



- ◆ Trabajo realizado por la Biblioteca Digital de la Universidad CEU-San Pablo
- ◆ Me comprometo a utilizar esta copia privada sin finalidad lucrativa, para fines de investigación y docencia, de acuerdo con el art. 37 de la M.T.R.L.P.I. (Modificación del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual del 7 julio del 2006)

CAPÍTULO IV

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Rafael Pampillón Olmedo
(Universidad San Pablo-CEU e Instituto de Empresa)

Jorge Uxó González
(Universidad San Pablo-CEU)

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez más, en España, los debates de política económica, y también de política en general, acaban confluyendo en la importancia de la modernización tecnológica de las empresas como condición necesaria para alcanzar el objetivo fundamental de converger en niveles de renta y bienestar con Europa. Sin embargo, a pesar de los avances registrados desde mediados de los años 80, España sigue dedicando una cantidad reducida de sus recursos a la investigación tecnológica. Por esta razón, el análisis detallado de la situación actual y la evolución reciente de los gastos en investigación y desarrollo (I+D) en España, y su comparación con Europa, resulta plenamente justificado.

El segundo apartado de este capítulo se dedica a considerar, teórica y empíricamente, los efectos que los gastos en I+D tienen sobre el crecimiento económico, la capacidad de competir de las empresas y el nivel de empleo. En el tercer apartado se considera la magnitud y la evolución de los recursos que se destinan en España y en Europa a las actividades relacionadas con la tecnología, tanto en forma de inversiones en I+D como en recursos humanos (número de científicos e ingenieros ocupados en estas tareas). En el cuarto apartado veremos que esta comparación debe ser matizada necesariamente con la consideración de los efectos que tienen estas inversiones sobre la obtención de tecnología. El quinto apartado destaca otra idea fundamental: si bien es razonable que los objetivos de la política tecnológica española se centren en la actualidad en la convergencia —no lograda de momento— con el resto de Europa, no conviene olvidar que Estados Unidos y Japón van por delante de Europa tanto en gasto relativo en I+D como en avance tecnológico. Finalmente, el sexto apartado sistematiza las conclusiones fundamentales de este capítulo.

2. LOS EFECTOS ECONÓMICOS DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En este apartado se pretende destacar la importancia del esfuerzo inversor en tecnología sobre el crecimiento, la competitividad y el empleo, lo que explica la necesidad de una política tecnológica que corrija la situación de atraso relativo de España en investigación y desarrollo. En definitiva, la razón de ser de este apartado 2 se recoge en la siguiente cita de Patel y Pavitt,

(1987): "Cualquier discusión de las implicaciones de política económica de la tecnología debe basarse en una teoría estructurada del papel de la tecnología en el comercio, la inversión, el crecimiento y el bienestar; y del papel que debe jugar el gobierno para salvar los 'fallos del mercado'".

2.1. Gastos en I+D y crecimiento económico

Una característica fundamental de las economías industrializadas es el progreso técnico, y no cabe duda, porque así lo confirman numerosos estudios empíricos, de que gran parte de la aceleración en el crecimiento de la renta per cápita experimentada en los últimos 200 años se debe precisamente a este cambio técnico.

Kuznets (1966) pone de manifiesto la importancia de este fenómeno, y concluye que "la innovación de época que distingue a la moderna época económica [últimos 200 años] es la aplicación generalizada de la ciencia a los problemas de producción económica", y que se puede "afirmar con certeza que desde la segunda mitad del siglo XIX la principal fuente de crecimiento económico en los países desarrollados ha sido la tecnología basada en la ciencia". Sin despreciar la importancia de la acumulación del capital, esto quiere decir que el crecimiento per cápita moderno ha sido fundamentalmente *intensivo* —mejor aprovechamiento de los recursos y los factores— y no de tipo *extensivo* —mayor utilización de factores.

Por otra parte, a partir de los trabajos pioneros de Abramovitz (1956) y Solow (1957), han sido frecuentes los ejercicios de "contabilidad de crecimiento", en los que se trata de estimar la contribución de la acumulación de factores, por un lado, y del aumento de su productividad, por otro, al crecimiento real observado en los países desarrollados.

Para llevar a cabo esta descomposición, se puede partir de una función de producción agregada, que por simplicidad supondremos que es del tipo Cobb-Douglas y que presenta rendimientos constantes a escala. Por tanto, si Y representa la producción, K el stock de capital, L el trabajo empleado, A es un índice que mide la evolución de la eficacia o "productividad total" de los factores (fundamentalmente, el efecto del cambio tecnológico) y α es la elasticidad de la producción respecto al capital, podemos escribir lo siguiente:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

Tomando tasas de crecimiento en esta expresión, la tasa de crecimiento de la economía se puede descomponer en el resultado de la acumulación del capital (αK_t), el crecimiento de la fuerza de trabajo ($(1-\alpha)L_t$) y la mejora de la productividad total de los factores (A_t). Este tercer término, conocido como "residuo", recoge el efecto de todos los demás factores distintos a la acumulación de factores que elevan el ritmo de crecimiento, aunque con frecuencia se ha identificado con una vaga idea de "progreso técnico".

En el trabajo ya citado, Solow obtuvo un resultado que entonces pareció muy sorprendente para los estudiosos del crecimiento, ya que se atribuía al residuo nada menos que un 51% del crecimiento observado en Estados Unidos entre 1909 y 1949. Y aunque posteriormente se han publicado numerosos ejercicios de contabilidad del crecimiento en los que se trataba de depurar posibles errores de medición que pudiesen infravalorar la contribución del capital, o rein-

terpretar y desagregar el residuo, aumentando su contenido exógeno, el resultado más generalmente aceptado sigue siendo que la variación de la productividad total de los factores es fundamental para explicar las tasas de crecimiento per cápita realmente observadas.

Por ejemplo, de acuerdo con los datos ofrecidos por Mankiw (1997), el PIB real creció en Estados Unidos a una tasa anual del 3,2% entre 1950 y 1994, y el aumento de la productividad total de los factores explica 1,4 puntos porcentuales de ese crecimiento (un 44%), frente a 0,8 puntos que se atribuyen a la acumulación de capital, y 1,0 punto derivado del aumento de la fuerza de trabajo. En términos per cápita, esto supone que el aumento de la productividad explica el 78% de los aumentos en la renta por habitante registrado en Estados Unidos durante este período.

Desde el punto de vista de la teoría neoclásica del crecimiento, estos resultados suponen un reto fundamental, ya que la mayoría de los modelos desarrollados a partir del trabajo de Solow (1956) requieren la existencia de progreso técnico para poder explicar la existencia de crecimiento sostenido de la renta per cápita a largo plazo, pero se limitan a incluirlo en el modelo de una forma exógena, sin explicar sus determinantes económicos o las causas de su mayor o menor dinamismo. Por ello, desde los años ochenta, se desarrolla la literatura conocida como "nueva teoría del crecimiento" o "teoría del crecimiento endógeno", que en palabras de uno de sus precursores, P. Romer (1994), se distingue de la teoría tradicional "por enfatizar que el crecimiento económico es un resultado endógeno del sistema económico, no el resultado de fuerzas que actúan desde fuera del mismo". Y consecuentemente con esta premisa, (a) los trabajos teóricos dejan de utilizar el progreso técnico exógeno para explicar por qué se ha incrementado la renta per cápita a un ritmo tan elevado en los últimos 200 años, y (b) los trabajos empíricos no pretenden medir el residuo, sino más bien identificar el tipo de decisiones de los agentes privados y públicos que permiten explicar las diferencias en las tasas de crecimiento de la productividad y la renta per cápita entre países, y por supuesto, una de estas decisiones es precisamente la de invertir en I+D.

En concreto, dentro de la "nueva teoría del crecimiento", cabe distinguir (De La Fuente, 1992) entre aquellos modelos en los que las mejoras de la productividad son el resultado, no buscado en principio, de otras actividades, y principalmente de la inversión en capital físico (*learning-by-doing*, rendimientos crecientes del capital), y aquellos otros en los que el progreso técnico se deriva de asignaciones explícitas de recursos por parte de los agentes, ya sea en capital humano o en I+D.

La idea fundamental de los modelos de I+D consiste en interpretar el coeficiente A de la anterior función de producción agregada como "conocimiento" y suponer la existencia en la economía de un sector de I+D, o de "producción de conocimientos", cuyo comportamiento se analiza de forma explícita. Esto implica construir la función de producción de este sector (cómo se generan nuevos conocimientos a partir de los recursos empleados), y señalar cómo se asignan los recursos entre la producción de bienes convencionales y de conocimientos. Cuanto mayor sea la eficacia del sector de I+D y cuanto mayor sea la proporción de los recursos disponibles asignados al mismo, mayor será la dotación tecnológica y, por tanto, la tasa de crecimiento y el nivel de renta per cápita de la economía.

Un reciente estudio publicado por la OCDE (Sakurai, Ioannidis y Papacostas (1996)) trata de examinar precisamente la evidencia empírica sobre la influencia de los gastos en I+D y de la difusión de tecnología en la evolución de la productividad en los países del G7 (Estados

Unidos, Japón, Alemania, Italia, Reino Unido, Francia y Canadá) y en Australia, Dinamarca y Holanda. En ambos casos, los autores encuentran que durante los años 70 y 80, y para distintas industrias, existe una correlación positiva, significativa, con la variación de la productividad.

Igualmente, De la Fuente y Vives (1998) ofrecen una selección de la evidencia empírica existente en relación con los efectos de la I+D sobre la productividad y el bienestar, tanto a nivel macro como microeconómico. La conclusión que obtienen es que existe una extensa literatura que tiende a confirmar, en líneas generales y a pesar de dificultades metodológicas importantes, lo predicho por la teoría. Es decir, que "la inversión en I+D podría ser una de las fuentes más importantes del crecimiento del producto agregado". Citando un trabajo de Griliches, por ejemplo, señalan que "bajo los supuestos más optimistas, el gasto en investigación podría explicar hasta el 50% del crecimiento en el producto por trabajador y el 75% del incremento de la productividad total de los factores en Estados Unidos".

2.2. Tecnología y competitividad

La OCDE (1992) define la competitividad de una economía como "el grado en que un país es capaz, en condiciones de libre mercado, de producir bienes y servicios que superan la prueba de los mercados internacionales, a la vez que mantiene e incrementa a largo plazo los ingresos reales de su población". Desde el punto de vista de política económica, por tanto, la importancia de este objetivo justifica la adopción de las medidas adecuadas para alcanzarlo satisfactoriamente. Y aunque la competitividad de una economía es un fenómeno complejo cuya evolución depende, sin duda, de los efectos combinados de distintos aspectos, es preciso destacar la influencia que cabe atribuir a la innovación tecnológica como factor determinante de la capacidad de competir en los mercados exteriores.

La forma tradicional de medir la competitividad utiliza como indicador fundamental alguna comparación de los costes de producción de los bienes y servicios de producción nacional e internacional, como pueden ser los costes laborales unitarios relativos. Este indicador se considera una variable *proxy* del tipo de cambio real, que no es más que una medida de los precios relativos de los productos nacionales e internacionales.

En principio, parece obvio que, si todo lo demás se mantiene constante, una evolución favorable en los costes de producción relativos en moneda común incrementará la capacidad de competir en los mercados internacionales. Ahora bien, la competencia vía precios no es la única forma posible de aumentar la participación de un país en el comercio internacional, e incluso podríamos decir que algunos hechos parecen poner de manifiesto que ni siquiera es la más importante.

Un reciente estudio de la Comisión Europea, por ejemplo, señala que el 90% de las posibilidades de incremento de la competitividad de las empresas europeas se relacionará, tras la implantación del euro, con la innovación. En cambio, en el nuevo contexto de la economía europea, las diferencias en precios y costes irán estrechándose, de forma que sólo representarán un 7% de estas posibilidades.

