Unidad de Políticas Comparadas (CSIC) Documento de trabajo 04-04

El sistema español de investigación: Tendencias y escenarios de crecimiento hasta 2015

Luis Sanz Menéndez

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Unidad de Políticas Comparadas
SPRITTE-

Grupo de investigación sobre Políticas de Innovación, Tecnología, Formación y Educación

El sistema español de investigación: Tendencias y escenarios de crecimiento hasta 2015

Luis Sanz Menéndez

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)
Unidad de Políticas Comparadas
SPRITTE- Grupo de investigación sobre Políticas de Innovación, Tecnología, Formación y Educación
http://www.iesam.csic.es

En este trabajo se analizan las tendencias recientes del sistema de investigación y desarrollo tecnológico (I+D) con el objetivo de construir unas proyecciones básicas sobre la evolución del gasto en I+D. Se trata de hacer prospectiva sobre los escenarios posibles a partir del análisis de las consecuencias que para el gasto en I+D tiene la dinámica emergente. También se pretende determinar la "demanda" futura de personal investigador que los diversos escenarios de gasto en I+D suponen.

El sistema de investigación puede ser visto como un subsistema social especializado en la producción de nuevo conocimiento certificado. Se ha debatido sobre las motivaciones e incentivos que hacen que cada uno de los actores y organizaciones que desarrollan estas actividades de I+D cumplan sus misiones (Dasgupta y David, 1994; Merton, 1973; Stephan, 1996), aunque se ha afirmado recientemente que la naturaleza de este sistema de producción de conocimiento está cambiando (Cozzens *et al*, 1990; Gibbons *et al*, 1994; Ziman, 1994). En todo caso, el sistema de I+D está compuesto por actores muy diversos, tanto en su naturaleza como en sus relaciones con el tipo de conocimientos que se producen, así como guiado por sistemas de incentivos variados.

A los efectos de este ejercicio de prospectiva, y dado que se realiza una aproximación empírica de carácter cuantitativo, se entiende por sistema de investigación el conjunto de actores que realizan actividades de investigación y desarrollo tecnológico y que, tradicionalmente, se agrupan en varios sectores institucionales (empresas, administraciones públicas, educación superior e IPSL) siguiendo el Manual sobre medición de las actividades de I+D (*Manual de Frascati*) (OECD, 2002, a) y que se recogen por las fuentes estadísticas oficiales.

Para construir una hipótesis razonable sobre la evolución futura de las actividades de I+D el análisis se mantendrá en el nivel exclusivamente macro, de las grandes magnitudes, aunque se pretende complementar con el conocimiento de carácter micro que se tiene del sistema español de I+D. Tampoco se intentará describir la contribución que realizan los actores españoles al *stock* universal del conocimiento, sino que se asumirá que ciertos elementos básicos en el funcionamiento del sistema condicionan la evolución de las actividades de I+D.

Hacer prospectiva del sistema de I+D significa: Por un lado, conocer con precisión las tendencias que se han producido en los últimos años. Por otro lado, extraer lecciones de la evolución que han sufrido otros países. Ambos trabajos tienen el objetivo de formular hipótesis razonables que configuren escenarios de evolución plausibles.

En primer lugar, resulta imprescindible un análisis minucioso de la evolución del gasto en I+D de España a lo largo de los últimos veinte años. Se trata también de encuadrar la situación y la dinámica española en la I+D con las tendencias ocurridas en el conjunto

de países de la OCDE, así como de la UE. Además se trata de descomponer el gasto en I+D por fuentes de financiación (origen de los fondos) y relacionarlo con la evolución del crecimiento del PIB. En segundo lugar, se analizarán los procesos y características que han permitido a algunos países alcanzar niveles extraordinarios de gasto en I+D sobre el PIB.

Este análisis es complejo, dado que no parece existir una única fuerza dominante que pueda dar cuenta de la dinámica general del gasto de I+D, aunque a los efectos de la construcción de escenarios a veces nos comportemos como si la hubiese.

Asumiendo una simplificación se puede decir que, en la evolución agregada del gasto en I+D, existen dos dinámicas esenciales: la de las inversiones empresariales y la de los gobiernos, que en algunos países se refuerzan mientras que en otros no. Las actividades de I+D de las empresas parecen, en casi todos los casos, ser dependientes o estar más vinculadas a la dinámica general de la economía y a la evolución de los mercados. Mientras que, por el contrario, en la mayoría de los países la fuerza determinante del crecimiento o de la disminución de la financiación pública de la I+D es resultado de las decisiones de los gobiernos; si bien es cierto que el deterioro de la coyuntura económica o la recesión pueden afectar decisivamente a las finanzas públicas y, por tanto, a la capacidades de promover iniciativas que incrementen los recursos públicos.

La conducta de los gobiernos, el tipo de aproximación que hacen, la relevancia que dan a la I+D en su agenda política son factores importantes a tener en cuenta. Por ejemplo, su decisión o no de expandir el gasto público en I+D, su decisión de dar más o menos énfasis a la promoción del gasto en I+D en el sector público o en el privado son elementos decisivos para cualificar los escenarios.

La legislación y el desarrollo normativo y reglamentario son elementos relevantes en la configuración del entorno en el cual se mueven todos los actores de la investigación. Además las dotaciones financieras incluidas en los presupuestos generales del estado (PGE) o de las Comunidades Autónomas son, en gran medida, la condición de posibilidad de la investigación ejecutada por el sector público. Las universidades y centros públicos de I+D dependen de forma decisiva de los recursos gubernamentales, lo que condiciona sus dinámicas de funcionamiento, cambio y adaptación.

Por otro lado, los gobiernos pueden ser decisivos para promover o incentivar la conducta innovadora de las empresas. Aunque siempre se señala que lo más importante para las empresas son las condiciones del entorno y un marco favorable a la competencia, lo cierto es que los incentivos que promuevan la innovación en la empresa, que faciliten las inversiones privadas en actividades con riesgo pero con grandes beneficios potenciales, dependen en gran medida de los gobiernos.

En definitiva, la actuación del gobierno en este campo es un elemento central en las condiciones de configuración y de buen funcionamiento del sistema de investigación y aunque la influencia pueda parecer más directa en los actores públicos, también pueden jugar un papel decisivo en la expansión de las actividades en algunos sectores privados. De este modo en algunos países el sector público es el motor de la investigación, a través de la creación de nuevos mercados, de ciertos sectores de la actividad de las empresas como son la defensa, el sector aeroespacial, la salud pública, el medio ambiente, etc. Por lo tanto, la acción intencional y estratégica de los gobiernos puede ser

decisiva, tanto en el caso de los actores públicos como en el caso de los actores privados de la investigación.

Si las condiciones generales para el buen funcionamiento del sector investigador dependen de las intervención de los gobiernos, el impacto de su actuación es si cabe más importante en algunos subsistemas sociales que, de forma paralela, condicionan la sostenibilidad a medio plazo del sistema de investigación. El caso más claro es el subsistema de educación superior, que además es el marco general que condiciona la "oferta" de investigadores futuros.

Como se ha dicho, este ejercicio está guiado por varios objetivos: determinar las tasas de crecimiento del gasto de I+D, dependiendo de la evolución de las tasas de crecimiento del PIB que se han producido recientemente y analizar los casos de otros países que han visto acelerar su gasto en I+D, en los últimos años, para determinar si las condiciones que se dan en España actualmente responden a condiciones similares a las de esos países.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: En la sección primera se revisan algunos aspectos, tanto técnicos como políticos, del análisis del gasto en I+D. En la sección segunda se presenta la evolución, entre 1981 y 2002, del gasto en I+D de España y en algunos países de la OCDE con el objetivo de fundamentar las hipótesis para la construcción de los escenarios de evolución futura. En la sección tercera se formalizan las relaciones entre diversas variables asociadas a la evolución del gasto en I+D, de modo que son la base de los diversos escenarios del mismo hasta 2015; escenarios que se presentan en la sección cuarta. En la sección quinta se analizan las consecuencias que para las necesidades de investigadores tendrían los diversos escenarios de evolución del gasto construidos. Por último, se resumen las conclusiones sobre el ejercicio prospectivo.

1. Bases para comprender las tendencias de evolución del gasto en I+D

El gasto en I+D sigue siendo el parámetro estándar de medición del esfuerzo que los países realizan en investigación. Desde hace muchos años, los estudios empíricos han demostrado la existencia de regularidades: una correlación directa entre el nivel de renta *per cápita* de los países y los niveles de gasto en I+D sobre el PIB (para una revisión véase Fagerberg, 1994). Al mismo tiempo también se ha señalado la existencia de efectos de umbral en la asociación entre el PIB per cápita y el gasto en I+D por debajo de los cuales la probabilidad de que los países realicen esfuerzos en materia de I+D es más limitada (Quintanilla, 1992). Sin embargo existen algunos países (por ejemplo Corea) que, de forma prolongada en el tiempo, contradicen con toda claridad esta asociación.

También existe una asociación significativa entre el nivel de gasto en I+D de los países y los presupuestos públicos destinados a I+D, especialmente en los momentos del despegue de los países en sus de inversiones en I+D. Sin embargo, suele ser una falacia esperar que un simple aumento del esfuerzo presupuestario público conduzca a una elevación rápida del gasto, especialmente cuando existen niveles de renta *per cápita* limitados. Los expertos suelen señalar que, en general, salvo una fuerte especialización

industrial de una economía orientada a la exportación –por ejemplo Corea, Finlandia, Suecia, etc.-, no suele darse la circunstancia de que el gasto de I+D avance con suma rapidez. En general, el aumento significativo del gasto de I+D suele estar asociado al aumento de la renta nacional en los países, que posibilita el aumento en el número de investigadores y del esfuerzo en investigación, educación e innovación, que son los parámetros que más influyen en los recursos puestos a disposición del sistema de I+D.

Con el paso de los años, una vez que los sistemas de I+D de los países se consolidan, el sector empresarial pasa a asumir el papel de liderazgo en el esfuerzo investigador. Actualmente se valora la salud del sistema de I+D otorgando mucha importancia al papel que las empresas tengan en el mismo, porque son éstas las que convierten los activos de conocimiento en innovaciones y en crecimiento económico.

Así pues, la evolución del sistema de investigación puede asociarse, por un lado, a la madurez del sistema de público de I+D que resulta de las inversiones del gobierno en la financiación de la I+D y de un adecuado sistema de incentivos. Por otro lado, la evolución de las actividades de I+D en las empresas está condicionada por el fortalecimiento de las "fraiming conditions", aunque la explotación de las mismas está fuertemente condicionada por los recursos y capacidades disponibles.

Además de la inversión privada en I+D, la salud del sistema depende de los niveles de gasto público de algunas actividades con efectos significativos en la medición de la I+D, siendo algunas de estas actividades el gasto en educación superior, el gasto en centros de I+D de titularidad pública, el gasto en fomento de la I+D, gasto público en infraestructuras tecnológicas avanzadas, tales como telecomunicaciones, transportes, salud, etc. o el gasto en defensa.

En todo caso, como se ha dicho hacer prospectiva de este subsector del sistema social es complicado porque la evolución depende de fuerzas variadas, algunas intencionales y otras no.

En otro orden de cosas, hay que ser consciente también de los determinantes técnicos de la medición de las actividades de I+D de acuerdo con el Manual de Frascati. El montante económico que se computa como gasto en I+D incluye aspectos muy diversos como son el gasto que suponen los costes laborales (retribuciones y seguridad social) de las personas que hacen I+D los gastos corrientes de funcionamiento de los centros y unidades de I+D, así como de las inversiones que se realizan regularmente.

