# La universidad en el sistema de innovación y desarrollo

## *Universities in the innovation and development system*

**Màrius Rubiralta**

Los indicadores sobre productividad, competitividad y calidad de la ciencia y la tecnología que surge de la universidad española ponen de manifiesto algunas de sus excelencias. Pero también revelan algunas de las debilidades que, en opinión del autor, es preciso corregir ante el rumbo que están tomando las políticas científicas en Europa. Tras un pormenorizado análisis de la universidad española a través de los principales indicadores, el autor resume un paquete de propuestas de futuro.

Productivity, competitiveness, and science and technology quality indicators, prove some of Spain's academic excellences, but also some of its weaknesses. According to the author, one issue requiring improvement is the current direction scientific policies are taking in Europe. The author provides a detailed analysis of major indicators and proposes a set of proposals for the future.

El Real Decreto 557/2000 de 27 de abril introdujo en el panorama universitario español un punto de referencia a tener en cuenta. Se aprobó la reestructuración de los departamentos ministeriales que condujo a transformar el Ministerio de Educación y Ciencia (que incluía universidad y ciencia) en el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (universidad) y en el Ministerio de Ciencia y Tecnología (ciencia). Las universidades vieron cumplidas sus aspiraciones de acercamiento al ministerio que presentaba entre sus objetivos la creación de riqueza mediante el fomento de la competitividad empresarial y establecieron su participación en el proceso de innovación mediante la transferencia de conocimientos y de tecnología. Se concentraban en un único departamento las competencias en materia científica y tecnológica, de las telecomunicaciones y el impulso de la sociedad de la información. Sin embargo, este acercamiento se produjo al mismo tiempo que la separación forzosa de aspectos fundamentales para el desarrollo de la I+D universitaria que permanecían en el Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.

Desde el momento en que se desarrolla la estructura orgánica del nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología hasta la aprobación de la Ley Orgánica de Universidades en diciembre de 2001, se han producido en el entorno universitario algunos *avisos* (en forma de documento, declaración o indicador de I+D) fundamentales para el futuro de la política científica española.

Así, la Comisión de las Comunidades Europeas presentó al Consejo y al Parlamento Europeo en marzo del año 2000 el documento «La innovación en una economía del conocimiento» en el que, a través de cinco objetivos fundamentales y diversas recomendaciones, solicita de las universidades europeas que cuiden, además de la educación y la investigación, el fomento de la difusión de conocimientos y tecnologías. En otras palabras, requiere de la universidad su participación en el complejo proceso de innovación. Se indica específicamente que en el pasado la transferencia de tecnología efectuada desde las universidades europeas ha estado, en general, menos abierta a las relaciones con empresas que las estadounidenses. Se propone que las universidades participen en la creación de empresas de base tecnológica y que introduzcan mecanismos de gestión emprendedora.[1]

Algo más tarde se presenta el documento sobre el Programa Marco Plurianual de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Demostración de la Comunidad Europea para 2002-2006 con el fin de facilitar la creación del Espacio Europeo de Investigación (ERA). La crítica generalizada a la existencia de diversas políticas científicas regionales, estatales y europeas poco coordinadas ha motivado una rápida aceptación de los postulados del comisario europeo para la Investigación, Philippe Busquin por parte de la comunidad científica. Sin embargo, algunas incógnitas sobresalen en este planteamiento. En primer lugar, cabe preguntarse si no sería también oportuno analizar dentro del país las causas de la insuficiente coordinación entre las políticas científicas y de innovación de las diversas comunidades autónomas. ¿Ha funcionado con agilidad el Consejo General de la Ciencia y la Tecnología? ¿Se han difundido adecuadamente los acuerdos marco entre la Administración General del Estado y las comunidades autónomas?