Igualmente, algunos autores ofrecen evidencia de lo que se conoce como "paradoja de Kaldor", por haber sido este autor el primero en mostrar que los países cuya participación en el comer-

cio internacional se incrementó en los años de posguerra, y que experimentaron una tasa de crecimiento mayor, son también aquellos que experimentaron un mayor crecimiento relativo de sus costes laborales (Kaldor (1978)). Por ejemplo, Fagerberg (1996) ha vuelto a reconsiderar el cumplimiento de esta paradoja para el período 1978-1994, obteniendo resultados muy similares: países como Japón, Corea, Taiwan y Hong-Kong han incrementado su cuota en el mercado mundial, a la vez que sus costes unitarios crecían relativamente, mientras que en otros países como Francia, Italia, Bélgica, Luxemburgo y Holanda se observa una reducción de la participación en las exportaciones totales a pesar de que los costes unitarios relativos se reducen.

La interpretación que cabe dar a estos resultados es que existen otros determinantes fundamentales de la competitividad cuya importancia ha podido compensar de hecho la influencia de la evolución de los costes de producción, y las innovaciones tecnológicas son un excelente candidato a formar parte de este grupo de factores. En la medida en que una economía mejore la calidad (y también la dotación) de su capital humano y tecnológico a un ritmo mayor que el resto de los países, se incrementará su productividad relativa¹.

Desde el punto de vista de la mayor participación en el comercio internacional, esta mayor productividad tendrá un efecto positivo, que se manifestará, seguramente, en mercados globalizados y competitivos, a través de una evolución más favorable de los precios. Pero es que, además, los avances en la capacidad de innovar tecnológicamente parecen tener un efecto adicional y directo sobre la capacidad de competir, que se concretaría en un aumento de la elasticidad de demanda de las exportaciones. Es decir, que la innovación tecnológica constituye, por sí misma, una forma de aumentar las exportaciones por su influencia favorable en la capacidad de adaptación de la producción nacional a la evolución de la demanda internacional. Fagerberg (1988) estudia los determinantes empíricos de la cuota de mercado en el comercio internacional de 15 países de la OCDE entre 1960 y 1983, concluyendo que, efectivamente, el crecimiento en la capacidad tecnológica ha tenido una importancia mayor que la evolución de los costes relativos.

2.3. Progreso tecnológico y evolución del empleo

A pesar de que en los dos epígrafes anteriores se ha pretendido mostrar la importancia decisiva de las inversiones en tecnología para mejorar la competitividad y el crecimiento de las economías, los efectos que estas inversiones tienen sobre el empleo se encuentran sometidos a una interesante controversia. Efectivamente, en los últimos años parece observarse una cierta corriente de preocupación por lo que se denomina desempleo tecnológico, que es aquel causado precisamente por una aceleración del progreso técnico.

Dos hechos pueden haber contribuido a la reaparición de esta hipótesis: el rápido desarrollo de las nuevas tecnologías informáticas, de la información y telecomunicaciones, por un lado, y el aumento del desempleo y el subempleo en los países desarrollados, por otro. Para los partidarios de la hipótesis del desempleo tecnológico¹, estos dos hechos se encuentran relacionados entre sí: la aplicación masiva de las nuevas tecnologías genera una tendencia secular hacia la transformación y la reducción de los puestos de trabajo necesarios, que no es contrarrestada plenamente mediante la expansión de la producción. El resultado habría sido el aumento del desempleo observado en Europa en el período 1983-1998, o el deterioro de las condiciones de trabajo experimentado en Estados Unidos, especialmente entre las ocupaciones menos cualificadas.

Otros economistas, sin embargo, mantienen una visión mucho más optimista de los efectos del progreso técnico, apoyándose, en primer lugar, en la experiencia histórica que muestra que el desempleo que se produce como consecuencia del cambio tecnológico es transitorio. Más pronto o más tarde, aparecen nuevas actividades en las que emplear la mano de obra ociosa desplazada por la utilización de las nuevas tecnologías. Es decir, se considera que en la economía existen suficientes mecanismos de compensación que aseguran que los desarrollos tecnológicos acaban transformándose siempre en mayores oportunidades de crecimiento económico y empleo. Por ejemplo, el progreso técnico supone el crecimiento de la productividad, y de esto resultaría una mayor renta real que podría convertirse finalmente en una mayor demanda para las empresas. Y, también, la propia aceleración del cambio técnico generaría una expansión de la demanda de bienes y servicios relacionados directamente con la incorporación de nuevas técnicas, como bienes de equipo especializados, servicios relacionados con las propias actividades de I+D, o servicios de educación.

Independientemente de este debate, no conviene olvidar que los sectores que presentan actualmente un mayor dinamismo en cuanto a la creación de empleo son, a la vez, los que presentan una mayor capacidad de innovación tecnológica. La Comisión Europea (1997), por ejemplo, señala que para los países del G7, aquellos sectores industriales que más han superado a la media en cuanto a recursos destinados a I+D son también los que han registrado una evolución más favorable del empleo.

3. CONVERGENCIA DE ESPAÑA CON LA UNIÓN EUROPEA EN LAS INVERSIONES EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El objetivo de este apartado es poner de manifiesto la evolución y la situación actual de la inversión en investigación y desarrollo que se lleva a cabo en España, y compararla con la del resto de la UE. En suma, en este apartado se aborda la cuestión central del capítulo, y trata de responder a la pregunta sobre la existencia o no de convergencia en tecnología de España con la UE.

Por coherencia con la finalidad general del libro, este análisis se ha restringido a la comparación de las principales tendencias observadas en las economías española y europea. Sin embargo, es preciso observar que, si bien los objetivos de la política económica se formulan con frecuencia en España en términos de su convergencia con la media europea, no conviene olvidar que, en el contexto actual, es igualmente importante estudiar la convergencia tecnológica de la propia UE con las otras economías desarrolladas con las que compite en los mercados internacionales, especialmente con Estados Unidos y Japón. Ahora bien, como se mostrará brevemente en el quinto apartado de este capítulo, esta convergencia no se está produciendo, por lo que habría que tenerlo en cuenta en el análisis y en las discusiones de política tecnológica europea y española.

Suele utilizarse la expresión "intensidad investigadora" para referirse a los recursos empleados por una economía en las actividades tecnológicas en relación a su tamaño. Para medirla podemos considerar tanto el gasto total en I+D como porcentaje del PIB⁴, como el número de investigadores y científicos empleados en esas mismas actividades con relación a la población activa.

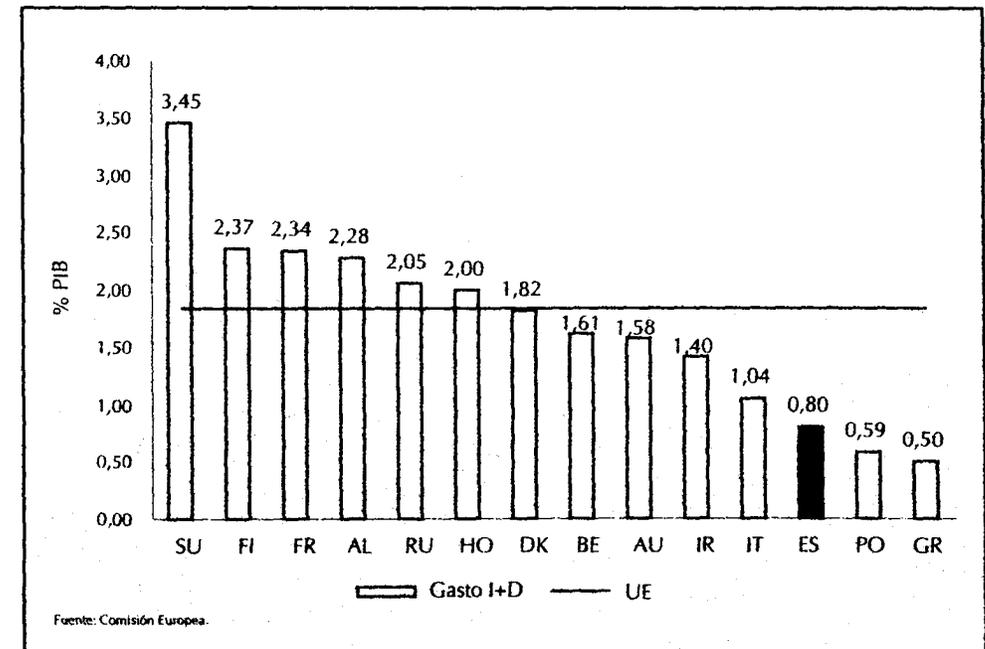
En 1996, el **gasto total en I+D** supuso en España un 0,87% de su PIB⁵, frente al 1,84% del PIB que alcanzaron estos mismos gastos en el conjunto de la UE. Es decir, que la intensidad inves-

tigadora de España, medida de esta forma, es en la actualidad un 47,3% de la europea, y en términos absolutos, las inversiones en tecnología en España representan sólo el 3,8% de todas las europeas, cuando el PIB español es el 8% de la UE.

Como se refleja en el Gráfico 1, la intensidad investigadora de España sólo es superior a la de Portugal y Grecia entre los países de la Unión Europea. En cambio, aparecen clasificados en los primeros puestos, y muy por encima de la media europea, Suecia (3,45% del PIB), Finlandia (2,37%), Francia (2,34%) y Alemania (2,28%).

En cuanto al **número de científicos e investigadores** dedicados a actividades tecnológicas⁶, en 1995 había en España 3,0 por cada 1.000 activos⁷, lo que supone sólo un 61,2% de la media europea, que ascendía este mismo año a 4,9 científicos e investigadores por cada 1.000 activos. De acuerdo con el Gráfico 2, las cifras más destacadas corresponden a Finlandia (8,59), Suecia (6,78), Francia (5,96) y Alemania (5,90), y nuevamente España sólo aparece por delante de Portugal y Grecia.

GRÁFICO 1
Gasto total en I+D, 1995



Por tanto, estas primeras cifras nos permiten destacar el insuficiente nivel de los recursos humanos y económicos destinados en España a investigación y desarrollo cuando se compara con el conjunto de la UE. No obstante, más allá de esta situación actual, cabe plantearse si se han llevado a cabo o no en los últimos años avances tendentes a reducir este déficit tecnológico de la economía española.

Para comenzar a responder esta cuestión, los Gráficos 3 y 4 recogen la **evolución de la "intensidad investigadora"** de las economías española y europea desde 1980, en el caso del gasto en

Otros economistas, sin embargo, mantienen una visión mucho más optimista de los efectos del progreso técnico, apoyándose, en primer lugar, en la experiencia histórica que muestra que el desempleo que se produce como consecuencia del cambio tecnológico es transitorio. Más pronto o más tarde, aparecen nuevas actividades en las que emplear la mano de obra ociosa desplazada por la utilización de las nuevas tecnologías. Es decir, se considera que en la economía existen suficientes mecanismos de compensación que aseguran que los desarrollos tecnológicos acaban transformándose siempre en mayores oportunidades de crecimiento económico y empleo. Por ejemplo, el progreso técnico supone el crecimiento de la productividad, y de esto resultaría una mayor renta real que podría convertirse finalmente en una mayor demanda para las empresas. Y, también, la propia aceleración del cambio técnico generaría una expansión de la demanda de bienes y servicios relacionados directamente con la incorporación de nuevas técnicas, como bienes de equipo especializados, servicios relacionados con las propias actividades de I+D, o servicios de educación.

Independientemente de este debate, no conviene olvidar que los sectores que presentan actualmente un mayor dinamismo en cuanto a la creación de empleo son, a la vez, los que presentan una mayor capacidad de innovación tecnológica. La Comisión Europea (1997), por ejemplo, señala que para los países del G7, aquellos sectores industriales que más han superado a la media en cuanto a recursos destinados a I+D son también los que han registrado una evolución más favorable del empleo.

3. CONVERGENCIA DE ESPAÑA CON LA UNIÓN EUROPEA EN LAS INVERSIONES EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El objetivo de este apartado es poner de manifiesto la evolución y la situación actual de la inversión en investigación y desarrollo que se lleva a cabo en España, y compararla con la del resto de la UE. En suma, en este apartado se aborda la cuestión central del capítulo, y trata de responder a la pregunta sobre la existencia o no de convergencia en tecnología de España con la UE.

