

---

# Medio siglo de innovación y transferencia de tecnología en España, 1950-2000\*

● ANTONIO CUBEL

Universitat de València

● VICENTE ESTEVE

Universitat de València y Universidad de la Laguna

● JUAN A. SANCHIS

Universitat de València y ERI-CES

● M. TERESA SANCHIS

Universitat de València e Instituto Figuerola de Ciencias Sociales

## Introducción

«Inventen, pues, ellos y nosotros nos aprovecharemos de sus invenciones. Pues confío y espero en que estarás convencido, como yo lo estoy, de que la luz eléctrica alumbrará aquí tan bien como allí donde se inventó», ponía Unamuno en boca de uno de sus personajes en un texto de 1906.<sup>1</sup> Una situación que todavía hoy se prolonga. Según las estadísticas de 2008 la ratio del gasto en I+D como porcentaje del PIB fue de 1,99% para la media de la Unión Europea a 15 países, de 2,63% para Alemania, 2,02% para Francia y 1,88% para Reino Unido, mientras que en España se situó en tan solo un 1,35%.

Frente a la escasez de innovación doméstica el camino marcado por el personaje de Unamuno plantea una estrategia de desarrollo distinta. La incorporación de tecnología procedente de países más avanzados permite superar las deficiencias del sistema nacional de ciencia y tecnología. El objetivo de este

\* Los autores agradecen los comentarios recibidos de dos evaluadores anónimos, así como la financiación recibida del IVIE, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (proyectos ECO2011-25033, ECO2011-30323-C03-02, ECO2011-30260-CO3-01, ECO2009-8791 y ECO2009-13331-CO2-01), de la Generalitat Valenciana (proyectos PROMETEO, 2012/068 y 2012/098), de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (proyecto PEII09-0072-7392) 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.

1. La frase proviene de *El pórtico del templo* y aparece citada en Angulo Martín.

Fecha de recepción: noviembre 2011

Versión definitiva: junio 2012

Revista de Historia Industrial

N.º 50. Año XXI. 2012.3

trabajo es valorar la importancia de los dos componentes, la innovación doméstica y la transferencia de tecnología extranjera en el desarrollo económico español de la segunda mitad del siglo xx.

La estrategia de desarrollo basada en la incorporación de tecnología exterior ha sido estudiada en el análisis económico y sus efectos contrastados empíricamente. En esta literatura suele distinguirse entre dos grupos de países, los líderes, que son los que crean la tecnología, y los seguidores, que son los que la captan y la introducen en sus procesos productivos. Cuanto mayor sea la diferencia tecnológica entre el país líder y un país seguidor, mayores serán las mejoras potenciales que se podrán incorporar en el país seguidor, y, como consecuencia, mayor será su potencial de crecimiento. Así pues, desde el punto de vista de la política económica, sería conveniente facilitar el proceso de difusión tecnológica eliminando cualquier traba o freno al proceso de *catch-up* tecnológico. Uno de los primeros autores que llamó la atención sobre esta posibilidad fue Abramovitz (1986), quien consideraba que el proceso de transmisión tecnológica genera efectos positivos si existe una «capacidad social de absorción», es decir, un conjunto de factores socioeconómicos referentes al nivel educativo de la población, la organización empresarial, el comportamiento de las instituciones, el grado de apertura internacional, etc., que condicionan el grado de incorporación de la tecnología.

Estas ideas se han incorporado en los modelos de crecimiento endógeno. Algunos de estos modelos destacan el papel de la inversión en I+D en la explicación del crecimiento, subrayando la importancia de los esfuerzos innovadores y de las externalidades del conocimiento en la explicación de la productividad y del crecimiento de los países.<sup>2</sup> Una característica común en todos estos trabajos es suponer que el conocimiento genera externalidades (*spillovers effects*) que se propagan entre los distintos sectores de una economía y entre países, en el caso de economías abiertas. Si los gastos en I+D generan bienes intermedios nuevos o simplemente mejoran la calidad de los ya existentes, y estos 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.<sup>3</sup>

En un influyente trabajo Coe y Helpman (1995) demostraron que no solo la innovación doméstica tenía un impacto positivo sobre la evolución de la Productividad Total de los Factores (en adelante PTF), sino que también el stock de conocimiento generado en el extranjero tenía efectos beneficiosos so-

2. Véase Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992), entre otros.

3. Rivera-Batiz y Romer (1991).

bre la productividad, y que estos eran tanto mayores cuanto más abierta se encontraba una economía al comercio exterior.<sup>4</sup>

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, como media, 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 se inserta dentro de un proceso de cambio institucional y de progresiva apertura al exterior, que ha favorecido la transferencia de tecnología extranjera. Este proceso que se inició tímidamente con los Pactos de Madrid en 1953, tomó fuerza con las medidas liberalizadas del Plan de Estabilización de 1959 y se ha afianzado en las últimas décadas con el proceso de integración europeo y con la creciente globalización de la economía mundial. Simultáneamente, han tenido lugar otros cambios que han mejorado las condiciones socioeconómicas bajo las cuales se ha producido la transferencia de tecnología, como son la mejora del nivel educativo de la población o el desarrollo de una infraestructura pública de apoyo a la inversión en I+D.

En este trabajo se analizan los determinantes de la evolución de la PTF relacionados con la innovación, centrando la atención en la importancia relativa de la innovación doméstica y de la transferencia de tecnología extranjera, que se han captado a través de distintas variables. Para ello se estima una versión ampliada de la especificación empírica de Coe y Helpman (1995), que incorpora como variable de control el capital humano. El análisis econométrico se apoya en técnicas de cointegración avanzadas para el análisis de series temporales, que permiten evitar cualquier regresión espuria, manteniendo la información de largo plazo entre las variables.

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 robusta entre la difusión internacional de tecnología y la evolución de la PTF en España. El papel de la tecnología extranjera parece haber sido más importante en la evolución de la PTF española que el de la innovación doméstica. Estos resultados tienden a confirmar una hipótesis tradicionalmente defendida en la explicación del crecimiento de la economía española que resalta la elevada dependencia de la tecnología extranjera y la escasa capacidad endógena de generar innovación. Asimismo, la productividad pre-

4. A este trabajo le siguieron otros estudios que, tomando como referencia una amplia muestra de países de la OCDE, profundizaban en el estudio de esta relación: Coe, Helpman y Hoffmaister (1997), Keller (1998), Lumenga-Neso *et al.* (2005) y Xu y Wang (1999), entre otros. Más recientemente, Coe, Helpman y Hoffmaister (2009) han incorporado variables que controlen por factores relacionados con la «capacidad social de absorción», como son el capital humano o el efecto de las instituciones sobre la generación y difusión de conocimiento.

senta una elevada elasticidad respecto a la variable de capital humano, necesaria no solo para la asimilación y adaptación de la tecnología foránea sino también para la realización de innovación propia.

El resto de este artículo se organiza en las siguientes secciones. En la sección 2 se revisa la evolución de la innovación en España. En la sección 3 presentamos el modelo empírico y describimos los datos. La metodología utilizada así como los resultados más relevantes se presentan en la sección 4. Finalmente, la sección 5 recoge las principales conclusiones.

### **Evolución de la innovación en España**

La evolución de la economía española durante la segunda mitad del siglo xx puede dividirse en dos grandes periodos. El primero abarcaría desde principios de los años cincuenta hasta el año 1973; y el segundo, comprendería los años desde el estallido de la crisis del petróleo hasta el final de siglo. Durante la primera etapa destaca la década de los sesenta porque durante la misma no solo se alcanzaron elevadas tasas de crecimiento de la producción y de la productividad, sino que además se avanzó notablemente en la modernización de la estructura productiva, logrando abandonar España su tendencia divergente frente a los países más avanzados. Una de las características más relevantes de este crecimiento fue que en torno al 70% del mismo podría explicarse por el aumento en la PTF.<sup>5</sup> Es decir, que las mejoras en la productividad asociadas al cambio técnico y a un uso más eficiente de los recursos, superaron en importancia al aumento en la cantidad utilizada de factores, derivada tanto de una fuerte capitalización de la economía como de una notable creación de empleo (fundamentalmente en el sector industrial y de la construcción).<sup>6</sup>

Durante la segunda etapa, los efectos de la crisis del petróleo se dejaron sentir con mayor intensidad que en otros países y la recuperación fue más lenta, aunque el balance de este último cuarto de siglo siguió siendo favorable, pues en los últimos quince años el crecimiento económico fue superior al del resto de los países europeos.<sup>7</sup> En estos años España se benefició no solo de un entorno internacional caracterizado por bajos precios de la energía, bajos tipos de interés y significativos avances tecnológicos (fundamentalmente en el

5. Prados de la Escosura y Rosés (2009) analizan las fuentes del crecimiento de la economía española a lo largo del periodo 1850-2000, distinguiendo diversas etapas.

6. La contribución de la PTF al crecimiento durante los años del milagro económico español, 1960-1973, ha sido explorada por distintos autores, concluyendo todos ellos que esta fue superior al 60%. Entre estos trabajos cabe citar Myro (1983), Cebrián (2001), Pérez *et al.* (1996) para 1964-1991, Suárez (1992) y Raymond (1995). Para una aproximación sectorial a este tema, véase Sanchis (2006).

7. Betrán, Cubel, Pons y Sanchis (2010).

campo de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, TIC), sino también de su creciente integración en la economía internacional.

En general, para todo el periodo, las mejoras en la eficiencia han sido más importantes que la acumulación de factores de producción en la explicación del crecimiento. Estas mejoras en la eficiencia requieren de cierto grado de progreso tecnológico, que puede alcanzarse bien a través de la generación de innovación propia, bien a través de la transferencia de tecnología extranjera. La escasez de recursos domésticos destinados a la inversión en I+D y el relativamente bajo nivel de capital humano han dado como resultado una escasa capacidad patentadora por parte de la economía española, que se ha convertido en el principal reflejo de su escasa capacidad para generar innovación propia. Por ello, la incorporación de tecnologías desarrolladas en el extranjero ha ocupado siempre un lugar destacado en la explicación del crecimiento durante la segunda mitad del siglo xx. España se presenta, especialmente en los años del llamado «milagro económico español», como un país seguidor en el que, dado su atraso económico y los escasos recursos dedicados a innovación, la imitación y la importación de tecnología extranjera constituía la mejor alternativa para asegurar el crecimiento y la convergencia con los países más avanzados de su entorno. El modelo de incorporación de innovaciones fraguado durante esta etapa se ha convertido, además, en un referente para explicar la escasa capacidad innovadora que actualmente tiene la economía española.<sup>8</sup>

En los diversos trabajos publicados sobre la modernización de la economía española del último medio siglo se pueden encontrar referencias al papel desempeñado por los principales canales de transferencia de tecnología entre países como son el comercio internacional, especialmente el de maquinaria y de bienes de equipo, la Inversión Extranjera Directa (IED) y el pago por el uso de patentes y licencias tecnológicas de otros países. En particular, el comercio internacional<sup>9</sup> no se convirtió en una vía destacada de incorporación de nuevas tecnologías hasta la década de los sesenta, pues durante los años cuarenta y cincuenta, las políticas económicas intervencionistas y de control de los mercados<sup>10</sup> mantuvieron los intercambios comerciales con el exterior en unos niveles excepcionalmente bajos. Entre las partidas de importación más

8. López y Valdalisó (2001), p. 331: «las raíces de nuestro atraso actual en nuestra capacidad innovadora se encuentran en el conjunto de políticas desplegadas durante el franquismo que favorecieron la protección a ultranza frente a la competencia...; y la imitación y la copia frente a la mejora y la innovación...».

9. El papel del comercio internacional como vía de difusión de tecnología, a través de los *spillovers* internacionales, queda recogido en los modelos de crecimiento endógeno desarrollados por Rivera-Batiz y Romer (1990) y Grossman y Helpman (1991).

10. Barciela (2003) analiza la intervención en los mercados interiores y Serrano y Asensio (1997) analizan la intervención en los mercados de divisas, de productos y de factores. Las importaciones se mantuvieron por debajo de la mitad del nivel de 1935 hasta 1949, y el grado de apertura, medido como el cociente entre la suma del valor de las importaciones y las exportaciones en relación con el PIB, cayó hasta niveles del 3% (Carreras y Tafunell, 2003).

afectadas se encontraban las de maquinaria y bienes de equipo e intermedios, cuya importación quedó supeditada a la disponibilidad de divisas. Esto no solo dificultó la reactivación de la economía, sino que además frenó el proceso de transferencia de tecnología y de modernización económica.

La situación empezó a mejorar en la década de los cincuenta con la llegada de la ayuda americana,<sup>11</sup> el aumento de las exportaciones hacia una Europa en plena recuperación económica y la demanda generada por la Guerra de Corea. El volumen total de importaciones recobró dinamismo, aliviando algunos cuellos de botella en la producción doméstica. Con todo, la llegada de recursos del sector exterior se mostró insuficiente para financiar la creciente demanda de bienes de importación que el desarrollo industrial generaba. Los nuevos sectores manufactureros necesitaban proveerse de maquinaria y materias primas de importación, pero se mostraban incapaces de exportar.<sup>12</sup>

Fue a raíz del Plan de Estabilización de 1959 y de su impulso liberalizador sobre la política comercial cuando las importaciones de bienes de alto contenido tecnológico (maquinaria y bienes de equipo, material eléctrico y material de transporte) tomaron fuerza, facilitando el acceso a bienes más avanzados tecnológicamente. Este relanzamiento de las importaciones tuvo un impacto favorable sobre la inversión y sobre la renovación y modernización del stock de capital.<sup>13</sup> Asimismo, las diversas medidas liberalizadoras favorecieron el aumento de la PTF a partir de entonces.<sup>14</sup>

Ese proceso se vio, además, especialmente favorecido por la liberalización de la entrada de capital extranjero, que favoreció el aumento de la Inversión Extranjera Directa (en adelante, IED). Entre 1959 y 1973 más del 20% de la inversión bruta industrial en España procedió del exterior.<sup>15</sup> La historia empresarial ha demostrado que la IED ha sido una de las vías más importantes de incorporación de nueva tecnología, incluso durante el periodo autárquico en el que la participación del capital extranjero en las firmas españolas quedó restringida por ley a tan solo el 25%. En los años de la autarquía, el capital y la tecnología extranjera siguieron estando muy presentes en las empresas españolas, bien a través de la ocultación de la verdadera titularidad de los activos, bien a través de acuerdos de las empresas públicas del Instituto Nacional

11. La historiografía económica ha sido generalmente optimista respecto a las consecuencias de la ayuda americana. Sin embargo, Calvo (2001) es más crítico y considera que su efecto sobre el aumento de las importaciones fue muy limitado, pues la mayor parte de la ayuda se destinó a la compra de inputs y de alimentos, y no tanto a la importación de nueva maquinaria que podría haber mejorado la capacidad productiva de la economía española. Sin embargo, este autor resalta el impacto favorable que tuvo sobre las expectativas empresariales.

