago, vol. 63, págs. 225-296.
- Baumol, W.J. (1986): "Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long-Run Data Show", *American Economic Review*, vol. 76, n.º 5, págs. 1072-1085.
- Braconier, H y F. Sjöholm (1998): "National and International Spillovers from R&D: Comparing a Neoclassical and Endogenous Growth Approach", *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 134, n.º 4, págs. 639-663.
- Caves, D., L. Christensen y W.E. Diewert (1982): "Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Supelative Index Numbers", *The Economic Journal*, vol. 92, págs. 73-86.
- Chen, B., S. McCoskey y C. Kao (1999): "Estimation and Inference of a Cointegrated Regression in Panel Data," *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, vol. 19, n.º 1, págs. 75-114.
- Coe, D y E. Helpman (1995): "International R&D Spillovers", *European Economic Review*, vol. 39, n.º 5, págs. 859-887.
- Coe, D., E. Helpman y A. Hoffmaister (1997): "North-South R&D Spillovers", *The Economic Journal*, vol. 107, n.º 440, págs. 134-149.
- Crespo, J., C. Martín y F.J. Velázquez (2004a): "The Role of International Technology Spillovers in the Economic Growth of the OECD Countries" *Global Economy Journal*, vol. 4, n.º 2, págs. 1-18.
- Crespo, J., C. Martín y F.J. Velázquez (2004b): "International Technology Spillovers from Trade: The Importance of the technological gap", *Investigaciones económicas*, vol. XXVIII, n.º 3, págs. 515-533.
- Edmond, C. (2001): "Some Panel Cointegration Models of International R&D Spillovers", *Journal of Macroeconomics*, vol. 23, n.º 1, págs. 241-260.
- Frantzen, D. (2000): "Innovation, International Technological Diffusion and the Changing Influence of R&D on Productivity", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 24, n.º 2, págs. 193-203.
- Frantzen, D. (2002): "Cross-Sector and Cross-Country Technical Knowledge Spillovers and Evolution of Manufacturing Productivity: A Panel Data Analysis", *Économie Appliquée*, vol. LV, págs. 31-62.

- Funk, M.F. (2001): "International R&D Spillovers and Convergence Among OECD Countries", *Journal of Economic Integration*, vol. 16, n.º 1, págs. 48-65.
- Gengenbach, C., F. Palm y J.P. Urbain (2004): *Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Sectional Dependencies Comparison and Implications for Modelling*, Research Memoranda 040, Maastricht METEOR, Maastricht Research School of Economics of Technology and Organization.
- Griliches, Z. (1979): "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics*, vol. 10, n.º 1, págs. 92-116.
- Griliches, Z. (1992): "The Search for R&D Spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 94 Supplement, págs. 29-47.
- Groningen Growth and Development Centre: <http://www.ggdc.net>
- Grossman, G. y E. Helpman (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, The MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Harrigan, J. (1999): *Cross-Country Comparisons of Industry Total Factor Productivity: Theory and Evidence*, Federal Reserve Bank of New York Research Paper, 9734.
- Helpman E. (1992): "Endogenous Macroeconomic Growth Theory", *European Economic Review*, vol. 36, n.º 2-3, págs. 237-267.
- Hodrick, R. y E. Prescott (1997): "Post-war US Business cycles: An Empirical Investigation", *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 29, n.º 1, págs. 1-16.
- Hoff, K. (2000): *Beyond Rosenstein-Rodan: The Modern Theory of Underdevelopment Traps*, Washington, D.C. Annual World Bank Development Economics Conference.
- Hoff, K. y J.E. Stiglitz (2001): "Modern Economic Theory and Development", en G. Meier y J.E. Stiglitz (eds.): *Frontiers of Development Economics*, Oxford University Press, Oxford.
- Im, K., M. Pesaran y Y. Shin (2003): "Testing for unit roots in heterogeneous panels", *Journal of Econometrics*, 2003, vol. 115, n.º 1, págs. 53-74.
- Kao, C. (1999): "Spurious Regression and Residual-Based Test for Cointegration in Panel Data", *Journal of Econometrics*, vol. 90, n.º 1, págs. 1-44.
- Kao, C. y M.H. Chiang (2000): "On the Estimation and Inference of a Cointegrated Regression in Panel Data", en Baltagi (ed.): *Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels*, Elsevier Science, Amsterdam, págs. 179-222.
- Keller, W. (1997): *How Trade and Technology Flows Affect Productivity Growth*, Policy Research Working Paper, 1831.
- Keller, W. (1998): "Are International R&D Spillovers Trade-Related? Analyzing Spillovers Among Randomly Matched Trade Partners", *European Economic Review*, vol. 42, n.º 8, págs. 1469-1481.
- Keller, W. (2002): "Trade and the Transmission of Technology", *Journal of Economic Growth*, vol. 7, n.º 1, págs. 5-24.
- Keller, W. (2004): "International Technology Diffusion", *Journal of Economic Literature*, vol. 42, n.º 3, págs. 752-782.
- Kwark, N.S. y Shyn, Y.S. (2006): "International R&D spillovers revisited: Human capital as an absorptive capacity for foreign technology", *International Economic Journal*, vol. 20, n.º 2, págs. 179-196.
- Lichtenberg F. y B. van Pottelsbergue de la Potterie (1998): "International R&D Spillovers: A Comment", *European Economic Review*, vol. 42, n.º 8, págs. 1483-1491.
- Los, B. y B. Verspagen (2000): "R&D spillovers and productivity: Evidence from U.S. manufacturing microdata", *Empirical Economics*, vol. 25, n.º 1, págs. 127-148.