Existe una relación intensa entre el gasto estimado en I+D y el número de personas que se dedican a las actividades de I+D en cada país. Pero también es cierto que el montante total del gasto no solamente depende del número de personas que trabajan en I+D, sino también de sus niveles retributivos y de los costes laborales indirectos de éstas personas. Como consecuencia, aumentar el gasto en I+D supone incrementar el número de personas que hacen investigación y, al mismo tiempo, también puede obtenerse un aumento del gasto con el incremento de los niveles retributivos, y por tanto, de los costes laborales.

Por último, hacer un ejercicio de prospectiva del sistema de investigación, aunque sea solamente para España, no puede obviar que, en el conjunto de la Unión Europea –y en muchos países de OCDE- la agenda política en materia de investigación está

fuertemente marcada por las conclusiones de la cumbre de la UE de Barcelona en 2002, en la que se estableció el 3% del PIB como el nivel de gasto en I+D a alcanzar por Europa en el año 2010. El gasto en I+D de la UE se situaba en el 1,89% del PIB (2000) y el dato correspondiente a España era de 0,94% (2000).

Desde entonces otros países han incorporado la definición de objetivos cuantitativos de gasto en I+D sobre el PIB (Canadá, Corea, Italia, etc.). Entre los países que habían definido objetivos de gasto en I+D estaba España que había fijado, ya en 1999, el objetivo del 1,29% del PIB para 2003 y que, recientemente, ha sido revisado para el 2007, con la cifra del 1,40% del PIB.

Gracias a la fijación de objetivos políticos se han realizado diferentes trabajos que han hecho estimaciones del aumento del gasto en I+D que Europa, o algún país singular, debe procurarse, bajo diferentes escenarios de crecimiento del PIB considerados de forma completamente ortogonal al crecimiento del gasto de I+D (OECD, 2002, b; Sirilli, 2004). Como es natural, en un escenario de estancamiento del crecimiento económico serían necesarios menores incrementos absolutos del gasto en I+D, para alcanzar esa cifra del 3%. Ahora bien, las lecciones de la historia indican que en contextos de estancamiento económico la probabilidad de crecimiento en el gasto de I+D es mucho menor que en momentos de expansión.

2. La posición internacional de España en I+D

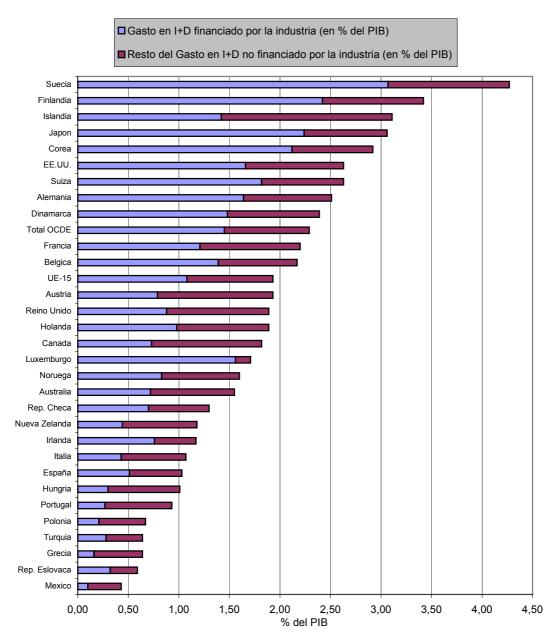
La posición española, en cuanto a gasto en actividades de I+D, se debe situar en el contexto de los países del entorno. Para ello se utiliza como referencia el conjunto de los países de la OCDE.

En el figura 1 se incluyen, para 2002 o el último año disponible, tanto el valor total del gasto en I+D, como la parte del mismo financiada por el sector empresas en términos porcentuales del PIB. La situación es extraordinariamente variada, tanto en el volumen efectivo del gasto, como en la contribución de las empresas a la financiación del mismo.

La situación española se corresponde con la de aquellos países que aún no han superado el umbral en el cual las empresas asumen de forma creciente la mayor parte de la financiación de la I+D.

Los valores asociados al esfuerzo en I+D, para 2002, eran: para España el 1,03% del PIB, de los cuales las empresas solamente contribuían a financiar un 0,51% del PIB; para la media de los países de la UE-15 el gasto en I+D era de 1,93% del PIB, representando la contribución de las empresas un 1,08% del PIB; los valores medios de OCDE fueron de 2,29% del PIB, siendo la contribución de las empresas un 1,45%. Como referencia se debe señalar que los Estados Unidos gastaron el 2,63% de su PIB y que 1,66% del mismo fue la contribución financiera de las empresas a la I+D.

Figura 1. Gasto en I+D, como % del PIB, según origen de los fondos. 2002¹



(1) O último año disponible

Fuente: OECD Main Science and Technology Indicators, 2003/2

2.1. Evolución de los gastos de I+D en los países de la OCDE

En general, todos los países grandes de la UE (con la excepción de Italia) tenían ya, hace 20 años, valores altos de gasto en I+D. La tendencia general ha sido al aumento del nivel de gasto en I+D con relación al PIB, con la excepción muy significativa del Reino Unido. Los países de tamaño medio y pequeño, especialmente los escandinavos excepto Suecia, estaban en niveles intermedios del gasto en I+D sobre el PIB y son éstos los que más han crecido en los últimos años.

Casi todos los países de la OCDE han manifestado aumentos significativos del gasto en I+D por encima del crecimiento del PIB, de modo que el gasto en I+D ha aumentado su peso como proporción del PIB (Figura 2).

Australia 4,50 Austria Belgica 4,00 Canada Dinamarca 3,50 Finlandia Francia 3,00 Alemania GERD como % PIB Grecia 2,50 Islandia Irlanda 2,00 Italia Japon 1,50 Holanda 1,00 España Suecia 0.50 Suiza Reino Unido 0.00 1996 FF UU Total OCDE

Figura 2. Evolución del gasto en I+D, como % del PIB. 1981-2001¹

(1) O año disponible más cercano

Fuente: OECD Main Science and Technology Indicators, 2003/2

Aunque las diferencias en los niveles de gasto entre los países son grandes, hay que resaltar que la tendencia del gasto en I+D español ha manifestado un crecimiento similar al ocurrido en Grecia y Portugal, lo que ha facilitado un proceso de cierta convergencia con los países grandes, aunque no con relación a los pequeños países de la UE, especialmente los escandinavos (figura 3).

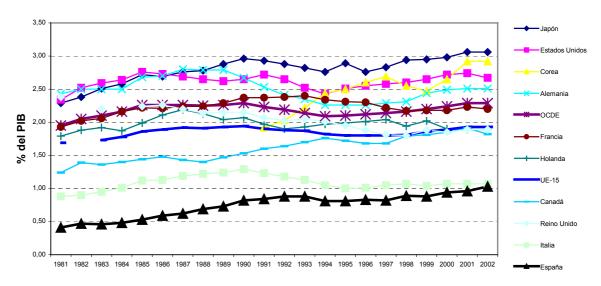


Figura 3. Evolución del gasto en I+D, como % del PIB. Países OCDE de tamaño grande 1981-2002¹

(1) O año disponible más cercano.

Fuente: OECD Main Science and Technology Indicators, 2003/2

Tras el crecimiento general del esfuerzo en la segunda mitad de los ochenta se observa que, en algunos países, la recesión de principios de los noventa afectó a la evolución del gasto en I+D de forma negativa. Sin embargo, en contra de lo ocurrido en la crisis de los setenta, en los noventa se observa que no en todos los países la recesión produjo ese retraimiento del gasto en I+D (OECD, 2002, c).

Entre 1981 y 2002, en España se ha producido una reducción de la brecha con muchos países europeos (los de tamaño grande) y con relación a las medias de la UE y OCDE (figura 4). Pero lo cierto es que con relación a los países asiáticos (Japón y Corea) la brecha ha aumentado, y lo mismo ocurre con relación a los países escandinavos y algún otro país como Austria o Bélgica.

2,50

2,00

Listados Unidos
Corea

Alerrania
Holanda
UE-15
Canadà
Reino Unido
Italia
España

Figura 4. Evolución de la brecha del gasto en I+D, como % del PIB, de España con relación a los países grandes de la OCDE, 1981-2002¹

(1) O año disponible más cercano.

Fuente: OECD Main Science and Technology Indicators, 2003/2

La distancia con relación a nuestros socios europeos es grande aún, a pesar de su reducción. Como se observa (figura 5) la brecha entre España y la media de la UE en materia de PIB per cápita es menor que la existente con relación al peso del gasto en I+D sobre el PIB. Sin embargo, ésta última se reduce a un ritmo mayor; bien es verdad que la rapidísima reducción del diferencial con la media de la UE en material de gasto de I+D se produjo sobre todo en los años ochenta, momento en que también se produjo la reducción del desfase en renta con mayor intensidad que en la actualidad.

A la vista de los datos podemos concluir que la segunda mitad de los ochenta fue más efectiva para la reducción de la brecha con la UE, tanto en términos de crecimiento económico, medido en PIB por habitante, como del gasto de I+D. En el periodo 1991-1994, se produjo un brusco freno al proceso de convergencia con la media de la UE, tanto en renta per cápita como en porcentaje del PIB dedicado a I+D, que provocó que incluso las brechas en PIB per cápita y en gasto de I+D sobre el PIB se ampliasen. Ya a partir de 1995 se inicia la tendencia a la recuperación y de nuevo a la convergencia en PIB por habitante y en gasto en I+D desde 1996.

100,00 90,00 80,00 Gasto I+D sobre PIE 70,00 60,00 PIB (en estandar de 50,00 poder de compra (PPS)] por habitante 40,00 PIB (euros precios 30,00 corrientes) por habitante 20,00 10,00 0,00

Figura 5. Evolución de la brecha en el gasto en I+D, en % del PIB, y en PIB por habitante entre España y la media de la UE_15 (=100). 1981-2001

Fuente: Eurostat e INE

Otro asunto, que se verá más adelante, es el origen del crecimiento o del decrecimiento, ya que en algunos países se ha producido un crecimiento simultaneo de la financiación para I+D sobre PIB aportada por el sector administraciones públicas (AA.PP.) y empresarial, mientras que en otros ha sido solamente este último el protagonista de la expansión.

1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002

Los países dónde se produce la expansión liderada por las empresas son generalmente aquellos con estructuras productivas con alto componente de los sectores en expansión (ICT y servicios esencialmente) y con predominio de empresas de tamaño grande, que en general acumulan una parte muy importante del gasto empresarial en I+D.

Por otro lado, en los países con menor PIB per cápita, en los que no parece predominar la gran empresa y donde el peso de los sectores intensivos en I+D en la economía es escaso, ha sido el sector gubernamental el que ha hecho los mayores esfuerzos, con importantes crecimientos de su contribución a la financiación del gasto en I+D en términos del PIB.

En este contexto comparativo puede decirse que aún hay margen para el crecimiento del gasto español en I+D y para aumentar el esfuerzo financiador, tanto del sector público como del sector empresas.

En 2002, en España, el sector gobierno contribuyó con un 0,40% del PIB a financiar los gastos de I+D, mientras que la media de la UE se situó en 0,66% del PIB y la de la OCDE en 0,67 % del PIB. Sin embargo, hay que señalar tendencias contradictorias según los países, dado que en España la contribución de las administraciones públicas (AA.PP.) se situó, en 1981, en el 0,23% del PIB, mientras que en la media de los países de la OCDE era de 0,87 del PIB y de la UE-15 de 0,79% del PIB. En conjunto hay un descenso de la financiación de los gobiernos, en los años noventa, derivado del peso de los países grandes que ya tenían niveles altos de gasto, ya que algunos de éstos (es el caso de Estados Unidos, Reino Unido, Francia o Alemania) redujeron su contribución a

la financiación de los gastos de I+D en términos de porcentaje del PIB. Sin embargo, hay otro grupo de países, casi todos con fuertes crecimientos en los noventa, donde el esfuerzo público aumentó también. Estos países se agrupan en dos bloques: sur de Europa (España, Portugal y Grecia) y países pequeños (Austria, Finlandia, Dinamarca, Islandia, etc.), aunque se podría añadir un conjunto de países que se mantuvieron estables en la contribución de los gobiernos a la financiación de la I+D, tales como Bélgica y Canadá.