12. Donges (1976).

13. Cubel y Sanchis (2007) encuentran una relación positiva entre la liberalización de las importaciones, el abaratamiento relativo de los bienes de equipo y el aumento de la tasa de inversión.

14. Prados de la Escosura, Rosés y Sanz-Villarroya (2011).

15. Carreras y Tafunell (2003).

de Industria (INI) con firmas extranjeras y constituyen una prueba más de la elevada dependencia tecnológica de las empresas españolas respecto de sus matrices extranjeras.<sup>16</sup>

La regulación sobre inversiones extranjeras en España se relajó notablemente a lo largo de los años cincuenta, a través de la concesión de autorizaciones puntuales en sectores estratégicos para el desarrollo industrial. Asimismo, la ayuda americana permitió restablecer las relaciones de la economía española con los países más avanzados, y obtener asistencia técnica a través de un conjunto de programas oficiales y de contratos privados que ayudaron a diseminar en España las ideas asociadas al modelo americano de organización empresarial.<sup>17</sup>

Pero no fue hasta el Plan de Estabilización de 1959 cuando la IED tomó verdadera fuerza gracias a un marco regulador más permisivo con este tipo de inversiones.<sup>18</sup> El límite de participación libre se amplió hasta el 50% del capital social, y podía ser incluso superior con la autorización del Consejo de Ministros. Los inversores estadounidenses fueron los principales inversores, seguidos por los franceses y alemanes y, en menor medida, por los suizos y británicos. Un cuarto de siglo más tarde, con la integración española en la Comunidad Económica Europea se dio un nuevo impulso a la entrada de inversiones extranjeras. El capital procedente de Europa, especialmente de Alemania y de Francia, tomaba un impulso adicional y dejaba en un segundo plano al procedente de los Estados Unidos.<sup>19</sup>

Adicionalmente, el trato liberalizador se extendió a otras modalidades de incorporación de tecnología extranjera, como los contratos de asistencia técnica, patentes o licencias de fabricación. A partir de 1959 las patentes concedidas a no residentes recuperaron la hegemonía que habían tenido antes de la

16. En las últimas décadas, en diversos trabajos se analiza el tema de la presencia del capital extranjero en España durante los años de la autarquía (Tascón, 2003; Calvo, 2008; Puig y Álvaro, 2004; Puig, 2003; Puig y Castro, 2009). Torres (2003) demuestra que la presencia de sociedades extranjeras en España se redujo de 132 en 1945 a 90 en 1959. Por lo que respecta a la empresa pública, el INI firmó alianzas estratégicas con empresas extranjeras para asegurarse la transferencia de tecnología en sus nuevas actividades, tales como la industria del automóvil, la industria eléctrica o la petroquímica (Martín Aceña y Comín, 1991; Gálvez y Comín, 2003).

17. La ayuda americana suavizó las restricciones de la Balanza de Pagos y tuvo un impacto favorable sobre las expectativas empresariales (Calvo, 2007), permitió sostener el interés de las empresas americanas por invertir en España (Puig, 2003) y abrió una vía para la admisión de España en las instituciones internacionales (González, 1979). Puig (2003) resalta que la ayuda, a pesar de su modestia, fue la vía más importante de transferencia de tecnología en los años cincuenta, y que ayudó a círculos empresariales abiertos al exterior. Puig y Álvaro (2004) estudian los efectos de la ayuda americana en el desarrollo de la ayuda técnica a través de programas oficiales, contratos e inversiones privadas, que ayudaron a la transferencia de tecnología americana. Puig y Fernández (2003) analizan la influencia de las escuelas de negocios, creadas con el apoyo de esta ayuda, en la modernización de la estructura de las empresas y en el desarrollo de la educación superior.

18. Muñoz, Roldán y Serrano (1978).

19. Puig, Álvaro y Castro (2008).

Guerra Civil. Estas, que en 1935 representaban en torno al 50% del total de las patentes concedidas en España, habían reducido su presencia a un 30% en los años cincuenta.<sup>20</sup> A partir de 1959 su presencia alcanzó de nuevo valores cercanos a la mitad del total y llegó a más del 80% en los años setenta y ochenta. Desde 1960 las patentes estadounidenses han sido las dominantes, coincidiendo con el incremento de inversiones de las multinacionales americanas en España, y le han seguido en importancia las de origen alemán, francés, británico y japonés.

De hecho, la compra de tecnología extranjera ha sido considerada un factor decisivo de crecimiento en los años del «milagro económico».<sup>21</sup> Al relanzamiento de las patentes concedidas a extranjeros habría que añadir el aumento de los contratos de licencia y asistencia técnica, por un lado, y de los contratos de solo licencia, por otro.<sup>22</sup> Durante los años sesenta los contratos de licencia y asistencia técnica se utilizaron para incorporar tecnologías más avanzadas y complejas. Fueron las industrias con un mayor grado de concentración del mercado, y por tanto, las más protegidas por la acción reguladora del gobierno, las que más gastaron en nuevas tecnologías. Con este tipo de contratos no solo se transferían los derechos sobre el uso del conocimiento, sino que además se proveían servicios de asistencia técnica que facilitarían la incorporación de la nueva tecnología. Esta forma de transferencia de tecnología contrarrestó los bajos niveles de cualificación de la mano de obra autóctona, a través de la instrucción y de la asistencia técnica que proporcionaban los técnicos extranjeros.<sup>23</sup> En el caso de tecnologías extranjeras más estandarizadas o maduras, cuyo conocimiento científico era más fácilmente adaptable, se utilizaban las licencias como forma de transferencia de tecnología. En este caso, el nivel de cualificación del capital humano necesario para comprender y aplicar la nueva tecnología no era muy elevado. Una prueba de la importancia relativa de estas formas de incorporación de tecnología, ha sido el signo negativo que ha presentado tradicionalmente el componente tecnológico de la Balanza de Pagos.

20. Sáiz (2005) matiza que entre las patentes que figuran como registradas por residentes hubo siempre españoles que se dedicaron a registrar tecnología extranjera, conocidas como «patentes de introducción», o incluso técnicos y empresarios extranjeros que, tras establecerse como residentes en España, solicitaron el registro de patentes. Por lo que el porcentaje de patentes extranjeras podría ser incluso mayor.

21. Según Cebrián y López (2004), en 1963 España pagó 33 millones de dólares por el uso de licencias extranjeras y 1,3 millones de dólares por asistencia técnica. En 1973, dichas cantidades ascendieron a 133 millones y 105,1 millones, respectivamente. Adicionalmente, España gastaba más en la compra de tecnología extranjera que en la generación de tecnología propia.

22. Cebrián (2005) describe las diferencias entre ambos tipos de contrato y analiza la relación entre ambas pautas de adquisición de nuevas tecnologías, el tamaño de las empresas y su poder de mercado.

23. Cebrián y López (2004) estiman que los pagos por asistencia técnica llegaron a representar como media un 10% del total de los costes del proyecto de construir o ampliar una nueva planta industrial, y un 23% de los gastos totales de importación de maquinaria y equipo.



El hecho de que la estrategia dominante para la incorporación de nuevas tecnologías, auspiciada en parte por los incentivos de la política de apoyo a la innovación, haya sido la transferencia de tecnología extranjera antes que la inversión en la generación de innovaciones propias, no significa que se hayan descuidado otros aspectos del proceso de innovación. Entre las funciones de una política de apoyo a la innovación estarían, además, la provisión de un gasto en I+D para generar conocimiento propio, y el desarrollo de una estructura competente de mano de obra para ser utilizada tanto en la innovación como en el desarrollo de actividades de I+D, además de otras tareas destinadas a favorecer una adaptación flexible a la innovación.<sup>24</sup>

De hecho, a lo largo de la segunda mitad del siglo xx la inversión doméstica en I+D ha aumentado lenta pero progresivamente. Durante los años del franquismo la inversión en I+D fue muy baja e insuficiente para promover la generación de innovación doméstica. Los primeros datos oficiales sobre el volumen de recursos movilizados por las actividades de I+D en España datan de 1964, a raíz del informe de la OCDE sobre la situación de la investigación científica y técnica en diversos países. En 1964 el gasto total en I+D como porcentaje del PIB fue del 0,13%, en 1975 fue del 0,35%, en 1986 del 0,61% y en el año 2000 de tan solo el 0,90%. Sin embargo, estos progresos parecen a todas luces insuficientes si se los compara con los niveles alcanzados por otros países. Así, por ejemplo, en el año 2000, la media de la Unión Europea se situaba en el 1,75% del PIB y países como Francia y Alemania superaban el 2%.

El apoyo del sector público a las tareas de innovación científica y tecnológica ha ido redefiniéndose lentamente a lo largo de la segunda mitad del siglo xx. En los primeros años del franquismo se crearon algunos de los órganos tradicionales de la política española de innovación, como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en 1939, y la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica (CAICYT) en 1958. Esta actuación se completó en 1963 con la creación de la Comisión Delegada del Gobierno de Política Científica, que buscaba lograr una mayor coordinación a nivel administrativo entre las diferentes instancias que participaban en el apoyo a la innovación. La principal debilidad de la política de innovación fue la persistente falta de recursos y el uso sesgado que se hizo de los mismos en favor de la investigación técnica y en contra de la investigación científica de base.<sup>25</sup> Pero ante todo estos organismos adolecieron de una gran descoordinación.

En el periodo democrático, los sucesivos gobiernos han mostrado un interés más explícito en desarrollar políticas activas de apoyo a la I+D, y se ha ido

24. Edquist (2005) define los «Sistemas de Innovación» (SI), como el conjunto de instituciones y organizaciones que interactúan para dotar a las economías de capacidad para generar y absorber innovación.

25. Véase López (1992) y Sanz y López (1997).

configurando un marco organizativo más complejo, al que se han sumado también las numerosas iniciativas de las administraciones autonómicas. Las sucesivas reformas de la legislación relativa al desarrollo de la innovación han tendido a potenciar la coordinación y unidad de esfuerzos entre todos los organismos e instituciones públicas vinculadas al proceso de cambio técnico y han llevado a una mayor participación de las universidades en este proceso. A este interés hay que añadir la presión de las instituciones europeas y de la OCDE para que España mejore sus cifras de apoyo a la innovación.

Adicionalmente, tal como veremos más adelante, en este medio siglo se ha realizado un notable esfuerzo en la inversión en capital humano. Los años medios de escolarización de la población española casi se han duplicado, pasando de 5,15 años en 1950 a 9,5 en el año 2000, aumentando de forma notable el porcentaje de población con estudios superiores. La educación y el desarrollo de sistemas de adiestramiento de la mano de obra ayudan a generalizar y difundir el conocimiento, y convierten a los trabajadores en capital humano. La cualificación de la mano de obra, el desarrollo de sus habilidades y competencias, facilita la absorción de aquella parte del conocimiento que es codificable, pero sobre todo es fundamental para absorber el conocimiento tácito o no codificable. Y aunque los resultados son positivos en cuanto al aumento de la cualificación media de la mano de obra española a lo largo de este medio siglo, sin embargo, persiste la sensación de que se ha formado un capital humano de calidad media, y de que se carece de una masa crítica de ingenieros y científicos suficientemente formados para desarrollar iniciativas propias de I+D.

Si tomamos como referencia los datos sobre patentes para valorar los avances en innovación propia, los resultados son bastante desalentadores. España sigue situándose a la cola de la Unión Europea. En el año 2000, mientras que en España se presentaban 20 patentes por cada 1.000 habitantes ante la European Patent Office, la media de la Unión Europea a 27 países era de 126, y países como Alemania, Suecia, Holanda o Finlandia superaban las 200 patentes.

En el trabajo empírico que se presenta en los siguientes apartados nos cuestionamos qué parte de las mejoras en productividad es atribuible a la innovación propia y qué parte a la innovación foránea. El objetivo es valorar si, como parecen apuntar los distintos trabajos reseñados, el avance de la productividad agregada sigue estando dominado por la incorporación de tecnología foránea.

### **Modelo empírico, datos y descripción de las variables**

A continuación se analizan los determinantes de la evolución de la PTF relacionados con la innovación desde una perspectiva macroeconómica, in-

tentando extraer la relación de largo plazo entre la evolución de la productividad y la innovación, y distinguiendo entre la importancia relativa de la innovación doméstica y la transferencia de tecnología foránea. Para ello utilizamos la especificación de Coe y Helpman (1995) ampliada para incorporar el capital humano como variable de control.<sup>26</sup> Así tenemos:

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

donde  $PTF_t$  representa la Productividad Total de los Factores en el año  $t$ ,  $S_t^d$  el stock doméstico de innovación,  $S_t^e$  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  $\varepsilon_t$  es el término de error. Este modelo permite incorporar la generación de externalidades internacionales de conocimiento a través de las importaciones, tal como se hace en Coe y Helpman (1995).

El stock de conocimiento extranjero ( $S_t^e$ ) es la suma ponderada de los stocks domésticos de conocimiento de otros países. El conocimiento lo medimos de dos formas, con datos de I+D (1964-2000) y con datos de patentes (1953-2000).<sup>27</sup> 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  $j$ . De esta forma se recogen los *spillovers internacionales*, que tratan de ver en qué medida la tecnología generada en el extranjero, y transmitida fundamentalmente a través del comercio de maquinaria y de bienes de equipo, puede tener una influencia sobre la productividad doméstica. Adicionalmente, la llegada de tecnología extranjera se aproximará también utilizando los pagos por el uso de licencias y patentes extranjeras.

Tal 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 suficientemente recogido en la construcción del stock extranjero de conocimiento, y por esta razón proponen multiplicar esta variable por la propen-

26. En una investigación reciente Coe, Helpman y Hoffmaister (2009) incluyen como variables explicativas adicionales el capital humano y el efecto de variables institucionales. Después de controlar por el capital humano, encuentran que la innovación, tanto doméstica como extranjera, tiene un impacto positivo sobre la PTF, y que las diferencias institucionales entre países se perfilan como determinantes importantes de la PTF y del grado en que las externalidades generadas por la innovación afectan a la PTF.

27. Las series construidas con datos de I+D arrancan en 1964, primer año para el que el INE publica este tipo de datos. Los datos de patentes están disponibles desde 1870 en la World International Patent Office. Las series de stocks de patentes se construyen a partir de 1953 porque es el primer año para el que disponemos de importaciones bilaterales de maquinaria y bienes de equipo, que es la variable utilizada en la ponderación cuando se construyen los stocks extranjeros de conocimiento tal como se indica, más adelante, en la ecuación (2).

sión a importar del propio país  $i$  ( $m_{ij}$ ), recogiendo así de forma explícita el efecto del grado de apertura exterior sobre la evolución de la PTF.

### *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 las relaciones de largo plazo entre determinadas variables macroeconómicas. Así, se puede construir una serie histórica que recoja la evolución de la PTF, y otras series históricas que nos permitan aproximar la incorporación de tecnología foránea, la creación de tecnología propia y la capacidad de la economía española para desarrollar y asimilar esa tecnología. A continuación se describe cómo se construye cada una de estas variables y cuál ha sido su evolución a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, comparándola con la evolución de la misma variable en otros países avanzados.