¿Tenemos el sistema español de ciencia, tecnología y empresa preparado para los nuevos planteamientos de la Unión Europea en relación con el nuevo espacio europeo de investigación? ¿Tenemos un conocimiento claro de la cartografía científica de calidad y/o excelencia, así como de las estructuras de intermediación entre el sector público y el privado?
Una de las preocupaciones de los responsables europeos, que se desprende de los documentos citados, se basa en encontrar mecanismos que fortalezcan la innovación en Europa con el fin de mejorar la competitividad de la empresa en relación con Estados Unidos y Japón. Europa tiene la necesidad de buscar en el campo de la investigación y de la innovación nuevos instrumentos que favorezcan la nueva economía basada en el conocimiento. Para ello se requiere de una *masa crítica adecuada*, tanto en medios humanos como financieros y de creación de estructuras potentes que, aprovechando las nuevas tecnologías, puedan establecer alianzas y desarrollar redes en los campos prioritarios.
Por ello, los dos grandes ejes de actividad serán en primer lugar *la integración de la investigación* mediante acciones como la de creación de redes de centros de excelencia altamente competitivos[2] y las actividades que permitan las asociaciones entre el sector público y el sector privado. En nuestro caso es preocupante el retraso en la difusión de estos nuevos conceptos más participativos y solidarios entre los diversos proyectos de tamaño medio repartidos por la geografía española. La cultura del trabajo en red mediante grandes objetivos y favoreciendo una mejor visualización europea es hoy una asignatura pendiente.
En segundo lugar hay que considerar la *estructuración de la investigación y la innovación* en el marco del espacio europeo. En este punto es preciso indicar el papel esencial para el proyecto europeo de los recursos humanos, su preparación, su número y su movilidad. Igualmente, el lugar donde se incorporen las grandes infraestructuras europeas se verá reforzado tanto en el período de ejecución mediante los contratos a empresas como posteriormente durante la creación de conocimiento y tecnología. Finalmente se deberá promover el fortalecimiento de las bases del nuevo espacio europeo mediante el desarrollo del VI Programa Marco 2002-2006.

**Liderazgo de la universidad española**

La universidad española mantiene el liderazgo en la generación de conocimientos mediante la investigación básica, a pesar de la falta de apoyo en algunos aspectos esenciales. Sin embargo, debe mejorar su conexión con el sector productivo.
La actividad científica en España se desarrolla principalmente en tres entornos diferenciados. En primer lugar, los *organismos públicos de investigación* donde se adscriben el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) y el Instituto Español de Oceanografía, entre otros. Su participación en los gastos totales de las actividades de I+D alcanza el 16,3 % en 1998 con una mejora al 16,9 % en 1999 con unos gastos de 140 307 millones de pesetas.
En segundo lugar, las *instituciones de enseñanza superior*, fundamentalmente las universidades, que representaron un 30,5 % en 1998. Se produce un aumento constante del gasto de I+D entre 1990 y 1997 llegando al valor máximo del 32,7 %, para un gasto de 219 951 millones de pesetas. Debido al aumento total del gasto producido en España en 1999, la contribución de las universidades se traduce en un 30,1 % (250 345 millones de pesetas).
Las *empresas* representan el 52,0 % en 1999, muy lejos del aproximadamente 58 % gastado en 1990. Sólo los países rezagados en relación al gasto global en porcentaje del PIB presentan contribuciones tan elevadas de participación pública.
Por su parte, Alemania, con un valor de gasto en I+D del 2,46 % del PIB, presenta una participación del 70 % de contribución empresarial. Francia, con un 2,15 %, se halla reforzada por el sector empresarial que contribuye con un 65 % y en donde el peso de la participación de los OPI y de la universidad son muy parecidos. En el Reino Unido, con el 1,84 % del PIB, la empresa participa en un 69 %. La contribución de los diversos agentes en la financiación de la I+D para 1999 es de un 44,7 % por las Administraciones públicas, un 48,9 % que proviene de