Por coherencia con la finalidad general del libro, este análisis se ha restringido a la comparación de las principales tendencias observadas en las economías española y europea. Sin embargo, es preciso observar que, si bien los objetivos de la política económica se formulan con frecuencia en España en términos de su convergencia con la media europea, no conviene olvidar que, en el contexto actual, es igualmente importante estudiar la convergencia tecnológica de la propia UE con las otras economías desarrolladas con las que compite en los mercados internacionales, especialmente con Estados Unidos y Japón. Ahora bien, como se mostrará brevemente en el quinto apartado de este capítulo, esta convergencia no se está produciendo, por lo que habría que tenerlo en cuenta en el análisis y en las discusiones de política tecnológica europea y española.

Suele utilizarse la expresión "intensidad investigadora" para referirse a los recursos empleados por una economía en las actividades tecnológicas en relación a su tamaño. Para medirla podemos considerar tanto el gasto total en I+D como porcentaje del PIB⁴, como el número de investigadores y científicos empleados en esas mismas actividades con relación a la población activa.

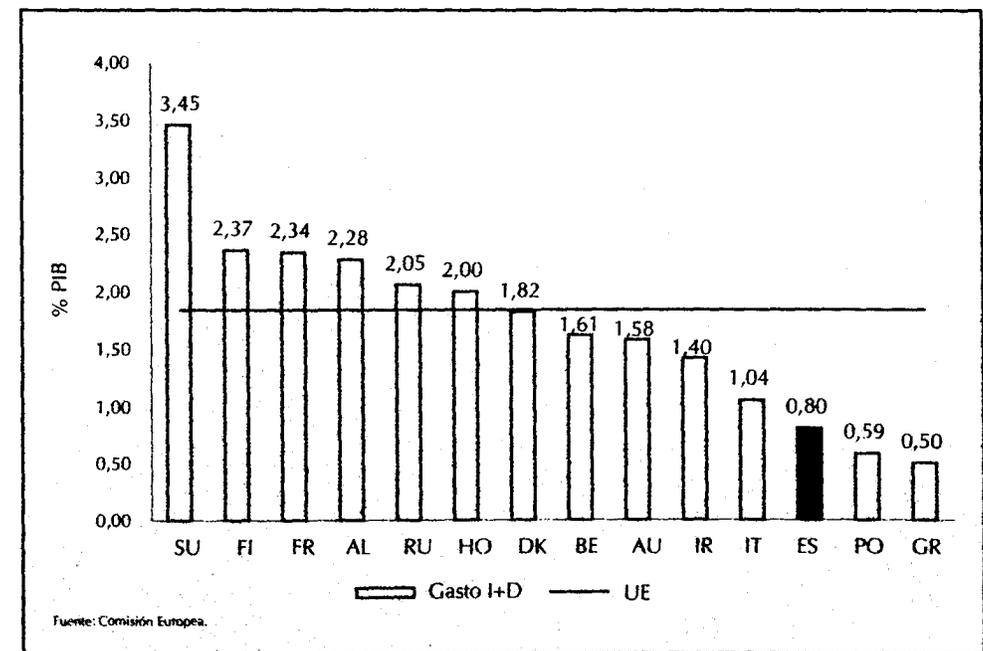
En 1996, el **gasto total en I+D** supuso en España un 0,87% de su PIB⁵, frente al 1,84% del PIB que alcanzaron estos mismos gastos en el conjunto de la UE. Es decir, que la intensidad inves-

tigadora de España, medida de esta forma, es en la actualidad un 47,3% de la europea, y en términos absolutos, las inversiones en tecnología en España representan sólo el 3,8% de todas las europeas, cuando el PIB español es el 8% de la UE.

Como se refleja en el Gráfico 1, la intensidad investigadora de España sólo es superior a la de Portugal y Grecia entre los países de la Unión Europea. En cambio, aparecen clasificados en los primeros puestos, y muy por encima de la media europea, Suecia (3,45% del PIB), Finlandia (2,37%), Francia (2,34%) y Alemania (2,28%).

En cuanto al **número de científicos e investigadores** dedicados a actividades tecnológicas⁶, en 1995 había en España 3,0 por cada 1.000 activos⁷, lo que supone sólo un 61,2% de la media europea, que ascendía este mismo año a 4,9 científicos e investigadores por cada 1.000 activos. De acuerdo con el Gráfico 2, las cifras más destacadas corresponden a Finlandia (8,59), Suecia (6,78), Francia (5,96) y Alemania (5,90), y nuevamente España sólo aparece por delante de Portugal y Grecia.

GRÁFICO 1
Gasto total en I+D, 1995

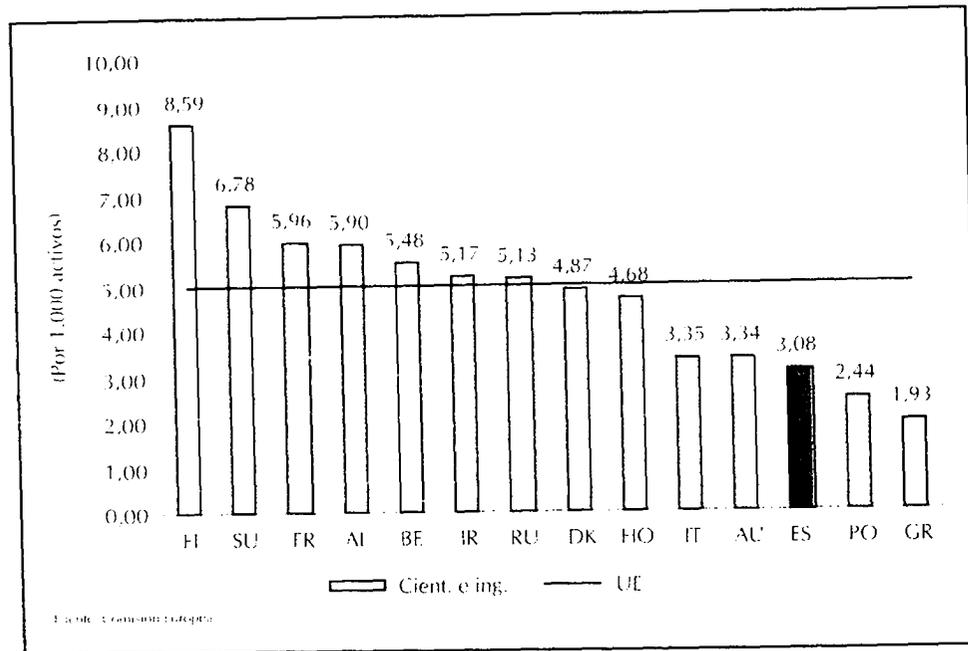


Por tanto, estas primeras cifras nos permiten destacar el insuficiente nivel de los recursos humanos y económicos destinados en España a investigación y desarrollo cuando se compara con el conjunto de la UE. No obstante, más allá de esta situación actual, cabe plantearse si se han llevado a cabo o no en los últimos años avances tendentes a reducir este déficit tecnológico de la economía española.

Para comenzar a responder esta cuestión, los Gráficos 3 y 4 recogen la **evolución de la "intensidad investigadora"** de las economías española y europea desde 1980, en el caso del gasto en

I+D, y desde 1985 para el número de científicos e investigadores. Como se observa, en ambos casos se ha producido una sustancial mejora relativa de la situación de la economía española, especialmente entre los años 1985 y 1990.

GRÁFICO 2
Científicos e ingenieros, 1995



En el caso del esfuerzo inversor en tecnología, en 1980 España destinaba a las actividades de investigación y desarrollo un 0,43% de su PIB, lo que suponía sólo un 26,8% de la media europea (1,60% del PIB). En 1985 la relación era aproximadamente la misma (un 29%), pero en 1990 se había producido ya un incremento muy importante de este porcentaje, que había pasado a ser del 42,8%, y en 1993 se alcanzó la cifra más alta, el 47,5%. En 1994-95, sin embargo, se produjo un ligero retroceso, compensado por el aumento registrado en 1996, que ha permitido volver a situar el gasto en I+D español en el 47,3% del europeo. Cabe destacar, además, que este proceso de convergencia de España hacia la media europea no se explica por una disminución de las inversiones en el resto de los países europeos —de hecho, entre 1985 y 1990 se incrementan ligeramente—, sino por un extraordinario aumento de las inversiones españolas, que alcanzan en este período un crecimiento anual del 8,65%.

En cuanto a la convergencia en el número de científicos e investigadores dedicados a las actividades tecnológicas, en 1985 había en España 1,59 por cada 1.000 activos, mientras que esta cifra era en Europa de 3,80. Sin embargo, en 1994, en España se habían alcanzado ya los 3 investigadores por cada 1.000 activos (3,3 en 1997) teniendo 5 la UE. La relación ha pasado, por tanto, de un 41,8% a un 63,4%. Como en el caso del gasto en I+D, la mayor parte del proceso de convergencia se produjo entre 1985 y 1990.

GRÁFICO 3
Convergencia en Gastos en I+D

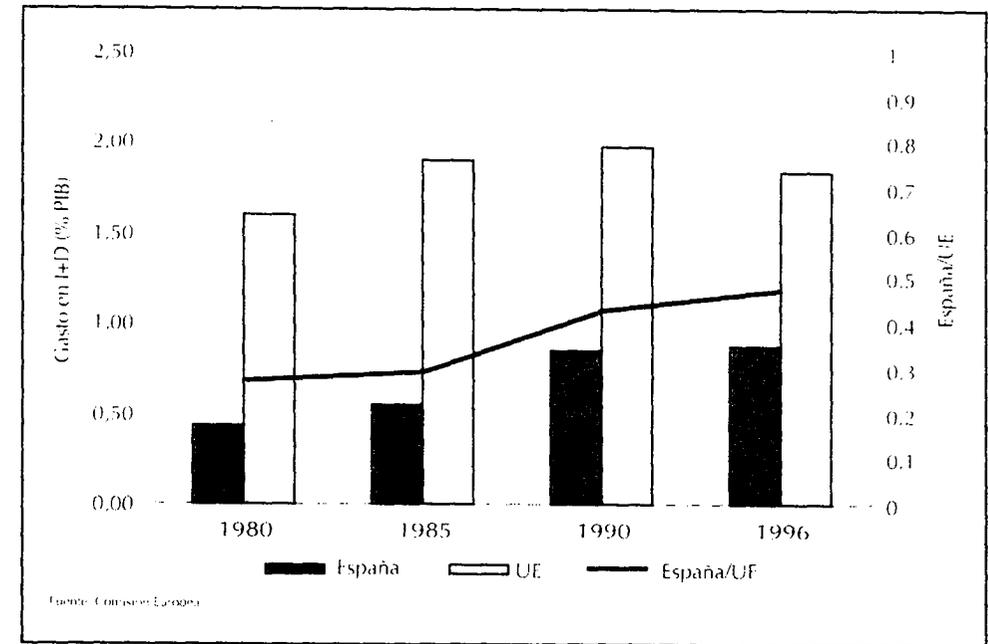
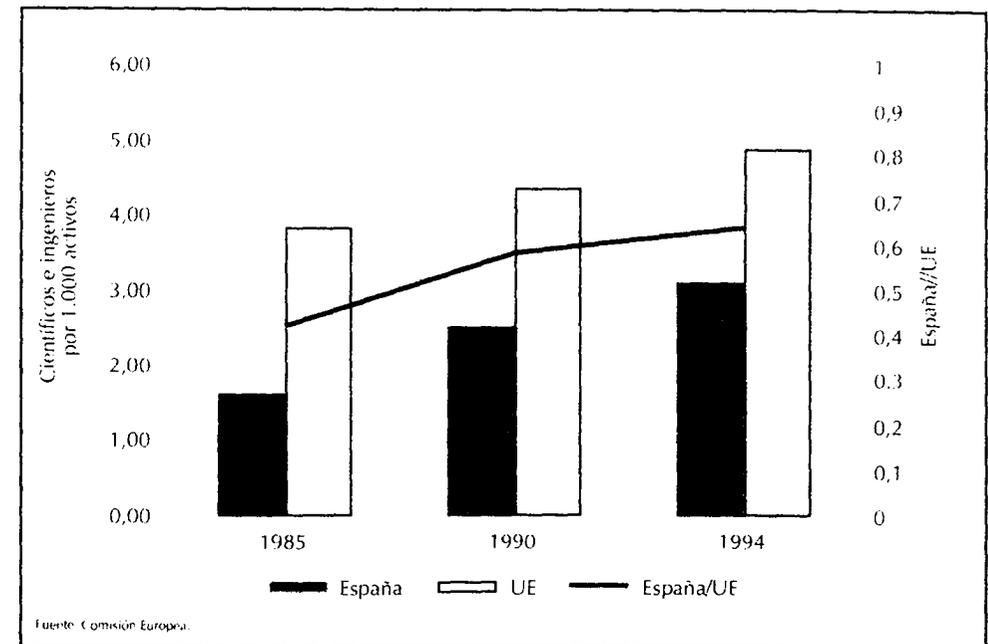


GRÁFICO 4
Convergencia en científicos e ingenieros



El mayor esfuerzo en I+D coincidió con la aplicación de los dos primeros **Programas Marco de I+D** en la Comunidad Europea, y del **Plan Nacional de I+D** en España¹.

