

INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN ESPAÑA DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

ANTONIO CUBEL

Universidad de Valencia

VICENTE ESTEVE

Universidades de Valencia y La Laguna

JUAN A. SANCHIS

Universidad de Valencia y ERICES

MARÍA TERESA SANCHIS (*)

Universidad de Valencia e Instituto Figuerda

En los modelos teóricos de crecimiento endógeno la Investigación y el Desarrollo (I+D) ocupa un lugar destacado en la explicación del crecimiento económico, subrayando la importancia del esfuerzo innovador de un país, así como de las externalidades derivadas del conocimiento propio y extranjero en la explicación de la productividad y del crecimiento de los países

(Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Aghion y Howitt, 1992). Un denominador común en estos modelos es suponer que el conocimiento genera externalidades (*spillovers effects*) que se propagan entre los distintos sectores de una economía y entre los países abiertos al comercio. Si los gastos en I+D generan bienes finales o intermedios nuevos, o simplemente mejoran la calidad de los ya existentes, y éstos a su vez se exportan a otros países, entonces los países importadores están implícitamente incorporando la tecnología generada en el extranjero. De esta forma, ante un proceso de apertura exterior y de integración económica, cabe esperar que el esfuerzo innovador de un país acabe beneficiando a los países con los que se relaciona (Rivera-Batiz y Romer, 1991).

Coe y Helpman (1995) demostraron que no sólo la innovación doméstica tenía un impacto positivo sobre la evolución de la Productividad Total de los Factores (PTF), sino que también el *stock* de conocimiento generado en el extranjero tenía efectos beneficiosos sobre la productividad, y que éstos eran tanto mayores cuanto mayor era el grado de apertura al comercio exterior. A este trabajo le siguieron otros estudios que, tomando como referencia una amplia muestra

de países de la OCDE, profundizaban en el análisis de esta relación (1).

Posteriormente, se han ido incorporando variables complementarias a la especificación empírica original de Coe y Helpman (1995), como el capital humano, para captar otros aspectos de la innovación no recogidos en la I+D (Engelbrecht, 1997), confirmándose un efecto neto positivo y significativo de esta variable sobre la evolución de la productividad (2). Más recientemente, Coe, Helpman y Hoffmaister (2009) han introducido el efecto de las diferencias institucionales sobre la generación y difusión del conocimiento.

La mayoría los trabajos citados utiliza datos macroeconómicos para una amplia muestra de países de la OCDE durante un período de tiempo que arranca en torno a 1971 y que se extiende hasta 2004. Los procedimientos de estimación han sido bien estimaciones de ecuaciones de crecimiento a largo plazo con datos de corte transversal o técnicas de cointegración con datos de panel. En general, parece constatar que la elasticidad de la productividad con respecto al *stock* extranjero de conocimiento es superior a la del *stock* doméstico, y que la elasticidad

dad frente a los propios *spillovers* tecnológicos suele ser mayor en los países avanzados que en los más atrasados.

Los avances recientes en las técnicas de cointegración y la disponibilidad de series más largas de capital, trabajo y PIB, junto con la posibilidad de obtener series largas de *stock* de conocimiento a partir de datos de patentes (3) abre la posibilidad de obtener estimaciones más consistentes a partir del estudio de datos a nivel de país (4). En un estudio reciente Cubel, Esteve y Sanchis (2010) analizan una versión ampliada de la especificación de Coe y Helpman (1995) para cinco países avanzados (Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido) para el período 1950-2000. Los resultados de este trabajo indican que para los líderes tecnológicos la elasticidad de la innovación propia es superior a la elasticidad de la innovación generada en el extranjero e introducida fundamentalmente a través del comercio. Adicionalmente, se constata que la contribución de las importaciones de tecnología al crecimiento de la *PTF* es muy superior a la contribución de la innovación doméstica, debido a que el volumen de conocimiento generado externamente es muy superior al volumen de conocimiento doméstico.

La economía española de la segunda mitad del siglo XX constituye un candidato ideal para contrastar el papel de la difusión internacional de tecnología en la explicación del crecimiento de la *PTF*. Durante este medio siglo, la economía española ha logrado crecer a tasas positivas y superiores a las de la primera mitad del siglo y, como consecuencia, recortar parte de la distancia que la separaba de las economías más avanzadas de su entorno. La transición hacia unos niveles de renta per cápita más elevados ha coincidido con un proceso de progresiva apertura al exterior, que se inició tímidamente con los Pactos de Madrid en 1953 y que se ha acelerado en las últimas décadas con la integración europea. En un proceso de estas características, los beneficios proceden no sólo del acceso a mercados más abiertos y competitivos sino también de las mayores facilidades para incorporar los avances tecnológicos de los países más avanzados.

En este artículo se analizan los determinantes de la evolución de la *PTF* relacionados con la innovación, centrandó la atención en la importancia relativa de la innovación doméstica y extranjera, para el caso de la economía española durante la segunda mitad del siglo XX. Para ello se estima la especificación de Coe y Helpman (1995) ampliada para incorporar como variable de control al capital humano.