las empresas y un retorno extranjero, principalmente europeo, del 5,6 %.
Las 63 universidades españolas existentes en 1999, de las cuales un 76 % son públicas, obtuvieron de las empresas un 7,7 % de su I+D en comparación con el 5,8 % de la Unión Europea. El porcentaje de retorno español obtenido en el IV Programa Marco fue del 6,3 %, muy parecido a la contribución española al presupuesto general de la Unión Europea. De este retorno, las empresas acapararon el 49 %, seguido de las universidades con un 25 % y los centros de investigación (OPI, hospitales y otros centros) con un 20 %.
En 1998, dentro de los recursos disponibles para la I+D en España, el Programa Marco supuso un 7 % del total (Función 54 + PM), el 12 % de los recursos disponibles para I+D civil y el 35 % de la cantidad disponible en convocatorias públicas de I+D civil. Ello demuestra la importancia para nuestro sistema de la captación de fondos competitivos adicionales a través del Programa Marco.
La distribución de los gastos internos en I+D en el territorio español se halla concentrado en cinco comunidades autónomas, las cuales representan globalmente un 79 %, aproximadamente, del total. La Comunidad de Madrid y Cataluña aportan al gasto de I+D el 31,8 % y el 22,6 %, respectivamente; Andalucía el 9,5 %; el País Vasco el 8,3 %; y la Comunidad Valenciana el 6,6 %
Dentro de los fondos públicos de I+D de la Comunidad Europea deben destacarse también aquellos introducidos para desarrollar la política regional de cohesión económica y social para reducir los desajustes regionales (Fondo Europeo de Desarrollo Regional, FEDER). Los programas operativos correspondientes al Marco de Actuación Comunitaria (1989-93) representan para la zona objetivo 1 una aportación de 28 868 millones de pesetas y 14 632 millones de pesetas para la zona objetivo 2. Estas cantidades se incrementan en el período 1994-99 hasta la cifra de 92 975 millones de pesetas. Es de destacar en este período el enorme esfuerzo en nuevas infraestructuras científicas que alcanzan los 53 036 millones de pesetas para la zona objetivo 1 y los 15 319 millones de pesetas para la zona objetivo 2. Destacan los 10 239 millones de pesetas de Andalucía, 5105 para Canarias, 7034 para Castilla y León y los 6594 millones de pesetas para la Comunidad Valenciana. Dentro de las regiones objetivo 2 destacan Madrid con 7650 millones de pesetas, Cataluña con 3433 millones de pesetas y el País Vasco con 1626 millones de pesetas.
En 1996 se elabora por primera vez un programa operativo destinado a financiar proyectos de investigación que finalizan a finales del 2001 y que en las regiones objetivo 1 aportó unos 155,5 millones de ecus, de los cuales 111 millones de ecus (17 760 millones de pesetas) son con cargo a FEDER.

**Ciencia y recursos humanos**

La contribución de la universidad española a la modernización de la ciencia ha sido posible gracias al esfuerzo realizado por el *profesorado-investigador* desde 1989. Su voluntarismo y profesionalidad ha conducido a nuestro país a poseer uno de los mayores crecimientos en productividad científica a pesar de haber trabajado con unos recursos humanos complementarios muy inferiores a los de los países europeos que han sido durante años nuestro modelo de competitividad.
Uno de los indicadores que nos ayudan a entender la situación española de la ciencia y la tecnología es el correspondiente a los recursos humanos. ¿Cómo se distribuyen y con cuántos recursos humanos hemos de relacionar la producción de conocimientos y la transferencia de éstos en innovación?
En 1999 constaban en España unas 102 000 personas (en equivalente a dedicación plena, EDP) dedicadas a actividades de I+D, lo que equivale aproximadamente a unos 178 000 puestos de trabajo. Este valor supone que se dedican a trabajar en I+D un 6,2 por mil de la población activa.
De las personas EDP dedicadas a I+D en España, un 21,8 % corresponden a organismos públicos de investigación ligados a las administraciones públicas y un 39,7 %, cerca de 40 600 personas EDP, en instituciones universitarias. Este valor es el más bajo de los últimos seis años.
En el sector empresarial constan unas 38 300 personas EDP que corresponden a un 37,5 %.