Así pues, si el objetivo de España es la convergencia, al menos con la situación actual de la media de la UE-15, no cabe duda de que hay margen para crecer tanto en la financiación pública (0,26% del PIB), como sobre todo en la financiación privada (0,57% del PIB).

Para analizar la factibilidad de estos crecimientos, incluso proyectados hacia el futuro lejano, se debe analizar, en primer lugar, cuáles han sido las tendencias de países de tamaño parecido a España en población y PIB.

2.2. Las lecciones del crecimiento del gasto en I+D ocurrido en otros países de le OCDE¹

No todos los países han manifestado un crecimiento intenso del gasto en I+D en la última década (figura 6). En los últimos 20 años ha aumentado de forma significativa el peso del gasto en I+D sobre el PIB en un conjunto de países de pequeño tamaño (Austria, Dinamarca, Finlandia y Suecia) que, excepto Suecia, estaban a principios de los ochenta en niveles medios de gasto en I+D.

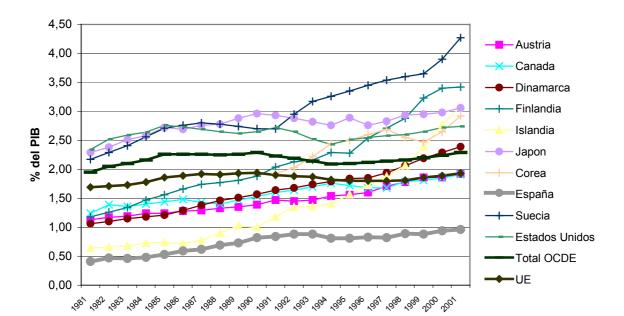


Figura 6. Países de la OCDE con fuerte crecimiento en el gasto en I+D, como % del PIB. 1981-2001

Fuente: OECD Main Science and Technology Indicators, 2003/2

.

¹ Esta sección esta inspirada en el informe: OCDE (2002,b).

En general, en estos países de fuerte crecimiento se observa un cambio significativo de los sectores que financian la actividades de I+D, derivado del mayor el esfuerzo financiador de las empresas. Esta presencia reforzada de las empresas ha cambiado la contribución de cada sector al gasto total en I+D en términos del PIB. El grado de participación de las empresas en la financiación de la I+D en los diversos países es aún muy diverso y explica los valores totales del gasto (figura 7).

3,50
2,50
1,50
1,00
0,50
0,00

Selection of the fact of the selection of the fact of the f

Figura 7.Gasto de I+D financiado por las empresas, como % del PIB, 2002¹

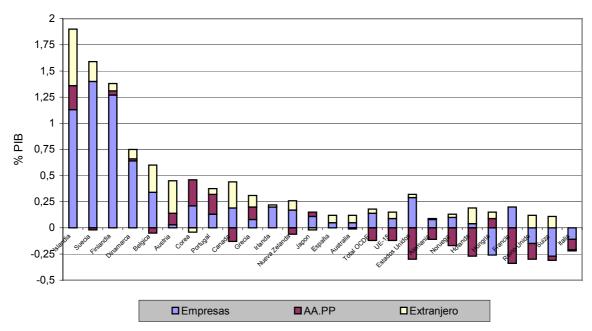
(1) O último año disponible

Fuente: OECD Main Science and Technology Indicators, 2003/2

Sin embargo, las tendencias son contradictoras, porque desglosando los componentes del aumento de gasto en I+D, en este pequeño grupo de países de crecimiento rápido, se observa que ese crecimiento se ha producido por la expansión de la I+D ejecutada y financiada por el sector empresas (Figura 8). La financiación de la I+D por parte de los gobiernos ha jugado un papel mucho menor y, de hecho, en muchos países, especialmente en los de tamaño grande, ha declinado durante los noventa.

El tamaño de las empresas y los sectores de actividad dominante son elementos a tener en cuenta a la hora de explicar la intensidad en el gasto en I+D medida como porcentaje del PIB. Los países con elevado gasto en I+D tienen una proporción mayor de las actividades de I+D ejecutadas por empresas grandes o multinacionales que los países con baja intensidad en la I+D.

Figura 8. Variación del gasto en I+D, como % del PIB, según origen de los fondos. 1991-2001¹

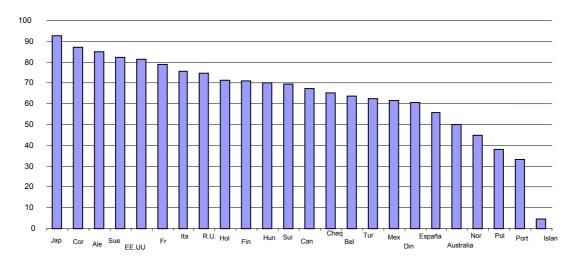


(1) O último año disponible

Fuente: OECD Main Science and Technology Indicators, 2003/2

Las empresas grandes, de 500 y más empleados, acumulan más del 80% del total del gasto empresarial en Japón, Corea, Alemania, Suecia y EE.UU (Figura 9).

Figura 9. Gasto de I+D ejecutado por empresas grandes (500 y más empleados) como % del total del gasto empresarial en I+D. 2000.



Fuente: OECD R&D

En Estados Unidos, en 1999, más de la mitad de todo el gasto en I+D del sector empresarial era ejecutado en empresas de 10.000 y más empleados, mientras que estas empresas representaban menos del 1% de todas las empresas que hacían I+D (NSF,

2002); 10 grandes empresas representaban más o menos un cuarto de todo el I+D empresarial (IRI, 2001)². Este patrón se repite en otros países, con niveles altos de gasto en I+D y en los cuales la intensidad de I+D de las empresas subió mucho en los noventa. En Suecia las 10 empresas que hacen más I+D representan la mitad de la I+D empresarial, y el 20% superior de las empresas tiene aproximadamente el 80% de todas las patentes. Los gastos en I+D de Ericsson son equivalentes al 60% del gasto empresarial en I+D de Suecia,, en 1999, aunque una fracción significativa de aquel se hace fuera de Suecia. En Finlandia, Nokia es responsable de ejecutar aproximadamente un tercio del gasto empresarial en I+D finlandés, en 1999, y las actividades globales de I+D de Nokia son equivalentes a más del 80% del gasto empresarial en I+D de todo el país. En Corea, las 5 compañías primeras aportan el 35% del total del gasto en I+D y el 29,6% de los investigadores empleados en la industria y las 20 primeras empresas representan el 55,4% y el 40,2% respectivamente. En Canadá los gastos en I+D de Nortel Networks equivalen a más de un tercio del gasto empresarial en I+D canadiense en 2001, aunque muchos fondos de esta empresa se invierten en centros de I+D localizados en Estados Unidos (OECD, 2002, b).

A pesar del crecimiento del gasto en I+D en las PYMES, sobre todo por el aumento del número de empresas que hacen actividades de I+D, las grandes empresas continúan jugando un papel esencial en los sistemas de innovación. No solamente son clientes de los bienes y servicios producidos por las PYMES, sino que también parecen jugar un papel importante en la financiación de sus actividades de I+D.

España es uno de los países de la UE donde las empresas grandes contribuyen menos al montante total del gasto empresarial en I+D. En 1999, las empresas de 250 y más trabajadores gastaron el 67% del total del gasto empresarial en I+D. Esta situación se corresponde con el bajo nivel del gasto empresarial en I+D sobre el PIB que se da en España. No parece que las empresas de gran tamaño hayan jugado hasta la fecha un papel en el proceso de acelerar el crecimiento del gasto de I+D en España. Incluso la tendencia es a la reducción dado que, en 1989, la contribución de las empresas de 250 y más empleados fue del 75% del gasto empresarial, y de las de 500 y más del 62%. Esto indica que las empresas españolas de gran tamaño no son las que están liderando el esfuerzo nacional en I+D, sino que son las PYMES. Como aspecto positivo se debe indicar que las empresas que hacen I+D regularmente se duplicaron en esos 10 años de referencia.

Otro elemento que, a partir del análisis comparativo con otros países, contribuye a explicar el crecimiento de las actividades empresariales de I+D en los años noventa, es la expansión de algunos sectores de la actividad económica.

La intensidad en I+D de un país es en gran medida el reflejo de su estructura productiva. Los países con alta intensidad de I+D tienen un elevado porcentaje de su actividad de I+D empresarial concentrada en los sectores de alta tecnología³. En Finlandia,

2. En 1999, Ford invirtió 7.100 millones de dólares US (US\$) en I+D, GM 6.800, Lucent 4.800, IBM 4.600, DuPont 3.900, Motorola 3.500, Intel 3.500, Microsoft 3.000, Pfizer 2.800, Johnson & Johnson 2.600 (Industrial Research Institute, 2001) http://www.iriinc.org

^{3.} Sectores de alta tecnología: farmacéutico (ISIC 2423), computadores y equipamiento de ofician (30); equipamiento de radio, televisión y comunicaciones (32), instrumentos científicos (30), y manufactura aeroespacial (353). Las industrias tecnológicas medio-altas incluyen: otros productos químicos no farmacéuticos (24 menos 2423); maquinaria y equipamiento (29); maquinaria

Alemania, Japón, Suiza y Estados Unidos estas industrias representan tres cuartas partes o más de la actividad de I+D empresarial. Sin embargo, en países con menor intensidad de I+D, como Noruega o Australia, los sectores de alta tecnología (y sectores de mediaalta) representan menos del 40%.

En esos países con gran peso de la I+D financiada por las empresas, la mayoría de los sectores de alta intensidad pertenecen a los nuevos sectores de alta tecnología (Figura 10). En Suecia, por ejemplo, los sectores de tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC), de productos farmacéuticos y de servicios representan más de la mitad de la I+D empresarial, con el sector del equipamiento de transporte representando otro 25%. En Finlandia, que tiene una intensidad en gasto empresarial en I+D del 2,7% del PIB, más del 1,8 % del PIB provienen de los mismos sectores (TIC, farmacéutico y de servicios).

En conclusión, en la mayoría de los países de la OCDE, más de la mitad del gasto de I+D empresarial deriva de los sectores de *high tech* y del sector del transporte. En el caso español, en 2000, las empresas de los sectores de alta tecnología representaban solamente el 28% del gasto total de I+D de las empresas, quizá por el gran peso de la rama de servicios en el conjunto del gasto en I+D.

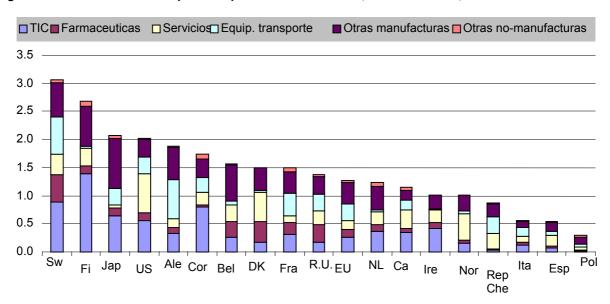


Figura 10. Intensidad en I+D empresarial por sector de actividad, como % del PIB, 2000¹

(1) O último año disponible (u.a.d.)

TIC: Manufacturas de Tecnologías de Información incluyen: maquinaria de oficina, ordenadores y contabilidad; equipamiento de comunicaciones y componentes electrónicos.

Fuente: OECD, ANBERD, Noviembre 2002.