Los resultados obtenidos están en sintonía con la literatura que explora estas relaciones para muestras más amplias de países, y nos permiten concluir que existe una relación positiva y significativa entre la difusión internacional de tecnología y la evolución de la *PTF* en España. Además, el papel de la tecnología extranjera parece haber sido más importante

en la evolución de la *PTF* española que el papel de la innovación doméstica. Estos resultados tienden a confirmar la hipótesis, tradicionalmente defendida en la explicación del crecimiento de la economía española, de la elevada dependencia de la tecnología extranjera y de la escasa capacidad endógena para generar innovación autóctona.

MODELO EMPÍRICO †

En nuestro trabajo empírico utilizamos la especificación empírica propuesta por Coe y Helpman (1995), y extendida posteriormente por Engelbrecht (1997) para incorporar el capital humano (5). Así tenemos:

$$\log PTF_t = \alpha^0 + \alpha^d \log S_t^d + \alpha^{mf} m_t \log S_t^f + \alpha^H \log H_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

donde PTF_t representa la Productividad Total de los Factores en el año t , S_t^d el *stock* doméstico de innovación, S_t^f el *stock* extranjero de innovación, m_t la propensión a importar (medida como el cociente entre las importaciones totales y el PIB), H_t el *stock* doméstico de capital humano y ε_t es el término de error. Este modelo permite incorporar la generación de externalidades internacionales de conocimiento a través de las importaciones, tal y como fue introducido por Coe y Helpman (1995). El *stock* de conocimiento extranjero (S_t^f) es una suma ponderada de los *stocks* de conocimiento de otros países. La ponderación utilizada es la propuesta por Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998), es decir, el cociente entre las importaciones de maquinaria y bienes de equipo procedentes del país j y el PIB del país j . Tal y como consideran Coe y Helpman (1995), es posible que la transmisión de externalidades derivadas del conocimiento, a través de las importaciones, sean también proporcionales al grado de apertura del país, aspecto que no queda recogido en la construcción del *stock* extranjero de conocimiento, y por esta razón proponen multiplicar esta variable por la propensión a importar del propio país i (m_{ij}).

LOS DATOS Y LA DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES †

Durante la última década se han publicado diversas series históricas sobre la economía española que permiten obtener un número de observaciones suficiente para aplicar las técnicas de cointegración y extraer así relaciones de largo plazo entre determinadas variables macroeconómicas. La *PTF* definida como el logaritmo del PIB menos una media ponderada de los inputs trabajo (L_t) y capital (K_t), se ha calculado a partir de las series históricas del PIB de Prados de la Escosura (2003), las series históricas de *stock* de capital de Prados de la Escosura y Rosés (2010) y el empleo, medido por el número de trabajadores, de la base de datos BDMACRO, publicada por el Ministerio de Economía. Los factores se han ponderado por el peso de su participación en el ingreso (6).

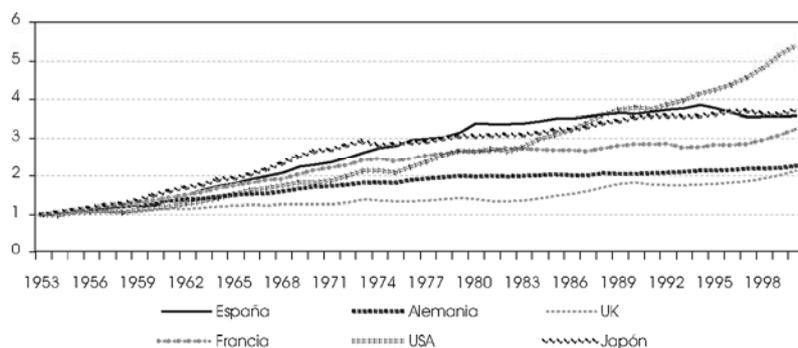


GRÁFICO 1
PRODUCTIVIDAD TOTAL DE
LOS FACTORES
1985=1

FUENTE:
España: véase texto. Otros países: Cubel, Esteve, Sanchis (2010).

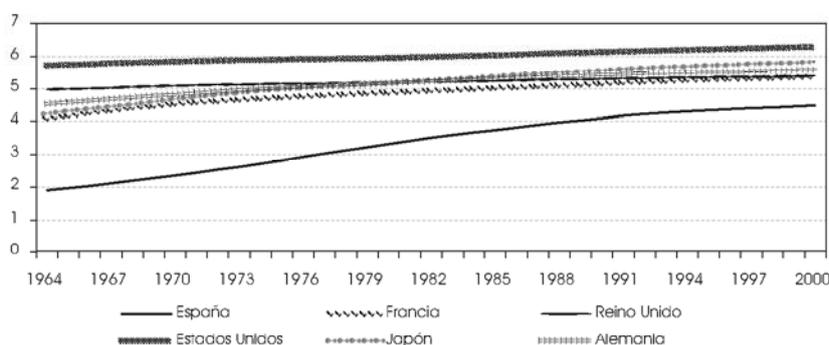


GRÁFICO 2
STOCK DOMÉSTICO DE I+D
LOGS EN DÓLARES DE EEUU
DE 1998 Y PPP

FUENTE:
España: véase texto. Otros países: Cubel, Esteve, Sanchis (2010).