La PTF se define como el logaritmo del PIB menos una media ponderada de los inputs trabajo ( $L_t$ ) y capital ( $K_t$ ), y se ha calculado a partir de las series históricas del PIB de Prados de la Escosura y Rosés (2005), 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 nacional.<sup>28</sup>

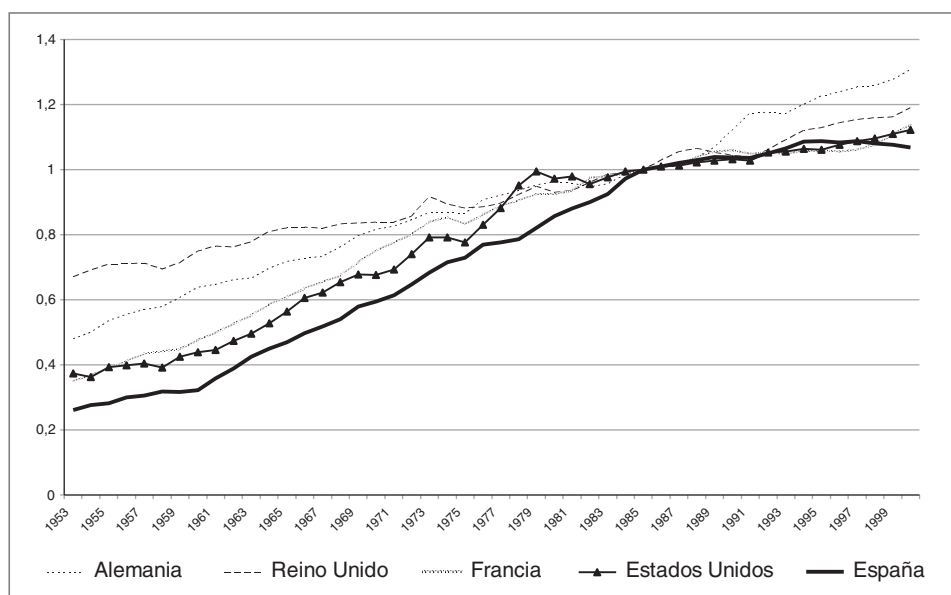
En el gráfico 1 se compara la evolución de la PTF española con la de los cinco países más avanzados (Estados Unidos, Reino Unido, Francia y Alemania). El incremento de la PTF durante todo el periodo ha sido muy notable en todos los países,<sup>29</sup> destacando España como uno de los países donde más se ha incrementado esta magnitud hasta 1981. Después del segundo shock del petróleo se observa un estancamiento en el crecimiento de la productividad en todos los países, que consigue repuntar ligeramente en la década de los noventa, aunque este no es el caso de España.

Para medir el stock de conocimiento utilizamos diversas variables. En primer lugar, el stock doméstico de conocimiento se ha calculado a partir de los gastos acumulados en I+D del total de la economía, siguiendo el método de inventario permanente (suponiendo una tasa de depreciación del 5%).<sup>30</sup> Los

28. Las participaciones factoriales están disponibles desde 1970 en el Servicio de Estudios 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.

29. La construcción de la PTF para estos países se puede ver en Cubel, Esteve y Sanchis (2010).

30. La tasa de depreciación del 5% es la habitual en esta literatura. Como demuestran Coe y Helpman (1995) y Madsen (2007), la modificación de la tasa no variaría los resultados.

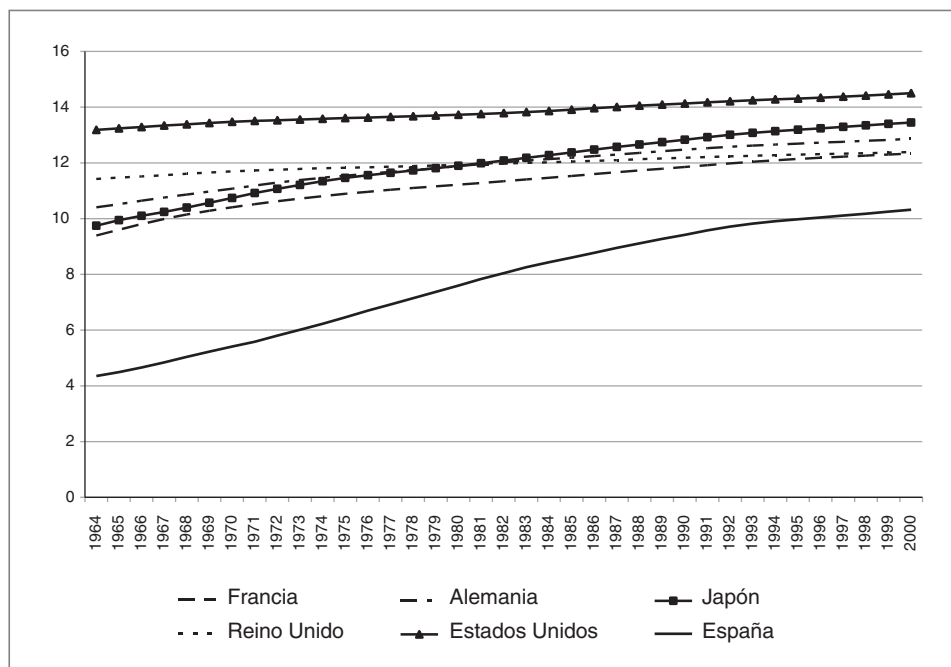
**GRÁFICO 1** • *Productividad Total de los Factores (1985=1)*

datos se han extraído de la publicación del INE *La estadística de I+D en España: 38 años de historia (1964-2001)* y corresponde a los gastos en innovación del total de las administraciones públicas, la enseñanza superior y las empresas privadas. El stock doméstico de I+D en España ha crecido en torno a un 18% entre 1964 y 2000, tal como se observa en el gráfico 2. Sin embargo, los resultados siguen siendo muy decepcionantes cuando se comparan con los niveles alcanzados por otros países, pues el stock doméstico de conocimiento acumulado por España queda todavía por debajo del stock doméstico generado por los países más avanzados. El aspecto positivo que hay que reseñar es el progresivo acercamiento a los niveles de los países más avanzados, aunque cada vez a un ritmo más lento.

Adicionalmente, se utiliza una segunda especificación del stock de conocimiento doméstico calculado a partir de los datos sobre patentes solicitadas por residentes. Estos datos proceden de la World Intellectual Property Organization (WIPO) Statistics Database. Las patentes se han convertido en un indicador habitual de la actividad inventiva cuando no se dispone de datos de I+D, especialmente para la etapa anterior a los años sesenta, pues tienen la ventaja de recoger información desde hace más de ciento cincuenta años y para un gran número de países, incluidos los menos desarrollados.<sup>31</sup>

31. Sin embargo, conviene tener presentes algunas consideraciones al utilizar esta variable. En primer lugar, no todos los inventos son patentados puesto que hay otras alternativas a

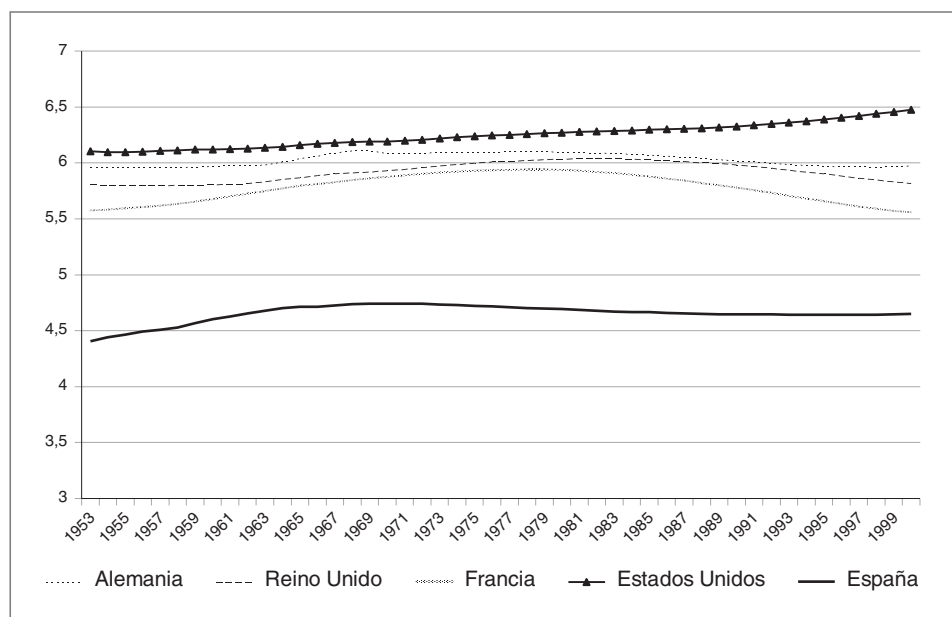
**GRÁFICO 2** • Stock doméstico de I+D (Logaritmos, en dólares de Estados Unidos de 1998 y PPP)



En el gráfico 3, se representa la evolución del stock nacional de patentes. Este se ha construido igual que la serie de stock de I+D, pero en este caso se han acumulado patentes desde 1870 y se ha aplicado una tasa de depreciación del 5%.<sup>32</sup> En la serie resultante se distinguen dos periodos; el primero comprende desde los años cincuenta hasta la crisis económica de los setenta, y el segundo comienza con la crisis del petróleo y se caracteriza por una fuerte caída en el stock de conocimiento. Esta caída de la serie a partir de mediados de

disposición de los inventores para proteger sus invenciones, tales como el secreto comercial. En segundo lugar, un pequeño número de patentes recoge la mayor parte del valor generado por la innovación. Tercero, los sistemas de patentes para proteger las invenciones varían en los diferentes países e industrias. En cuarto lugar, las diferencias en las estrategias de los solicitantes dificultan las comparaciones directas de las estadísticas de patentes entre países. En quinto lugar, debido al incremento en la internacionalización de la I+D, la investigación puede llevarse a cabo en un lugar, y la protección de la invención en otro diferente. Y, por último, las transferencias de solicitudes de patentes dependerán de varios factores, tales como los flujos de comercio, la presencia de inversión extranjera directa, el tamaño del mercado de un país, etc.

32. Se utilizan datos de patentes solicitadas, en vez de datos de patentes concedidas, ya que esta medida se considera más apropiada para hacer comparaciones internacionales debido a que la frecuencia en la concesión de una patente suele ser muy variable entre países, lo cual dificulta las comparaciones (Griliches, 1990).

**GRÁFICO 3** • Stock nacional de conocimiento (medido a través de las patentes 1953-2000) (Logaritmos)

los setenta refleja tanto la reducción en las solicitudes durante la crisis, como la internacionalización del proceso de concesión de patentes y el consiguiente cambio en el modo de patentar con la apertura de la Oficina Europea de Patentes (EPO).<sup>33</sup> Sin embargo, cabe señalar que, incluso corrigiendo por este sesgo, no se altera demasiado el perfil de la serie del stock doméstico de patentes en ninguno de los países europeos, pues en todos ellos el stock doméstico de patentes cae desde mediados de los ochenta, mientras que en los Estados Unidos sigue aumentando. Lo más relevante del caso español es la enorme distancia que separa al stock de patentes español del stock del resto de los países, lo cual demuestra la escasa capacidad innovadora de la economía española.

Para medir la incorporación de tecnología extranjera a través de los *spillovers* tecnológicos incorporados en los flujos de comercio se utiliza la aproximación de Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998):

33. Esta oficina creada en 1973, pero en funcionamiento desde 1985, abre la posibilidad de poder patentar a nivel europeo a través de una única solicitud, en la que el solicitante hace referencia a los países miembros de la UE en los que se desea aplicar la protección. Un efecto similar se consigue con el PCT (Patent Cooperation Treaty), que ha cambiado las estrategias para la protección de las innovaciones. Esto implica que patentes que antiguamente se solicitaban a nivel doméstico, ahora pasen directamente a solicitarse a nivel europeo, y que, por lo tanto, no se recojan a nivel nacional, lo cual explicaría parte de la caída del stock nacional de patentes en todos los países europeos. Efecto que no se observa en el caso de los Estados Unidos.

$$S_{it}^{e,LP} = \sum_{j=1}^J \frac{M_{ijt}}{Y_{jt}} S_{jt}^d \quad (2)$$

donde  $M_{ijt}$ <sup>34</sup> es el flujo de importaciones de bienes y servicios de alto contenido tecnológico del país  $i$  procedentes del país  $j$  en el periodo  $t$ ,  $Y_{jt}$  es el PIB del país  $j$  en  $t$ , y  $S_{jt}$  es el stock de conocimiento del país  $j$ . El stock de conocimiento lo construimos a través de dos variables: en primer lugar, a través de los gastos en I+D y, en segundo lugar, a través del stock de patentes de cada país. Con esta fórmula se recoge tanto la intensidad tecnológica del país exportador ( $S_{jt}/Y_{jt}$ ), como la dirección de los *spillovers* internacionales de conocimiento a través del comercio bilateral ( $M_{ijt}$ ).<sup>35</sup> Según esta forma de ponderar, el conocimiento o tecnología generada en el extranjero que llegue al país  $i$  dependerá de la dirección del comercio, es decir, de cuánto compre el país  $i$  a cada país  $j$ , y de la intensidad tecnológica de cada uno de los países  $j$  con los que comercia. Adicionalmente, se puede hacer otra lectura de la ecuación 2, es decir, el conocimiento generado en un país extranjero tiene una influencia en el país  $i$  a través de la fracción del output del país  $j$  que es exportada al país  $i$ . Según esta medida, un país se beneficiará en mayor medida de las innovaciones desarrolladas en el extranjero cuanto mayor sea la proporción de bienes de cada país  $j$  que le lleguen a través del comercio.

En la agregación se utilizan 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.<sup>36</sup> Con esta forma de medir la transferencia de tecnología lo relevante no son las importaciones de maquinaria y bienes de equipo, sino el stock de conocimiento del país  $j$  ( $S_{jt}$ ), donde las importaciones aparecen como el canal de transmisión de un conocimiento más general que el estrictamente incorporado en el bien importado.