El esfuerzo por incrementar el número de investigadores en España durante el último año es remarcable.[3] Sin embargo, este esfuerzo es insuficiente si tenemos en cuenta los bajos porcentajes de los que se partía en 1990. Así, se contabilizaban 37 600 investigadores EDP en 1990, que se incrementaron a 52 000 en 1996 y se elevaron a 61 500 en 1999.
Sorprendentemente, sólo un 24,6 % de éstos correspondían al sector empresarial y un destacado 55 %, cerca de 33 800 investigadores EDP, al sector universitario. Si queremos visualizar el número de puestos de trabajo identificados como de investigación, según el concepto del *Manual de Frascati* (1996), éstos serían unos 117 000 y equivalen a un 3,8 por mil de población activa. Sólo comparable con Italia y Portugal. En Francia, con un 6,14 por mil; Alemania, con un 6,07 por mil; y el Reino Unido, con un 5,54 por mil, se sitúan en un valor muy próximo a la media europea (5,28 por mil).
Si analizamos detenidamente las tipologías del personal dedicado a I+D debería sorprendernos un hecho que viene repitiéndose en España año tras año sin observarse una modificación de las políticas de empleo de I+D.
Así, en el sector empresa se observa, de forma prácticamente estable desde 1995, una participación de personal de apoyo a la I+D del 60 %, mientras que en los organismos públicos de investigación éste alcanzó el 46 %.[4] Los valores indicados anteriormente son análogos a los descritos en otros países. Sin embargo, donde se observa una desproporción alarmante es en el sector de enseñanza superior. Las universidades sólo disponen de un 17 % de personal de apoyo a la investigación que representa unas 6900 personas EDP, hecho que provoca en primer lugar que una parte del profesorado realice actividades diferentes a las correspondientes a sus objetivos como investigadores. En segundo lugar, se ha abusado en la universidad española del recurso del colectivo de becarios predoctorales, los cuales han ejercido en muchos casos actividades de apoyo en los laboratorios por encima de lo aconsejable para su formación.
La distribución del personal dedicado a actividades de I+D (EDP) por comunidades autónomas refleja una fuerte concentración en Madrid y Cataluña con valores del 29,3 % y 21,4 % para 1999, respectivamente.[5] Estos valores se mantienen prácticamente sin variaciones notables durante el período 1995-1999. Andalucía presenta un esfuerzo del 11,7 %, notable en comparación con la Comunidad Valenciana y País Vasco, con 6,9 % y 6,8 %, respectivamente. Estas proporciones se mantienen para el colectivo de investigadores excepto en el caso de Andalucía, donde se observa un aumento hasta el 14 %.
En Madrid y Cataluña, el personal empleado en actividades de I+D en la empresa para 1999 fue de 11 600 personas EDP con un número de investigadores (EDP) de 5300 y 4300, respectivamente. Le siguieron en tamaño, el País Vasco con 5000 y 2100 investigadores EDP, la Comunidad Valenciana, con 2300 y 770 investigadores EDP, y Andalucía con 1900 y 576 investigadores EDP.

**Sobre la competitividad de la universidad española**

Una elevada financiación de la investigación y el mantenimiento de una estructura de investigación competitiva no serían justificables sin la existencia de unos retornos de los conocimientos generados a la sociedad.
Considerando principalmente el papel de las universidades en la investigación fundamental, uno de los indicadores tradicionales que han sido utilizados para evaluar su grado de competitividad/productividad social ha sido el estudio cuantitativo y cualitativo de las publicaciones científicas.[6] Así, se analiza el número de publicaciones científicas, su índice de impacto real o normalizado y el número de citaciones de un trabajo determinado según una metodología aceptada en general en el marco del *Science Citation Index* (SCI).[7]
La universidad española ha cumplido adecuadamente este primer objetivo propuesto en 1986 por la Ley 13/1986 de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (Ley de la Ciencia). Si consideramos el número de publicaciones científicas por millón de población se observa cómo España en 1999 produce 498 publicaciones, valor idéntico al de

Japón (498) y menor pero próximo al de Francia (652) y Alemania (657).[8,9] Sin embargo, si consideramos el esfuerzo realizado, en un porcentaje elevado en las propias universidades, y medido en tanto por ciento del crecimiento anual de publicaciones científicas desde 1995 a 1999, se obtiene que España presenta un 7,01 %, muy superior a la media europea de 2,92 % (Francia presenta un 2,74 %, Alemania 4,34 % y Finlandia un 4,92 %) y de Japón con un 4,26 %.