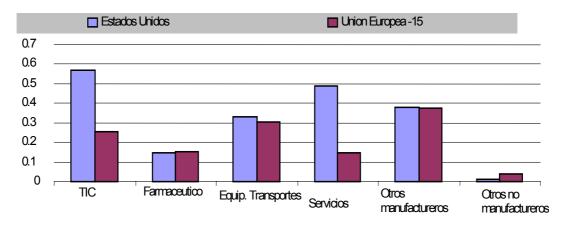
Esas diferencias explican, no solamente la brecha española en materia de esfuerzo en I+D con respecto de la media de la UE, sino que también dan cuenta del diferencial de la UE respecto a EE.UU.

Los EE.UU. y la UE tienen niveles similares de gasto en I+D como % del PIB en algunos sectores, tales como el sector farmacéutico, el transporte y otros sectores manufactureros. Las divergencias radicales están en los sectores de tecnologías de la

eléctrica (31); automóviles (34); y fabricación de quipos de transportes como trenes, etc. (352+359).

información y comunicaciones y en los servicios. Mientras que el sector de TIC aporta 0,6 puntos porcentuales del PIB al gasto empresarial en I+D en los Estados Unidos, representa solamente 0,25 puntos porcentuales en la Unión Europea. Del mismo modo, el sector servicios representa 0,6 puntos porcentuales del PIB en EE.UU., frente a 0,15 puntos porcentuales en la UE (Figura 11).

Figura 11. Comparación del gasto I+D, como % del PIB, entre EE.UU y UE por sectores de actividad económica. 1999¹



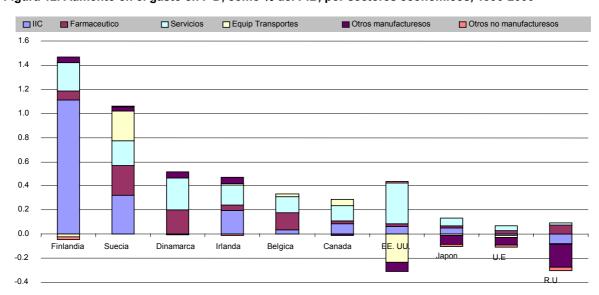
1) O último año disponible

TIC: Manufacturas de Tecnologías de Información incluyen: maquinaria de oficina, ordenadores y contabilidad; equipamiento de comunicaciones y componentes electrónicos.

Fuente: OECD ANBERD, Noviembre 2002.

En definitiva, el crecimiento de los sectores manufactureros de alta tecnología y los servicios son los que explican la mayor parte del crecimiento de la intensidad del gasto empresarial en I+D desde 1999 (Figura 12).

Figura 12. Aumento en el gasto en I+D, como % del PIB, por sectores económicos, 1990-20001



(1) O último año disponible

TIC: Manufacturas de Tecnologías de Información incluyen: maquinaria de oficina, ordenadores y contabilidad; equipamiento de comunicaciones y componentes electrónicos.

Fuente: OECD ANBERD, Noviembre 2002.

En Finlandia, el crecimiento del gasto en I+D en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), el sector farmacéutico y los servicios da cuenta del 80% del total del crecimiento de los gastos en I+D entre 1990 y 2000, con las TIC representando 2/3 del total. Una situación similar se produjo en otros países que experimentaron grandes incrementos en la intensidad del gasto empresarial en las empresas durante los noventa: Suecia, Dinamarca, Irlanda, Bélgica, Canadá y EE.UU.

El gasto elevado en I+D, como porcentaje del PIB, que se deriva de estos sectores de alta tecnología emerge generalmente de dos factores: a) alta inversión en I+D dentro de sectores de alta y media tecnología como porcentajes del valor añadido. Por ejemplo, en Suecia el sector de equipamiento de comunicaciones (con gastos de I+D equivalente al 65% de su valor añadido) es más intensivo que en Dinamarca (que tiene gastos de I+D equivalentes al 15% del valor añadido); y b) sectores de alta tecnología muy amplios – un porcentaje muy elevado de la actividad económica tiene lugar en sectores de alta tecnología (i.e. de modo que el valor añadido como % del PIB es mayor).

Recapitulando las lecciones que pueden obtenerse del análisis realizado de la evolución de otros países, se puede decir que, en España, dificilmente se dan las condiciones (por estructura productiva sectorial y tamaño de las empresas) que han hecho posible que algunos países hayan aumentado extraordinariamente su intensidad en I+D financiada por las empresas. Ni hay suficientes empresas grandes que actúen como motor de la I+D, ni la gran parte de las actividades productivas se desarrollan en los sectores de tecnología alta.

Así pues, un cambio radical de las tendencias agregadas ocurridas durante los ochenta y noventa no parece muy probable a partir de la situación actual, por tanto, las hipótesis de los escenarios futuros se pueden definir a partir de las tendencias y tasas de crecimiento ocurridas en el pasado.

3. Bases para las proyecciones: La evolución de los sectores institucionales entre 1981 y 2002

Del análisis comparativo con los países de nuestro entorno se obtienen algunas conclusiones sobre los fundamentos micro de las hipótesis plausibles. Además revisando las tasas de crecimiento españolas se observa que el incremento del PIB per cápita se reflejó con más intensidad en el crecimiento del gasto en I+D en la década de los ochenta que en la de los noventa.

A continuación se analiza la evolución de los componentes principales que contribuyen a la financiación del gasto en I+D de España, el sector empresas y el sector gobierno, como fundamento más razonable para construir las hipótesis de evolución futura. El análisis que se realiza a continuación tiene como objetivo cualificar las hipótesis sobre la evolución de cada uno de los sectores, dado que se consideran relativamente independientes, y de formular los escenarios.

En primer lugar, se han calculado las tasas de variación interanual de diversas magnitudes: el PIB a precios constantes, el gasto total en I+D⁴, el gasto en I+D financiado por las administraciones públicas (AA.PP.), el gasto en I+D financiado por las empresas y la evolución de los Presupuestos Generales del Estado destinados a I+D (función 54), en sus capítulos 1 a 7⁵, siempre a precios constantes.

De modo retrospectivo se observan dos periodos de crecimiento y uno de recesión donde las variables han evolucionado de forma paralela, aunque desfasada, con el ciclo económico: Un primer periodo de fuerte crecimiento del gasto en I+D, de convergencia con la UE, que corresponde a la segunda mitad de los ochenta (donde se produce la convergencia en el crecimiento del gasto en I+D y también en el PIB per cápita), al que siguió otro de divergencia o estancamiento, donde la brecha se agrandó, tanto en renta, como sobre todo en gasto en I+D sobre el PIB. A partir de mediados de los noventa se observa la recuperación.

En el primer periodo de convergencia se pueden observar, durante varios años, del 1986-1990, unas tasas de crecimiento real del PIB que se situaron en torno al 4-5%, mientras que las tasas de crecimiento real del gasto en I+D, alcanzaron niveles del 14-15% anual.

Entre 1992 y 1996 se produjo un periodo de estancamiento en el crecimiento económico, pero sobre todo de retroceso en la proporción del gasto en I+D con relación al PIB, que redujo los niveles de convergencia alcanzados con anterioridad.

Desde 1997 a 2000 las tasas de crecimiento real del PIB se situaron en órdenes de magnitud del 4%, mientras que desde 1996 también comenzó la recuperación del gasto del PIB y se alcanzó incluso un crecimiento medio real del 8%, influido negativamente por el lento crecimiento de la contribución del sector público.

-

⁴ Dado que el INE, entre 1994 y 2002, utilizaba universos de referencia y procedimientos distintos para la estimación del gasto de I+D, especialmente visible en el sector empresas, se ha procedido a una "desestacionalización" de la serie de datos originales. El INE utilizaba diversos métodos, y para ser más exacto diversas poblaciones, para medir el gasto de las empresas en los años pares e impares, por lo que se generan una significativas oscilaciones de las tasas de crecimiento interanual, sin duda artificiales. Por esto se han calculado tasas de crecimiento medios anuales, pero construidas a partir de periodos bienales. Así pues, la tasa de crecimiento del 1996 se hace sobre el 1994, la de 1997 sobre 1995, etc.; pero siempre sobre la base de tasas medias interanuales.

⁵ No se han incorporado el capítulo 8 de los PGE, que incluye los instrumentos financieros, a la vista de que: por un lado, generalmente no se han utilizado para financiar actividades de I+D y que, además, cuando ha sido el caso ocurrido parece que ha producido efectos de sustitución de la inversión privada y escaso apalancamiento.

20.00% 15,00% 10,00% Tasa real de varación (%) 5,00%

Figura 13. Evolución de las tasas reales de variación interanual del PIB, del gasto en I+D (total, financiado por las AA.PP. y por las empresas) y de los Presupuestos para I+D (función 54, cap 1 a 7). 1981-2002.

Fuente: Elaboración propia sobre los datos INE

PIR

G I+D

0,00%

-5,00%

-10.00%

-15.00%

De la descomposición y análisis de las tasas de crecimiento de las diversas variables emergen algunos patrones:

G I+D Ad

G I+D Emp

PGE F54 (1a7)

- 1. Las tasas de variación interanual del gasto en I+D financiado por las empresas demuestran un patrón pro-cíclico y asociado a la evolución de las tasas de crecimiento del PIB que anticipan en el tiempo. Sus fluctuaciones, tanto al alza como a la baja, son más intensas que las tasas de crecimiento del PIB. Como se ha dicho, en años en los que el PIB creció en torno al 4-5% real, el crecimiento del gasto en I+D creció hasta alcanzar tasas del 14-15%, tres veces más.
- 2. Las fluctuaciones de las tasas de variación del gasto de I+D financiado por las Administraciones Públicas también muestran un carácter cíclico, pero se comportan de forma rezagada respecto a la evolución de la tasa de crecimiento del PIB. Una reducción de las tasas de crecimiento del PIB genera una reducción de ingresos y contención del gasto público, especialmente en I+D, que lleva a un freno del gasto en I+D financiado por las AA.PP.. Así pues, el descenso de las tasas de variación del PIB anuncia un descenso mayor de los presupuestos públicos destinados a I+D, que anticipan en un año el decaimiento del gasto en I+D financiado por las AA.PP.
- 3. A la vista de los datos se puede asumir que el límite del crecimiento del gasto en I+D, esto es, de tasas positivas de crecimiento del mismo, se encuentra en ordenes de magnitud del 1,5% de crecimiento del PIB. Por debajo de esos crecimientos del PIB se puede esperar un decrecimiento real del gasto de I+D. Podría decirse incluso que con tasas de crecimiento real del PIB de menos del 2% anual las probabilidades de crecimientos significativos del gasto de I+D financiado por las empresas apenas existen.

4. A partir del análisis de los dos ciclos económicos ocurridos entre 1981 y 2002 se pueden establecer relaciones entre las tasas de crecimiento del PIB y las de los gastos de I+D financiados por las empresas y por las AA.PP. y se pueden conjeturar las relaciones entre ellas, representadas en la figura 11, sin entrar en su secuenciación temporal.

15,0% 14.0% 13,0% Tasa de 12.0% crecimiento 11,0% PIB 10.0% 9.0% 8,0% 7,0% Tasa de 6,0% crecimiento I+D AA-PP 5.0% 4,0% 3.0% 2,0% Tasa de 1.0% crecimiento de 0.0% I+D Empresas -1,0% -2,0% -3,0% -4.0% -5.0%

Figura 14. Relaciones estimadas entre la tasa de crecimiento del PIB y las tasas de crecimiento de la financiación de la I+D por empresas y administraciones públicas (AA.PP.)

Fuente: Elaboración propia

Así pues, unas restricciones adicionales para las estimaciones vendrían dadas por los siguientes hechos:

- a) Si las tasas de crecimiento medio del PIB se sitúan en valores inferiores al 2% es poco probable –si se mantienen las pautas de las dos décadas anteriores- que se produzcan tasas de crecimiento significativas del gasto en I+D.
- b) Si las tasas de crecimiento del PIB se sitúan entre el 2 y el 3% anual, es probable que los gastos de I+D sigan creciendo, aunque no se produzca una modificación significativa de la distribución por sectores institucionales.
- c) Parece que solamente con tasas de crecimiento del PIB de 3,5% anual y superiores se produciría una situación en la cual, además de crecer el gasto en I+D sobre el PIB se avanzaría hacia un aumento significativo del peso de las empresas en la financiación de las actividades de I+D.