La evolución del stock exterior de conocimiento calculado con datos de I+D se presenta en la figura 4. En general, este crece en España de forma similar a como lo hace en el resto de los países. La evolución ascendente de esta

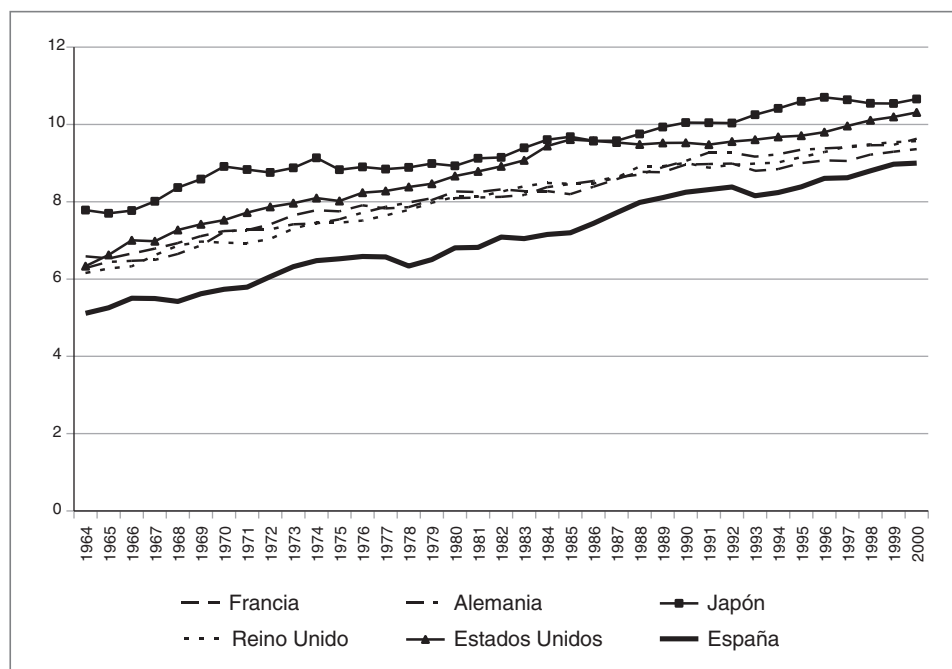
34. Esta es la opción sugerida en Coe, Helpman y Hoffmaister (1997) y Xu y Wang (1999). Las importaciones bilaterales de maquinaria y bienes de equipo para los años 1953 a 1962 se han extraído de la publicación de las Naciones Unidas, *Yearbook of International Trade Statistics*, y para los años siguientes, 1963-2000, de Feenstra *et al.* (2005).

35. Esta agregación propuesta por Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998) surge frente a la agregación propuesta por Coe y Helpman (1995), en la que se pondera solo por el peso de las importaciones procedentes del país  $j$  en el total de importaciones de bienes de alto contenido tecnológico del país  $i$ . La agregación de Coe y Helpman (1995) tiene la desventaja de ser muy sensible a cambios anuales en el volumen de comercio procedente de cada país.

36. 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).



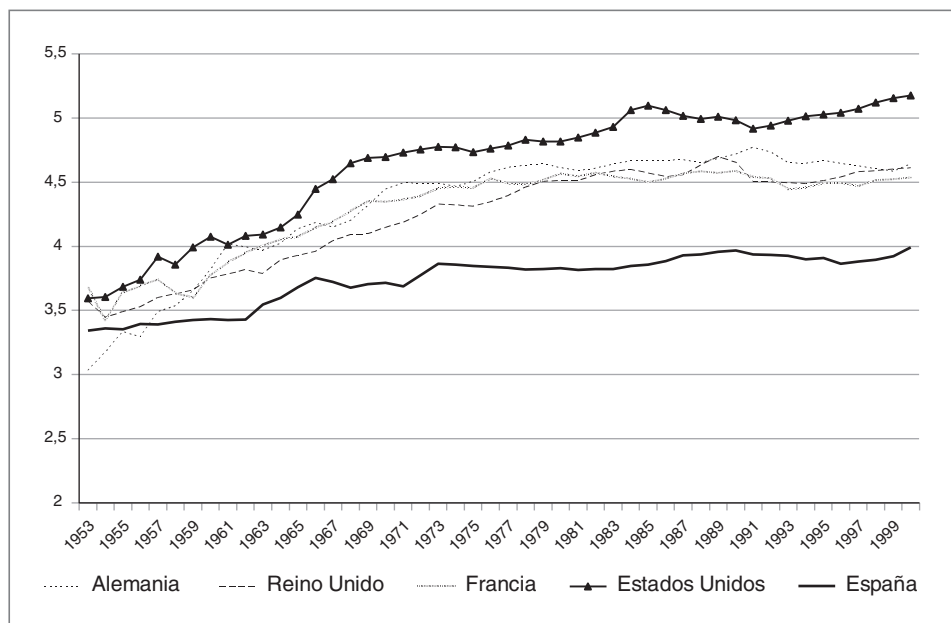
**GRÁFICO 4** • Stock extranjero de conocimiento (medido a través de gasto en I+D)  
(Logaritmos, en dólares de Estados Unidos de 1998 y PPP)



variable es el doble resultado del aumento de las importaciones de maquinaria y bienes de equipo del país  $i$  y del aumento de la intensidad tecnológica de sus socios comerciales. En España, ambos componentes ayudaron al crecimiento del stock extranjero de conocimiento que alcanzó una tasa anual acumulativa del 11,7%, entre 1964 y 2000. A comienzos del siglo XXI, el stock externo (que influye sobre la economía española) sigue siendo inferior al que influye sobre los demás países. Esto se debe, dada la intensidad tecnológica de los  $j$  países exportadores, bien a un menor volumen total de importaciones por parte de España, bien a la distinta composición por países de sus importaciones de bienes de alto contenido tecnológico. Al igual que ocurría con el stock doméstico de I+D, es interesante destacar el acercamiento al nivel de conocimiento extranjero de los países con los que se compara.

El stock de conocimiento extranjero que influye sobre la economía española se ha calculado también a partir de la agregación del stock de patentes de los países con los que España comercia (gráfico 5). En la serie se pueden distinguir tres etapas: una fase de crecimiento desde los años cincuenta hasta los setenta, una gran estabilidad hasta mediados de los años noventa y una fuerte recuperación en los últimos años del siglo XX. La evolución de esta

**GRÁFICO 5** • Stock extranjero de conocimiento (medido a través de datos de patentes 1953-2000) (Logaritmos)

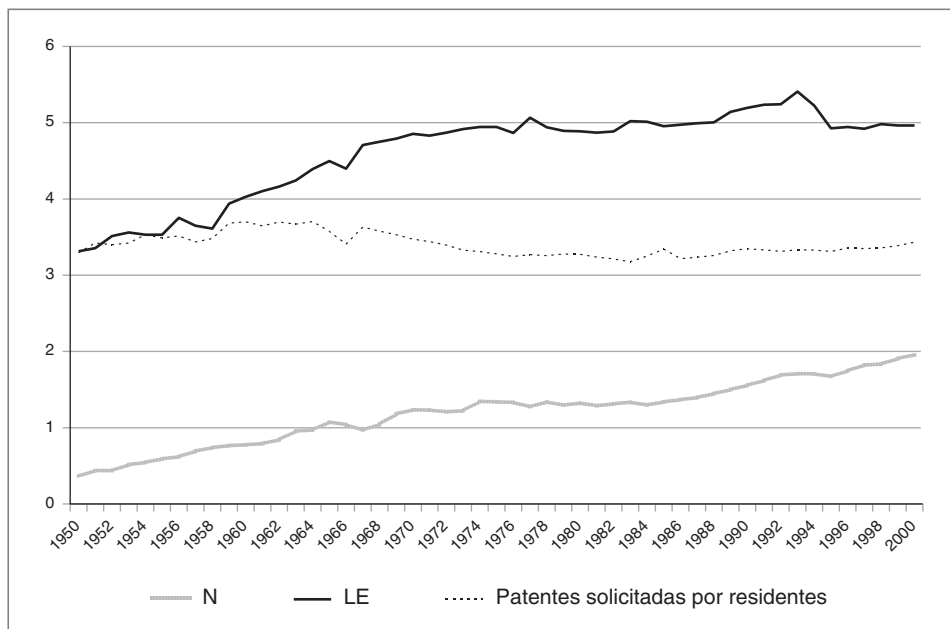


serie cuenta con dos factores determinantes: la evolución del stock doméstico de patentes de los países con los que se comercia y la evolución de las importaciones de bienes de tecnología avanzada de cada país. En cuanto al primer factor, la evolución del stock doméstico de patentes de cada país, se pueden distinguir dos modelos diferentes. Uno corresponde a los Estados Unidos, que muestra una tendencia ligeramente ascendente hasta el comienzo de la década de 1990 y un fuerte aumento a partir de entonces,<sup>37</sup> y el otro, el referente a los países europeos, donde destaca una fuerte tendencia al alza hasta comienzos de los años ochenta, para posteriormente ir de nuevo a la baja (véase el gráfico 3).

En cuanto al segundo determinante, las importaciones de bienes de alto contenido tecnológico, se observa un elevado crecimiento durante todo el periodo. Sin embargo, se asiste a un cambio en la composición de este comercio a partir de la creación de la CEE, caracterizado por una pérdida de peso de las importaciones de maquinaria procedentes de los Estados Uni-

37. Kortum y Lerner (1998, 1999) relacionan este aumento de las patentes con los cambios en la gestión de la investigación por las empresas y no solo con cambios en la política de patentes de los Estados Unidos. En este caso, el aumento de las patentes no refleja un conjunto cada vez mayor de oportunidades tecnológicas, sino una mayor propensión de las empresas a proteger de antemano sus inversiones en I+D a través de las patentes.

**GRÁFICO 6** • Patentes solicitadas por residentes, ratio de licenciados en ingeniería y pago por el uso de patentes y licencias extranjeras, 1950-2000 (Logaritmos)

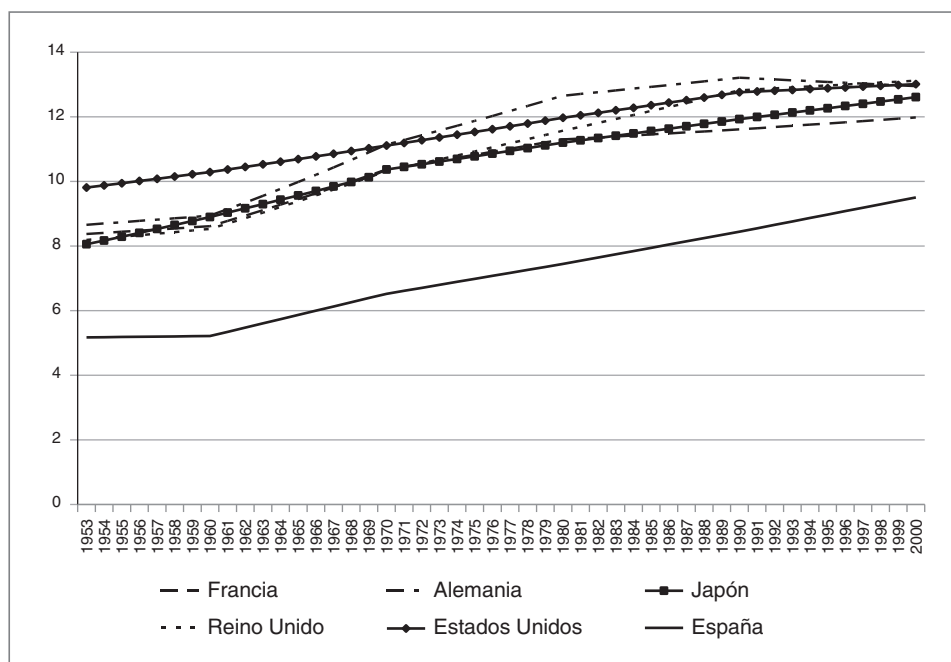


dos en favor de las importaciones procedentes de los socios europeos.<sup>38</sup> Este cambio explica el estancamiento, en todos los países europeos, de la variable que recoge el stock foráneo de conocimiento. Pues, aunque el volumen de comercio aumentó, los stocks domésticos de conocimiento calculados con datos de patentes cayeron desde mediados de los ochenta en todos los países europeos. De este modo la sustitución de bienes de procedencia norteamericana, donde el stock de conocimiento crece, por bienes de procedencia europea, donde el stock doméstico decrece, provoca como resultado final una menor entrada de nuevo conocimiento a través del comercio. En el caso español, esta variable también se sitúa por debajo del nivel de los países más avanzados.

Además de los gastos en I+D y de las patentes acumuladas, se han utilizado otras variables para aproximar el stock de conocimiento (véase el gráfico 6). Una primera variable son los pagos que hacen los residentes por el uso de las tecnologías extranjeras (*LE*), bien sean patentes, licencias o contratos de asis-

38. En Cubel y Sanchis (2008) se analiza el cambio en la composición del comercio de maquinaria y bienes de equipo durante los años de la Golden Age en una muestra de 16 países avanzados.

**GRÁFICO 7** • *Capital humano (años medios de escolarización)*



tencia técnica.<sup>39</sup> La evolución ascendente de esta variable refleja una clara tendencia de la economía española hacia la compra de tecnología foránea, con un crecimiento de cerca del 18% durante el periodo 1960-1975.

Adicionalmente, para medir la capacidad nacional de generar conocimiento se ha utilizado otra variable: la ratio de científicos potencialmente involucrados en la innovación ( $N$ ). El número de científicos que podrían estar vinculados a la innovación se aproxima a través de la ratio de nuevos licenciados en ingeniería con relación a la población de 24 años.<sup>40</sup> En este caso, la evolución muestra una tendencia ascendente constante a lo largo de todo el periodo (en torno al 9% anual), con la salvedad de los años 1974-1985, en los que la ratio se mantiene estancada (véase el gráfico 7).

39. Esta variable se ha tomado de Sáiz (2005) para el periodo 1950 a 1992. Para los últimos años, 1993-2000, los datos se toman directamente de la Balanza de Pagos tecnológica publicada por el Banco de España.

40. Los datos se han tomado de Núñez (2005) para el periodo 1950-1997. Para los años restantes esta variable se ha calculado con datos de los Censos de Población (población de 24 años) y del Ministerio de Educación (número de licenciados). Utilizamos este indicador en vez de otros más estrechamente vinculados con la capacidad innovadora, como por ejemplo el número de científicos vinculados directamente a actividades de I+D, porque no disponemos de esa información para un periodo tan amplio de tiempo.

La variable de capital humano se ha tomado de la base de datos de Morrison y Murtin (2008), que comprende series del stock de capital humano para 74 países durante el período 1870-2010 y recoge los años medios de escolarización. Esta serie se ha completado con datos extraído de Doménech y De la Fuente (2006).<sup>41</sup>

A partir de la evolución de las variables recogidas en este apartado pueden extraerse tres conclusiones muy generales. Primero, que todas las variables relativas a la incorporación de tecnología foránea, bien sea a través de los *spillovers* internacionales mediante el comercio, bien sea a través del pago por el uso de patentes y licencias extranjeras, presentan una clara expansión desde principios de los años cincuenta, que se acelera a partir de 1960, y que aminora su ritmo durante los años de la crisis de los años setenta y ochenta. Segundo, que las variables relativas a la capacidad endógena de adopción o generación de innovación, como las relativas a cualificación general de la mano de obra (H), a la formación de personal más específicamente vinculado con la innovación (N) o el gasto en I+D, también comparten esa evolución favorable y cierto grado de convergencia hacia los niveles de los países más avanzados. Tercero, cuando utilizamos variables que miden más específicamente la generación de tecnología propia, como son las patentes, los resultados son menos esperanzadores, pues España parece mantener su tradicional distancia con los países más avanzados. Y por último, a pesar del significativo avance experimentado por todas estas variables, es de resaltar que en todos los casos la economía española sigue situándose por debajo de los niveles alcanzados en los países más avanzados.