En el gráfico 1 se compara la evolución de la *PTF* española con la de los cinco países más avanzados (EEUU, Japón, Reino Unido, Francia y Alemania). El incremento de la *PTF* durante todo el período ha sido muy importante para todos los países, destacando España como uno de los países donde más se ha incrementado esta magnitud, junto con Japón y los Estados Unidos. En España, el buen comportamiento de la productividad se debe sobre todo a los años del milagro económico español, años en los que la economía española experimenta un avance significativo en su desarrollo industrial que le permite recuperar parte del atraso que había acumulado frente a las economías más avanzadas (7). Después del segundo *shock* del petróleo se observa un estancamiento en la evolución de la productividad, tal y como ocurre en el resto de países. La singularidad del caso español, con respecto a los otros cinco países, reside en que a partir de 1995 la productividad experimenta un retroceso a pesar del ciclo expansivo de la producción.

El *stock* doméstico de conocimiento se ha calculado a partir de los gastos acumulados en I+D del sector privado de la economía, siguiendo el método del inventario permanente (suponiendo una tasa de depreciación del 5%). En principio, para aproximar el *stock* de conocimiento doméstico se utilizaron datos de patentes, ya que estaban disponibles para un período más amplio que las estadísticas de I+D (8) y, además, se consideran una buena aproximación para medir el esfuerzo realizado en innovación. Sin embargo, estas series, presentan proble-

mas a la hora de llevar a cabo las estimaciones. De ahí que, debido a cambios de criterio en las formas de patentar a lo largo del tiempo, se decidiera incluir sólo las estimaciones basadas en las series de I+D, aun a costa de recortar el período de análisis a los años posteriores a 1960.

La evolución del *stock* doméstico de I+D para España, a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, ha sido muy importante, con un incremento del 18% en la tasa de crecimiento acumulativo anual, entre 1964 y 2000, como se puede observar en el gráfico 2. Sin embargo, los resultados siguen siendo muy decepcionantes cuando se comparan con otros países. Así, el gasto total en I+D, como porcentaje del PIB, era de un 0,13% en 1964, del 0,35% en 1975, del 0,61% en 1986 y de tan sólo un 0,90% en el año 2000, mientras que para este último año la media europea se situaba en un 1,75% y en países como Francia y Alemania superaba el 2% del PIB, de forma que en el año 2000 el *stock* doméstico acumulado en España todavía quedaba muy por debajo del *stock* doméstico generado por los países más avanzados.

Para medir los *spillovers* tecnológicos incorporados en los flujos de comercio se sigue la aproximación de Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998):

$$S_{it}^{f,IP} = \sum_{j=1}^J \frac{M_{jt}}{Y_{jt}} S_{jt}^{cd} \quad (1)$$

donde M_{jt} es el flujo de importaciones de bienes y de servicios del país i procedentes del país j en el

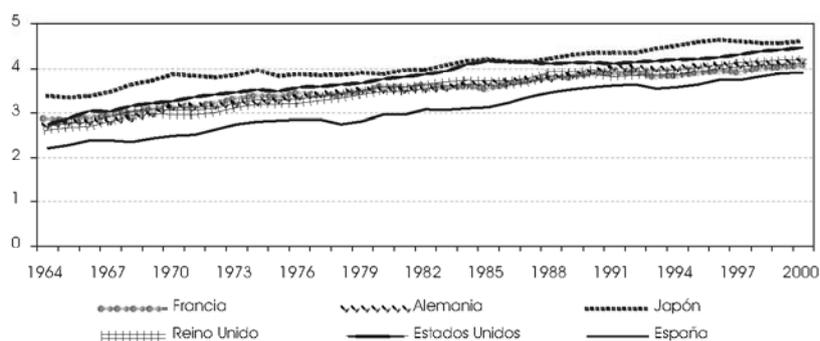


GRÁFICO 3

STOCK EXTERNO DE I+D
LOGS EN DÓLARES EEUU DE
1998 Y PPP

FUENTE:

España: véase texto. Otros países: Cubel, Esteve, Sanchis (2010).

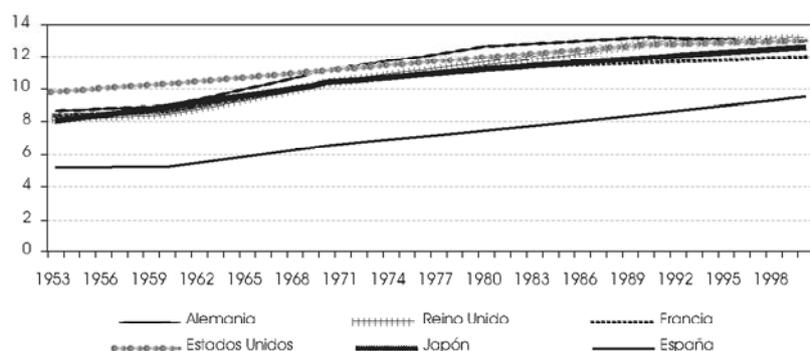


GRÁFICO 4

CAPITAL HUMANO.
AÑOS MEDIOS DE
ESCOLARIZACIÓN

FUENTE:

Morrison y Murin (2008)

período t , y Y_{jt} es el PIB del país j en t . Según esta medida, un país se beneficiará, *ceteris paribus*, en mayor medida de la innovación desarrollada en el extranjero cuanto mayor sea el peso de sus importaciones en el *output* de los países más innovadores, es decir, cuando a través del comercio tome una proporción mayor de los bienes generados en el país exportador, y que son los que en definitiva llevan incorporado su conocimiento (9).