Analizando el número de publicaciones más citadas como porcentaje del número total de publicaciones científicas en el período comprendido entre 1997 y 1999, se observa que España aparece en la posición 14 de un total de 16 países. Así, el Reino Unido aparece en el puesto tercero con un valor de 1,50, mientras que la mediana europea se halla en el 1,20 por encima de Suecia, Italia, Francia y España con un 0,80.[10, 11]

El número de publicaciones altamente citadas por millón de habitantes entre 1995 y 1997 para la media europea se sitúa en 31, muy por debajo de las 50 de Estados Unidos. España aparece con 12, por debajo de Italia (18) y Francia (26) y muy por debajo de Suecia (58), el Reino Unido (54) y Finlandia (50).

Se han introducido recientemente otros indicadores de actividad científica de la plantilla de profesorado como: *a)* el número total de profesores (EDP) que participan en *proyectos científicos activos* del Plan Nacional I+D+I o del Programa Marco Investigación y Desarrollo tecnológico de la Unión Europea; *b)* que han participado en un proyecto científico oficial durante los últimos cinco años, y *c)* el número de tesis doctorales dirigidas y leídas por año.

De acuerdo con estos parámetros, el número de doctores en ciencia y tecnología por cada mil personas con edades comprendidas entre 25 y 34 años para 1998 fue de 0,43, siendo la media europea 0,55. Países con mayor actividad formadora son Suecia con 1,17, Alemania con 0,75 y Francia con 0,71.[12]

Para conocer con mayor precisión el alcance de la investigación universitaria deben utilizarse otros indicadores menos académicos. Así, se describen habitualmente indicadores relacionados con el valor de la transferencia del conocimiento a la sociedad, como las patentes. Sin embargo, no se han generalizado los indicadores que describan la contribución real de la I+D universitaria a la mejora de la innovación del país: *a)* número de proyectos o contratos establecidos con el sector privado mediante las OTRI; *b)* número de investigadores implicados en, al menos, un proyecto financiado por el sector privado, durante los cinco últimos años, en relación al total de investigadores activos; *c)* número de empresas de base tecnológica *(spin off)* dinamizadas y estabilizadas; *d)* número y facturación de proyectos o convenios realizados con los centros tecnológicos; *e)* número de grupos de investigación implicados en estructuras de apoyo a la innovación (redes de innovación y tecnología, trampolines tecnológicos, etc.).

## Retos pendientes y propuestas de futuro

Existe el convencimiento general de la existencia de importantes debilidades que deberán ser abordadas con rapidez si queremos situarnos convenientemente en el nuevo espacio europeo de investigación. Algunos de los datos indicados anteriormente nos ponen sobre aviso de algunas de las debilidades del sistema de ciencia, tecnología y empresa, las cuales son anualmente analizadas por la Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica en su prestigioso *Informe Cotec*. Además, es de destacar el excelente análisis realizado en el *Informe Universidad 2000* encargado por la Conferencia de Rectores por el Dr. J.M. Bricall.

Las universidades españolas se hallan inmersas en un proceso de cambio para mejorar la gestión y el desarrollo de la investigación mediante una mejora de la estructuración de la investigación, un mejor aprovechamiento de los recursos mediante políticas científicas más decididas, un esfuerzo creciente en su internacionalización y una mayor diversificación de sus fuentes de financiación mediante la subcontratación de proyectos con el sector empresarial.

En alguna de las mejoras han contribuido las políticas autonómicas promoviendo «planes de investigación» y «planes de innovación y desarrollo tecnológico» por separado o de forma integrada como «planes de ciencia, tecnología e innovación».

Algunas de la iniciativas del Ministerio de Ciencia y Tecnología se inscriben en el esfuerzo por introducir mejoras en nuestro sistema universitario. Cabe destacar, por ejemplo, la mejora de las asignaciones económicas de las becas predoctorales (de forma parecida ha actuado el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte), la contratación de jóvenes doctores mediante el programa Ramón y Cajal, la potenciación de la innovación mediante las ayudas a parques científicos y tecnológicos como instrumentos de intermediación entre el sector público y el sector privado, y las mejoras en los incentivos fiscales de las empresas para las inversiones en ciencia y tecnología que deberán conducir a una mayor participación del sector privado en proyectos universitarios de investigación y desarrollo tecnológico.