## Metodología y resultados

El modelo especificado en la ecuación (1) ha sido estimado utilizando técnicas de cointegración. Estas técnicas 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.<sup>42</sup> Esta metodología es adecuada en este contexto porque permite evitar cualquier relación 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

41. Para un análisis detallado de la evolución histórica de los indicadores de educación y de la variable capital humano, véase Núñez (2005).

42. 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, y que desaparece cuando se toman diferencias.

España, utilizando diversas 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 integración de las series haciendo uso de test de raíces unitarias con y sin cambio estructural en la función tendencial; a continuación estimamos la relación de cointegración entre la PTF y sus posibles determinantes en el largo plazo.

### *Análisis de estacionariedad de las variables*

En una primera etapa de nuestro análisis empírico contrastamos el orden de integrabilidad de las series. Este se realiza a través de una doble estrategia.

Primero, hay que tener en cuenta que una especificación incorrecta (por no considerar los cambios estructurales) podría sesgar los contrastes estándar de raíces unitarias tipo Dickey-Fuller (DF).<sup>43</sup> Para evitar este problema, utilizamos recientes contrastes propuestos en la literatura econométrica que permiten detectar de una manera adecuada si existe un cambio estructural en la función tendencial de las series temporales. En particular, utilizamos el contraste de Perron y Yabu (2009) para cambios estructurales en el componente determinístico de una serie temporal, cuando se desconoce a priori si la serie es estacionaria en tendencia (el caso de  $I(0)$ ) o contiene una raíz unitaria autorregresiva (el caso de  $I(1)$ ). El contraste de Perron y Yabu, llamado  $\text{Exp-W}_{\text{FS}}$ , se basa en una aproximación de mínimos cuadrados generalizados cuasi-factible (quasi-Feasible Generalized Least Squares, FGLS) que utiliza un componente autorregresivo para el componente de ruido (con un truncamiento en 1 cuando la suma de los coeficientes autorregresivos está cercano a 1), y un elemento de corrección del sesgo. Para un año de cambio estructural dado, Perron y Yabu (2009) proponen un test de la F para la hipótesis nula de que no existe un cambio estructural en el componente determinístico utilizando la función Exp desarrollada en Andrews y Ploberger (1994). En definitiva, utilizamos el contraste estadístico de Perron y Yabu como un «pre-test» para contrastar la inestabilidad de la senda temporal de las variables implicadas en nuestro modelo de largo plazo.

La especificación que hemos elegido para contrastar la presencia de cambios estructurales en las variables es el Modelo III propuesto en Perron y Yabu (2009), que considera que el cambio estructural puede afectar tanto al nivel como a la pendiente de la tendencia de la serie. Los resultados de este contraste (el test  $\text{Exp-W}_{\text{F}}$ ) se presentan en el cuadro 1. Los resultados que obtenemos son mixtos: la hipótesis nula de ausencia de un cambio estructural se rechaza para las variables  $PTF_t$ ,  $S_t^d$  (en todas sus versiones),  $S_t^e$  (3),  $Lic_t$ , y  $H_t$ , pero no puede rechazarse para las variables  $S_t^e$  (1),  $S_t^e$  (2) y  $m_t S_t^e$  (en todas sus

43. Véase Perron (1989).

**CUADRO 1** • Test de Perron-Yabu para contrastar cambios estructurales en los componentes determinísticos de las variables

Variable	Modelo	Test Exp- $W_{FS}$
$PTF_t$	III	25,98***
$S_t^d (1)$	III	35,70***
$S_t^d (2)$	III	282,23***
$S_t^d (3)$	III	262,32***
$S_t^e (1)$	III	2,12
$S_t^e (2)$	III	0,01
$S_t^e (3)$	III	8,24***
$m_t S_t^e (1)$	III	2,11
$m_t S_t^e (2)$	III	0,84
$m_t S_t^e (3)$	III	0,71
$Lic_t$	III	18,95***
$H_t$	III	318,30***

a \*, \*\* y \*\*\* indican un nivel de significatividad del 10%, 5% y 1%, respectivamente.

b Los valores críticos se han tomado de Perron-Yabu (2009) de la tabla 2.c. Estos valores críticos para test Exp- $W_{FS}$  son 2,48 al 10%, 3,12 al 5%, y al 4,47 al 1%.

c  $S_t^d$  es el stock de conocimiento doméstico, donde (1) significa que dicho stock se ha calculado con los gastos de I+D, (2) significa que hemos utilizado el stock de patentes y (3) que el stock de conocimiento doméstico se ha aproximado con la ratio de ingenieros titulados respecto a la población de 24 años.

d  $S_t^e$  es el stock de conocimiento extranjero y  $m_t S_t^e$  es el stock de conocimiento extranjero ponderado por las importaciones, donde (1) significa que el stock se ha calculado con los gastos en I+D, (2) significa que hemos utilizado el stock extranjero de patentes agregado según Coe y Helpman (1995) y (3) significa que hemos utilizado el stock extranjero de patentes agregado según Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998).

e  $Lic_t$  es la variable pago por el uso de licencias y patentes extranjeras.

f  $H_t$  es la variable de capital humano.

versiones). Estos resultados indican que la estrategia de contraste de raíces unitarias debe ser diferente para estos dos grupos de variables.

Segundo, para el caso del primer grupo de variables ( $PTF_t$ ,  $S_t^d (1)$ ,  $S_t^d (2)$ ,  $S_t^d (3)$ ,  $S_t^e (3)$ ,  $Lic_t$ , y  $H_t$ ), el análisis del orden de integración ha de tener en cuenta la presencia de cambios estructurales. Para ello, utilizamos el contraste estadístico de raíces unitarias basado en estimaciones GLS que proponen Kim y Perron (2009) y que ha sido extendido por Carrión-i-Silvestre *et al.* (2009). Este contraste permite, tanto bajo la hipótesis nula como la alternativa, la existencia de un cambio estructural en un periodo desconocido.<sup>44</sup>

44. Los contrastes tipo Dickey-Fuller (DF) que comúnmente se utilizan para contrastar la existencia de raíces unitarias con un cambio estructural en un periodo desconocido (Zivot y Andrews, 1992; Perron, 1997; Vogelsang y Perron, 1998; Perron y Vogelsang, 1992a, 1992b), su-

**CUADRO 2** • Test de Carrión-i-Silvestre-Kim-Perron de raíces unitarias con un cambio estructural

Variable	$MZ_{\alpha}^{GLS}$	$MZ_t^{GLS}$	$MSB^{GLS}$	$MP_T^{GLS}$	Fecha del cambio estructural
$PTF_t$	-6,35	-1,66	0,261***	25,05***	1972
$S_t^d(1)$	-7,53	-1,92	0,255***	20,75***	1982
$S_t^d(2)$	-12,94	-2,51	0,194***	12,56***	1973
$S_t^d(3)$	-12,13	-2,42	0,200***	9,55***	1995
$S_t^e(3)$	-13,31	-2,48	0,186***	9,62***	1973
$Lic_t$	-7,95	-1,90	0,239***	20,70***	1976
$H_t$	-9,65	-2,10	0,218***	16,80***	1972

<sup>a</sup> \*, \*\* y \*\*\* indican un nivel de significatividad del 10%, 5% y 1%, respectivamente.

<sup>b</sup> Los valores críticos se han obtenido por simulación. Véase Carrión-i-Silvestre, Kim y Perron (2009) para más detalles.

Carrión-i-Silvestre *et al.* (2009) proponen una clase de contrastes modificados, llamados  $M^{GLS}$ , originalmente desarrollados en Stock (1999) como contrastes  $M$ , eliminando la tendencia de los datos tal como proponen Elliot *et al.* (1996), y donde el orden del componente autorregresivo,  $k$ , se selecciona utilizando el Criterio de Información Modificado de Akaike (Modified Akaike Information Criteria, MAIC) que sugieren Ng y Perron (2001) y con la modificación propuesta por Perron y Qu (2007). Finalmente, el método propuesto por Carrión-i-Silvestre, Kim y Perron (2009) permite un número arbitrario de cambios tanto en el nivel como en la pendiente de la función de tendencia.<sup>45</sup>

Como se puede observar en el cuadro 2, para las series analizadas ( $PTF_t$ ,  $S_t^d(1)$ ,  $S_t^d(2)$ ,  $S_t^d(3)$ ,  $S_t^e(3)$ ,  $Lic_t$ , y  $H_t$ ) no se puede rechazar la hipótesis nula (con un nivel de significatividad del 1% y con cualquiera de los contrastes  $M^{GLS}$ ) de la existencia de una raíz unitaria con un cambio estructural en los componentes determinísticos de las variables.<sup>46</sup> El año de cambio de las series no es homogéneo como puede comprobarse en la última columna. Por tanto, podemos concluir que estas series son I(1) con un cambio estructural.

Por último, para el análisis del orden de integración del segundo grupo de variables ( $S_t^e(1)$ ,  $S_t^e(2)$  y  $m_t S_t^e(1)$ ,  $m_t S_t^e(2)$ ,  $m_t S_t^e(3)$ ) no es necesario considerar

---

ponían que si el cambio estructural ocurría lo hacía solo bajo la hipótesis alternativa de estacionariedad. La metodología desarrollada en Kim y Perron (2009) y Carrión-i-Silvestre *et al.* (2009) soluciona esta limitación del contraste.

45. Estos tests son:  $MZ_{\alpha}^{GLS}$ ,  $MZ_t^{GLS}$ ,  $MSB^{GLS}$  y  $MPT^{GLS}$ . Véase Ng y Perron (2001) y Perron y Rodríguez (2003) para más detalles de los mismos.

46. Los valores críticos se han obtenido por simulación utilizando 1.000 etapas para aproximar el proceso de Wiener y 10.000 replicaciones.



la presencia de cambios estructurales. En este caso, utilizaremos los contrastes estándar de raíces unitarias que no tienen en cuenta, ni en la hipótesis nula ni en la hipótesis alternativa, la posible existencia de un cambio estructural en los componentes determinísticos de las variables. Sin embargo, la mayoría de los contrastes convencionales de raíces unitarias presentan algunos problemas<sup>47</sup> que se resuelven en una serie de contrastes modificados (Ng y Perron, 2001).<sup>48</sup>

En el cuadro 3 presentamos los resultados de los contrastes de Ng y Perron. En todos los contrastes, la hipótesis nula es que las series son  $I(1)$  frente a la hipótesis alternativa de  $I(0)$ . Por un lado, nuestros resultados rechazan claramente la existencia de una raíz unitaria para estas variables en primeras diferencias (con niveles de significatividad estándar). Por otro, la hipótesis de no estacionariedad para las dos series en niveles no se puede rechazar para ninguno de los contrastes utilizados. Por tanto, se puede concluir que las series son  $I(1)$ .

### *Análisis de la relación de largo plazo*

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

47. Primero, tienen poco poder cuando la raíz del polinomio autorregresivo está cercana pero por debajo de 1 (De Jong *et al.*, 1992). Segundo, la mayoría de los contrastes sufren distorsiones de tamaño cuando la media móvil del polinomio en primeras diferencias de las series tiene una raíz unitaria autorregresiva elevada (Schwert, 1989). Tercero, cuando se aplican los contrastes de raíces unitarias a menudo implica una selección del orden de truncamiento del componente autorregresivo,  $k$ , que está fuertemente asociado con las distorsiones de tamaño y/o el grado de pérdida de poder de los contrastes (Ng y Perron, 1995).

48. Estos contrastes modificados son  $MZ_{\alpha}^{GLS}$ ,  $MZ_t^{GLS}$  y  $MSB^{GLS}$  y fueron originalmente desarrollados en Stock (1999) como contrastes  $M$ , eliminando la tendencia tal como proponen Elliot *et al.* (1996). Además, Ng y Perron (2001) proponen un procedimiento similar que corrige los problemas asociados con el contraste,  $ADF^{GLS}$  (Augmented Dickey-Fuller). En todos los casos se utiliza un Criterio de Información Modificado de Akaike (Modified Akaike Information Criteria, *MAIC*) para seleccionar el orden de truncamiento del componente autorregresivo,  $k$ , tal como proponen Perron y Ng (1996). Véase Ng y Perron (2001) y Perron y Ng (1996) para una descripción detallada de estos contrastes y del criterio de información *MAIC*.

**CUADRO 3** • Test de raíces unitarias de Ng y Perron

<b>I(2) vs. I(1)</b>		<b>Caso: <math>\rho = 0, \bar{c} = -0,7</math></b>		
<b>Variable</b>	<b><math>MZ_{\alpha}^{GLS}</math></b>	<b><math>MZ_t^{GLS}</math></b>	<b><math>MSB^{GLS}</math></b>	<b><math>ADF^{GLS}</math></b>
$\Delta S_t^e (1)$	-17,26***	-2,90***	0,168	-5,32***
$\Delta S_t^e (2)$	-19,67***	-3,01***	0,153	-4,19***
$\Delta m_t S_t^e (1)$	-16,22***	-2,84***	0,175	-4,58***
$\Delta m_t S_t^e (2)$	-21,90***	-3,13***	0,143	-4,95***
$\Delta m_t S_t^e (3)$	-21,74***	-3,09***	0,142	-4,86***
<b>I(1) vs. I(0)</b>		<b>Caso: <math>\rho = 1, \bar{c} = -13,5</math></b>		
<b>Variable</b>	<b><math>MZ_{\alpha}^{GLS}</math></b>	<b><math>MZ_t^{GLS}</math></b>	<b><math>MSB^{GLS}</math></b>	<b><math>ADF^{GLS}</math></b>
$S_t^e (1)$	-8,95	-2,09	0,233***	-0,25
$S_t^e (2)$	-3,85	-1,38	0,360***	-1,71
$m_t S_t^e (1)$	-10,55	-2,28	0,216***	-2,84*
$m_t S_t^e (2)$	-6,39	-1,77	0,277***	-1,91
$m_t S_t^e (3)$	-6,05	-1,72	0,285***	-1,85

a\*, \*\*, y \*\*\* indican un nivel de significatividad del 10%, 5% y 1%, respectivamente.

b Utilizamos el criterio de información MAIC para determinar el orden de truncamiento del componente autorregresivo,  $k$ , tal como se propone en Perron y Ng (1996). Los valores críticos se han tomado del cuadro 1 de Ng y Perron (2001).