Siguiendo las sugerencias de Coe *et al.* (1997) y Xu y Wang (1999), los pesos de las importaciones bilaterales se basan en las importaciones de bienes de alto contenido tecnológico puesto que los *spillovers* internacionales se producen, con mayor probabilidad, a través de la importación de bienes tecnológicamente avanzados. Para construir esta medida se han utilizado las importaciones procedentes de los países líderes en I+D (Alemania, Francia, Japón, Reino Unido y Estados Unidos).

La evolución del stock exterior de conocimiento de estos países, calculado como se ha señalado en el párrafo anterior, se presenta en el gráfico 3. El comportamiento es, como en el caso del *stock* doméstico, muy dinámico, pero también partiendo de niveles muy bajos. En este caso, la evolución del *stock* externo es consecuencia de la evolución de dos componentes: la apertura de la economía española al exterior y el *stock* de conocimiento de nuestros socios comerciales. Ambos componentes ayudaron al crecimiento del *stock*, que alcanzó una tasa media anual acumulativa del 11,7%, entre 1964 y 2000.

En España, esta variable creció más que en el resto de países de la muestra porque durante estos años se avanzó rápido desde una situación de relativo aislamiento frente al exterior hacia una mayor integración en el mercado internacional. En cualquier caso, a comienzos del siglo XXI, el stock externo que influía sobre la economía española seguía siendo inferior al de los demás países, probablemente debido a que la economía española se encuentra menos integrada en la economía mundial que los países con los que se está comparando.

Dado el nivel de tecnología disponible internacionalmente, el uso eficiente de esa tecnología a nivel doméstico requiere de costosas inversiones que permitan desarrollar habilidades complementarias. En España, los sucesivos gobiernos de la democracia se han enfrentado al importante reto de incrementar el nivel educativo de la población y de reducir la brecha frente a los países más avanzados. Desde los años sesenta, la ratio de individuos formados en las universidades con respecto al total de la población no ha dejado de crecer hasta alcanzar en 1980 la media europea. La tasa de titulados en ingeniería por cada 100.000 habitantes de 24 años de edad ha pasado de 2,3 en 1950, a 21,82 en 1975 y 66,47 en 1997 (Núñez, 2005).

En el gráfico 4 se aprecia cómo la variable de capital humano, medida como el nivel medio de años de estudios del conjunto de la población, ha tendido a converger con la media de los países más avanzados (10), pero sigue quedando en torno a 3 ó 4 años por debajo del nivel de éstos.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

El modelo especificado en la ecuación (1) ha sido estimado utilizando técnicas de cointegración. Las técnicas de cointegración permiten capturar la posible relación de equilibrio de largo plazo de las variables no estacionarias y , que tienen, por tanto, tendencia a evolucionar conjuntamente en el largo plazo (11). Esta metodología es adecuada en este contexto porque permite evitar cualquier regresión espuria entre las variables manteniendo la información de largo plazo.

En este trabajo estimamos varios modelos que recogen la relación de largo plazo entre la *PTF* y una serie de variables que miden el avance tecnológico en España, utilizando medidas del *stock* de innovación (a nivel nacional y a nivel extranjero) así como una variable de capital humano. Para aplicar esta metodología correctamente, primero hay que contrastar el orden de las raíces unitarias, para determinar el orden de integración de la serie (12); a continuación se estudia la posible presencia de cambios estructurales en la serie; y, finalmente, estimamos la relación de cointegración entre las variables usando el orden apropiado de integración de las series.

Los resultados de nuestros contrastes indican que no podemos rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad para todas las series en niveles, independientemente del contraste utilizado. Sin embargo, no podemos rechazar la existencia de dos raíces unitarias para la serie de capital humano. Por tanto, de acuerdo con estos resultados, ésta podría ser $I(2)$ ó $I(1)$. Con el fin de proporcionar pruebas más robustas sobre el grado de integración de esta serie, hemos aplicado el contraste de Perron-Rodríguez (Perron y Rodríguez, 2003) para una raíz unitaria en presencia de un cambio estructural en la función de tendencia. Los resultados de estos contrastes indican que no se puede rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad para la serie en niveles, por lo que podemos concluir que la serie es $I(1)$.

Una vez determinado el orden de integración de las series procedemos a la estimación del modelo. Para estimar y contrastar los coeficientes de la ecuación de cointegración utilizamos el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámico (*Dynamic Ordinary Least Squares*; DOLS, según sus siglas en inglés), propuesto por Stock y Watson (1993), y siguiendo la metodología propuesta por Shin (1994). Este método permite corregir de forma robusta por la posible existencia de endogeneidad en las variables explicativas, así como por la presencia de correlación serial en el término de error de la estimación por MCO. En particular, estimamos una relación dinámica de largo plazo que incluye los *lags* y *leads* de todas las variables explicativas. En nuestro caso esta relación es:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \beta x_t + \sum_{j=-q}^q \gamma_j \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad [3]$$

donde y_t es el logaritmo de la *PTF*, t es una tendencia y x_t son las variables explicativas: una medida del

stock de conocimiento doméstico, una medida del *stock* de conocimiento extranjero y una medida de capital humano.