Los Programas Marco europeos son el principal instrumento legal de la política tecnológica europea, y contienen las líneas de actuación prioritarias, los fondos que les corresponden y los programas específicos en que se concretan².

El I Programa Marco de I+D (1983-87) supuso el inicio de la política tecnológica europea actual, y estuvo dotado con 3.750 millones de ecus. Sin embargo, es el II Plan Marco (1987-1991) en el que se producen en mayor grado los progresos en la convergencia española con Europa en I+D. España obtuvo de este Plan financiación para 1.074 participaciones, lo que supuso unos fondos de 24.104 millones de pesetas, que representan el 5,5% del volumen total del Plan. El 52,2% de estos fondos se destinaron en España a actuaciones en el campo de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Posteriormente, se llevaron a cabo el III Plan Marco (1990-94), en el que España aumentó su participación hasta los 48.347 millones de pesetas, y el IV Plan Marco (1994-98), y en diciembre de 1998 se aprobó dotar el V Plan Marco (1999-2002) con casi 2,5 billones de pesetas.

ciudad tecnológica española, y por la diferencia entre la especialización sectorial del Sistema Nacional de Innovación español y las prioridades presupuestarias establecidas en los planes europeos.

Finalmente, la participación española en estos planes se caracteriza también por el reducido número de empresas participantes y por el predominio de los organismos públicos que realizan investigación básica o aplicada, pero no desarrollo tecnológico.

Por su parte, el año 1986 supone un cambio cualitativo muy importante en la política tecnológica española. Esto se debe a la aprobación de la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (conocida como *Ley de la Ciencia*), que constituye un serio intento de planificar y coordinar la investigación y la política tecnológica. En la misma dirección, en este año se aprobó también la Ley de Patentes.

De acuerdo con la Ley de la Ciencia, el principal instrumento para la consecución de los objetivos de la política tecnológica es el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, el primero de los cuales se aprobó en 1988, y estuvo vigente hasta 1991. Este Plan financió proyectos equivalentes a los de los Programas Marco por un valor de 47.652 millones de pesetas, el 43% de los cuales se destinaron al campo de la modernización industrial, y el 22% a los recursos biológicos. Posteriormente, en 1991 se aprobó un II Plan (1992-95), cuyas prioridades fueron las tecnologías de las comunicaciones; calidad de vida y recursos naturales, y estudios socioculturales³.

TABLA 1
Evolución del gasto en I+D en la unión europea

PAÍS	GASTO EN I+D, % PIB				GASTO RELAT. I+D (% PIB, UE=100)				GASTO I+D, % UE (PPA; ECUS 1990)			
	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995
Bélgica ^a	1,45	1,67	1,70	1,61	90,41	87,80	85,70	87,47	2,83	2,63	2,56	2,54
Dinamarca ^a	1,04	1,25	1,63	1,82	65,18	65,83	81,98	99,10	1,04	1,10	1,26	1,54
Alemania ^a	2,40	2,75	2,83	2,28	149,73	144,59	142,62	123,88	32,09	30,95	29,25	28,68
Grecia ^a	0,20	0,28	0,40	0,50	12,48	14,84	20,16	27,17	0,20	0,23	0,34	0,46
España	0,43	0,55	0,85	0,80	26,78	28,99	42,81	43,45	2,09	2,27	3,57	3,54
Francia ^a	1,82	2,25	2,41	2,34	113,33	118,57	121,71	127,03	20,60	21,39	21,77	21,92
Irlanda ^a	0,70	0,82	0,86	1,40	43,67	43,35	43,21	76,31	0,29	0,29	0,31	0,67
Italia ^a	0,75	1,13	1,30	1,04	46,91	59,32	65,39	56,62	7,97	10,08	10,98	9,20
Holanda ^a	1,86	2,06	2,15	2,00	115,89	108,17	108,40	108,68	5,11	4,71	4,70	4,79
Austria ^a	1,20	1,27	1,43	1,58	74,87	67,01	72,30	85,94	1,74	1,55	1,67	1,98
Portugal ^a	0,29	0,40	0,54	0,59	17,82	21,05	27,25	32,19	0,29	0,33	0,46	0,54
Finlandia ^a	1,20	1,58	1,91	2,37	74,87	83,25	96,30	128,59	1,02	1,21	1,41	1,66
Suecia ^a	2,30	2,88	2,90	3,45	143,49	151,72	146,19	187,39	4,06	4,19	3,86	4,62
R. Unido ^a	2,40	2,23	2,18	2,05	149,73	117,57	110,03	11,62	23,84	19,10	18,00	17,71
UE	1,60	1,90	1,98	1,84	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

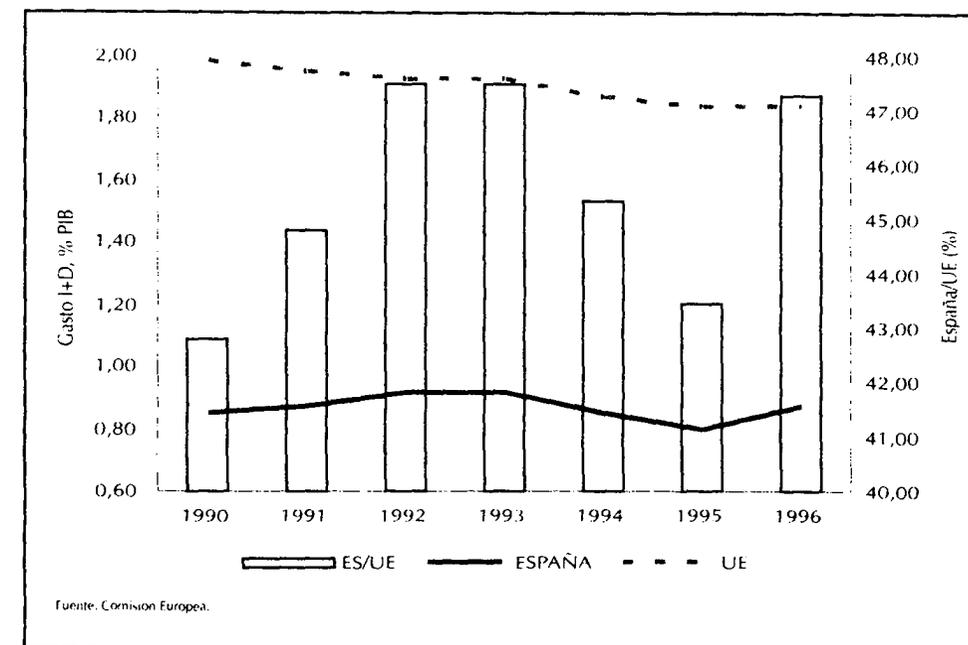
^a 1981 en vez de 1980. ^b 1986 en vez de 1985. ^c 1989 en vez de 1990. ^d 1991 en vez de 1990. ^e 1994 en vez de 1995.

Fuente: Comisión Europea y OCDE.

Vence (1998) analiza la participación de los países europeos en los fondos de estos programas, y observa una alta correlación entre esta participación y el nivel de gasto en I+D. Esto supone que la política tecnológica europea reproduce, más bien que mitiga, las diferencias nacionales iniciales en el esfuerzo en I+D.

Por otro lado, España es, junto a Alemania e Italia, uno de los países que aporta más a los presupuestos de estos planes de lo que recibe mediante la participación en proyectos financiados. Concretamente, España contribuyó a financiar el 8,7% del III Plan Marco, y recuperó sólo el 6,3% de estos fondos totales. De acuerdo con este autor, esto se explica fundamentalmente por la menor capa-

GRÁFICO 5
Gastos en I+D, años 90



Los progresos realizados en la aproximación a la media comunitaria se detuvieron, sin embargo, en 1993, cuando el gasto en I+D había alcanzado en España su cota máxima (0,91% del PIB), y lo mismo ocurría con la relación entre la intensidad investigadora de España y la media de la UE (un 47,5%) (ver Gráfico 5). En los dos años siguientes, sin embargo, el peso del gasto en I+D sobre

el PIB se redujo tanto en España como en el resto de Europa, pero este descenso fue mucho más acusado en nuestro país, ya que en 1995 había retrocedido al nivel alcanzado en 1989.

Es preciso señalar, por otro lado, que este cambio de tendencia en los gastos en I+D tiene un carácter generalizado en la OCDE. Tras un rápido crecimiento durante los años 80, el gasto en investigación ha experimentado tasas de crecimiento muy bajas, e incluso negativas en algunos años y países, durante los 90. Concretamente, el gasto total en I+D creció en la OCDE a una tasa anual del 6,5% entre 1981 y 1985, a una tasa del 3,7% entre 1986 y 1990, y a un ritmo de sólo un 0,5% anual entre 1991 y 1996. Esta reducción del crecimiento fue especialmente acusada en Estados Unidos, Japón, Francia, Alemania e Italia, mientras que en Europa hubo algunas excepciones, como las de Dinamarca e Irlanda, que en realidad intensificaron sus inversiones en tecnología.

La parte principal de este estancamiento en el gasto en I+D tiene su origen en el gasto financiado por los gobiernos, que se redujo de forma muy sustancial en Estados Unidos, y más moderadamente en los grandes países de la UE. En gran medida, esto puede explicarse por la reducción de los presupuestos para investigación en defensa¹⁷ y por el cambio de actitud teórica y práctica con respecto al gasto público, lo que provocó la aplicación de programas de ajuste presupuestario en estos países en los últimos años.

Precisamente la **división del gasto total en I+D** entre aquel que es realizado o financiado por las empresas y aquel otro que es financiado por el gobierno, tiene una elevada importancia, por las consecuencias que se derivan sobre los resultados de la inversión realizada. En la Tabla 2 se recoge la evolución entre 1985 y 1994 del gasto en I+D, tanto en España como en el conjunto de la UE.

Lo primero que cabe destacar de las cifras de esta tabla es que la menor diferencia actual entre España y Europa se produce en el gasto financiado por el gobierno, que en términos del PIB alcanza en España una cifra (0,44%) que supone el 61% de la media de la UE (0,73% del PIB). En contraste, el gasto en I+D realizado o financiado por las empresas sólo alcanza un tercio —en términos relativos al PIB— de la media europea. Como consecuencia de estas cifras, el gasto financiado por el gobierno supone en España un 52% del gasto total en tecnología, mientras que en la UE esta proporción es de sólo un 39%.

Cuando consideramos estos datos en términos dinámicos y analizamos la evolución experimentada por los distintos tipos de gasto entre 1985 y 1994 —el período de convergencia— llegamos a conclusiones similares. El 60% del crecimiento del gasto en I+D se explica por el aumento del gasto financiado por el gobierno, que creció en España un 69%, mientras que en la UE se redujo un 13% —en ambos casos en términos del PIB—. En cambio, el gasto financiado por las empresas sólo se incrementó en España un 31%. En términos de las diferencias entre España y la UE, éstas se redujeron en 0,29 puntos sobre el PIB entre 1985 y 1994, cuando nos referimos al gasto financiado por el gobierno, y sólo en 0,06 puntos al considerar el gasto privado.