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_t t + \beta x_t + \sum_{j=1}^q \gamma_j \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3)$$

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 del tipo de cointegración (estocástica o determinística) utilizando los contrastes propuestos por Shin (1994). El parámetro  $\beta$  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 Shin se presentan en el cuadro 4. En nuestra estimación, en una primera especificación hemos utilizado como medida del stock de conocimiento extranjero, el stock de gastos en I+D de los países con los que España comercia, ponderados por el cociente de las importaciones españolas con relación al PIB de cada país de procedencia de las importaciones. 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. Como puede comprobarse en el cuadro 4, en ningún modelo estima-

**CUADRO 4** • Estimación de la relación de largo plazo entre la PTF y el stock de conocimiento doméstico y extranjero calculados con datos de I+D, 1964-2000

	Modelos estimados sin capital humano $H_t$		Modelos estimados con capital humano $H_t$	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Constante	-0,30 (0,16)	-0,08 (0,04)	-2,69 (1,07)	-0,14 (0,56)
Stock de conocimiento doméstico (I+D)				
$S_t^d(1)$	0,07** (0,027)	0,02 (0,03)	-0,06 (0,04)	0,05* (0,03)
Stock de conocimiento extranjero (I+D)				
$S_t^e(1)$	0,09* (0,05)	–	0,14*** (0,03)	–
$m_t S_t^e(1)$	–	0,16*** (0,04)	–	0,05 (0,03)
$H_t$	–	–	1,69*** (0,06)	0,48 (0,30)
Test: $C_\mu$	0,093	0,088	0,110	0,119

<sup>a</sup> Los errores estándar aparecen entre paréntesis y 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 Barlett, que es aproximadamente igual a  $INT(T)^{1/2}$ , tal como proponen Newey y West (1987). \*, \*\* y \*\*\* indican que el coeficiente es significativo al 10%, al 5% y al 1%, respectivamente.

<sup>b</sup> Elegimos  $q = INT(T)^{1/3}$ , como proponen Stock y Watson (1993).

<sup>c</sup> Presentamos el test de cointegración de Stock-Watson-Shin.  $C_\mu$  es el estadístico de cointegración LM que se obtiene de los residuos del método MCO Dinámico con cointegración estocástica, como propone Shin (1994).

<sup>d</sup> 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%.

<sup>e</sup>  $S_t^d(1)$  es el stock de conocimiento doméstico calculado con los gastos en I+D.

<sup>f</sup>  $S_t^e(1)$  es el stock de conocimiento extranjero calculado con los gastos en I+D y  $m_t S_t^e(1)$  es el stock de conocimiento extranjero ponderado por las importaciones.

<sup>g</sup>  $H_t$  es la variable de capital humano.

do podemos rechazar la hipótesis nula de cointegración determinística al 1% de significatividad (véase la última fila del cuadro 4), lo cual apunta a la existencia de una relación de largo plazo entre el crecimiento de la productividad y los niveles de tecnología, tanto domésticos como importados.

En la primera especificación estimada obtenemos que tanto el stock de conocimiento doméstico como el stock de conocimiento extranjero tienen un efecto positivo y significativo<sup>49</sup> 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

49. Con un nivel de significatividad del 10% para el stock de conocimiento extranjero.

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 4, se presentan los resultados de la estimación de las dos especificaciones anteriores incluyendo además 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. Posiblemente nos enfrentamos a un problema de multicolinealidad entre la variable de capital humano y el stock doméstico de conocimiento, pues captan, cada una a su manera, la capacidad endógena de generar innovación. Finalmente, en la última especificación solo la variable del stock de conocimiento doméstico es significativa (al 10%) y positiva.

Nuestros resultados (modelos 1 y 2) están en línea con los obtenidos en la literatura.<sup>50</sup> En general se obtiene que el stock de conocimiento doméstico afecta positivamente a la PTF del país, siendo este efecto inferior al del stock de conocimiento extranjero, al tratarse 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 de otros trabajos en los que se estiman estas relaciones para una muestra amplia de países de la OCDE.<sup>51</sup> 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.<sup>52</sup> Es decir, nuestros cálculos sitúan a España en el grupo de los países seguidores, donde la elasticidad de la PTF con respecto a la innovación extranjera es superior a la elasticidad con respecto a la propia innovación.

Para contrastar la robustez de nuestros resultados, además del stock de gastos en I+D (domésticos o extranjeros) como determinante de la PTF, también se han utilizado otros indicadores de innovación. Así, para medir la innovación doméstica se ha utilizado el stock de patentes (cuadro 5) y la ratio

50. Véase Coe y Helpman (1995) y Coe *et al.* (1997, 2009).

51. Véase Coe y Helpman (1995), Engelbrecht (1997), Coe, Helpman y Hoffmaister (1997), Keller (1998), Barrio-Castro *et al.* (2002), Lumenga-Neso *et al.* (2005), Xu y Wang (1999), Frantzen (2000), y Madsen (2007), entre otros.

52. Adicionalmente, siguiendo una metodología similar a la desarrollada en este trabajo, Cubel, Esteve y Sanchis (2010) analizan la relación de largo plazo entre PTF, la innovación doméstica, la tecnología extranjera y el capital humano para cada uno de los siguientes países avanzados: Estados Unidos, Francia, Reino Unido, Alemania y Japón. En estos estudios de país los resultados confirman que en los países más avanzados la elasticidad de la PTF con respecto a la innovación propia es mayor que con respecto a la innovación extranjera.

de ingenieros titulados respecto a la población (cuadro 6).<sup>53</sup> Adicionalmente, en cada uno de estos casos, se ha aproximado la innovación extranjera con tres nuevas variables: el pago por el uso de licencias y patentes extranjeras (*Lic*),  $S^e(1)$ ; el stock extranjero de patentes, agregado según Coe y Helpman (1995),  $S^e(2)$ ; y el stock extranjero de patentes agregado según Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998),  $S^e(3)$ .

En el cuadro 5 presentamos las estimaciones para la especificación que aproxima el stock de conocimiento doméstico a través del stock doméstico de patentes,  $S^d(2)$ . En las diversas especificaciones del modelo obtenemos unos resultados contrarios a lo esperado con respecto a la variable que capta el stock doméstico de conocimiento. Esta variable presenta un coeficiente estimado que es negativo y estadísticamente significativo en la mayor parte de los casos. Obtenemos estos resultados independientemente de que incluyamos o no una variable que capte el efecto del capital humano sobre la productividad. Por su parte, el stock extranjero de conocimiento sigue siendo significativo y con signo positivo en cualquiera de las especificaciones (excepto para 3 de los 10 modelos estimados). Adicionalmente, resulta interesante constatar que la variable que capta el efecto del capital humano es positiva, estadísticamente significativa y presenta unas elasticidades de largo plazo muy elevadas en los cinco modelos en los que se incluye. De nuevo debemos reconocer la posible presencia de interferencias entre la variable que mide el capital humano y la variable que recoge el stock de conocimiento doméstico, con el resultado de despojar a esta última de significatividad.

En la última especificación del modelo (cuadro 6) se utiliza el número de licenciados en ingeniería sobre la población en edad de graduarse (24 años) para medir la capacidad endógena de generar innovación. Esta variable se diferencia de la variable capital humano en que mientras esta última recoge la cualificación media del conjunto de la población en edad de trabajar, la primera se refiere a la mano de obra más cualificada. Es decir, el capital humano se refiere a la disponibilidad de un entorno general que facilite la adaptación flexible a la innovación. Mientras que la ratio de graduados en ingeniería permite aproximar el potencial endógeno de generar innovación doméstica. En esta especificación, y solo para los modelos en los que no se incluye el capital humano, obtenemos que el stock de conocimiento doméstico afecta positiva y significativamente a la PTF, con una elasticidad comprendida entre 0,12 y 0,53%. Además, todas

53. En los resultados que se presentan a continuación, se utiliza, como variables explicativas, series construidas a partir de datos de patentes. Estas suelen ser una buena *proxy* para medir la tecnología, aunque no perfecta, y se han utilizado mucho en las investigaciones empíricas, especialmente debido a la disponibilidad de series largas para varios países. Las patentes nos permiten medir la actividad innovadora en España desde 1950 y alargar el periodo de estudio a 1950-2000, mientras que las estimaciones realizadas con datos de I+D (cuadro 4) nos obligaban a iniciar el periodo de análisis en 1964.

**CUADRO 5** • Estimación de la relación de largo plazo entre la PTF y el stock doméstico (medido a través del stock de patentes) y el stock extranjero de conocimiento, 1950-2000

	Modelos estimados sin $H_t$				Modelos estimados con $H_t$					
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9	Modelo 10
Constante	3,51 (2,34)	-9,61*** (2,98)	-12,50 (46,29)	-0,03 (1,50)	-4,13** (1,53)	4,81** (1,84)	1,99 (1,18)	-7,01 (4,25)	1,94 (0,78)	2,51* (1,29)
Stock doméstico de conocimiento (stock de patentes)										
$S_t^d(2)$	-0,59** (0,23)	-0,41 (0,22)	-0,63 (1,20)	-0,37** (0,16)	-0,52*** (0,13)	-0,62*** (1,17)	-0,36 (0,23)	-0,42*** (-0,10)	-0,33** (0,14)	-0,16 (0,09)
Stock extranjero de conocimiento										
$Lic_t$	0,36*** (0,05)	-	-	-	-	0,12** (0,05)	-	-	-	-
$S_t^e(2)$	-	1,37*** (0,21)	-	-	-	-	0,03 (0,17)	-	-	-
$S_t^e(3)$	-	-	1,50 (4,05)	-	-	-	-	0,72** (0,33)	-	-
$m_t S_t^e(2)$	-	-	-	0,56*** (0,64)	-	-	-	-	0,02 (0,10)	-
$m_t S_t^e(3)$	-	-	-	-	0,92*** (0,07)	-	-	-	-	-0,26** (0,12)
$H_t$	-	-	-	-	-	0,76*** (0,27)	1,26*** (0,28)	1,33*** (0,07)	1,24*** (0,31)	1,69*** (0,18)
Test: $C_\mu$	0,069	0,084	0,234**	0,073	0,080	0,085	0,080	0,071	0,087	0,091

<sup>a</sup> El estadístico  $t$  entre paréntesis. Los errores estándar se han ajustado por la varianza a largo plazo. La varianza a largo plazo de los residuos de las regresiones de cointegración se estima usando la Barlett window que es aproximadamente igual a  $INT(T/2)$ , tal como proponen Newey y West (1987). \*, \*\* y \*\*\* indican que el coeficiente es significativo al 10%, al 5% y al 1%, respectivamente.

<sup>b</sup> Se utiliza  $q = INT(T/3)$ , tal como proponen Stock y Watson (1993).

<sup>c</sup> Se presentan los resultados del test de cointegración de Stock-Watson-Shin.  $C_\mu$  es el estadístico LM para la cointegración usando los residuos DOLS de la cointegración estocástica, tal como propone Shin (1994).

<sup>d</sup> Los valores críticos se toman de Shin (1994), cuadro 1, para  $m = 2$ : 0,163 para el 10%, 0,221 para el 5% y 0,380 para el 1%; y para  $m = 3$ : 0,121 para el 10%, 0,159 para el 5% y 0,271 para el 1%.

<sup>e</sup>  $S_t^e(2)$  es el stock extranjero de conocimiento aproximado con stock extranjero de patentes agregado según Coe y Helpman (1995) y  $S_t^e(3)$  es el stock extranjero de conocimiento aproximado con stock extranjero de patentes agregado según Lichtenberg y Van Pottelsberghe de la Potterie (1998).  $m_t S_t^e(2)$  y  $m_t S_t^e(3)$  son el stock extranjero ponderado.

las variables que miden el stock extranjero de conocimiento tienen un impacto positivo y significativo sobre la PTF (con elasticidades que oscilan entre 0,25 y 1,20%). El efecto del stock extranjero de conocimiento es siempre mayor que el efecto derivado del potencial endógeno de generación de conocimiento doméstico, un resultado en línea con los obtenidos por Coe y Helpman (1995) para muestras amplias de países. Sin embargo, cuando se incluye al capital humano en la estimación, se observa que el coeficiente de la variable relativa a la capa-

**CUADRO 6** • Estimación de la relación de largo plazo entre la PTF y el stock doméstico (medido como la ratio de licenciados en ingeniería) y el stock extranjero de conocimiento, 1950-2000

	Modelos estimados con $H_t$					Modelos estimados sin $H_t$				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9	Modelo 10
Constante	-2,02*** (0,70)	-0,93 (8,45)	-16,50** (7,02)	-3,61* (1,96)	-4,97** (2,07)	-5,14*** (0,31)	-42,60*** (8,68)	-32,70*** (3,74)	-8,70*** (1,65)	-10,98*** (2,07)
Stock doméstico de conocimiento (ratio licenciados ingeniería)										
$S_t^k$ (3)	0,12 (0,18)	0,53** (0,21)	0,45*** (0,07)	0,17 (0,20)	0,25** (0,11)	-0,41*** (-0,07)	-1,68*** (0,37)	-0,13 (0,08)	-0,45** (0,16)	-0,10 (0,12)
Stock extranjero de conocimiento										
$Lic_t$	0,25** (0,11)	-	-	-	-	0,33*** (0,02)	-	-	-	-
$S_t^e$ (2)	-	0,05 (0,83)	-	-	-	-	3,49*** (0,78)	-	-	-
$S_t^e$ (3)	-	-	1,20** (0,52)	-	-	-	-	2,19*** (0,27)	-	-
$mS_t^e$ (2)	-	-	-	0,46 (0,27)	-	-	-	-	0,97*** (0,26)	-
$mS_t^e$ (3)	-	-	-	-	0,45** (0,19)	-	-	-	-	0,96*** (0,21)
$H_t$	-	-	-	-	-	1,97*** (0,20)	5,11*** (0,82)	2,14*** (0,33)	1,15* (0,56)	0,57 (0,49)
Test: $C_\mu$	0,124	0,148	0,133	0,123	0,119	0,081	0,128*	0,078	0,131*	0,088

Véanse las notas del cuadro 5.

tividad de generar innovación propia se vuelve negativo y significativo en 3 de los 5 modelos, mientras que el stock de capital humano se mantiene significativo y con el signo correcto (excepto en uno de los modelos).

Estos resultados podrían estar relacionados con la escasa capacidad de la ratio de ingenieros para captar aquella parte del capital humano más cualificado que se dedica específicamente a tareas de I+D, y por tanto, a la generación de conocimiento, de modo que, lo que realmente estemos captando con esta variable es el capital humano de carácter más general que se dedica a adaptar innovaciones generadas por otros, antes que a generar innovación propia. La literatura sobre Sistemas Nacionales de Innovación (SNI)<sup>54</sup> ha señalado recientemente la existencia de dos modelos de innovación:<sup>55</sup> el STI (Science Technology and Innovation) y el DUI (Doing, Using and Interacting), que po-

54. Una introducción a este tema se puede encontrar en Fagerberg (2004) y Lundvall y Lorenz (2007).

55. Véase Jensen, Johnson, Lorenz y Lundvall (2007).

demos calificar como caracterizados por la investigación o por la interacción, respectivamente. El STI se centra en innovaciones basadas en el esfuerzo en I+D, en la experimentación, formalización y transmisión de conocimiento mediante su codificación en libros, patentes, etc. Por su lado, el modelo DUI se refiere al aprendizaje en el puesto de trabajo cuando los empleados afrontan desafíos derivados de la utilización de las tecnologías, así como al aprendizaje a través de la interacción con clientes externos.