- Lucas R., Jr. (1988): "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, n.º 1, págs. 3-42.
- Mohnen, P. (2001): "International R&D Spillovers and Economic Growth", en M. Pohjola (ed.): *Information Technology Productivity and Economic Growth: International Evidence and Implications for Economic Development*, Oxford University Press, Oxford, págs. 50-71.
- O'Mahony, M. and B. van Ark (2003): *EU Productivity and Competitiveness: An Industry Perspective. Can Europe resume the catching up process?*, Report to the European Commission, National Institute for Economic and Social Research.
- OECD: *Structural Analysis Data Base for Industrial Analysis (STAN)*, OECD, Paris.
- OECD (1999): *National Accounts. Main aggregates 1960-1997*, OECD, Paris.
- OECD (2003): *Sources of Economic Growth in OECD*, OECD, Paris.
- 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*, págs. 95-103.
- Pesaran, M.H. (2005): "A simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence", *Cambridge Working Papers in Economics*, Department of Applied Economics, University of Cambridge.
- Phillips, P.C.B. (1995): "Fully Modified Least Squares and Vector Autoregression", *Econometrica*, vol. 63, n.º 5, págs. 1023-1078.
- Phillips, P.C.B. y B.E. Hansen (1990): "Statistical Inference in Instrumental Variable Regression with I(1) Processes", *Review of Economic Studies*, vol. 57, n.º 1, págs. 99-125.
- Phillips, P.C.B. y H.R. Moon (1999a): *Non-stationary panel data analysis: an overview of some recent developments*, Yale University, mimeo.
- Phillips, P.C.D. y H.R. Moon (1999b): "Linear Regression Limit Theory of Nonstationary Panel Data", *Econometrica*, vol. 67, págs. 1057-1111.
- Pilat, D. y D.S. Prasada Rao (1996): "Multilateral comparisons of Output, Productivity and Purchasing Power Parities in Manufacturing", *Review of Income and Wealth*, vol. 42, n.º 2, págs. 113-130.
- Rebelo S., (1991): "Long Run Policy Analysis and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, vol. 99, n.º 3, págs. 500-521.
- Rivera-Batiz, L. y P. Romer (1991): "Economic Integration and Endogenous Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, n.º 2, págs. 531-535.
- Romer P.M. (1986): "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, vol. 94, n.º 5, págs. 1002-1037.
- Romer, P.M. (1990): "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, vol. 98, n.º S5, págs. S71-S102.
- Romer P.M. (1994): "The Origins of Endogenous Growth", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, n.º 1, págs. 71-102.
- Rosenstein-Rodan, P. (1943): "Problems of Industrialization of Eastern and South-Eastern Europe", *The Economic Journal*, vol. 53, págs. 202-11.
- Scarpetta, S., A. Bassanini, D. Pilat y P. Schreyer (2000): *Economic Growth in the OECD Area: Recent Trends at the Aggregate and Sectoral Level*, OECD Economics Department Working Paper, n.º 248.
- Stock, J. y M. Watson (1993): "A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems", *Econometrica*, vol. 61, n.º 4, págs. 783-820.

- Triplett, J. (2004): *Handbook on Hedonic Price Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products*, STI OECD Working Paper, n.º 9.
- Verspagen, B. (1997a): “Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimating from the European and US Patent Office Databases”, *Economic Systems Research*, vol. 9, págs. 49-67.
- Verspagen, B. (1997b): “Estimating International Technology Spillovers Using Technology Flow Matrices”, *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 133, n.º 2, págs. 227-248.
- Xu, B. y J. Wang (1999): “Capital Goods Trade and R&D Spillovers in the OECD”, *Canadian Journal of Economics*, vol. 32, n.º 5, págs. 1258-1274.
- Young A. (1991): “Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, n.º 2, págs. 443-472.
- Zilibotti, F. (1995): “A Rostovian model of endogenous growth and underdevelopment traps”, *European Economic Review*, vol. 39, n.º 8, págs. 1569-1602.

Fecha de recepción del original: febrero, 2005

Versión final: marzo, 2007

ABSTRACT

This paper sets out to estimate the effects of technological externalities in the growth of the TFP of manufacturing in Finland, France, Italy, the United States, Canada and Spain. Its main contributions lie in the calculation of the variables and the use of alternative estimation procedures, unit root test and cointegration techniques appropriate to the panel data employed.

The results allow us to conclude that the technology generated in the national sphere, in a given sector, has a positive and significant influence on the TFP. When the model is estimated by differentiating the sectoral origin of the spillovers, the effects of the technology generated in a given sector prove to be greater than those of the technologies generated in other sectors. Furthermore, when the estimation is carried out distinguishing the geographical origin, the foreign spillovers are slightly greater than their domestic counterparts. Confirmation is also found for the role played by trade relationships as a transmission channel of the technological spillovers. The latter are more important, the higher the level of trade between a country and others with a high level of technological capital. Technological spillovers are, likewise, more important the greater the openness of the recipient country's economy.

Key words: Total factor productivity, technology transfer, international trade, cointegration, panel data.

JEL classification: O3, O4, O5, C23, F1.