Finalmente, es de destacar el papel coordinador ejercido por primera vez por los vicerrectores de investigación y política científica de las universidades españolas que desde hace unos pocos años vienen desarrollando un proceso de difusión de las innovaciones de las distintas instituciones, a través de encuentros periódicos, con el fin de acelerar las mejoras del sistema universitario.

A pesar de todo ello, es preciso apuntar algunos temas pendientes. Ni la Ley de la Ciencia (1986) ni la Ley Orgánica de Universidades (2001) establece que las universidades deban considerar como necesarias las actividades de apoyo a la innovación tecnológica de las empresas.

El actual sistema de evaluación de la investigación y de la productividad científica de los profesores universitarios conduce a potenciar la producción científica sin promover la importancia de las actividades de transferencia tecnológica y de apoyo a la innovación.

No se ha fomentado la creación de empresas de base tecnológica. La participación del profesorado universitario en la creación de empresas no se ha regulado adecuadamente. Las ayudas para la creación de empresas de base tecnológica nacidas en el marco de la investigación universitaria no se ha potenciado ni se han establecido criterios generales. Las universidades han realizado algunas actividades para promover que emerjan emprendedores entre el personal universitario; sin embargo estos proyectos son poco conocidos y existe poca coordinación entre universidades.

Es preciso dotar de técnicos de apoyo a la investigación en las principales plataformas tecnológicas de los centros de investigación, así como favorecer la incorporación de técnicos de apoyo a los servicios científico-técnicos de las universidades, y a las instalaciones españolas grandes y medianas.

Dado que el objetivo de iniciar la incorporación de doctores recientes en centros públicos de I+D se halla ya iniciada (programa Ramón y Cajal), se debería incidir en la creación de un mecanismo de incorporación de doctores con experiencia (investigadores *senior*) en centros públicos de investigación.

Con el fin de ayudar a la estabilización y al funcionamiento ordinario de las estructuras de investigación de mayor nivel (centros de investigación, institutos de investigación, parques científicos y tecnológicos, instalaciones científicas grandes y medianas, servicios científico-técnicos, plataformas tecnológicas), debería desarrollarse la financiación por objetivos mediante contratos programa que permitan la combinación de la subvención pública con la incorporación de criterios de gestión empresarial.[13]

Con el fin de robustecer las unidades de interfaz existentes entre el sector público y el empresarial se debería mejorar la relación entre las universidades y los centros tecnológicos españoles, así como entre las distintas unidades de interfaz claves en el sistema de innovación.

Del mismo modo, sería preciso establecer una política de calidad y homologación en los servicios científico-técnicos con el fin de promover la acreditación en aquellos casos en que sea aconsejable y establecer una red de instalaciones universitarias españolas. Asimismo, incorporar el coste real de la utilización de dichos servicios en los proyectos de investigación del Plan Nacional I+D sin disminuir la asignación media de los proyectos ni el número de proyectos financiables.

Finalmente, es necesario mejorar el sistema de financiación de las universidades en relación a los costes inducidos de la investigación que favorezcan aquellas universidades con mayor

actividad y productividad científica y tecnológica, y actualizar el concepto de *overhead* de los proyectos científicos elevando su valor actual (15 %) a los costes reales de mantenimiento de los equipos y laboratorios de investigación.

**MÀRIUS RUBIRALTA** es Catedrático de Química orgánica de la Universidad de Barcelona (UB). Ha sido vicerrector de Investigación en la UB y, además, secretario de la Subcomisión de I+D de la CRUE (Conferencia de Rectores de Universidades Españolas). Actualmente es Director de la Fundación Parc Científic de Barcelona.

## Notas

**[1]** La Ley Orgánica de universidades mantiene los tres ejes básicos que corresponden a la universidad como servicio público de educación superior, la docencia, el estudio y la investigación. Igualmente a lo indicado en la Ley orgánica de Reforma Universitaria (LRU) se describe una de las funciones como «el apoyo científico y técnico al desarrollo cultural, social y económico, tanto nacional como de las comunidades autónomas».