En este caso, la significatividad de la ratio de ingenieros, cuando no se incluye en la especificación al capital humano de carácter más general, avalaría la hipótesis de que en la economía española ha predominado un modelo de DUI en el cual la innovación surge como solución a los problemas de la puesta en práctica de tecnologías ya establecidas y codificadas. Este tipo de conocimiento e innovación propia estaría más relacionado con el aprendizaje por la práctica, que con el conocimiento basado en el avance de la ciencia. La disponibilidad de una mano de obra más cualificada, que entiende y es capaz de replicar y mejorar tecnologías diseñadas por otros, puede desempeñar un papel relevante para avanzar en el diseño de nuevas soluciones a problemas de carácter específico o incluso genérico.<sup>56</sup> Sin embargo, este tipo específico de capital humano estaría más cerca del capital humano de carácter general, que del capital humano altamente cualificado capaz de realizar investigación científica de base. Por tanto, cuando se incluye la ratio de ingenieros junto con el capital humano de carácter general en la especificación, una resta significatividad a la otra.

En general, nuestros resultados confirman el papel relevante desempeñado por la tecnología extranjera en el crecimiento económico español. En la mayor parte de los modelos estimados se obtienen unos coeficientes para la innovación extranjera que son positivos y estadísticamente significativos, independientemente de cuál sea la medida utilizada. En particular, a partir de nuestras estimaciones podemos afirmar que tanto la existencia de *spillovers* internacionales a través del comercio de bienes de alto contenido tecnológico, como el pago por el uso de licencias y patentes extranjeras, han tenido un efecto favorable a largo plazo sobre la evolución de la productividad. Adicionalmente, el aumento del grado de apertura exterior de la economía española parece haber afectado favorablemente a la evolución de la PTF, puesto que cuando interactuamos la variable relativa a la propensión media a importar con las variables que captan la existencia de *spillovers* internacionales, el resultado es una variable que se mues-

56. López y Valdaliso (2001) señalan que, a pesar del notable esfuerzo realizado en formación de universitarios, la realidad es que no ha mejorado la calidad media del capital humano, pero se echa en falta una masa crítica de ingenieros y científicos capaces de llevar adelante una investigación científica de base. Cebrián y López (2004) consideran que los contratos de licencia y de asistencia técnica permitieron superar las carencias del capital humano doméstico. Pero, además, señalan que en el éxito del proceso de transferencia de tecnología de la década de 1960 fue clave el papel desempeñado por las empresas de ingeniería y consultoría dedicadas a adaptar la tecnología importada a las necesidades del mercado español (modelo DUI).



tra significativa y con el signo correcto en el 90 % de los modelos estimados. Este es un resultado muy robusto que denota los efectos beneficiosos de la liberalización comercial sobre la transferencia de tecnología extranjera.

Sin embargo, los resultados obtenidos con respecto a la innovación doméstica son menos concluyentes, pues esta variable es significativa solo en dos casos, cuando se utiliza el stock doméstico de I+D y cuando se utiliza la ratio de ingenieros, pero no lo es cuando se utilizan datos de patentes. E, incluso en el caso de la ratio de licenciados en ingeniería, hemos concluido que esta variable parece reflejar mejor el potencial de generar innovaciones vinculadas a la asimilación y adaptación de tecnologías foráneas, que no el de generación de innovaciones propias basadas en el avance de la ciencia. Lo habitual en la literatura es obtener una elasticidad positiva y significativa para la variable que recoge el stock doméstico de conocimiento, aunque diferente según el grado de desarrollo del país o según su tamaño, independientemente de si se utilizan datos de I+D o de patentes.<sup>57</sup>

Una explicación a los desfavorables resultados obtenidos al utilizar el stock doméstico de patentes es la existencia de posibles errores de medida en las series de patentes. Pero otros factores podrían explicar también este resultado. En primer lugar, podría deberse a problemas de medición relativos a las variables construidas con datos de patentes. En segundo lugar, podría reflejar un impacto diferencial sobre la productividad de las patentes españolas en relación con las innovaciones patentadas por otros países. Y en tercer lugar, podría ser indicativo de la presencia mayoritaria en España de un tipo de innovación que no se capta bien a través de los datos de patentes. Si consideramos los dos tipos de sistemas de innovación descritos en los párrafos anteriores, los indicadores utilizados tradicionalmente para medir la innovación, como las patentes, suelen presentar un sesgo hacia la captación de la innovación del tipo STI e infravaloran la del tipo DUI.

Análisis recientes demuestran, además, la existencia de diferencias entre sectores en cuanto a la forma de hacer innovación. Mientras que en unos sectores predomina la innovación del tipo STI, en otros modelos predomina la innovación del tipo DUI. En el primer caso se encontrarían los sectores de

57. En la literatura se pueden encontrar ejemplos en los que el stock de patentes aparece como significativo y con el signo correcto, como el trabajo de Madsen (2007), en el cual se calculan el stock doméstico y extranjero de patentes para los países de la OCDE para un periodo de 135 años. El estudio consiste en estimar el modelo con datos de panel y se obtiene que el stock doméstico de patentes es significativo en 7 de los 14 modelos estimados con elasticidades que oscilan del 0,05-0,17%. En Madsen, Saxena y Ang (2010) se estima esta relación para un país individual, la India, y sus resultados son también bastante decepcionantes, pues encuentra una relación negativa entre el crecimiento del stock doméstico de conocimiento y el crecimiento de la PTF. Estos autores consideran que estos resultados se deben a que no es el incremento en la actividad investigadora, sino el incremento en la intensidad de la investigación doméstica, lo que determina el crecimiento de la PTF.

alta tecnología, mientras en el segundo se hallarían los sectores de fabricación de maquinaria industrial, ingeniería o construcción naval, por ejemplo.<sup>58</sup> Aunque no sea un tema sobre el que se haya llegado a un consenso,<sup>59</sup> el predominio de DUI en ciertos sectores daría como resultado la dificultad de captar sus procesos de innovación con datos de patentes. En la economía española de la etapa 1959-1973 se desarrolla un modelo de sustitución de importaciones, en el cual se tiende a producir domésticamente los bienes de tecnologías más sencillas y se compra en el extranjero los bienes de tecnologías más sofisticadas. Esto contribuiría a reforzar un tipo de innovación doméstica más vinculada al modelo DUI, cuya actividad no quedaría bien recogida a través del modelo de patentes, aunque sí lo estaría a través de los gastos en I+D, pues parte de los mismos se destinaban a la adaptación de tecnologías foráneas.

Por último, hay que destacar la robustez de los resultados relativos a la variable de capital humano, que muestra una elasticidad de largo plazo respecto a la productividad positiva, significativa y muy elevada. Los esfuerzos realizados en incrementar la dotación de capital humano, incrementando la flexibilidad de la fuerza de trabajo y su capacidad de adaptación a la incorporación de innovaciones, queda muy bien reflejada en estos resultados y se convierte en un factor relevante para explicar el avance de la productividad de la economía española.

## Conclusiones

Los principales resultados presentados en esta investigación arrojan nueva luz sobre la hipótesis, largo tiempo sostenida para España, acerca del importante papel desempeñado por la innovación extranjera en la evolución de la productividad española y de la débil contribución de la innovación nacional. En este trabajo se han puesto a prueba estas hipótesis econométricamente mediante la estimación de una versión extendida de la especificación de Coe y Helpman (1995), incluyendo 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 relación espuria entre las variables, manteniendo la información de largo plazo.

Nuestros resultados señalan que las series de PTF, de innovación nacional, de innovación extranjera y de capital humano, están cointegradas y confirman

58. Véase Pavit (1984) y Asheim y Getler (2005).

59. Véase Lundvall y Lorenz (2008) para una posición contraria a la asimilación entre tecnología alta/STI y tecnología baja/DUI.

que la incorporación de tecnología extranjera a través del comercio ha tenido un impacto positivo sobre la evolución de la PTF. Además, este impacto se ha visto reforzado por el aumento del grado de apertura exterior de la economía española frente a la economía mundial. Cualquiera de las variables utilizadas para aproximar la innovación generada en el extranjero, ha tenido un efecto positivo y significativo sobre la evolución de la PTF española, confirmando un resultado robusto con respecto al papel desempeñado por la transferencia de tecnología, bien a través de *spillovers* internacionales, derivados del comercio, bien a través de la compra directa de licencias, patentes o la formalización de contratos de asistencia técnica. Adicionalmente, cuando interactuamos las variables relativas a la importación de tecnología con el grado de apertura exterior (que no ha dejado de aumentar de forma notable desde el Plan de Estabilización de 1959), los resultados revelan que el aumento en el grado de apertura exterior también ha favorecido el aumento de la productividad. Estos resultados no son sorprendentes, ya que en un país que no se encuentra entre los líderes tecnológicos mundiales, la incorporación de la tecnología extranjera ha sido una forma sencilla y barata de introducir conocimiento actualizado, frente a la alternativa de dedicar los escasos recursos nacionales a promover la investigación autóctona.

Se obtiene también que la evolución de la productividad ha sido muy sensible a la inversión en educación, tal como lo refleja la elevada elasticidad de largo plazo de la PTF con respecto al capital humano. Esto significa que el notable esfuerzo realizado por España en mejorar su stock de capital humano no ha sido en balde, pues ha afectado favorablemente a la capacidad de las empresas españolas para aprender y absorber las nuevas tecnologías y ha tenido un impacto positivo y elevado sobre las mejoras en la productividad agregada.

Quizá uno de los aspectos más reseñables de esta investigación es la confirmación de la débil contribución de la innovación autóctona a la evolución de la productividad agregada. La elasticidad de la PTF con respecto a la innovación generada domésticamente no siempre es significativa, y cuando lo es, presenta una elasticidad claramente inferior a la de la innovación extranjera. No es significativa cuando la aproximamos a través de la variable más estrictamente relacionada con la generación de innovaciones propias, como es el stock doméstico de patentes. Sí lo es, en cambio, cuando utilizamos el stock doméstico de I+D o una variable de capital humano más cualificado (la ratio de ingenieros). En estos dos últimos casos, la significatividad de la variable se pierde cuando en la especificación se incluye además una variable de capital humano de carácter más general. Estos resultados parecen avalar la hipótesis de que en la economía española ha predominado un modelo de DUI en el cual la innovación surge como solución a los problemas de la puesta en práctica de tecnologías ya establecidas y codificadas. El conocimiento e innovación desarrollado domésticamente, bien a través del gasto en I+D, bien a través de la for-

mación de un capital humano de cualificación media, estaría más relacionado con el aprendizaje por la práctica, que con el conocimiento basado en el avance de la ciencia. Todos estos resultados, generalmente desfavorables a la innovación doméstica, los interpretamos como una prueba más de la débil capacidad de la economía española para generar innovación propia. Si esto es así, ¿cómo valorar entonces los esfuerzos realizados en inversión en capital humano y en I+D?

## BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVITZ, M. (1986), «Catching-up, Forging Ahead and Falling Behind», *Journal of Economic History*, 46, pp. 385-406.
- AGHION, P. y HOWITT, P. (1992), «A Model of Growth Through Creative Destruction», *Econometrica*, 60, pp. 323-351.
- ANDREWS, D. W. K. y PLOBERGER, W. (1994), «Optimal Tests When a Nuisance Parameter is Present only under the Alternative», *Econometrica*, 62, pp. 1.383-1.414.
- ANGULO, C. «Ciencia, tecnología y sociedad», INE, mimeo. Accesible en [http://www.ine.es/daco/daco42/sociales/ciencia\\_tecno.pdf](http://www.ine.es/daco/daco42/sociales/ciencia_tecno.pdf).
- ASHEIM, B. y GERTLER, M. (2005), «The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems», cap. 11, en J. FAGERBERG, D.C. MOWERY y R. NELSON, *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Nueva York.
- BARCIELA, C. (2003), *Autarquía y mercado negro. El fracaso económico del primer franquismo*, Crítica, Barcelona.
- 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*, 77, pp. 41-45.
- BETRÁN, C., CUBEL, A., PONS, M. A. y SANCHIS, M. T. (2010), *La España democrática (1975-2000)*, Síntesis, Madrid.
- CALVO, O. (2001), «¡Bienvenido, Mister Marshall! La ayuda económica americana y la economía española en la década de 1950», *Revista de Historia Económica*, año XIX, número extraordinario, «Los novísimos en la Historia Económica», pp. 253-275.
- (2007), «American Military Interests and Economic Confidence under the Franco Dictatorship», *Journal of Economic History*, 30 (3), pp. 409-438.
- (2008), «La liberalización de las inversiones extranjeras durante el franquismo, pp. 117-140», en J. TASCÓN (ed.), *La inversión extranjera en España*, Minerva, Madrid.
- CARRERAS, A. y TAFUNELL, X. (2003), *Historia económica de la España contemporánea*, Crítica, Madrid.
- CARRION-I-SILVESTRE, J. LL., KIM, D. y PERRON, P. (2009), «GLS-based Unit Root Tests with Multiple Structural Breaks under Both the Null and the Alternative hypothesis», *Econometric Theory*, 25, pp. 1.745-1.792.

- CEBRIÁN, M. (2001), «Las fuentes del crecimiento económico español, 1964-1973», *Revista de Historia Económica*, 19, número extraordinario, «Los novísimos en la historia económica», pp. 277-299.
- (2005), «La regulación industrial y la transferencia internacional de tecnología en España, 1959-1973», *Investigaciones en Historia Económica*, 3, pp. 12-40.
- CEBRIÁN, M. y LÓPEZ, S. (2004), «Economic Growth, Technology Transfer and Convergence», cap. 6, en J. LJUNGBERG; J. P. SMITS (eds.), *Technology and Human Capital in Historical Perspective*, Palgrave-MacMillan, Nueva York.
- COE, D. T. y HELPMAN, E. (1995), «International R&D Spillovers», *European Economic Review*, 39, pp. 859-887.
- COE, D. T., HELPMAN, E. y HOFFMAISTER, A. W (1997), «North-South R&D Spillovers», *Economic Journal*, 107 (440), pp. 134-149.
- (2009), «International R&D Spillovers and Institutions», *European Economic Review*, 53, pp. 723-741.
- CUBEL, A. y SANCHIS, M. T. (2007), «Comercio de bienes de capital y desarrollo de la industria de bienes de equipo en España, 1950-1975», en P. PASCUAL; P. FERNÁNDEZ (ed.), *Del metal al motor. La industria de transformados metálicos, maquinaria y equipo de transporte en España (siglos XIX y XX)*, cap. 3, Fundación BBVA, Bilbao, pp. 153-188.
- (2008), «Trade in Capital Goods in Europe, 1950-2000», Documentos de trabajo de FUNCAS, n.º 361.
- CUBEL, A., ESTEVE, V. y SANCHIS, M. T. (2010), «International Technology Difusión Through Patents During the Second Half of the xxth Century», WP-EC 2010-10, IVIE, Valencia.
- DE JONG, D. N. J.; NANKERVIS, J. C.; SAVIN, N. E.; WHITEMAN, C. H. (1992), «Integration Versus Trend Stationary in Time Series», *Econometrica*, 60, pp. 423-433.
- 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*, 4, pp. 1-36.
- DONGES, J.B., (1976), *La industrialización en España: Políticas, logros y perspectivas*, Oikos-Tau, Barcelona.
- EDQUIST, D. C.. (2005), «Systems of Innovation: Perspectives and challenges», cap. 7, en J. FAGERBERG; D. C. MOWERY; R. NELSON, *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Nueva York.
- ELLIOT, G., ROTHENBERG, T. J. y STOCK, J. H. (1996), «Efficient Test for an Autoregressive Unit Root», *Econometrica*, 64, pp. 813-836.
- ENGBRECHT, H. J. (1997), «International R&D Spillovers, Human Capital and Productivity in OECD Countries: An Empirical Investigation», *European Economic Review*, 41, pp. 1.479-1.488.
- FAGERBERG, J. (2004), «Innovation: A Guide to the Literature», en FAGERBERG *et al.*, *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 1-26.
- FEENSTRA, R., LIPSEY, R., DENG, H., MA, A. y MO, H. (2005), «World Trade Flows: 1962-2000», NBER Working Paper Series, 11040.