En nuestro modelo presentamos los contrastes por el tipo de cointegración (estocástica o determinística) utilizando los contrastes de Shin (1994). El parámetro β es el coeficiente de cointegración de largo plazo en la relación entre el crecimiento de la *PTF* y cualquiera de las variables explicativas (también llamado elasticidad de largo plazo).

Los resultados de la estimación junto con los contrastes (de cointegración determinística) de Shin se presentan en el cuadro 1. En nuestra estimación hemos utilizado como medida del *stock* de conocimiento extranjero, el *stock* de gastos en I+D de los países con los que comercia España ponderados por el cociente de las importaciones españolas con relación al PIB de cada país de procedencia de las mismas. Adicionalmente, en una segunda especificación, hemos multiplicado esta variable por la propensión a importar de la economía española. Finalmente, estas dos especificaciones se han estimado incluyendo o no la variable de capital humano. Los resultados de los modelos estimados se presentan en el cuadro 1, donde también aparecen los resultados de los contrastes de cointegración. Como puede comprobarse en el cuadro 1, en ningún modelo estimado podemos rechazar la hipótesis nula de cointegración determinística al 1% de significatividad.

En la primera especificación estimada (modelo 1), obtenemos que tanto el *stock* de conocimiento doméstico como el *stock* de conocimiento extranjero tienen un efecto positivo y significativo (con un nivel de significatividad del 10%) sobre la *PTF*, siendo mayor el efecto del *stock* de conocimiento extranjero que el del *stock* nacional. Este resultado cambia cuando consideramos el *stock* de conocimiento extranjero multiplicado por la apertura comercial (modelo 2). En particular, el efecto del *stock* de conocimiento extranjero continúa siendo significativo y positivo, con una elasticidad del 0.16, sin embargo el efecto del *stock* de conocimiento nacional sigue siendo positivo pero deja de ser significativo estadísticamente.

En la segunda parte del cuadro 1, en la página siguiente, se presentan los resultados de la estimación incluyendo la variable de capital humano. Así, la especificación presentada como modelo 3, es el modelo 1 incluyendo la variable de capital humano. En este caso obtenemos que el *stock* de conocimiento extranjero continúa siendo significativo y afecta positivamente a la *PTF*, mientras que el *stock* de conocimiento doméstico deja de ser significativo. Sin embargo, la variable de capital humano es muy significativa y positiva, con un coeficiente superior al coeficiente del *stock* de conocimiento extranjero. Finalmente, en la última especificación (modelo 4) el modelo estimado es el mismo que el modelo 2 pero incluyendo el capital humano. En esta especificación

CUADRO 1
ESTIMACIÓN DE LA RELACIÓN DE LARGO PLAZO ENTRE LA PTF Y EL STOCK DE CONOCIMIENTO
DOMÉSTICO Y EXTRANJERO

	Modelos estimados no incluyendo capital humano H_t		Modelos estimados incluyendo capital humano H_t	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Constante	-0.30 (-1.87)	-0.08 (-1.99)	-2.69 (-2.51)	-0.14 (-0.25)
Stock de conocimiento doméstico S_t^d	0.07*** (2.57)	0.02 (0.76)	-0.06 (-1.56)	0.05* (1.78)
Stock de conocimiento extranjero S_t^f	0.09* (1.88)	-	0.14*** (5.09)	-
Stock de conocimiento extranjero $m_t S_t^f$	-	0.16*** (4.47)	-	0.05 (1.53)
H_t	-	-	1.69*** (3.00)	0.48 (1.60)
Test: C_μ	0.093	0.088	0.110	0.119

Notas:

- ^a Los valores del estadístico t aparecen entre paréntesis. Los errores estándar han sido ajustados con los valores de la varianza de largo plazo. La varianza de los residuos de la regresión de cointegración de largo plazo se ha estimado utilizando la ventana de Bartlett, que es aproximadamente igual a $\text{INT}(T)^{1/2}$, tal y como proponen Newey y West (1987). *, ** y *** indican que el coeficiente es significativo al 10%, al 5% y al 1%, respectivamente.
- ^b Elegimos $q = \text{INT}(T)^{1/3}$, como proponen Stock y Watson (1993).
- ^c Presentamos el test de cointegración de Stock-Watson-Shin. C_m es el estadístico de cointegración LM que se obtiene de los residuos del método MCO Dinámico con cointegración estocástica, como propone Shin (1994).
- ^d Los valores críticos se toman de Shin (1994), Tabla 1, para $m = 2$: 0.163 para el nivel de significatividad 10%, 0.221 para el nivel del 5% y 0.380 para el nivel del 1%; para $m = 3$: 0.121 para el nivel de significatividad del 10%, 0.159 para el nivel del 5% y 0.271 para el nivel del 1%.
- ^e Es el stock de conocimiento doméstico.
- ^f Es el stock de conocimiento extranjero y $m_t S_t^f$ es el stock de conocimiento extranjero ponderado por las importaciones.
- ^g Es la variable de capital humano.

FUENTE: Véase texto.

sólo la variable del stock de conocimiento doméstico es significativa (al 10%) y positiva.