En todo caso, cuando se proyecta gasto de I+D no se puede olvidar, como se vio a principios de los ochenta en contextos de bajas tasas de crecimiento del PIB, el papel que el sector gubernamental tiene en el conjunto de la dinámica. Un fuerte compromiso político de apoyo a las actividades de I+D y de atención sobre el sistema de I+D, más allá de las tendencias naturales detectadas en el análisis macro, puede modificar de forma significativa los valores de las estimaciones. Bien es verdad que hasta la fecha nunca se ha definido una actuación financiadora del sector público de modo claramente contra-cíclico.

De nuestro análisis se observa que existe un patrón o secuencia que funciona del modo siguiente, suponiendo un ciclo recesivo: en el año "n-1" las empresas anticipan la

evolución de las variables del PIB (reducen las inversiones); en el año "n" el PIB se reduce en su tasa de crecimiento. Como consecuencia en "n+1" se reduce el presupuesto público disponible para I+D; y en "n+2" decae la tasa de crecimiento del gasto en I+D financiado por las Administraciones.

Para la construcción de las proyecciones se tratan por separado las tasa de crecimiento del gasto en I+D y la tasa de crecimiento del PIB. En la práctica, como se ha observado, es dificil decir que ambas variables son independientes, dado que se mueven –aunque de forma desfasada- siguiendo una pauta cíclica.

4. Escenarios de la evolución del sistema español de I+D

A partir de estos análisis de las tendencias pasadas, de las condiciones de partida y de las lecciones de otros países, se pueden formular diversos escenarios sobre las tendencias esperables en la evolución del gasto de I+D en España. En primer lugar se hará de modo agregado para el conjunto del gasto y, posteriormente, se descompondrá el mismo según las fuentes de financiación. Así que de forma secuencial se procederá a desarrollar dos procesos independientes de construcción de las proyecciones, con diversos niveles de agregación.

Ya se ha dicho que existe un cierto patrón de relaciones entre la tasa de crecimiento del PIB y las tasas de crecimiento de los gastos de I+D, según el origen de los fondos. Por otro lado, para la realización de diversos escenarios se puede determinar que los supuestos de crecimiento del PIB y de evolución del gasto en I+D sean relativamente independientes, que es el método seguido cuando se ha tratado de estimar las necesidades de gasto adicional para alcanzar los objetivos del 3%.

Como se ha visto las posibilidades de crecimiento del gasto en I+D, y el orden de magnitud del mismo, dependen de los niveles de crecimiento del PIB, aunque el aumento significativo del PIB, en términos reales, disminuye el efecto de las altas tasas de crecimiento del gasto de I+D referido éste como proporción del PIB.

4.1. Proyecciones del gasto de I+D a partir de tasas de crecimiento agregado

En primer lugar se hacen las proyecciones de evolución del gasto a partir de 5 escenarios distintos, relativamente consistentes con las relaciones entre el PIB y el gasto de I+D que se han observado en el pasado.

El denominado **escenario –0- (rosa)** es un escenario de máximos imposibles que se elabora como simple "contrafactual" para evidenciar las necesidades de crecimiento para aproximarse a los objetivos de la UE. En este escenario, que supone tasas de crecimiento del PIB del 4% anual de media y 14% de crecimiento neto del gasto en I+D, se tendría que dar un crecimiento sostenido del gasto de 10 puntos porcentuales por encima de la tasa neta de crecimiento del PIB.

El denominado **escenario –1- (verde)** es una variante del anterior, y es un escenario muy optimista que puede corresponderse con la evolución en los años del ciclo que sean

muy buenos. En este escenario, que supone tasas de crecimiento del PIB del 4% anual de media, y 12% de crecimiento neto del gasto en I+D, se tendría que dar un crecimiento sostenido de éste de 8 puntos porcentuales por encima de la tasa neta de crecimiento del PIB. La sostenibilidad de este escenario es poco posible sobre periodos de más de 3 o 4 años.

El **escenario –2- (azul)** es un escenario más adaptado a las perspectivas económicas a corto y medio plazo. Es relativamente optimista puesto que se parece a lo ocurrido en la segunda mitad de los noventa con la tasa de crecimiento del gasto en I+D. En este escenario, que supone tasas de crecimiento del PIB del 3% anual de media, y 8% de crecimiento neto del gasto en I+D, se tendría que dar un crecimiento sostenido de éste de 5 puntos porcentuales por encima de la tasa neta de crecimiento del PIB. Es el mejor de los escenarios realistas sin que se produzcan cambios estructurales.

El **escenario** –3- (**gris**) es un escenario adaptado a las perspectivas económicas a corto y medio plazo, pero bastante menos optimista en cuanto a la evolución del gasto en I+D. Incluso podría considerarse un escenario bueno si no se produce una expansión grande de las actividades empresariales en I+D. En este escenario, que supone tasas de crecimiento del PIB del 3% anual de media, y 6% de crecimiento neto del gasto en I+D, se tendría que dar un crecimiento sostenido de éste de 3 puntos porcentuales por encima de la tasa neta de crecimiento del PIB.

El **escenario –4- (negro)** es un escenario de crecimiento lento –sin contemplar el retroceso- pero que podría asimilarse a una recesión en términos de crecimiento del PIB. En este escenario, que supone tasas de crecimiento del PIB del 2% anual de media, y 3% de crecimiento neto del gasto en I+D, se tendría que dar un crecimiento sostenido de éste de un punto porcentual por encima de la tasa neta de crecimiento del PIB. En este escenario se podría aumentar al gasto a razón de una centésima del mismo al año.

A continuación, en la tabla 1, se presentan los resúmenes de los escenarios construidos, con la determinación de las situaciones en términos de las tasas de crecimiento real del gasto en I+D y del porcentaje del PIB dedicado a gastos de I+D.

Tabla 1.- Escenarios de evolución del gasto en I+D

	Escenario 0 Rosa +14% gasto de I+D; + 4% PIB		Escenario 1 +12% gasto 0 + 4% PIB	le I+D;	+8% gasto d +3% PIB		Escenario 3 +6% gasto d +3% PIB	e I+D;	Escenario 5 Negro +3% gasto de I+D; +2% PIB		
		%		%		%		%		%	
	I+D s/PIB (%)	diferencial s / creci PIB	I+D s/PIB (%)	diferencial s / creci PIB	I+D s/PIB (%)	diferencial s / creci PIB	I+D s/PIB (%)	diferencial s / creci PIB	I+D s/PIB (%)	diferencial s / creci PIB	
1990	0,85		0,85		0,85		0,85		0,85		
1991	0,87	3,0%	0,87	3,0%	0,87	3,0%	0,87	3,0%	0,87	3,0%	
1992	0,91	5,0%	0,91	5,0%	0,91	5,0%	0,91	5,0%	0,91	5,0%	
1993	0,91	0,1%	0,91	0,1%	0,91	0,1%	0,91	0,1%	0,91	0,1%	
1994	0,85	-8,0%	0,85	-8,0%	0,85	-8,0%	0,85	-8,0%	0,85	-8,0%	
1995	0,81	-4,7%	0,81	-4,7%	0,81	-4,7%	0,81	-4,7%	0,81	-4,7%	
1996	0,83	2,5%	0,83	2,5%	0,83	2,5%	0,83	2,5%	0,83	2,5%	
1997	0,82	-1,6%	0,82	-1,6%	0,82	-1,6%	0,82	-1,6%	0,82	-1,6%	
1998	0,89	9,9%	0,89	9,9%	0,89	9,9%	0,89	9,9%	0,89	9,9%	
1999	0,88	-1,1%	0,88	-1,1%	0,88	-1,1%	0,88	-1,1%	0,88	-1,1%	
2000	0,94	6,7%	0,94	6,7%	0,94	6,7%	0,94	6,7%	0,94	6,7%	
2001	0,96	1,8%	0,96	1,8%	0,96	1,8%	0,96	1,8%	0,96	1,8%	
2002	1,03	8,9%	1,03	8,9%	1,03	8,9%	1,03	8,9%	1,03	8,9%	
2003	1,13	10,0%	1,11	8,0%	1,08	5,0%	1,06	3,0%	1,04	1,0%	
2004	1,24	10,0%	1,19	8,0%	1,13	5,0%	1,09	3,0%	1,05	1,0%	
2005	1,35	10,0%	1,28	8,0%	1,19	5,0%	1,12	3,0%	1,06	1,0%	
2006	1,48	10,0%	1,38	8,0%	1,24	5,0%	1,16	3,0%	1,07	1,0%	
2007	1,62	10,0%	1,48	8,0%	1,30	5,0%	1,19	3,0%	1,08	1,0%	
2008	1,77	10,0%	1,59	8,0%	1,36	5,0%	1,22	3,0%	1,09	1,0%	
2009	1,93	10,0%	1,71	8,0%	1,43	5,0%	1,26	3,0%	1,10	1,0%	
2010	2,11	10,0%	1,84	8,0%	1,49	5,0%	1,29	3,0%	1,11	1,0%	
2011	2,31	10,0%	1,98	8,0%	1,57	5,0%	1,33	3,0%	1,13	1,0%	
2012	2,53	10,0%	2,13	8,0%	1,64	5,0%	1,37	3,0%	1,14	1,0%	
2013	2,77	10,0%	2,29	8,0%	1,72	5,0%	1,41	3,0%	1,15	1,0%	
2014	3,02	10,0%	2,46	8,0%	1,80	5,0%	1,45	3,0%	1,16	1,0%	
2015	3,31	10,0%	2,64	8,0%	1,88	5,0%	1,49	3,0%	1,17	1,0%	

Fuente: Elaboración propia sobre los datos INE

Los escenarios denominados **rosa** y **verde** corresponderían a la repetición sostenida durante más de una década de situaciones históricas que se han producido en periodos de duración menor. Por lo tanto son escenarios muy optimistas, poco probables sin la producción de cambios radicales.

El escenario rosa corresponde con situaciones ocurridas a mediados de los ochenta, con tasas de crecimiento del gasto en I+D excepcionales del 14% real (media de 5 años, 1984-1989). Durante esos años se produjo un crecimiento del orden de 6-8 centésimas del PIB al año y se pasó del 0,50 % del PIB en 1984 a un 0,91% del PIB en 1992; pero hay que recordar que las condiciones de posibilidad fueron unas tasas de crecimiento real del PIB de casi el 5% anual.

El escenario verde corresponde con situaciones ocurridas en la segunda mitad de los noventa, cuando en esos años el gasto de I+D creció a una tasa media del 7% real (media del periodo entre 1996-2002), pasándose del 0,82% del PIB en 1997 a un 1,03 % del PIB en 2002. Esto es, un crecimiento de 0,21% del PIB, que podría suponer una media de 3-4 centésimas del PIB al año.

Así pues, de los datos que se presentan solamente puede avanzarse que, incluso con tasas de crecimiento real extraordinarias, como del 14%, (sólo imaginables con un PIB creciendo de forma sostenida entre el 4 y 5% anual) España no estaría en condiciones de acercarse, en 2010, al mítico 3%. En esa fecha, se podría superar el 2,1% del PIB, en un contexto de fuerte convergencia con el PIB de la UE, aunque quizá en torno al 2015 se estuviera en condiciones de alcanzar las magnitudes deseadas.

En principio no parece plausible que se produzcan de forma sostenida durante más de un decenio circunstancias parecidas a las que se describen en los escenarios **rosa** o **verde.** Quizá pudieran ser más plausibles, a la vista del contexto actual y de las tendencias, escenarios próximos a los **azul** o **gris**, con tasas de crecimiento diferencial anual sobre el crecimiento del PIB de entre 3 y 5 puntos. Estos escenarios pueden considerarse favorables, puesto que permitirían reforzar el proceso de convergencia con la UE, aunque a un ritmo más lento de lo deseable.