Como consecuencia del mayor protagonismo del sector público en los gastos de I+D, la investigación básica ha crecido en España a un ritmo más elevado que la investigación aplicada o el desarrollo tecnológico. Efectivamente, existe una correlación entre la importancia del gasto público en I+D y el peso de la investigación básica, frente a una mayor propensión de las empresas a concentrar sus inversiones en la investigación aplicada y el desarrollo de productos. Entre 1985 y 1993 la investigación básica creció a precios constantes en España un 12% anual, frente al 9,4% de la aplicada, y un 10,9% del desarrollo (OCDE (1998)).

TABLA 2
Distintos tipos de gasto en I+D, % PIB:

CONCEPTO	ESPAÑA	1985	
		UE	ESP/UE (%)
I+D realizado por empresas	0,30	1,22	24,98
I+D financiado por empresas	0,26	0,97	26,73
I+D financiado por el gobierno	0,26	0,84	31,45
I+D TOTAL	0,55	1,90	28,99

CONCEPTO	ESPAÑA	1990	
		UE	ESP/UE (%)
I+D realizado por empresas	0,49	1,29	38,20
I+D financiado por empresas	0,40	1,04	38,82
I+D financiado por el gobierno	0,38	0,81	47,12
I+D TOTAL	0,85	1,98	42,81

CONCEPTO	ESPAÑA	1994	
		UE	ESP/UE (%)
I+D realizado por empresas	0,40	1,16	34,17
I+D financiado por empresas	0,34	0,99	34,51
I+D financiado por el gobierno	0,44	0,73	60,56
I+D TOTAL	0,85	1,87	45,33

Fuente: Comisión Europea.

Este proceso de aproximación entre las cifras españolas y europeas puede analizarse también, finalmente, utilizando los conceptos de convergencia generalizados en la literatura económica sobre crecimiento regional, y propuestos por Barro y Sala i Martín (1991). Estos autores distinguen entre lo que denominan como **convergencia- β** y **convergencia- α** .

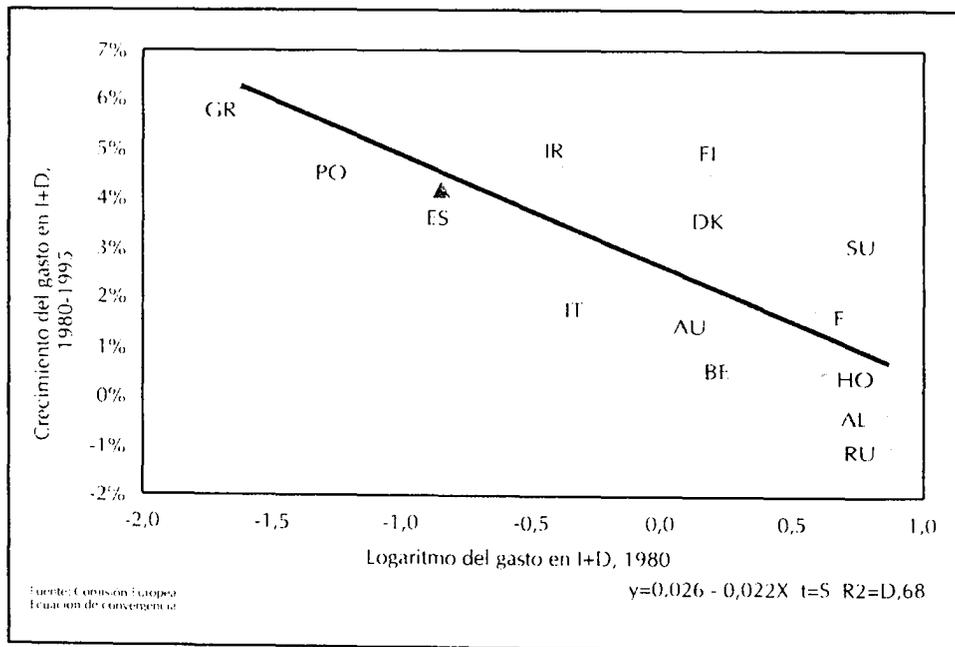
Se afirma que existe convergencia- β entre un grupo de economías cuando la tasa de crecimiento experimentada por una variable durante un determinado período de tiempo, depende inversamente del valor de esa variable al principio de ese período. En el caso del gasto en I+D, esto debería implicar que la tasa de aumento del porcentaje que suponen estos gastos sobre el PIB fuese mayor en los países en los que la intensidad investigadora fuese inicialmente más baja. Por tanto, en el caso de que se produjera convergencia- β , España debería ser uno de los países en los que más hubiesen crecido estos gastos.

En cambio, se afirma que existe convergencia- α cuando se reduce a lo largo del tiempo la dispersión de los valores de esa misma variable, medida, por ejemplo, a través de la desviación típica¹⁸. En el caso del gasto en I+D, este tipo de convergencia implicaría una reducción de las diferencias en la ratio I+D/PIB entre los países europeos.

El análisis de estos conceptos permite comprobar en qué medida la reducción de las diferencias entre las cifras españolas y europeas que hemos visto hasta ahora es exclusiva de España, o, por el contrario, se trata de un proceso generalizado entre todos los países que partían en los años 80 de un sistema tecnológico más débil.

Los Gráficos 6 y 7 recogen el análisis de estos dos tipos de convergencia en el caso de los gastos en I+D (en porcentaje sobre el PIB). Como vemos, se confirma la existencia de convergencia- β , mientras que la dispersión en la inversión tecnológica aumentó entre 1981 y 1987, para reducirse posteriormente entre 1988 y 1992.

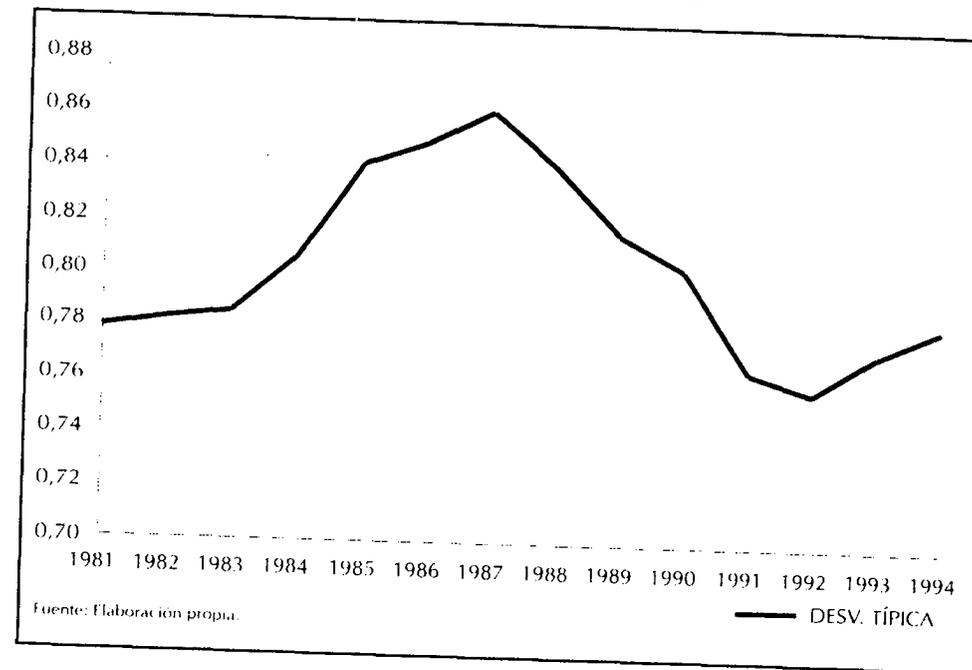
GRÁFICO 6
Convergencia- β en Gasto en I+D



En el Gráfico 6 podemos ver, en concreto, que el gasto en I+D ha crecido, en el período 1980-95, muy por encima de la media en los cuatro países con menor intensidad investigadora en 1980. Especialmente destaca el caso de Irlanda¹⁷, cuya inversión en I+D ha crecido en los 15 años contemplados a una tasa anual próxima al 5%. Esto ha permitido que su esfuerzo inversor pase de ser un 44% de la media europea a un 76%. España, por su parte, registra un comportamiento similar al que le correspondería de acuerdo con la ecuación de convergencia estimada.

Este cumplimiento de la hipótesis de convergencia- β , sin embargo, no debe ocultar la existencia de importantes excepciones entre los países con una situación inicial más favorable, y en particular destacan los casos de Suecia y Finlandia. El primero se ha convertido en estos años en el país europeo que destina un mayor porcentaje de su PIB a la investigación y el desarrollo¹⁸, mientras que Finlandia ha pasado de ocupar el octavo lugar en 1980 (su gasto en I+D sobre el PIB era entonces del 1,2%, un 75% de la media europea) a situarse en segundo lugar, con un 2,37% de gasto en I+D sobre su PIB.

GRÁFICO 7
Convergencia- σ en Gasto en I+D



4. LOS RESULTADOS DE LAS INVERSIONES EN I+D

Los datos anteriores han puesto de manifiesto que, a pesar de la mejora producida, sobre todo, en la segunda mitad de los años 80, España sigue destinando una proporción significativamente baja de sus recursos a la investigación y el desarrollo con respecto a la mayoría de los países de la Unión Europea. Sin embargo, lo importante no es la cuantía del gasto, sino los resultados que se derivan de dichas inversiones en I+D. Estos resultados pueden medirse a través de la producción científica que se genera en un país (número de publicaciones e impacto de las mismas); las patentes registradas, y, finalmente, los flujos internacionales de tecnología (comercio de productos de alta tecnología, balanza tecnológica y comercio de bienes de equipo).

4.1. Número e impacto de las publicaciones científicas

El Gráfico 8 recoge la evolución del número de artículos publicados por autores españoles en revistas científicas¹⁹, así como el porcentaje que supone este número en el total de publicaciones científicas europeas. Como se ve, este número se incrementó de forma notable y persistente durante todo el período considerado, pasando de 2.685 en 1980 a 14.189 en 1995. Sin embargo, a pesar de este aumento, las publicaciones españolas siguen teniendo un peso reducido en el total europeo, próximo al 7%. Y se puede llegar a una conclusión similar sobre la debilidad de la producción científica española cuando medimos las publicaciones en relación con el tamaño del país, por ejemplo, a través del número de habitantes²⁰. De acuerdo con el Gráfico 9, España sólo supera en publicaciones por habitante a Portugal y Grecia, y se sitúa en torno al 65% de la media europea.