Nuestros resultados (modelos 1 y 2) están en línea con los de Coe y Helpman (1995, 2009), en los que se obtiene que el stock doméstico de conocimiento afecta positivamente a la PTF del país, siendo este efecto inferior al efecto que tiene el stock de conocimiento extranjero sobre la PTF, si se trata de un país pequeño y/o menos desarrollado, como es el caso de España para el periodo analizado. Nuestros resultados también son similares a los que se obtienen en todos los trabajos más arriba referenciados (13), en los que se estiman estas relaciones para una muestra amplia de países de la OCDE (que incluye tanto los países desarrollados como países con un nivel de desarrollo inferior).

Sin embargo, en algunos de los trabajos citados, cuando se estima esta relación aisladamente para el grupo de países más desarrollados el coeficiente estimado para la innovación doméstica es superior al de la innovación extranjera. En un trabajo reciente Cubel, Esteve y Sanchis (2010) realizan un ejercicio similar al presentado en este trabajo pero con estimaciones particulares para cada uno de los cinco países más avanzados (Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania, Francia y Japón), obteniendo unas elasticidades de largo plazo de la innovación doméstica que son superiores a las de la tecnología importada en cada uno de los casos.

Nuestros resultados confirman, pues, el importante papel jugado por el conocimiento extranjero en el

crecimiento económico español en el periodo considerado. Este resultado es bastante robusto ya que en tres de las especificaciones utilizadas obtenemos un efecto positivo y significativo. Estos resultados no son sorprendentes, ya que en una economía relativamente atrasada, como lo fue España en el tercer cuarto del siglo XX, especialmente si la comparamos con los líderes tecnológicos, la incorporación de la tecnología extranjera fue una forma sencilla y barata de introducir conocimiento actualizado, que el dedicar los escasos recursos nacionales a promover la investigación autóctona.

Nos gustaría señalar que además del stock de gastos en I+D, también se han utilizado como medidas del stock doméstico de conocimiento el número de patentes nacionales y el número de patentes solicitadas en España, así como el número de graduados por cada 100.000 habitantes de 24 años. Asimismo, para medir el stock de conocimiento extranjero hemos utilizado los gastos de las licencias extranjeras y el número de patentes extranjeras. Los resultados obtenidos confirman, en general, el efecto positivo y significativo del stock de conocimiento extranjero pero se obtiene, en muchos casos, que el stock de conocimiento doméstico afecta negativa y significativamente a la PTF, lo cual es contrario a la literatura. Una explicación plausible de estos resultados es que las medidas de patentes utilizadas pueden no ser una buena medida para aproximar el stock de conocimiento para España (14).

Finalmente, hay que señalar que la inclusión de una medida de capital humano es una forma de captar

el papel de la educación para mejorar la productividad a través de dos vías: mejorando la capacidad de innovar y/o mejorando la capacidad de absorber tecnología extranjera. El resultado del modelo 3 confirma la importancia del capital humano, con una elasticidad del 1.69. Esta elasticidad es mayor que las obtenidas por otros autores para diversas muestras de los países de la OCDE, y más de lo que cabría esperar de España dado su bajo nivel relativo de capital humano. Sin embargo, revela la importancia de la educación para desarrollar una mayor capacidad de absorción de las nuevas tecnologías, aunque sea por la vía de la transferencia de tecnología desarrollada en los países más avanzados.

CONCLUSIONES

Los principales resultados presentados en esta investigación arrojan nueva luz sobre la hipótesis, largo tiempo sostenida para España, acerca del papel superior de la innovación extranjera en la evolución de la productividad española y del débil papel desempeñado por la innovación nacional. En este trabajo se han puesto a prueba estas hipótesis económicamente mediante la estimación de una versión extendida de la especificación de Coe y Helpman (1995), incluyendo además una variable de capital humano (Engelbrecht, 1997).

Para estimar el modelo específico de difusión de la tecnología se han utilizado las técnicas de cointegración de series temporales, estimando la relación de largo plazo entre la *PTF*, el *stock* doméstico de innovación, las importaciones de tecnología extranjera y el capital humano. Esta metodología permite evitar cualquier regresión espuria, manteniendo la información de largo plazo.

Nuestros resultados señalan que la productividad total de los factores, la innovación nacional, la innovación extranjera y el capital humano están cointegradas y confirman que la incorporación de tecnología extranjera a través del comercio ha tenido un impacto positivo sobre la evolución de la *PTF* y que este impacto además se ha visto reforzado por el mayor grado de apertura de la economía española a la economía mundial.

Se obtiene también, que el capital humano ha jugado un papel importante en la evolución de la *PTF*. Esto significa que el notable esfuerzo realizado en España para mejorar el *stock* de capital humano durante el último medio siglo, y que le ha permitido acercarse a la media de los países de la OCDE, ha afectado positivamente a la capacidad de las empresas españolas para aprender y absorber las nuevas tecnologías y ha tenido un impacto favorable y elevado sobre las mejoras en la productividad.