El último de los escenarios, el **negro**, representa un hipotética situación en que el crecimiento de la I+D esté estancado y es el peor de los escenarios estudiados, dado que una recesión económica efectiva, ya se ha dicho, podría producir un retroceso en el montante del gasto en I+D, incluso en términos absolutos. Esta hipótesis, no considerada en el largo plazo, podría ser caracterizada como el escenario negrísimo.

4.2. Proyecciones del gasto de I+D a partir de tasas de crecimiento desagregadas

A los efectos de la construcción de escenarios generales para el cálculo del gasto total en I+D resulta indiferente la determinación de qué sector institucional será el que realice el esfuerzo financiero. Sin embargo, a la hora de profundizar en la evolución de la distribución del esfuerzo, considerando que la definición de objetivos asociados al 3% implica también que el crecimiento del esfuerzo del sector privado sea superior al del sector público, es importante desbrozar este crecimiento.

De los análisis de las tendencias ya se ha comentado la dificultad de obtener un aumento de la participación de las empresas en la financiación del gasto en I+D si no se dan unas condiciones en las que el PIB crezca de modo significativo.

Para analizar la evolución de los componentes del gasto se han construido también varios escenarios, ahora si cabe más subordinados a las tasas de crecimiento del PIB, que se presentan a continuación.

El **escenario 0-bis-rosa**, de nuevo un escenario que podría ser visto como maximalista para alcanzar el 3% del PIB de gasto en I+D en 2015, se definiría por un crecimiento del PIB de forma anual a tasas del 4% y por unas tasas de crecimiento de la financiación del gobierno del 11% y de las empresas del 15%.

El **escenario 1-bis-verde**, es un variante del escenario anterior, en un contexto de crecimiento del 4% del PIB y con unas tasas de crecimiento de la financiación del gobierno del 8% y de las empresas en un 12%.

En estos dos escenarios se darían las condiciones en las cuales, con el paso de los años, aumentaría el peso del sector empresarial en la financiación del gasto español en I+D, de acuerdo con las previsiones, asociadas a los objetivos de la UE.

El **escenario 2-bis-azul**, en un contexto de crecimiento del 3% del PIB y, con unas tasas de crecimiento de la financiación del gobierno y de las empresas del 8%, esto es 5 puntos por encima del crecimiento del PIB, conduciría a un aumento significativo del gasto en I+D, pero manteniendo su distribución porcentual de los fondos por origen relativamente estable.

El **escenario 3-bis-gris**, en un contexto de crecimiento del 3% del PIB y, con unas tasas de crecimiento de la financiación del gobierno en 5% y de las empresas del 4%, se podría parecer a uno de fuerte compromiso del gobierno con los presupuestos públicos destinados a I+D y un esfuerzo creciente de las empresas, mayor que el crecimiento del PIB, pero menor que del Gobiernos. Se produciría a medio plazo un proceso de equilibrio entre las contribuciones del gobierno y de las empresas a la financiación de la I+D.

En el **escenario 4-bis-negro**, en un contexto de crecimiento del 2% del PIB y, con unas tasas de crecimiento de la financiación del gobierno y de las empresas del 3%, esto es, solamente un punto porcentual por encima del crecimiento del PIB, se mantendría el reparto entre origen de los fondos, sin embargo el crecimiento del gasto sería muy limitado.

Dado el comportamiento histórico del gasto de I+D, y su fuerte asociación procíclica con la evolución del PIB hay que suponer que las únicas condiciones excepcionales del crecimiento del gasto deben coincidir con el crecimiento económico intenso, lo que hará mayor el esfuerzo necesario, en términos de volumen de gasto en I+D, para alcanzar las cifras determinadas como objetivos.

A continuación, en la tabla 2, se presentan las proyecciones realizadas sobre la base de esas hipótesis y la evolución de las mismas.

Como en las proyecciones realizadas con las tasas de crecimiento agregadas, en este caso se puede suponer que los escenarios esperables estarían entre el azul y el gris. Para que se pudiera cambiar la composición del gasto en I+D de un modo significativo, aumentando la contribución de la empresas, deberíamos adentrarnos en un escenario similar al verde.

Tabla 2. Escenarios de evolución del gasto de I+D descompuestos por sectores financiadores.

Escenario 0.- Estimación del Gasto I+D y del PIB, a tasas reales de crecimiento del PIB del 4%, de las AA.PP al 11% y de las empresas al 15%

	Ga	astos financ	iados por la			Gasto financiados por las empresas						% financiación total			
	Miles. euros			ncrem bruto (Miles euros)	% PIB	Miles. euros		-	Increm bruto (Miles euros)	% PIB			saldo		
1990	1.152.471	21,1%			0,38	1.213.311	24,6%			0,40	45,0%	47,4%	7,6%		
1991	1.317.046	14,3%		164.575	0,40	1.386.054	14,2%		172.743	0,42	45,7%	48,1%	6,2%		
1992	1.628.809	23,7%		311.763	0,46	1.417.733	2,3%		31.679	0,40	50,2%	43,7%	6,1%		
1993	1.728.144	6,1%		99.335	0,47	1.374.491	-3,1%		-43.242	0,38	51,6%	41,0%	7,4%		
1994	1.725.656	-0,1%		-2.488	0,44	1.327.035	-3,5%		-47.456	0,34	52,4%	40,3%	7,3%		
1995	1.703.767	-1,3%		-21.889	0,39	1.580.818	19,1%		253.783	0,36	48,0%	44,5%	7,5%		
1996	1.848.497	8,5%	4,8%	144.730	0,40	1.751.890	10,8%	7,2%	171.072	0,38	48,0%	45,5%	6,5%		
1997	1.931.713	4,5%	2,1%	83.216	0,39	1.805.663	3,1%	0,6%	53.773	0,37	47,8%	44,7%	7,5%		
1998	2.015.121	4,3%	1,8%	83.408	0,38	2.348.268	30,1%	27,5%	542.605	0,44	42,7%	49,8%	7,5%		
1999	2.234.719	10,9%	8,1%	219.598	0,40	2.440.494	3,9%	1,2%	92.226	0,43	44,7%	48,9%	6,4%		
2000	2.479.598	11,0%	7,4%	244.879	0,41	2.843.887	16,5%	12,9%	403.393	0,47	43,4%	49,7%	6,9%		
2001	2.759.592	11,3%	7,1%	279.994	0,42	2.937.738	3,3%	-0,9%	93.851	0,45	44,3%	47,2%	8,5%		
2002	3.137.798	13,7%	9,3%	378.206	0,45	3.514.968	19,6%	15,2%	577.230	0,50	43,6%	48,9%	7,5%		
2003	3.570.814	13,8%	11,0%	433.016	0,48	4.140.632	17,8%	15,0%	625.664	0,56	41,7%	48,3%	10,0%		
2004	4.063.586	13,8%	11,0%	492.772	0,51	4.877.665	17,8%	15,0%	737.033	0,61	40,9%	49,1%	10,0%		
2005	4.624.361	13,8%	11,0%	560.775	0,55	5.745.889	17,8%	15,0%	868.224	0,68	40,1%	49,9%	10,0%		
2006	5.262.523	13,8%	11,0%	638.162	0,58	6.768.657	17,8%	15,0%	1.022.768	0,75	39,4%	50,6%	10,0%		
2007	5.988.751	13,8%	11,0%	726.228	0,62	7.973.479	17,8%	15,0%	1.204.821	0,82	38,6%	51,4%	10,0%		
2008	6.815.199	13,8%	11,0%	826.448	0,66	9.392.758	17,8%	15,0%	1.419.279	0,91	37,8%	52,2%	10,0%		
2009	7.755.697	13,8%	11,0%	940.497	0,70	11.064.669	17,8%	15,0%	1.671.911	1,00	37,1%	52,9%	10,0%		
2010	8.825.983	13,8%	11,0%	1.070.286	0,75	13.034.180	,	,	1.969.511	1,11		•	,		
2011	10.043.968	13,8%	11,0%	1.217.986	0,80	15.354.264		-,	2.320.084	1,22	35,6%	54,4%	,		
2012	11.430.036	13,8%	11,0%	1.386.068	0,85	18.087.322	17,8%	15,0%	2.733.059	1,35	34,9%	55,1%	,		
2013	13.007.381	13,8%	11,0%	1.577.345	0,91	21.306.866	17,8%	15,0%	3.219.543	1,48	34,1%	55,9%	10,0%		
2014	14.802.400	13,8%	11,0%	1.795.019	0,97	25.099.488	17,8%	15,0%	3.792.622	1,64	33,4%	56,6%	10,0%		
2015	16.845.131	13,8%	_ 11,0%	2.042.731	1,03	29.567.197	17,8%	15,0%	4.467.709	1,81	32,7%	57,3%	10,0%		

Fuente: Elaboración propia sobre los datos INE

Escenario 1- Estimación del Gasto I+D y del PIB, a tasas reales de crecimiento del PIB del 4%, de las AA.PP al 8% y de las empresas al 12%

	Gas	tos financ	iados por l	las AA.PP.		Gasto financiados por las empresas					% financiación total		
	Miles. euros	Increm		Increm bruto	% PIB	Miles. euros	Increm		Increm bruto	% PIB	% Gob	% Empr	saldo
		Nomi	to real G I+D	(Miles euros)			Nomi	o real G I+D	(Miles euros)				
2003	3.476.680	10,8%	8,0%	338.882	0,47	4.035.183	14,8%	12,0%	520.215	0,54	41,7%	48,3%	10,0%
2004	3.852.162	10,8%	8,0%	375.481	0,49	4.632.390	14,8%	12,0%	597.207	0,58	40,9%	49,1%	10,0%
2005	4.268.195	10,8%	8,0%	416.033	0,50	5.317.984	14,8%	12,0%	685.594	0,63	40,1%	49,9%	10,0%
2006	4.729.160	10,8%	8,0%	460.965	0,52	6.105.046	14,8%	12,0%	787.062	0,67	39,3%	50,7%	10,0%
2007	5.239.909	10,8%	8,0%	510.749	0,54	7.008.593	14,8%	12,0%	903.547	0,72	38,5%	51,5%	10,0%
2008	5.805.820	10,8%	8,0%	565.910	0,56	8.045.864	14,8%	12,0%	1.037.272	0,78	37,7%	52,3%	10,0%
2009	6.432.848	10,8%	8,0%	627.029	0,58	9.236.652	14,8%	12,0%	1.190.788	0,84	36,9%	53,1%	10,0%
2010	7.127.596	10,8%	8,0%	694.748	0,60	10.603.677	14,8%	12,0%	1.367.025	0,90	36,2%	53,8%	10,0%
2011	7.897.376	10,8%	8,0%	769.780	0,63	12.173.021	14,8%	12,0%	1.569.344	0,97	35,4%	54,6%	10,0%
2012	8.750.293	10,8%	8,0%	852.917	0,65	13.974.628	14,8%	12,0%	1.801.607	1,04	34,7%	55,3%	10,0%
2013	9.695.324	10,8%	8,0%	945.032	0,68	16.042.873	14,8%	12,0%	2.068.245	1,12	33,9%	56,1%	10,0%
2014	10.742.419	10,8%	8,0%	1.047.095	0,70	18.417.218	14,8%	12,0%	2.374.345	1,20	33,2%	56,8%	10,0%
2015	11.902.601	10,8%	8,0%	1.160.181	0,73	21.142.966	14,8%	12,0%	2.725.748	1,29	32,4%	57,6%	10,0%

Escenario 2- Estimación del Gasto I+D y del PIB, a tasas reales de crecimiento del PIB del 3%, de las AA.PP y de las empresas al 8%