**2** Es fundamental homologar los distintos niveles estructurales de investigación. Se describe en la LOU que la investigación se llevará a cabo, principalmente en los grupos de investigación, Departamentos e Institutos Universitarios de Investigación. Sin embargo, en cada comunidad autónoma los criterios y denominaciones son poco homogéneos (grupos de investigación consolidados, grupos de investigación competitivos). Nos encontramos en un nivel superior de complejidad con centros de investigación mixtos (CSIC), centros propios de las comunidades autónomas o de las propias universidades, centros de competencia (según el documento del Plan Nacional I+D+I 2000-2003) y centros de excelencia (Plan Nacional I+D+I y VI Programa Marco I+D 2002-2006).

**3** El incremento anual de investigadores (%) desde 1995 pone de manifiesto: *a)* un mayor esfuerzo en Estados Unidos que la media europea 6,21 % por 2,89 %; *b)* Finlandia con una fuerza del 10,6 por mil de la población activa y un crecimiento del 12,7 % y Suecia con un valor 8,5 por mil de la población activa deberían ser motivo de análisis; *c)* el esfuerzo español se pone de manifiesto por un crecimiento desde 1995 del 6,8 %; *d)* estabilización de las plantillas de investigadores en Alemania y Francia.

**4** La mayor parte del personal de apoyo correspondiente a las Administraciones Públicas se halla concentrado en la Comunidad de Madrid; así, de un total de 11 300 personas EDP dedicadas a I+D sólo 5700 son investigadores. Andalucía y Cataluña siguen con aproximadamente 2700 personas EDP por 1500 investigadores EDP.

**5** Se incorporan becarios para el cómputo global. *Fuente:* Indicadores del Sistema Español de Ciencia y Tecnología 2000.

**6** La calidad y excelencia de las universidades ha sido analizada recientemente en el libro *Excelencia. Calidad de las universidades españolas*, de J.M. de Miguel , J. Caïs y E. Vaquera, Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid 2001. Contrasta el poco peso que se le concede a la productividad científica y tecnológica.

**7** Los mayores errores de su utilización indiscriminada se producen en áreas científicas aplicadas a campos tecnológicos, o en investigaciones de ámbito local.

**8** Es sorprendente la productividad científica en Suecia (1431) y Finlandia (1157), valores relacionables con los valores de crecimiento presupuestario de I+D.

**9** En 1990 el número de publicaciones científicas realizadas en instituciones españolas alcanzaba las 10 688 lo que representaba el 1,55 % de la producción mundial, más recientemente en 1999 se alcanzaba las 24 977 publicaciones con una contribución del 2,56 % al volumen total mundial.

**10** Analizando el número total de las publicaciones más citadas en el período entre 1995 y 1997 encontramos en la Unión Europea unas 11 495 publicaciones por 13 566 en Estados Unidos. La aportación española a la calidad o interés de sus trabajos se sitúa en 489, un poco inferior a Suecia (514), y muy inferior a Francia (1551), Alemania (2407) y el Reino Unido (3182).

**11** El cálculo se ha realizado sobre la base del 1 % de publicaciones más citadas de cada campo entre los años 1997 y 1999 (*Towards a European Research Area. Key Figures 200,*. European Commission, 2001).

**12** Para una revisión del doctorado en España como indicador de productividad, véase referencia págs. 229-245.

**13** Según la modalidad de participación B4 de los agentes del sistema español de ciencia, tecnología y empresa en el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003.

**Frases destacadas**

«La investigación en Europa se está configurando a partir de acciones de integración como la creación de redes de centros de excelencia y la asociación entre el sector público y el privado.»

«El voluntarismo y profesionalidad del *profesorado-investigador* ha conducido a uno de los mayores crecimientos en productividad científica pese a haber trabajado en condiciones inferiores respecto a los países de nuestro entorno.»

«Una elevada financiación de la investigación y el mantenimiento de una estructura de investigación competitiva no serían justificables sin el retorno de los conocimientos generados a la sociedad.»