Sin embargo, uno de los aspectos más reseñables de esta investigación es la débil elasticidad de la productividad con respecto a la innovación generada do-

mésticamente. El valor de su elasticidad es siempre inferior al de la innovación extranjera, y cuando se introduce el capital humano en la especificación, deja de ser significativa, debido posiblemente a un problema de multicolinealidad entre ambas variables. Una prueba más de la débil contribución de la innovación doméstica se constata al utilizar otras variables para aproximar tanto la innovación doméstica como la extranjera.

(*) Los autores agradecen los comentarios recibidos de un evaluador anónimo, así como la financiación recibida del IVIE, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (proyectos ECON-04576/ECO2008, ECO2008-06395-C05-03, ECO2008-05908-C02-02ECO2009-08791 y ECO2009-13331-C02-01), de la Generalitat Valenciana (proyectos PROMETEO, 2009/068 y 2009/098), de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (proyecto PEI09-0072-7392) y de la Fundación Séneca-Agencia Regional de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia (proyecto 15363/PHCS/10). Cualquier error que persista es responsabilidad de los autores.

NOTAS

- [1] En Coe, Helpman y Hoffmaister (1997), Keller (1998), Lumenga-Neso *et al* (2005), Xu y Wang (1999), entre otros.
- [2] Por ejemplo: Frantzen (2000), Barrio-Castro *et al* (2002), Crespo *et al* (2004).
- [3] Madsen (2007), construye el *stock* doméstico de conocimiento y las importaciones de conocimiento, a partir de la acumulación de datos de patentes, ampliando el período de estudio a 135 años (1870-2004).
- [4] Madsen *et al.* (2010) para la India.
- [5] En una investigación reciente Coe, Helpman y Hoffmaister (2009) extienden su investigación a más países y más años, e incluyen como variables explicativas adicionales el capital humano y el efecto de variables institucionales.
- [6] Las participaciones factoriales están disponibles desde 1970 en la *Fundación* del BBVA (1999); para los años anteriores se utiliza la distribución de la renta recogida en las sucesivas tablas *input-output* disponibles desde 1954. Esta serie se corrige por las rentas salariales imputadas a los trabajadores por cuenta propia.
- [7] Una de las características más sobresalientes del crecimiento de la economía española, durante la segunda mitad del siglo XX, es que en torno al 70% del mismo podría explicarse por el aumento en la *PTF* (Prados de la Escosura y Rosés, 2009).
- [8] Para una valoración de la utilidad de los datos de patentes como indicadores de innovación es interesante consultar los trabajos de Schmookler (1966), Griliches (1984, 1990) Griliches *et al.* (1987), Schankerman and Pakes (1986), Jaffe *et al.* (2000) y Dennis *et al.* (2001), entre otros. Las series de patentes presentan la ventaja de estar disponibles para una muestra amplia de países de la OCDE durante más de siglo y medio, mientras que las series de I+D presentan como limitación que empiezan a estar disponibles a partir de los 1960 y sólo de manera gradual para un número reducido de países.
- [9] Frente a la agregación propuesta por Coe y Helpman (1995), donde se pondera por el peso de las importaciones procedentes del país *j* en el total de importaciones. Esta medida recoge la composición del comercio de bienes de capital e intermedios, pero tiene la desventaja de que es muy sensible a cambios anuales en el volumen de comer-

- cio procedente de cada país. De forma que suele generar un stock de conocimiento extranjero muy inestable, sujeto a fuertes variaciones anuales.
- [10] La variable de capital humano se ha tomado de la base de datos de Morisson y Murtin (2008), que comprende series del stock de capital humano para 74 países durante el período 1970-2010. Esta serie se ha completado con datos extraído de Doménech y De la Fuente (2006). Para un análisis detallado de la evolución histórica de los indicadores de educación y de la variable capital humano véase Núñez (2005).
- [11] La ventaja de los métodos de cointegración, en los que se estima la relación de las variables en niveles frente a los métodos que estiman las relaciones de largo plazo utilizando especificaciones en diferencias, es que estas técnicas permiten explotar la información relevante sobre la tendencia que comparten las series que se encuentra en los datos en niveles, que desaparece cuando se toman diferencias.
- [12] Para ello, utilizamos una versión modificada de los contrastes de Dickey-Fuller y Phillips-Perron propuestos por Ng y Perron (2001) que resuelven los problemas de los contrastes convencionales para contrastar las raíces unitarias. Estos contrastes modificados son conocidos en la literatura como, $\bar{M}Z_{\alpha}^{GLS}$, $\bar{M}SB_{\alpha}^{GLS}$, y $\bar{M}SB_{\alpha}^{GLS}$. En todos los casos, para seleccionar el lag autorregresivo de truncamiento, utilizamos el criterio información de Akaike modificado (MAIC) como propone Perron y Ng (1996). Véase Ng y Perron (2001) y Perron y Ng (1996) para obtener una descripción detallada de estos contrastes y del criterio de información MAIC.
- [13] Véase Coe y Helpman (1995), Engelbrecht (1997), Coe, Helpman y Hoffmaister (1997), Keller (1998), Lumenga-Neso *et al.* (2005), Xu y Wang (1999), Frantzen (2000), y Madsen (2007), entre otros.
- [14] Estos resultados están disponibles por los autores bajo petición.