- FRANTZEN, D. (2000), «R&D, Human Capital and International Technology Spillovers: a Cross-country Analysis», *Scandinavian Journal of Economics*, 102 (1), pp. 57-75.
- GÁLVEZ, L. y COMÍN, F. (2003), «Multinacionales, atraso tecnológico y marco institucional. Las nacionalizaciones de empresas extranjeras durante la autarquía franquista», *Cuadernos de economía y dirección de la empresa*, 17, pp. 139-179.
- GONZÁLEZ, M. J. (1979), *La economía política del franquismo (1940-1970). Dirigismo, mercado y planificación*, Tecnos, Madrid.
- GRILICHES, Z. (1990), «Patent Statistics as Economic Indicators: a Survey», *Journal of Economic Literature*, 28, pp. 1.661-1.707.
- GROSSMAN, G. M. y HELPMAN, E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2010), «La estadística de I+D en España: 38 años de historia (1964-2001)».
- JENSEN, M. B., JOHNSON, B., LORENZ, E. y LUNDVALL, B. A. (2007), «Forms of Knowledge and Modes of Innovation», *Research Policy*, 36, pp. 680-693.
- KELLER, W. (1998), «Are International R&D Spillovers Trade-related? Analyzing Spillovers Among Randomly Matched Trade Partners», *European Economic Review*, 42, pp. 1.469-1.481.
- KIM, D. y PERRON, P. (2009), «Unit Root Test Allowing for a Break in the Trend Function under Both the Null and the Alternative Hypothesis», *Journal of Econometrics*, 148, pp. 1-13.
- KORTUM, S. y LERNER, J. (1998), *Stronger Protection or Technological Revolution: what is Behind the Recent Surge in Patenting*, Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 48, pp. 247-304.
- (1999), «What is Behind the Recent Surge in Patenting?», *Research Policy*, 28 (1), pp. 1-22.
- LICHTENBERG, F.R. y VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. (1998), «International R&D Spillovers: A Comment», *European Economic Review*, 42, pp. 1.483-1.491.
- LÓPEZ, S. (1992), «Un sistema tecnológico que progresa sin innovar. Aproximación a las claves de la Tercera Revolución Tecnológica en España», *Ekonomiaz*, 22 (I), pp. 30-55.
- LÓPEZ, S. y VALDALISO, S. (2001), «Cambio tecnológico y crecimiento económico en España en la segunda mitad del siglo XX: indicadores y polémicas», *Revista de Historia Industrial*, 19/20, pp. 319-337.
- LUMENGA-NEO, O., OLEARREAGA, M., SCHIFF, M. (2005), «On Indirect Trade-related R&D Spillovers», *European Economic Review*, 49, pp. 1.785-1.798.
- LUNDVALL, B. A., LORENZ, E. (2007), «Modes of Innovation and Knowledge Taxonomies in the Learning Economy», paper presented at the «CAS Workshop on Innovation and Firms», [http://www.cas.uio.no/research/708innovation/CASworkshop\\_LundvallLorenz.pdf](http://www.cas.uio.no/research/708innovation/CASworkshop_LundvallLorenz.pdf).
- MADSEN, J. (2007), «Technology Spillover Through Trade and TFP Convergence: 135 Years of Evidence for the OECD Countries», *Journal of International Economics*, 72 (2), pp. 464-480.

- MADSEN, J., SAXENA, S. y ANG, J. (2010), «The Indian Growth Miracle and Endogenous Growth», *Journal of development economics*, 93, pp. 37-48.
- MARTÍN ACEÑA, P. y COMÍN, P. (1991), *INI. 50 años de industrialización en España*, Espasa Calpe, Madrid.
- MORRISSON, C. y MURTIN, F. (2008), «The Century of Education», Paris School of Economics Working Papers, n.º 28.
- MUÑOZ, J., ROLDÁN, S. y SERRANO, A. (1978), *La internacionalización del capital en España, 1959-1977*, Edicusa, Madrid.
- MYRO, R. (1983), «La evolución de la productividad global de la economía española en el período 1965-1981», *Información Comercial Española*, pp. 115-127.
- NG, S.; PERRON, P. (1995), «Unit Root Tests in ARMA Models with Data Dependent Methods for the Selection of the Truncation Lag», *Journal of the American Statistical Association*, 90, pp. 268-281.
- (2001), «Lag Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power», *Econometrica*, 69, pp. 1.529-1.554.
- NUÑEZ, C. E. (2005), «Educación», en A. CARRERAS, A. y X. TAFUNELL (eds.), *Estadísticas Históricas de España, siglos XIX-XX*, Fundación BBVA, Bilbao, pp. 155-244.
- NEWBY, W. K. y WEST, K. D. (1987), «A Simple, Positive Semi-definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix», *Econometrica*, 55, pp. 703-708.
- PAVITT, K. (1984), «Sectoral Patterns of Technological Change: Towards a Taxonomy and a Theory», *Research Policy*, 13 (6), pp. 343-373.
- PÉREZ, F., GOERLICH, F. J. y MAS, M. (1996), «Capitalización y crecimiento en España y sus regiones, 1955-1995», Fundación BBVA, Bilbao.
- PERRON, P. (1989), «The Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root Hypothesis», *Econometrica*, 57, pp. 1.361-1.401.
- (1997), «Further Evidence on Breaking Trend Functions in Macroeconomic Variables», *Journal of Econometrics*, 80, pp. 355-385.
- PERRON, P., NG, S. (1996), «Useful Modifications to Some Unit Root Tests with Dependent Errors and Their Local Asymptotic Properties», *Review of Economic Studies*, 63, pp. 435-465.
- PERRON, P. y QU, Z. (2007), «A Simple Modification to Improve the Finite Sample Properties of Ng and Perron's Unit Root Tests», *Economic Letters*, 94, pp. 12-19.
- PERRON, P. y RODRÍGUEZ, G. (2003), «GLS Detrending, Efficient Unit Root Tests and Structural Change», *Journal of Econometrics*, 115, pp. 1-27.
- PERRON, P. y VOGELSANG, T. J. (1992a), «Nonstationarity and Level Shifts with an Application to Purchasing Power Parity», *Journal of Business and Economic Statistics*, 10, pp. 301-320.
- (1992b), «Testing for a Unit Root in a Time Series with a Changing Mean: Corrections and Extensions», *Journal of Business and Economic Statistics*, 10, pp. 467-470.

- PERRON, P. y YABU, T. (2009), «Testing for Shifts in Trend with an Integrated or Stationary Noise Component», *Journal of Business and Economic Statistics*, 27 (3), pp. 369-396.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. y ROSÉS, J. (2005), «Renta y riqueza», cap. 17, en A. CARRERAS y X. TAFUNELL, *Estadísticas Históricas de España Siglos XIX-XX*, Fundación BBVA, Bilbao.
- (2009), «The Sources of Long Run Economic Growth in Spain, 1850-2000», *Journal of Economic History*, 69 (4), pp. 1.062-1.090.
- (2010), «Capital Accumulation in the Long Run: The Case of Spain, 1850-2000», *Research in Economic History*, 27, pp. 93-152.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L., ROSÉS, J. R. y SANZ-VILLAROYA, I. (2011), «Economic Reforms and Growth in Franco's Spain», *Revista de Historia Económica. Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 30(1), pp. 45-89 .
- PUIG, N. (2003), «La ayuda norteamericana y los empresarios españoles», *Cuadernos de Historia Contemporánea*, 25, pp. 109-129.
- PUIG, N. y ÁLVARO, A. (2004), «La guerra fría y los empresarios españoles: La articulación de los intereses económicos de Estados Unidos en España, 1950-1975», *Revista de Historia Económica*, n.º 22 (2), pp. 387-424.
- PUIG, N., ÁLVARO, A. y CASTRO, R. (2008), «Introducción histórica. Las empresas multinacionales extranjeras en España», en F. RIBERA (ed.), *Los números uno en España*, Doblerre, Barcelona, pp. 19-45.
- PUIG, N. y CASTRO, R. (2009), «Patterns of International Investment in Spain, 1850-2000», *Business History Review*, 83 (3), pp. 505-537.
- PUIG, N. y FERNÁNDEZ, P. (2003), «The Education of Spanish Entrepreneurs and Managers: Madrid and Barcelona Business Schools, 1950-1975», *Paedagogica Historica*, 39 (3).
- RAYMOND, J. L. (1995), «Crecimiento económico, factor residual y convergencia en los países de la Europa comunitaria», *Papeles de Economía Española*, 63, pp. 93-110.
- RIVERA-BATIZ, L. A. y ROMER, P. M. (1991), «Economic Integration and Endogenous Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 106, pp. 531-555.
- ROMER, P. (1990), «Endogenous Technological Change», *Journal of Political Economy*, 98 (5), pp. S71-S102.
- SÁIZ, P. (2005), «Patentes», en A. CARRERAS, A. y X. TAFUNELL, *Estadísticas históricas de España. Siglos XIX y XX*, vol. II, Fundación BBVA, Bilbao.
- SANCHIS, M. T. (2006), «Spanish Economic Miracle: A Disaggregated Approach to Productivity Growth, 1958-1975», *Revista de Historia Económica. Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 2.ª época, n.º XXIV (2), pp. 383-417.
- SANZ, L. y LÓPEZ, S. (1997), «Continuidad y cambio en las políticas de ciencia y tecnología durante la dictadura e inicios del desarrollismo», *Quaderns d'història de l'enginyeria*, vol. II, pp. 70-96.
- SCHWERT, G. W. (1989), «Tests for Unit Roots: a Monte Carlo Investigation», *Journal of Business and Economic Statistics*, 7, pp. 147-159.



- SERRANO, J. M. y ASENSIO, M. J. (1997), «El ingenierismo cambiario. La peseta en los años del cambio múltiple, 1948-1959», *Revista de Historia Económica*, 15 (3), pp. 545-573.
- SHIN, Y. (1994), «A Residual-Based Test of the Null of Cointegration Against the Alternative of No Cointegration», *Econometric Theory*, 10, pp. 91-115.
- STOCK, J. H. y WATSON, M. W. (1993), «A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems», *Econometrica*, 61, pp. 783-820.
- STOCK, J. H. (1999), «A Class of Tests for Integration and Cointegration», en R.F. ENGLE y H. WHITE (eds.), *Cointegration, Causality and Forecasting. A Festschrift in Honour of Clive W.J. Granger*, Oxford University Press, Oxford.
- SUÁREZ, F. J. (1992), «Economías de escala, poder de mercado y externalidades: medición de las fuentes del crecimiento español», *Investigaciones Económicas*, 2.<sup>a</sup> época, XVI (3), pp. 411-441.
- TASCÓN, J. (2003), «Capital internacional antes de la «internacionalización del capital» en España, 1936-1959», en G. SÁNCHEZ y J. TASCÓN (eds.), *Los empresarios de Franco. Política y economía en España, 1936-1957*, Crítica, Barcelona, pp. 281-306.
- TORRES, E. (2003), «La empresa en la autarquía, 1939-1959. Iniciativa pública versus iniciativa privada», en C. BARCIELA (ed.), *Autarquía y mercado negro. El fracaso económico del primer franquismo, 1939-1959*, Crítica, Barcelona.
- UNITED NATIONS (varios años), *Yearbook of International Trade Statistics*, vol. I.
- VOGELSANG, T. J. y PERRON, P. (1998), «Additional Tests for a Unit Root Allowing for a Break in the Trend Function at an Unkonwh Time», *International Economic Review*, 39, pp. 1.073-1.100.
- WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO), Statistics Database.
- XU, B. y WANG, J. (1999), «Capital Goods Trade and R&D Spillovers in the OECD», *Canadian Journal of Economics*, 32 (5), pp. 1.258-1.274.
- ZIVOT, E. y ANDREWS, D. W. K. (1992), «Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis», *Journal of Business and Economic Statistics*, American Statistical Association, vol. 20 (1), pp. 25-44, January.



### *Half a century of innovation and technological transfer in Spain, 1950-2000*

#### ABSTRACT

In this study we analyse the effect of both foreign and domestic technological innovation on Total Factor Productivity (TFP) for Spain in the second half of the xx<sup>th</sup> century. For this purpose we estimate an extended version of Coe and Helpman (1995) model including a general human capital variable. The foreign and domestic stock of knowledge have been approximated throughout several variables such as the stock of R&D, the stock of patents and the expenses for using foreign licenses and patents. Our results suggest that the inflow of foreign technology had a positive and significant effect on the Spanish TFP, being this effect higher than the effect of the domestic stock of knowledge. Moreover, the openness to foreign trade has also favoured the arrival of foreign technology and the increase of productivity. Finally, it is interesting to highlight that our results indicate that human capital played also a relevant role on the evolution of TFP.

KEY WORDS: Spain, International Technology Transfer, Patents, Productivity, Cointegration Techniques.

JEL CODES: N14, O33, O47, O22



### *Medio siglo de innovación y transferencia de tecnología en España, 1950-2000*

#### RESUMEN

En este trabajo se analiza el impacto de la innovación, tanto doméstica como extranjera, sobre la evolución de la Productividad Total de los Factores (PTF) de la economía española a lo largo de la segunda mitad del siglo xx. Para ello se estima una versión revisada de la especificación empírica de Coe y Helpman (1995) que incluye el capital humano como variable de control. El stock de conocimiento doméstico y el extranjero se han aproximado a partir de diversos indicadores como el stock de gasto en I+D, el stock de patentes o el pago por el uso de licencias y patentes extranjeras. Los resultados sugieren que la entrada de tecnología extranjera ha tenido un impacto positivo y significativo sobre la evolución de la PTF y claramente superior al de la innovación doméstica. Además, la apertura exterior ha favorecido la incorporación de tecnología y el aumento de la productividad. Finalmente, es importante resaltar que nuestros resultados indican que la inversión en capital humano ha desempeñado un papel relevante como determinante de la evolución de la PTF.

PALABRAS CLAVE: España, Transferencia internacional de tecnología, Patentes, Productividad, Técnicas de cointegración.

CÓDIGOS JEL: N14, O33, O47, O22