	Gas	tos financ	iados por l	as AA.PP.		Gasto financiados por las empresas						% financiación total		
	Miles. euros	Increm Nomi	Crecimien to real G I+D	Increm bruto (Miles euros)	% PIB	Miles. euros	Increm Nomi	Crecimient o real G I+D	Increm bruto (Miles euros)	% PIB	% Gob	% Empr	saldo	
2003	3.476.680	10,8%	8,0%	338.882	0,47	3.894.585	10,8%	8,0%	379.617	0,53	42,4%	47,6%	10,0%	
2004	3.852.162	10,8%	8,0%	375.481	0,49	4.315.200	10,8%	8,0%	420.615	0,55	42,4%	47,6%	10,0%	
2005	4.268.195	10,8%	8,0%	416.033	0,52	4.781.241	10,8%	8,0%	466.042	0,58	42,4%	47,6%	10,0%	
2006	4.729.160	10,8%	8,0%	460.965	0,54	5.297.615	10,8%	8,0%	516.374	0,61	42,4%	47,6%	10,0%	
2007	5.239.909	10,8%	8,0%	510.749	0,57	5.869.758	10,8%	8,0%	572.142	0,64	42,4%	47,6%	10,0%	
2008	5.805.820	10,8%	8,0%	565.910	0,59	6.503.692	10,8%	8,0%	633.934	0,67	42,4%	47,6%	10,0%	
2009	6.432.848	10,8%	8,0%	627.029	0,62	7.206.090	10,8%	8,0%	702.399	0,70	42,4%	47,6%	10,0%	
2010	7.127.596	10,8%	8,0%	694.748	0,65	7.984.348	10,8%	8,0%	778.258	0,73	42,4%	47,6%	10,0%	
2011	7.897.376	10,8%	8,0%	769.780	0,68	8.846.658	10,8%	8,0%	862.310	0,77	42,4%	47,6%	10,0%	
2012	8.750.293	10,8%	8,0%	852.917	0,72	9.802.097	10,8%	8,0%	955.439	0,80	42,4%	47,6%	10,0%	
2013	9.695.324	10,8%	8,0%	945.032	0,75	10.860.723	10,8%	8,0%	1.058.626	0,84	42,4%	47,6%	10,0%	
2014	10.742.419	10,8%	8,0%	1.047.095	0,78	12.033.681	10,8%	8,0%	1.172.958	0,88	42,4%	47,6%	10,0%	
2015	11.902.601	10,8%	8,0%	1.160.181	0,82	13.333.319	10,8%	8,0%	1.299.638	0,92	42,4%	47,6%	10,0%	

Fuente: Elaboración propia sobre los datos INE

Escenario 3- Estimación del Gasto I+D y del PIB, a tasas reales de crecimiento del PIB del 3%, de las AA.PP y de las empresas al 8%

	Gas	tos financ	iados por l	as AA.PP.		Gasto financiados por las empresas						% financiación total		
	Miles. euros	Increm Nomi	Crecimien to real G I+D	Increm bruto (Miles euros)	% PIB	Miles. euros	Increm Nomi	Crecimient o real G I+D	Increm bruto (Miles euros)	% PIB	% Gob	% Empr	saldo	
2003	3.382.546	7,8%	5,0%	244.748	0,46	3.753.986	6,8%	4,0%	239.018	0,51	42,7%	47,3%	10,0%	
2004	3.646.385	7,8%	5,0%	263.839	0,47	4.009.257	6,8%	4,0%	255.271	0,51	42,9%	47,1%	10,0%	
2005	3.930.803	7,8%	5,0%	284.418	0,48	4.281.886	6,8%	4,0%	272.629	0,52	43,1%	46,9%	10,0%	
2006	4.237.405	7,8%	5,0%	306.603	0,49	4.573.055	6,8%	4,0%	291.168	0,52	43,3%	46,7%	10,0%	
2007	4.567.923	7,8%	5,0%	330.518	0,49	4.884.022	6,8%	4,0%	310.968	0,53	43,5%	46,5%	10,0%	
2008	4.924.221	7,8%	5,0%	356.298	0,50	5.216.136	6,8%	4,0%	332.114	0,53	43,7%	46,3%	10,0%	
2009	5.308.310	7,8%	5,0%	384.089	0,51	5.570.833	6,8%	4,0%	354.697	0,54	43,9%	46,1%	10,0%	
2010	5.722.359	7,8%	5,0%	414.048	0,52	5.949.650	6,8%	4,0%	378.817	0,54	44,1%	45,9%	10,0%	
2011	6.168.703	7,8%	5,0%	446.344	0,53	6.354.226	6,8%	4,0%	404.576	0,55	44,3%	45,7%	10,0%	
2012	6.649.861	7,8%	5,0%	481.159	0,54	6.786.313	6,8%	4,0%	432.087	0,55	44,5%	45,5%	10,0%	
2013	7.168.551	7,8%	5,0%	518.689	0,55	7.247.783	6,8%	4,0%	461.469	0,56	44,8%	45,2%	10,0%	
2014	7.727.697	7,8%	5,0%	559.147	0,56	7.740.632	6,8%	4,0%	492.849	0,57	45,0%	45,0%	10,0%	
2015	8.330.458	7,8%	5,0%	602.760	0,57	8.266.995	6,8%	4,0%	526.363	0,57	45,2%	44,8%	10,0%	

Escenario 4- Estimación del Gasto I+D y del PIB, a tasas reales de crecimiento del PIB del 2%, de las AA.PP y de las empresas al 3%

	Gas	stos financ	iados por la	as AA.PP.		Gasto financiados por las empresas						% financiación total		
	Miles. euros	Increm Nomi	Crecimien I to real G I+D	ncrem bruto (Miles euros)	% PIB	Miles. euros	Increm Nomi	Crecimient o real G I+D	Increm bruto (Miles euros)	% PIB	% Gob	% Empr	saldo	
2003	3.319.790	5,8%	3,0%	181.992	0,45	3.718.836	5,8%	3,0%	203.868	0,51	42,4%	47,6%	10,0%	
2004	3.512.338	5,8%	3,0%	192.548	0,46	3.934.529	5,8%	3,0%	215.692	0,51	42,4%	47,6%	10,0%	
2005	3.716.054	5,8%	3,0%	203.716	0,46	4.162.731	5,8%	3,0%	228.203	0,52	42,4%	47,6%	10,0%	
2006	3.931.585	5,8%	3,0%	215.531	0,47	4.404.170	5,8%	3,0%	241.438	0,52	42,4%	47,6%	10,0%	
2007	4.159.617	5,8%	3,0%	228.032	0,47	4.659.612	5,8%	3,0%	255.442	0,53	42,4%	47,6%	10,0%	
2008	4.400.875	5,8%	3,0%	241.258	0,48	4.929.869	5,8%	3,0%	270.257	0,53	42,4%	47,6%	10,0%	
2009	4.656.125	5,8%	3,0%	255.251	0,48	5.215.801	5,8%	3,0%	285.932	0,54	42,4%	47,6%	10,0%	
2010	4.926.181	5,8%	3,0%	270.055	0,49	5.518.318	5,8%	3,0%	302.516	0,54	42,4%	47,6%	10,0%	
2011	5.211.899	5,8%	3,0%	285.718	0,49	5.838.380	5,8%	3,0%	320.062	0,55	42,4%	47,6%	10,0%	
2012	5.514.189	5,8%	3,0%	302.290	0,50	6.177.006	5,8%	3,0%	338.626	0,56	42,4%	47,6%	10,0%	
2013	5.834.012	5,8%	3,0%	319.823	0,50	6.535.273	5,8%	3,0%	358.266	0,56	42,4%	47,6%	10,0%	
2014	6.172.385	5,8%	3,0%	338.373	0,51	6.914.319	5,8%	3,0%	379.046	0,57	42,4%	47,6%	10,0%	
2015	6.530.383	5,8%	3,0%	357.998	0,51	7.315.349	5,8%	3,0%	401.030	0,57	42,4%	47,6%	10,0%	

Fuente: Elaboración propia sobre los datos INE

5. Las implicaciones de los escenarios de gasto en términos de los Recursos Humanos de I+D

Más allá de la imagen que generalmente se tiene de la investigación asociada a instalaciones y centros muy complejos, lo cierto es que la mayor parte de los gastos en I+D son salarios pagados a los investigadores y al personal de I+D, así como sus correspondientes contribuciones sociales. De modo general se puede decir que aproximadamente el 60% del gasto en I+D corresponde a retribuciones de los investigadores.

De este modo, un desafío esencial para atender las posibilidades de crecimiento del sistema y la evolución de los gastos de I+D, en el contexto de los objetivos señalados supone determinar el aumento del número de investigadores adicionales que se necesitan.

Tabla 3.- Efectos de los diferentes escenarios en las necesidades de investigadores (EDP)

	Escenario 0 Rosa		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 5 Negro		
	(+14% gasto 4% PIB)		(+12% gasto 4% PIB)		(+8% gasto PIB)	de I+D; +3%	(+6% gasto (PIB)	de I+D; +3%	(+3% gasto de I+D; +2% PIB)		
	+ 8% gasto	por	+ 8% gasto p	or	+ 6,5% gast		+ 5% gasto p		+ 3,5% gasto por		
	investigador Investiga-	es. Creci-	investigadore Investiga-	es. Creci-	investigador Investiga-	es Creci-	investigadore Investiga-	es Creci-	investigador Investiga-	es. Creci-	
	dores	miento	dores	miento	dores	miento	0	miento	dores	miento	
	(EDP)	absoluto	(EDP)	absoluto	(EDP)	absoluto		absoluto	(EDP)	absoluto	
1990	37.676		37.676		37.676		37.676		37.676		
1991	40.642	2.966	40.642	2.966	40.642	2.966	40.642	2.966	40.642	2.966	
1992	41.681	1.039	41.681	1.039	41.681	1.039	41.681	1.039	41.681	1.039	
1993	43.367	1.686	43.367	1.686	43.367	1.686	43.367	1.686	43.367	1.686	
1994	47.867	4.500	47.867	4.500	47.867	4.500	47.867	4.500	47.867	4.500	
1995	47.342	-525	47.342	-525	47.342	-525	47.342	-525	47.342	-525	
1996	51.633	4.291	51.633	4.291	51.633	4.291	51.633	4.291	51.633	4.291	
1997	53.883	2.250	53.883	2.250	53.883	2.250	53.883	2.250	53.883	2.250	
1998	60.269	6.386	60.269	6.386	60.269	6.386	60.269	6.386	60.269	6.386	
1999	61.568	1.299	61.568	1.299	61.568	1.299	61.568	1.299	61.568	1.299	
2000	76.670	15.102	76.670	15.102	76.670	15.102	76.670	15.102	76.670	15.102	
2001	80.081	3.411	80.081	3.411	80.081	3.411	80.081	3.411	80.081	3.411	
2002	83.318	3.237	83.318	3.237	83.318	3.237	83.318	3.237	83.318	3.237	
2003	90.107	6.789	88.564	5.246	86.682	3.364	86.333	3.015	85.170	1.852	
2004	97.449	7.342	94.140	5.576	90.182	3.500	89.458	3.124	87.062	1.893	
2005	105.389	7.940	100.068	5.927	93.823	3.641	92.695	3.238	88.997	1.935	
2006	113.976	8.587	106.368	6.301	97.611	3.788	96.050	3.355	90.975	1.978	
2007	123.263	9.287	113.065	6.697	101.552	3.941	99.526	3.476	92.996	2.022	
2008	133.307	10.044	120.184	7.119	105.652	4.100	103.128	3.602	95.063	2.067	
2009	144.169	10.862	127.751	7.567	109.918	4.266	106.860	3.732	97.175	2.113	
2010	155.916	11.747	135.795	8.044	114.356	4.438	110.728	3.867	99.335	2.159	
2011	168.621	12.704	144.345	8.550	118.973	4.617	114.735	4.007	101.542	2.207	
2012	182.360	13.739	153.433	9.088	123.777	4.804	118.887	4.152	103.799	2.256	
2013	197.219	14.859	163.094	9.661	128.775	4.998	123.190	4.303	106.105	2.307	
2014	213.289	16.070	173.363	10.269	133.974	5.199	127.648	4.458	108.463	2.358	
2015	230.668	17.379	184.278	10.915	139.383	5.409	132.268	4.620	110.874	2.410	

En la tabla 3 se presentan las estimaciones que serían "necesarias", en materia de recursos humanos, para hacer viable la expansión del gasto en los niveles señalados. Se utiliza el criterio del número de investigadores (contabilizados en EDP) como referencia. Para calcular el número de investigadores se establece un supuesto de convergencia creciente con las inversiones europeas en I+D por investigador per capita, lo que supone un crecimiento en general superior a las tasas de incremento del PIB. Sin embargo esa tasa de crecimiento del gasto por investigador se ha modificado dependiendo de las tasa general de crecimiento del gasto en conjunto.