GRÁFICO 8
Publicaciones científicas

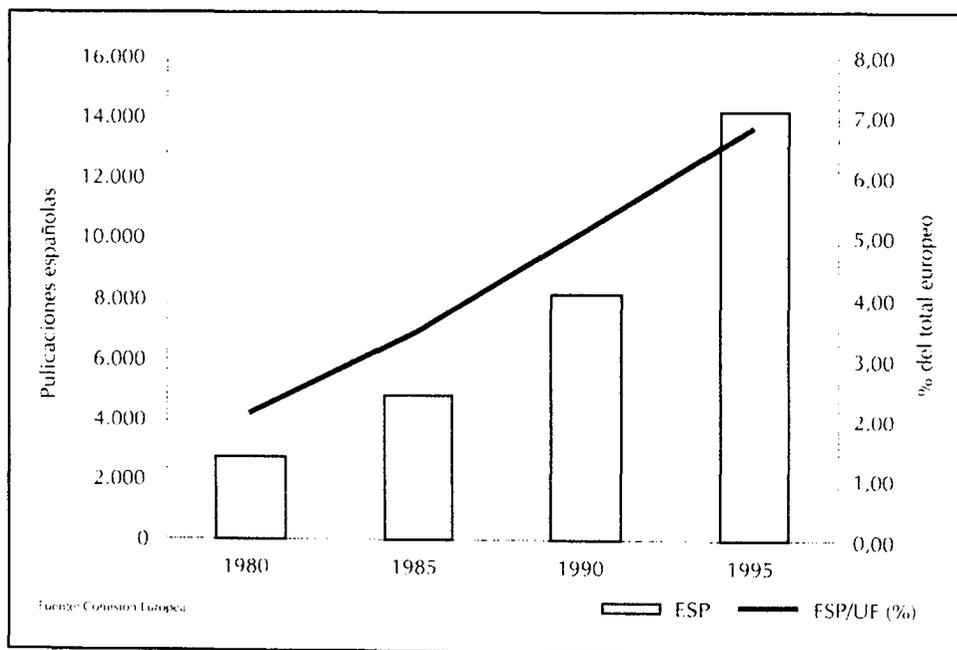
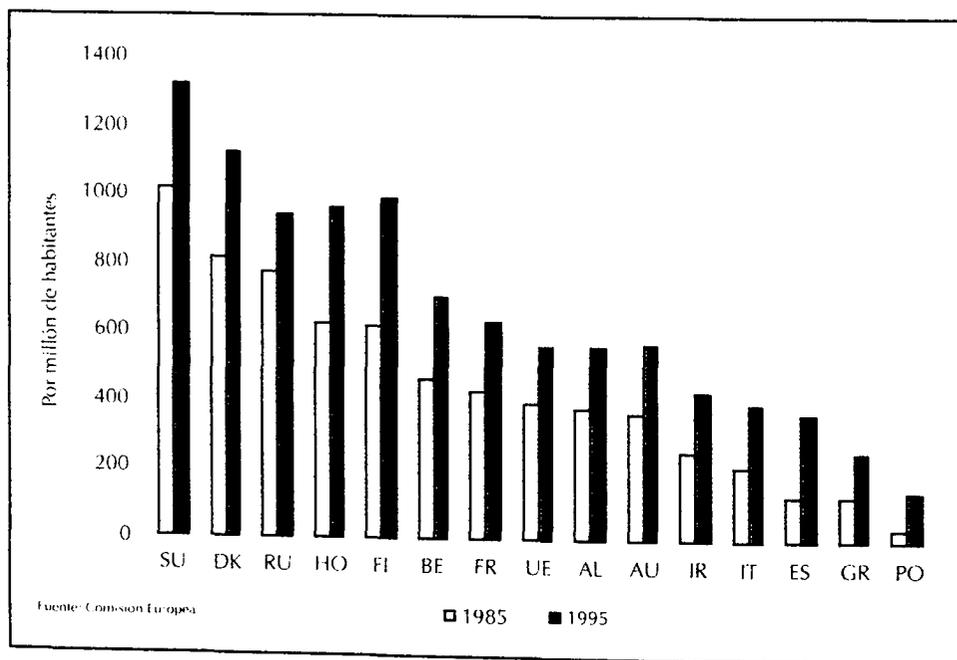


GRÁFICO 9
Publicaciones por habitante



Sin embargo, España genera un mayor número de publicaciones por peseta invertida en I+D+ que la Unión Europea, habiéndose incrementado este cociente entre 1985 y 1995, tanto en términos absolutos como con relación a la media europea (Tabla 3).

TABLA 3
Publicaciones e impacto científico

CONCEPTO	1985			1995		
	ESP	UE	%ES/UE	ESP	UE	%ES/UE
Publicaciones totales	4.814	141.177	3,4	14.189	207.973	6,8
Publicaciones por millón hab.	125,3	393,5	31,8	361,9	558,9	64,7
Publicaciones por millón GNEID	5,7	4,7	121,3	7,2	5,4	133,3
Citas por publicación	2,1	3,2	65,6	3,1	4,0	77,5
Índice de impacto cient.	0,70	1,07	65,4	0,86	1,12	76,8

GNEID: Gasto en I+D, excl. el realizado por empresas. Los datos de citas e impacto científico corresponden a 1993 en vez de 1995.
Fuente: Comisión Europea y elaboración propia.

La importancia de estas publicaciones, más allá de su número, se puede aproximar por las veces que cada una de ellas ha sido citada a su vez en otros artículos en los dos años posteriores. En 1993, las publicaciones científicas españolas eran citadas 3 veces por término medio, mientras que la media europea era de 4 citas por cada publicación, la de Estados Unidos de 5,6 citas, y la de Japón de 4,7.

A partir de estas cifras se puede calcular también lo que se denomina "índice de impacto científico", que resulta de dividir el número de citas por publicación de un país, entre el promedio de ese mismo cociente para un conjunto determinado de países. Si este índice toma un valor igual a la unidad, el impacto científico de las publicaciones de ese país es igual a la media de los países con los que se compara; si es superior a la unidad, se interpreta que sus publicaciones tienen un impacto mayor que la media; y si es inferior a la unidad se interpreta por el contrario que sus publicaciones son citadas con menor frecuencia.

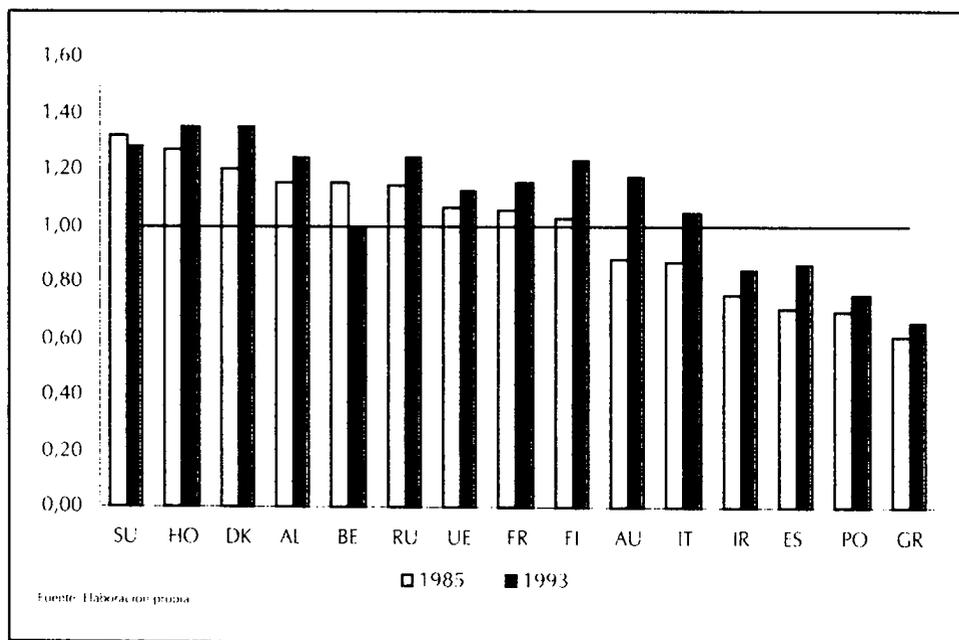
En nuestro caso, lo hemos calculado utilizando la media de toda la Unión Europea, Estados Unidos y Japón, y el resultado para los años 1985 y 1993 se refleja en el Gráfico 10. Como se ve, España ha mejorado sustancialmente su situación en este aspecto en los años considerados, que según se vió más arriba coincide con un impulso muy importante a las inversiones en I+D. Concretamente, si en 1985 el índice tomaba un valor de 0,7, en 1993 esta cifra se había elevado hasta 0,86.

4.2. Patentes

Otro aspecto muy relevante para medir los rendimientos derivados de las inversiones en tecnología es el registro de patentes, en tanto en cuanto permiten estimar el grado en que la investigación realizada se transforma en aplicaciones con valor económico concreto.

La OCDE, además de ofrecer el dato del número de patentes que se registran en un país, distingue entre aquellas que registran los residentes y los no residentes. Esto nos permite obtener algunas primeras medidas sobre la dependencia tecnológica y la capacidad de difusión de innovaciones que caracteriza a cada país.

GRÁFICO 10
Índice de impacto científico



De acuerdo con las cifras recogidas en la Tabla 4, lo primero que cabe destacar es que el proceso de convergencia español en gasto en tecnología que, según vimos, ha tenido lugar desde 1985, no se ha traducido en un aumento del número de patentes inscritas por los residentes. En 1995, éstas alcanzaron la cifra de 2.078 patentes, prácticamente las mismas que en 1985, y sólo un 2,4% de todas las patentes europeas. Y cuando esta comparación entre España y Europa se realiza normalizando las cifras por el PIB, se confirma nuevamente esta debilidad del sistema tecnológico español y la ausencia de mejora en los años considerados.

En este mismo cuadro hemos recogido otros coeficientes que señalan la dependencia tecnológica de la economía española:

TABLA 4
Patentes registradas en el país

1985	ESPAÑA	UE	ESP/UE	1995	ESPAÑA	UE	ESP/UE
Patentes reg. por residentes	2.149	83.036	2,59%	Patentes reg. por residentes	2.078	85.180	2,44%
Pat. res./millardo PIB	6,29	19,01	0,33	Pat. res./millardo PIB	4,55	15,25	0,30
Pat. res./millón GEID	2,07	1,56	1,33	Pat. res./millón GEID	1,24	1,33	0,93
Coef. Inventiva	0,60	2,30	0,26	Coef. Inventiva	0,50	2,30	0,22
Ratio autosuficiencia	0,19	0,34	0,56	Ratio autosuficiencia	0,04	0,17	0,23
Ratio dependencia	4,26	1,26	3,38	Ratio dependencia	26,76	4,94	5,42
Ratio difusión	1,00	1,40	0,71	Ratio difusión	4,65	6,02	0,77

GEID: Gasto en I+D realizado por las empresas. El resto de conceptos se define en el texto.

Fuente: OCDE + elaboración propia.

- La relación *patentes/gasto en I+D de las empresas* puede utilizarse para estimar el gasto necesario en cada país para obtener el registro de una patente, y recoge en España un empeoramiento sustancial en estos años.
- El *coeficiente de inventiva* se obtiene dividiendo el número de patentes registradas por los residentes y la población total. En 1995, en España esta cifra era de sólo 0,5 patentes por cada 10.000 habitantes, menos de la cuarta parte de la cifra correspondiente a la Unión Europea.
- La *ratio de autosuficiencia* es el cociente entre el número de patentes registradas por los residentes en un país y el total de patentes registradas, incluyendo los no residentes. También en este caso, la situación española es de clara desventaja respecto a la UE (0,04 por 0,17 en 1995), produciéndose incluso un sensible empeoramiento en los años contemplados.
- La *ratio de dependencia* es complementaria con la anterior, y es el cociente entre las patentes registradas por no residentes y las patentes registradas por residentes. En este caso, las cifras ponen de manifiesto la penetración tecnológica extranjera en España, así como el aumento que se ha producido en los últimos años.
- Finalmente, la *ratio de difusión* recoge la relación entre las patentes registradas por los residentes en otros países, y en el propio país en el año anterior. Al contrario que en los indicadores anteriores, España ha registrado en éste una importante mejora en los años contemplados, mejorando su posición respecto a la media de la UE.

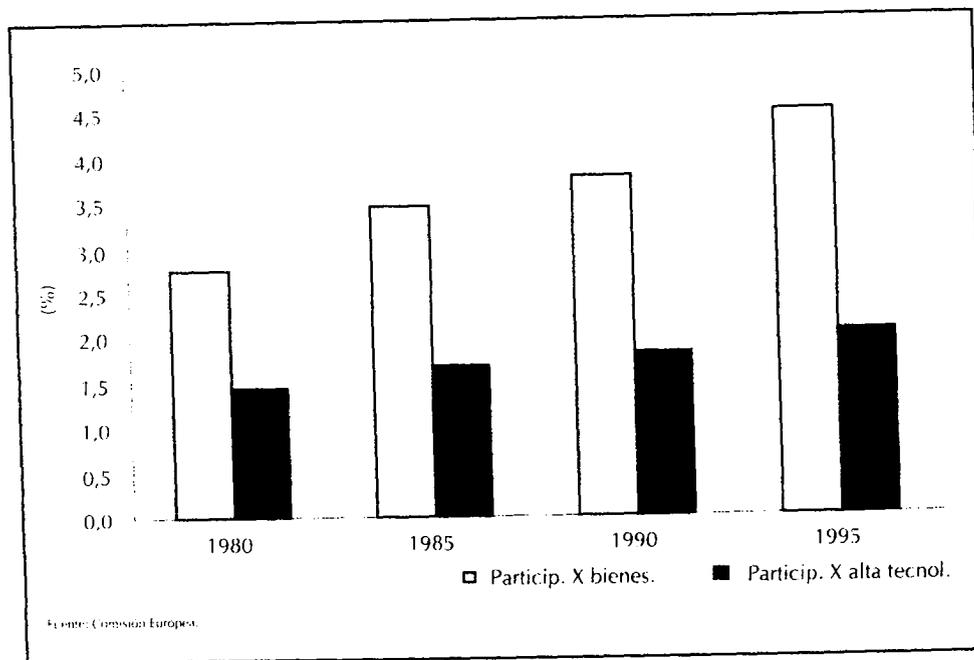
4.3. Comercio exterior de tecnología

La mayor apertura exterior que se deriva de la globalización de la economía mundial y la integración en Europa, ha constituido para España un desafío y, a la vez, una oportunidad, que ha centrado en gran medida los objetivos de su política económica. El éxito, en este caso, exige a España un esfuerzo sostenido por mejorar su competitividad, en la que la política tecnológica juega, según vimos en un apartado anterior, un papel determinante. Sin embargo, el análisis de la evolución del comercio exterior de bienes de alta tecnología, de la balanza tecnológica, o de otros indicadores complementarios que se verán a continuación, muestra la necesidad de perseverar en el esfuerzo inversor en I+D, y en otras políticas adecuadas, para seguir mejorando el comportamiento del sector exterior. La economía española todavía importa mucha tecnología, y crea y exporta poca.