BIBLIOGRAFÍA

- AGHION, P. y HOWITT, P. (1992): A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, nº 60, pp. 323-351.
- BARRIO-CASTRO, T., LÓPEZ-BAZO, E. y SERRANO-DOMINGO, G. (2002): New evidence on international R&D spillovers, human capital and productivity in the OECD. *Economic Letters*, nº 77, pp. 41-45.
- COE, D.T. y HELPMAN, E. (1995): International R&D spillovers. *European Economic Review*, nº 39, pp. 859-887.
- COE, D.T., HELPMAN, E. y HOFFMAISTER, A.W. (1997): North-South R&D Spillovers, *Economic Journal*, vol. 107, nº 440, pp. 134-49.
- COE, D.T., HELPMAN, E. y HOFFMAISTER, A.W. (2009): International R&D spillovers and institutions. *European Economic Review*, nº 53, pp. 723-741.
- CRESPINO, J.C., MARTÍN, C. y VELÁZQUEZ, F.J. (2004): The role of International technology spillovers in the economic growth of the OECD countries, *Global economy journal*, vol. 4, nº 2, pp. 1-18.
- CUBEL, A., ESTEVE, V. y SANCHIS, M.T. (2010): International technology difusión through patents during the second half of the XXth Century. IVE, WP-EC 2010-10.
- DOMÉNECH, R. y DE LA FUENTE, A. (2006): Human capital in growth regressions: How much difference does quality data make?. *Journal of the European Economic Association*, nº 4, pp. 1-36.
- ENGELBRECHT, H.J. (1997): International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD countries: An empirical investigation. *European Economic Review*, nº 41, pp. 1479-1488.
- FUNDACIÓN BBVA (1999): Renta Nacional de España y su distribución provincial: serie homogénea. Años 1995 a 1993 y avances 1994 a 1998. Bilbao: Fundación BBVA.
- FRANTZEN, D. (2000): R&D, human capital and international technology spillovers: a cross-country analysis. *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 102, nº 1, pp. 57-75.
- GRILICHES, Z. (Ed.) (1984): R&D, Patents and Productivity. Chicago: University of Chicago Press.
- GRILICHES, Z. (1990): Patent statistics as economic indicators: a survey. *Journal of Economic Literature*, nº 28, pp. 1661-1707.
- GRILICHES, Z., PAKES, A. y HALL, B. H. (1987): The value of patents as indicators of inventive activity. In Dasgupta, P., Stoneman, P. (Ed.) *Economic Policy and Technological Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GROSSMAN, G.M. y HELPMAN, E. (1991): Innovation and growth in the global economy. Cambridge, MIT Press.
- KELLER, W. (1998): Are international R&D spillovers trade-related? Analyzing spillovers among randomly matched trade partners. *European Economic Review*, nº 42, pp. 1469-1481.
- LICHTENBERG, F.R. y VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (1998): International R&D spillovers: A comment. *European Economic Review*, nº 42, pp. 1483-1491.
- LUMENGA-NESO, O., OLEARRAGA y M.SCHIFF (2005): On «indirect» trade-related R&D spillovers, *European Economic Review*, nº 49, pp. 1785-1798.
- MADSEN, J. (2007): Technology spillover through trade and TFP convergence: 135 years of evidence for the OECD countries. *Journal of International Economics*, vol. 72, nº 2, pp. 464-480.
- MADSEN, J., SAXENA, S. y ANG, J. (2010): The Indian growth miracle and endogenous growth. *Journal of development economics*, nº 93, pp. 37-48.
- MORRISSON, C. y MURTI, F. (2008): The century of education. *Paris School of Economics Working Papers*, nº 28.
- NG, S. y PERRON, P. (2001): Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. *Econometrica*, nº 69, pp. 1529-1554.
- NEWKEY, W.K. y WEST, K.D. (1987): A Simple, Positive Semi-definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix, *Econometrica*, nº 55, pp. 703-08.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. (2003): El progreso económico de España, Bilbao, Fundación BBVA.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. y ROSÉS, J.R. (2009): The sources of long run economic growth in Spain, 1850-2000. *Journal of Economic History*, vol. 69, nº 4, pp. 1062-1090.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. y ROSÉS, J.R. (2010): Capital accumulation in the long run: The case of Spain, 1850-2000, *Research in economic history*, nº 27, pp. 93-152.
- RIVERA-BATIZ, L.A. y ROMER, P.M. (1991): Economic integration and endogenous growth. *Quarterly Journal of Economics*, nº 106, pp. 531-555.
- ROMER, P. (1990): Endogenous Technological Change. *Journal of political economy*, vol. 98, nº 5, pp. S71-S102.
- SCHANKERMAN, M. y PAKES, A. (1986): Estimates of the value of patent rights in European countries during the post-1950 period. *Economic Journal*, nº 96, pp. 1052-76.
- SCHMOOKLER, J. (1966): Invention and Economic Growth. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- SHIN, Y. (1994): A Residual-Based Test of the null of cointegration against the Alternative of No Cointegration. *Econometric Theory*, nº 10, pp. 91-115.
- STOCK, J.H. y WATSON, M.W. (1993): A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica*, nº 61, pp. 783-820.
- XU, B. y WANG, J. (1999): Capital goods trade and R&D spillovers in the OECD. *Canadian Journal of Economics*, vol. 32, nº 5, pp. 1258-1274.