La estimación se realiza sobre los valores agregados del gasto en I+D y se corresponde, por tanto, con los diversos escenarios que se presentaban en la sección 4.1 de este capítulo.

El número de investigadores presentados en la tabla anterior representa el número de investigadores que se corresponderían con los niveles de gasto en I+D proyectada. Como se puede observar, habiendo alcanzado el nivel de gasto en I+D equivalente al 3%, se podría estimar que el número de investigadores necesario debería alcanzar la cifra de 230.000. Esto significaría multiplicar casi por 3 el número actual de investigadores disponible y añadir del orden de 150.00 investigadores, en EDP, a los existentes en la actualidad.

Incluso en los escenarios más probables en el contexto dinámico actual, los denominados azul y gris, el crecimiento del gasto en esas magnitudes significaría aumentar el número de investigadores hasta cifras en torno a los 140 mil, lo que supondría casi doblar el número actual y significaría aumentar del orden de 60.000 el número de investigadores (EDP). Hay que recordar, como referencia, que entre 1990-2002 se dobló el número de investigadores disponibles, pasando de 37.676 a 83.318.

Un problema adicional es determinar si el sistema de educación superior y de formación de investigadores está produciendo el número de doctores, ingenieros y licenciados que el sistema de investigación y producción de conocimiento están demandando para crecer en el contexto de un proceso de convergencia. Esto se analizará en la sección siguiente

En cualquiera de los escenarios se deduce que hace falta una ingente cantidad de investigadores. Aunque no existan cifras fiables del porcentaje de doctores que se da entre los investigadores del sector privado, lo cierto es que para que estas perspectivas fuesen viables, dado que para acceder a una posición en el sector público es imprescindible el grado de doctor, sería necesario un extraordinario crecimiento de los estudiantes de doctorado y de las tesis, especialmente en ciencias experimentales e ingeniería, que se leen en la universidad; circunstancia que a la vista de los datos y de las tendencias no parece posible.

Por redondear las cifras, en los diversos escenarios se podría esperar que se necesitasen, hasta 2015, entre 50.000 y 150.000 nuevos investigadores, lo que significa, en el peor de los escenarios unos 4.000 doctores al año, y en el mejor, la demanda de 12.000 doctores al año.

Como referencia hay que recordar que en 2000 se producían unos 6000 doctores al año (de ellos solamente 3500 en ingeniería y ciencias experimentales). Por otro lado, la

evolución de los estudiantes de doctorado en las dos últimas décadas ha alcanzado unas cifras de inscritos anuales medios de 70.000 estudiantes (Sanz Menéndez, 2004).

Se ha señalado recientemente que ahora el principal problema del sistema de I+D es un problema de ocupación de la demanda en el sistema, esto es, de escasa demanda (y bajos salarios). En unos años el problema puede ser claramente de falta de oferta para afrontar la expansión del sistema de I+D.

Los límites de expansión de la oferta de producción de nuevos doctores se sitúan, por un lado, en el tamaño demográfico de las cohortes en esos años, la razón de incorporación al doctorado de los nuevos licenciados e ingenieros (subproducto de las alternativas de empleo y del atractivo de la carrera investigadora) y, por otros lado, en la eficiencia de producción de doctores sobre los inscritos, que depende de las condiciones de realización de los programas de doctorado.

Ante la imposibilidad de cubrir las necesidades del sistema de I+D de modo interno se plantearía la alternativa de la importación de investigadores, pero para ello se debería producir un aumento de las expectativas profesionales, de las condiciones salariales y de recursos puestos a disposición de los investigadores.

Así pues, si hoy parece que los cuellos de botella actuales se encuentran en la adecuada inserción profesional de los investigadores formados, sin embargo, si el proceso de convergencia en renta continua se producirán escenarios de crecimiento del gasto en I+D, con una creciente demanda de nuevos investigadores, mientras que las tendencias señalan un déficit en el lado de la oferta de investigadores.

Sin la adecuada previsión, dado que los investigadores tardan años en formarse, puede que la hipotética expansión del sistema de I+D se vea frenada por la limitada producción de doctores, lo que significaría recurrir a su importación o a frenar el crecimiento del sistema de I+D.

6. A modo de balance

En este trabajo se han presentado unas proyecciones que han construido diversos escenarios sobre la evolución del gasto en I+D en España.

Dado que la literatura ha evidenciado la existencia de una asociación entre los niveles de renta de los países y el nivel de gasto en I+D sobre el PIB, la construcción de las hipótesis que vertebran los diversos escenarios se ha realizado a partir del análisis de la evolución del gasto en I+D, descompuesto por origen de los fondos, y del producto interior bruto de España entre 1981 y 2002.

También es conocida la existencia de una relación entre el nivel de gasto en I+D de los países y los niveles de gasto público en I+D, así como la relevancia de las condiciones del entorno para que las empresas se impliquen en las inversiones en I+D, por lo que también se ha realizado un análisis comparativo con otros países de nuestro entorno con el objetivo de identificar las condiciones de posibilidad de un crecimiento acelerado del gasto en I+D.

Se ha observado una tendencia general al aumento del gasto en I+D con relación al PIB, aunque ha sido en países de tamaño medio y pequeño donde la tendencia ha sido más intensa. En este contexto la brecha o distancia existente entre España y la media de la UE, con relación al gasto en I+D se ha reducido significativamente, aunque aún se sitúa en torno al 50%, mientras que la relativa al PIB está en torno al 85% de la media de la UE. De la experiencia de otros países que han disfrutado de un alto crecimiento en el gasto en I+D, generalmente liderado por las empresas, se evidencia que el tamaño de las mismas y su pertenencia a sectores denominados de alta tecnología contribuyen a explicar gran parte del crecimiento. En unos pocos países ha sido el sector público el que ha liderado el esfuerzo inversor que ha servido de palanca al despegue de la inversión privada, incluso cuando dominan sectores de PYMES. España, por su estructura industrial dominante no dispone de las características que pudieran favorecer tasas de crecimiento espectaculares

Con esta fundamentación analítica se ha establecido una relación empírica entre las tasas de crecimiento del PIB y las de los gastos en I+D, tanto las financiadas por las empresas como por las administraciones públicas. Se han descubierto algunos patrones de asociación que permiten afirmar que solamente con tasas de crecimiento del PIB por encima del 3% es posible esperar tasas de crecimiento del gasto en I+D significativas. Por otro lado, con tasas inferiores a 1,5% es muy probable que se produzca estancamiento del gasto en I+D. Todo ello considerando que el modo de intervención del gobierno en este asunto continue siendo de carácter pro-cíclico.

A partir de estas consideraciones se han formulado cinco escenarios que se han definido como rosa, verde, azul, gris y negro. Los escenarios se han construido a partir de tasas de crecimiento del PIB y del gasto de I+D, en primer lugar de forma agregada y posteriormente de forma desagregada para la financiación de las administraciones públicas y de las empresas.

Los escenarios medios, los más probables en el periodo de 12 años proyectado, son los que se han definido como azul y gris. En esto escenarios se podría esperar que el gasto en I+D hubiera alcanzado en 2015 valores que se situarían entre el 1,9% y el 1,5% del PIB. Los escenarios denominados rosa y verde, con tasas de crecimiento del gasto 8 o 10 puntos porcentuales por encima de las tasa de crecimiento del PIB, podrían situar el gasto en I+D de España, en 2015, entre el 3,3% y el 2,6% del PIB.

Grandes tasas de crecimiento del gasto en I+D son teóricamente posibles, aunque poco probables tras analizar las condiciones existentes, pero si se diesen se encontrarían con extraordinarias limitaciones —especialmente si se producen las más optimistas- para consolidarlas, dado el importante volumen de investigadores que son necesarios para cubrir las demandas esperables con el crecimiento del gasto en I+D.

Los requerimientos de investigadores, que en los tiempos actuales tenderán a equipararse de forma creciente con el grado de doctor, serán muy importantes para permitir la expansión del sistema español de investigación. Se trataría, como mínimo, de doblar la cifra actual de los investigadores disponibles en el sistema. Para alcanzar los escenarios rosa y verse se necesitarían uno 150 mil investigadores nuevos hasta 2015. Y en los escenarios azul y gris se necesitaría aumentar unos 60 mil investigadores. Es en este punto donde la prospectiva del sistema de I+D llama la atención sobre los posibles cuellos de botella que en el futuro puedan crearse para el crecimiento, si no se

promueven los estudios de doctorado como fuente esencial del suministro del investigadores, tanto para el sector público como para el sector privado. En otro capítulo de este libro se analizan las tendencias en el sistema educativo y allí se dará respuesta a este interrogante.

Referencias

- Cozzens, S., P. Healey, A. Rip, y J. Ziman (1990) *The Research System in Transition*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Dasgupta, P. y P.A. David (1994) "Towards a new economics of science" *Research Policy* 23, (6): 487-521.
- Fagerberg, J. (1994) "Technology and international differences in Growth rates", *Journal of Economic Literature* 32 (3): 1147-1175.
- Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott y M. Trow (1994) *The new production of knowledge*. Londres: Sage.
- Instituto Nacional de Estadística. Estadística de Actividades de I+D. Varios años.
- IRI (2001), *R&D Facts 2000*, see http://www.iriinc.org/webiri/publications/R&Dfacts2000.pdf R&D FACTS BOOKLET 2000 WITH R&D SCOREBOARD -
- Merton, R.K (1973) The Sociology of Science. Chicago: Chicago University Press.
- NSF (2000) "States Vary Widely in their Rates of R&D Growth," Data Brief, 10 July 2000.
- OECD (2002, a) Manual de Frascati. Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental. Madrid: FECYT, 2003.
- OECD, (2002, b) Targeting. R&D, OECD-TIP WP, DSTI/STP/TIP(2002)16 (mimeo)
- OECD (2002, c), Science, Technology and Industry Outlook 2002, Paris: OECD.
- Quintanilla, M.A. (1992): "El sistema español de ciencia y tecnología y la Política de I+D", *Arbor* 554-555: 9-30.
- Sanz-Menéndez, L. (2004) "Coping with researchers' labour market problems through public policy: The Spanish Ramón y Cajal Programme", S. Avveduto (ed.) Fostering the Development of Human Resources for Science and Technology. Rome, Biblink 2004,
- Sirilli, G. (2004) "Will Italy meet the ambitious European target for R&D expenditure? Natura non facit saltus", *Technological Forecasting and Social Change*, 71 (5): 509-523.
- Stephan P.E. (1996) "The economics of science", *Journal of Economic Literature* 34 (3): 1199-1235.
- Ziman, J. (1994) *Prometheus bound science in a dynamic steady state*. Cambridge: Cambridge University Press.