El Gráfico 11 recoge la evolución, desde 1980, de la participación de España en las exportaciones europeas de bienes, y en las exportaciones europeas de productos de alta tecnología. En ambos casos se observa una tendencia favorable, si bien es preciso hacer dos consideraciones importantes. En primer lugar, el peso de la economía española en el comercio internacional es, cuando se compara con el resto de Europa, sensiblemente inferior al que le correspondería por su PIB. Si éste suponía en 1995 un 8% del total de la UE, las exportaciones españolas de bienes sólo eran en este mismo año un 4,5% del total europeo. En segundo lugar, el peso de España en el caso de los bienes de alta tecnología es aún más bajo (un 2,0% de las exportaciones europeas), lo cual significa que la especialización de España en la producción y venta al exterior de productos con elevado contenido tecnológico es inferior a la de casi todos los países europeos. Cabría añadir, además, que a pesar del aumento de las exportaciones españolas de este tipo de productos, la tasa de cobertura (exportaciones/importaciones) no ha superado en estos años el 50%.

En este sentido, el "índice de especialización relativa en alta tecnología" permite comparar la importancia que tienen, en distintos países, las exportaciones de productos de alta tecnología en el total de exportaciones. Dicho índice se obtiene dividiendo la participación de los productos de alta tecnología en las exportaciones de un país, por el mismo dato correspondiente a la media de los países con los que se establece la comparación. Si este cociente es igual a la unidad, los productos de alta tecnología tienen la misma importancia en el país considerado que en el conjunto de los restantes; si es menor que uno, se trata de un país con una menor especialización relativa de sus exportaciones en productos de alta tecnología; y, al contrario, un valor mayor que uno se corresponde con una especialización en bienes de alta tecnología mayor que la media.

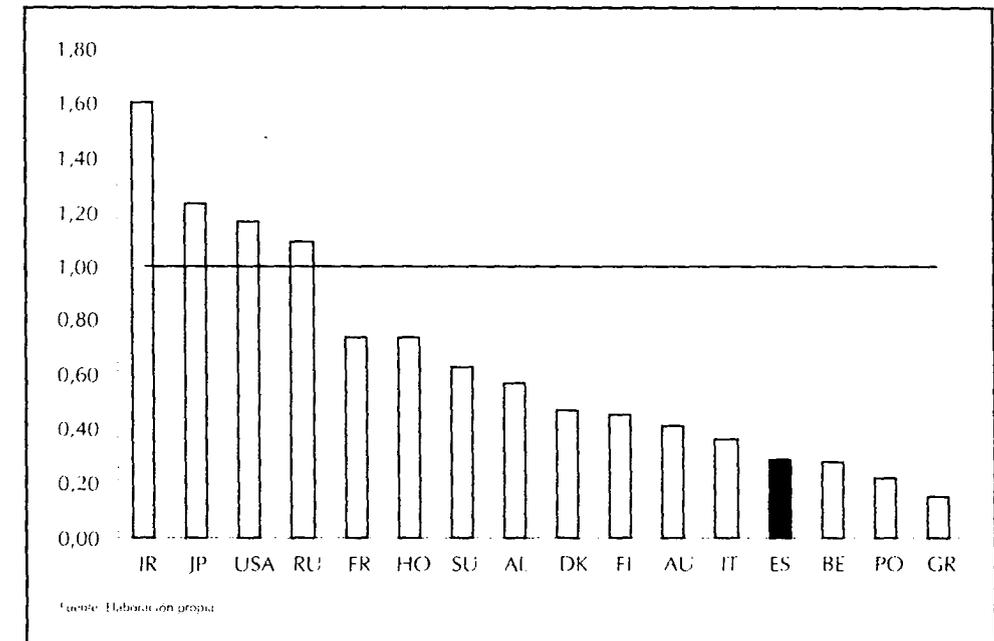
GRÁFICO 11
Participación España exportación UE



En el Gráfico 12, aparece este índice considerando datos de los países de la Unión Europea, Estados Unidos y Japón. Como se ve, la mayor especialización en alta tecnología tiene lugar e Irlanda (1,60), que en los últimos años ha realizado un intensísimo esfuerzo en inversiones generadoras de productos de alta tecnología, y también se registran valores superiores a uno en Japón (1,23), Estados Unidos (1,17) y Reino Unido (1,09). Por el contrario, España tiene un nivel de especialización relativa en alta tecnología muy bajo (0,28) que sólo supera los de Bélgica, Portugal y Grecia, y que de hecho se ha ido reduciendo desde 1980, cuando tomó un valor de 0,41.

Esta menor capacidad para exportar bienes con alto contenido tecnológico se acompaña en el caso de España, además, por un elevado volumen de importación de tecnología, lo que se ha interpretado como un indicador de dependencia tecnológica. Esta dependencia se refleja en los bajos niveles de cobertura de su balanza tecnológica²² (siempre por debajo del 30%) y en la balanza de bienes de equipo, que se utiliza como indicador de las transferencias de tecnología incorporada.

GRÁFICO 12
Especialización relativa alta tecnología 1995



Respecto a la evolución de la balanza tecnológica, es preciso señalar que con la entrada en vigor del V Manual de Balanza de Pagos del FMI, en 1994, se ha dispersado la partida de Asistencia Técnica, por lo que se ha roto la serie histórica de la balanza de pagos tecnológica. A partir de 1993 sólo es posible establecer para España series homogéneas en la partida de royalties. En la Tabla 5 recogemos la evolución de la tasa de cobertura de las balanzas tecnológica y de royalties, que se encuentran todavía en niveles bajos²³.

En este mismo cuadro aparece también el otro indicador de dependencia tecnológica que hemos mencionado, el comercio exterior de bienes de equipo y maquinaria. Como se ve, este sector es tradicionalmente deficitario.

TABLA 5
Tasas de cobertura

AÑO	Balanza tecnológica	Balanza de royalties	Bal. Bienes de equipo
1985	0,25	0,08	70,8
1990	0,18	0,06	43,8
1993	0,46	0,13	65,8
1994	No disponible	0,18	67,7
1995	No disponible	0,13	64,8
1996	No disponible	0,13	61,8
1997	No disponible	0,10	63,6

Fuente: Banco de España, Dirección General de Aduanas y SERCOBE.

5. LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EUROPA EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL. UNA BREVE REFERENCIA

El hecho de que la economía europea registre niveles de renta per cápita y otros indicadores de bienestar inferiores a los de Estados Unidos y Japón, o su menor capacidad para competir internacionalmente en sectores emergentes de alta tecnología, ha hecho plantearse a algunos autores la posible influencia de la menor dotación tecnológica europea. Efectivamente, como señalan en un reciente artículo Eaton, Gutiérrez y Kortum (1998), el output por trabajador se sitúa en Europa en el 83% del de Estados Unidos, y "un posible culpable [de esta diferencia] es el rendimiento de la investigación en Europa". En el contexto de este trabajo, en el que nos hemos centrado en la convergencia de España con Europa, esta idea es importante, y nos permite destacar que junto a este objetivo, sin duda primordial, para la política económica española, debe mantenerse también la necesidad de que la propia Unión Europea continúe intensificando su esfuerzo por converger tecnológicamente con Estados Unidos y Japón.

Para poner de manifiesto, siquiera de forma breve, esta debilidad europea, en la Tabla 6 recogemos la situación actual de algunos de los indicadores, comentados en los dos apartados anteriores, pero ahora referidos a la Unión Europea, Estados Unidos y Japón. Las dos primeras filas se refieren a los recursos monetarios y humanos destinados a las actividades de I+D. En ambos casos Europa se sitúa siempre por debajo del 75% del esfuerzo relativo realizado por Estados Unidos y Japón.

Igualmente, en cuanto a los resultados tecnológicos y científicos derivados del esfuerzo inversor en tecnología, Europa muestra unas cifras sensiblemente más bajas en generación de patentes por parte de sus residentes y en número de publicaciones, ambas expresadas con relación a la población total. El impacto científico de estas publicaciones es, por otro lado, superior al correspondiente a Japón, pero inferior al de Estados Unidos.

La UE también registra déficit en su comercio en alta tecnología con Estados Unidos y Japón, aunque tiene superávit en el comercio de tecnología media con Estados Unidos, y en los sectores de baja tecnología con Japón. Esta menor capacidad exportadora de la UE en productos de alta tecnología se refleja también en el menor peso de estos bienes en las exportaciones totales, y, por tanto, en un valor más bajo del índice de especialización relativa en alta tecnología.

TABLA 6
Inversiones en i+d y resultados obtenidos

CONCEPTO	AÑO	UE	EE.UU.	JAPÓN
Gasto en I+D (% PIB)	1996	1,83	2,43	2,77
Científicos e ingenieros por 1.000 activos	1995	4,97	7,28	8,28
Patentes reg. residentes por 10.000 hab.	1993	2,40	3,90	26,60
Publicaciones por millón habitantes	1995	558,9	773,2	420,8
Índice de impacto científico	1993	1,12	1,56	0,96
Particip. Bienes alta tecn. en exportaciones	1995	0,15	0,24	0,25
Especialización relativa alta tecnología	1995	0,74	1,17	1,23

Fuente: Comisión Europea y OCDE

6. CONCLUSIONES

1. Tanto desde el punto de vista teórico como empírico, existen razones suficientes para afirmar que el desarrollo tecnológico es fundamental para la competitividad de las empresas en un contexto de globalización creciente, y que por tanto también lo es, con una perspectiva más agregada, para elevar la capacidad de crecimiento de las economías.

Las empresas pueden llevar a cabo esta adquisición de tecnología de diversas formas: comprando equipos más avanzados (tecnología incorporada), adquiriendo una patente o recibiendo asistencia técnica que les permita utilizar tecnología no incorporada al capital físico, o generando su propia tecnología a través del gasto en I+D. Los datos ofrecidos a lo largo de este capítulo muestran claramente que uno de los principales problemas a los que debe enfrentarse la política económica es el del "déficit tecnológico". España, efectivamente, tiene bajas tasas de cobertura en las balanzas de royalties y de bienes de equipo, y gasta pocos recursos en I+D.

2. Esta escasa "intensidad investigadora" puede comprobarse al comparar los datos españoles con los de la media europea referentes a la parte del PIB que se destina a I+D, o al número de investigadores y científicos en relación con la población activa. El problema es aún mayor si tomamos como referencia los casos de Estados Unidos y Japón. En porcentaje del PIB, el gasto español en tecnología es sólo el 42% de la media europea, el 31% del de Estados Unidos, y el 27% del japonés.

Además, la necesidad y conveniencia de elevar el gasto español en I+D no sólo se justifica por comparación con los niveles alcanzados en otros países con mayor renta per cápita. De la Fuente y Vives (1998) han estimado la rentabilidad social de este tipo de gastos a través de su contribución al crecimiento económico, llegando a la conclusión de que España invierte actualmente sólo un 20% del óptimo, y que la rentabilidad de estas inversiones en nuestro país es 5 veces más alta que la inversión en capital físico.

3. Hasta cierto punto, las características de las empresas españolas pueden estar condicionando su menor esfuerzo en innovación, ya que la mayoría son pequeñas y medianas, y las grandes se concentran en sectores de contenido tecnológico medio o son filiales de empresas extranjeras que realizan sus actividades de I+D en sus países de origen. No obstante, la menor proporción de recursos destinados a la investigación se manifiesta en general en todos los sectores, lo que apunta también a una debilidad estructural del Sistema Español de Ciencia y Tecnología.
4. Sí ha habido, sin embargo, un importante proceso de convergencia en la intensidad investigadora en I+D de España con Europa, sobre todo entre 1985 y 1993. En estos años, el esfuerzo relativo español en tecnología pasó de suponer un 29% de la media europea a un 48%. Desde entonces, este proceso de convergencia se ha detenido, e incluso tuvo lugar un ligero retroceso en 1994 y 1995 que sólo ha podido ser compensado en 1996 y 1997.
5. En este proceso de convergencia ha jugado un papel muy importante, por supuesto, la política tecnológica española, renovada a partir de la Ley de la Ciencia de 1986, y concretada desde entonces en los Planes Nacionales de I+D. En el caso de la tecnología, el papel del Estado es decisivo por varias razones, entre las que Castillo y Jimeno (1998) destacan el carácter principal del sector público en la estructuración de la investigación básica; su importancia como agente inversor, tanto para financiar una parte significativa del

gasto en I+D realizado por las empresas, como por su titularidad de la mayor parte de centros de investigación y universidades; y, finalmente, su capacidad para desarrollar un marco legislativo adecuado para la coordinación y estímulo de la actividad investigadora, por ejemplo a través de la regulación del sistema de patentes. Esta intervención pública se justifica plenamente desde un punto de vista teórico, sobre todo por las economías externas positivas que genera la tecnología. Esto hace que la rentabilidad privada del gasto en I+D que realizan las empresas sea menor, en muchos casos, que el beneficio social, y que, por tanto, el mercado no genere los incentivos suficientes para alcanzar el gasto socialmente óptimo en tecnología.

Desgraciadamente, esto es un motivo por el que algunas empresas pueden quedar marginadas o desconectadas de las empresas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, que en España se caracteriza por una presencia muy alta del sector público en la financiación y ejecución de la investigación, y un sesgo probablemente excesivo hacia la investigación básica en detrimento de la aplicada y el desarrollo, más propio de las empresas. En España, por ejemplo, las empresas sólo realizan el 47% de todo el gasto en I+D, frente al 62% de toda la UE, y entre 1985 y 1994 el 60% del crecimiento del gasto en tecnología se explica por el aumento de la financiación pública. Por tanto, la política tecnológica futura debe fijarse como una de sus principales líneas de actuación incrementar la vinculación de las empresas con los procesos de innovación tecnológica y aumentar el peso del desarrollo frente a la investigación básica.

6. Esta característica de las inversiones españolas en tecnología y de su aumento reciente, se pone de manifiesto también cuando se analiza la evolución de los resultados obtenidos a partir de las mismas, reafirmando la pertinencia de la anterior observación sobre la política tecnológica. El número de publicaciones, que refleja principalmente la actividad de los centros públicos de investigación y las universidades, y que responde a la obtención de resultados en la investigación básica, ha experimentado un aumento significativo desde mediados de los años ochenta. Sin embargo, no se observa prácticamente ninguna mejora en el número de patentes registradas, lo que señala que los resultados en obtención de tecnología por parte de las empresas son muy bajos.

NOTAS

- 1 Por ejemplo, la renovación del capital es muchas veces imprescindible para la introducción de las nuevas tecnologías, además de permitir de hecho la expansión de la capacidad productiva.
- 2 En esta línea, A. de la Fuente (1995) ofrece un modelo teórico y evidencia empírica referida a los países de la OCDE que confirma la importancia de este tipo de inversiones en las diferencias en la renta per capita nacional.
- 3 Ver Uxó y Pampillón (1997) para un análisis más detallado del problema del desempleo tecnológico.
- 4 Salvo que se indique lo contrario, en el resto del texto los datos sobre gasto en I+D y PIB se expresan en millones de ECUs de 1990, utilizando tipos de cambio que recogen la paridad del poder adquisitivo (PPA).
- 5 En 1997 esta cifra se redujo una décima respecto a 1996, situándose en el 0,86%, no disponiéndose en el momento de redactar este texto del dato global para toda la UE correspondiente a 1997.
- 6 Medidos en términos equivalentes a jornada completa.
- 7 Utilizamos los datos de 1995 por ser el último disponible para la UE, y por tanto el último año en que es posible hacer esta comparación. Para el caso de España, el número de investigadores por cada 1000 activos fue de 3,2 en 1996 y de 3,3 en 1997.
- 8 Estos datos se recogen de forma sistemática en la Tabla 1. En este cuadro puede comprobarse también que la convergencia que hemos señalado no sólo se produce cuando comparamos los datos en porcentaje sobre el PIB, sino también en términos absolutos. En concreto, el gasto total en I+D en España suponía en 1980 un 2,09 del total europeo, pasando a ser de un 3,54 en 1995.
- 9 Ver Pampillón (1993), Bravo y Quintanilla (1995) y Vence (1998).
- 10 Hasta el IV Programa Marco (1994-1998), en que se fusionaron, existían además otros programas paralelos, como el THERMIE (para el ahorro de energía), COMETT (cooperación entre empresas y universidades), LIFE (medioambiente), STAR y SPRINT (específicos para PYMES) y STRIDE (específico para regiones periféricas).
- 11 La descentralización política que ha tenido lugar en España también se ha reflejado en la política tecnológica, y las comunidades autónomas y corporaciones locales tienen actualmente un importante protagonismo en la promoción de la investigación y el desarrollo. Castillo y Jimeno (1998) y Vence (1998) analizan la política tecnológica española desde esta perspectiva regional.
- 12 De hecho, las inversiones en I+D se redujeron en España también en términos absolutos a partir de 1993. Concretamente, medido este gasto en ECUs de 1990 y utilizando tipos de cambio que reflejan la paridad del poder adquisitivo, en 1996 el gasto total en I+D era en España un 11% inferior al de 1992.
- 13 Ver OCDE (1998).
- 14 Los gastos en investigación relacionada con la defensa se han reducido de hecho en términos reales desde 1990, con la excepción de Japón y Corea. Por esta razón, el peso de la defensa en los presupuestos totales de I+D, se reduce en toda la OCDE desde el 37,6% en 1991 al 35,4% en 1996, y esta caída explica casi toda la disminución del gasto público en I+D en países como Francia, Reino Unido y Estados Unidos. En España, este porcentaje fue del 16,8 en 1991, y se redujo hasta el 10,8 en 1996.
- 15 La existencia de convergencia es una condición necesaria, aunque no suficiente, para que haya convergencia-β.
- 16 Los datos por países pueden consultarse también en la Tabla 1.
- 17 En términos absolutos, Suecia realiza el 4,62% de las inversiones europeas totales en tecnología.
- 18 Estos datos recogen la información sistematizada por la Comisión Europea (1997) a partir de la clasificación que realiza el Institute for Scientific Information (ISI), de Filadelfia, de los artículos publicados en 4.500 revistas especializadas. Estas publicaciones, por otra parte, deben tomarse como un indicador de los resultados de la investigación básica, aunque no del desarrollo tecnológico. En esta misma publicación de la Comisión Europea puede encontrarse una discusión muy completa sobre la construcción y utilidad de este y otros indicadores de los resultados del gasto en I+D, que no podemos abordar en toda su extensión en estas páginas.
- 19 En 1995, la población española suponía el 11% del total de la UE.

- 20 En este caso sólo consideramos los gastos que no son ejecutados por las empresas.
- 21 En la balanza de pagos tecnológica se contabiliza el flujo anual entre un país y el resto del mundo de los ingresos (exportaciones) y pagos (importaciones) en concepto de asistencia técnica y royalties. Por asistencia técnica se entienden los servicios ofrecidos, generalmente por ingenieros y técnicos, para el diseño, montaje y funcionamiento de plantas industriales y para la formación profesional de trabajadores. Los royalties son los pagos o cobros en concepto de utilización, disfrute o cesión de una patente. Por tanto, la balanza tecnológica solo incluye la tecnología desincorporada.
- 22 El valor más alto de la tasa de cobertura de la balanza de royalties se alcanzó en 1994, cuando llegó al 18%. Respecto al dato de la cobertura de la balanza tecnológica ofrecido por el Banco de España, algunos expertos consideran que está sobrevalorado, y que una estimación más realista lo situaría en torno al 30%.
- 23 Descontada por tanto la diferencia en la renta per cápita derivada de las diferencias en los niveles de empleo.
- 24 Ver Comisión Europea (1997, capítulos 1 y 2) para una comparación detallada y muy completa del comportamiento de la I+D en Europa y el resto del mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramovitz, M. (1956): "Resource and Output Trends in the United States since 1870", *American Economic Review*, 46, mayo, págs. 5-23.
- Barro, R.J.; Sala-i-Martin, X. (1991): "Convergence across States and Regions". *Brookings Papers on Economic Activity*, n.º 1, págs. 107-182.
- Bravo, A.; Quintanilla, M.A. (1995): "Convergencia en el esfuerzo en I+D", *Papeles de Economía Española*, n.º 63, págs. 317-323.
- Castillo, S.; Jimeno, J.F. (1998): "Convergencia regional y tecnología". en Cuadrado, J.R. (Dir.): Mancha, T.; Garrido, R.: **Convergencia regional en España. Hechos, tendencias y perspectivas**. (Madrid: Fundación Argentaria-Visor).
- Comisión Europea (1997): **Second European Report on Science and Technology Indicators**. (Bruselas).
- De la Fuente, A. (1992): "Histoire d'A: Crecimiento y progreso técnico", *Investigaciones Económicas*, vol. XVI, n.º 3, págs. 331-391.
- De la Fuente, A. (1995): "Inversión, catch-up tecnológico y convergencia real", *Papeles de Economía Española*, n.º 63.
- De la Fuente, A.; Vives, X. (Dir.) (1998): "Innovación tecnológica y crecimiento económico", *Estudios COTEC*, n.º 11.
- Eaton, J.; Gutiérrez, E.; Kortum, S. (1998): "European Technology Policy", *Economic Policy*, octubre, n.º 27, págs. 405-438.
- Fagerberg, J. (1988): "International Competitiveness", *Economic Journal*, 98, junio, págs. 335-374.
- Fagerberg, J. (1996): "Technology and Competitiveness", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 12, n.º 3, págs. 39-51.
- Kaldor, N. (1978): "The effect of devaluations on trade in manufactures", *Further Essays on Applied Economics*. (Londres: Duckworth).
- Kuznets, S. (1966): **Crecimiento económico moderno**. (Madrid: Aguilar).
- Mankiw, N.G. (1997): **Macroeconomía**, 3.ª edición. (Barcelona: Antoni Bosch).
- OCDE (1992): **Technology and the economy: the key relationship**. (París).
- OCDE (1998): **Science, Technology and Industry Outlook**. (París).
- Pampillón, R. (1993): "Política de innovación tecnológica", en Gámir, L. (Coord.): **Política económica de España**. (Madrid: Alianza).
- Patel, P.; Pavitt, K. (1987): "Is Europe losing the technological race?", *Research Policy*.
- Romer, P. (1994): "The origins of endogenous growth", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, n.º 1, invierno, págs. 3-22.
- Sakurai, N.; Ioannidis, E.; Papaconstantinou, G. (1996): "The impact of R&D and Technology Diffusion on Productivity Growth: Evidence for 10 OECD Countries in the 1970s and 1980s", *STI Working Papers*, 1996/2, OCDE.
- Solow, R. (1956): "A contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70, febrero, págs. 1-25.
- Solow, R. (1957): "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, agosto, págs. 312-320.
- Uxó, J.; Pampillón, R. (1997): "Progreso técnico y tasa de paro de equilibrio", *Pensamiento Iberoamericano*, n.º 31, enero-junio, págs. 105-130.
- Vence, X. (1998): **La política tecnológica comunitaria y la cohesión regional**. (Madrid: Civitas).