

## Análisis del proceso de internacionalización de la investigación española en ciencia y tecnología (1980-2007)

Gregorio González Alcaide\*, Juan Carlos Valderrama Zurián\*,  
Rafael Aleixandre Benavent\*\*

**Resumen.** Se caracteriza el proceso de internacionalización de la Ciencia española a partir del análisis de la evolución diacrónica de la productividad y la colaboración en las publicaciones científicas españolas recogidas en la base de datos *Science Citation Index-Expanded* a lo largo del período 1980-2007. Los resultados obtenidos se ponen en relación con las políticas científicas y con los recursos económicos y humanos dedicados a la investigación. La investigación científica española ha experimentado un importante proceso de internacionalización a lo largo de las tres últimas décadas, que presenta como rasgos definitorios un crecimiento lineal de la productividad científica medida en el número de trabajos anuales publicados; un aumento progresivo de los trabajos en colaboración internacional, especialmente acentuado en la década del 2000, con una marcada orientación europea, aunque Estados Unidos continua siendo el principal país colaborador de España; y la adopción del inglés como idioma hegemónico de las publicaciones.

**Palabras clave:** Publicaciones científicas, autorías, coautorías; *Science Citation Index*, colaboración internacional, política científica, España.

### *Analysis of the internationalization process of Spanish research in science and technology (1980-2007).*

**Abstract:** *The process of scientific internationalization in Spain is based on an analysis of the growth of scientific publications and the evolution of international collaboration in Spanish scientific papers indexed in the Science Citation Index-Expanded database between 1980 and 2007. The article examines science policies in Spain together with the investments in economic and human resources devoted to research, and their effects on the internationalization process. Scholarly research in Spain has become increasingly international over the last three decades. The main features of this process have been a linear growth of productivity in terms of the number of papers published per year; a progressive growth —with a dramatic increase in the 2000's— of internationally co-authored papers, with a notable focus on European countries, although the United States*

---

\* Universitat de València. Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación. Valencia.

\*\* Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Unidad de Información Social y Sanitaria. Valencia.

Correo-e: gregorio.gonzalez@uv.es; juan.valderrama@uv.es; rafael.aleixandre@uv.es.

Recibido: 24-03-2011; 2.ª versión: 05-07-2011; aceptado: 11-07-2011.

*remains Spain's main collaborator country; and the hegemony of the English language for scientific publications.*

**Keywords:** *Scientific publications, authorship, coauthorship, Science Citation Index, international collaboration, science policy, Spain.*

## 1. Introducción

La Guerra Civil española y la dictadura que le siguió a lo largo de más de 40 años truncaron el incipiente desarrollo de la investigación científica española del primer cuarto del siglo xx, que tuvo en la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) fundada en 1907 y presidida por Santiago Ramón y Cajal su principal expresión. Con el propósito de impulsar el desarrollo científico y de vincular a España con las principales líneas de investigación a nivel internacional, la JAE creó diferentes centros de investigación, entre los que cabe destacar el Centro de Estudios Históricos y el Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales; y fomentó el intercambio de profesores y alumnos, estableciendo un programa de becas para estudiar en el extranjero, los llamados «pensionados», lo que constituyó un destacado impulso de las relaciones con los países europeos y con América Latina (Formentín Ibáñez y Villegas Sanz, 1992; Laporta San Miguel y otros, 1987; Otero Carvajal, 2000).

La Guerra Civil y la implantación de la dictadura trajeron consigo el exilio de algunas de las figuras intelectuales más relevantes de la época y la disolución de las incipientes estructuras anteriores, a lo que siguió la depuración política e ideológica de aquellos a los que no se consideraba adeptos al nacional catolicismo, el «aislamiento» de España del ámbito internacional y unas condiciones internas poco propicias para el desarrollo científico, dominadas por el control ideológico, la ausencia de libertades, el tradicionalismo y la limitación del papel de la mujer en la sociedad (Claret Miranda, 2006; Laso Prieto, 2004; Otero Carvajal, 2001).

Pese a que con la creación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) se trató de cubrir el vacío dejado a nivel científico por la desmantelación de la JAE, las consecuencias de la Guerra Civil y la autarquía del régimen sumieron a España en una profunda depresión, en la que la ciencia quedó relegada a un papel marginal. No fue hasta la incorporación de los llamados tecnócratas a los gobiernos franquistas, a partir de finales de la década de los cincuenta, cuando la ciencia y la tecnología pasaron a considerarse como destacados instrumentos para impulsar el desarrollo económico del país. La creación en 1958 de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT) como organismo encargado de la planificación de la política científica y su dotación económica regular a partir del establecimiento en 1964 del Fondo Nacional para la Investigación Científica y Técnica, permitió acometer diferentes iniciativas encaminadas al desarrollo científico, entre las que cabe destacar los llamados «proyectos concertados de investigación», si bien, el alcance e impacto de estas polí-

ticas fue muy débil (Hormigón Blánquez, 2004; Muñoz, 2001; Romero de Pablos y Santesmases, 2008).

El punto de partida de la ciencia española al inicio de la transición política se caracterizaba por la existencia de un frágil y desestructurado sistema científico y tecnológico; por una reducida inversión en investigación y desarrollo (I+D), con solamente una dedicación del 0,3% del Producto Interior Bruto (PIB) en 1975; y la ausencia de un marco normativo legal e institucional adecuado para el impulso de las políticas científicas (Otero Carvajal, 2000). El objetivo del presente trabajo es analizar a partir de las publicaciones científicas la evolución de la investigación y el proceso de internacionalización de la ciencia española en las áreas de la ciencia y la tecnología tras el restablecimiento de las libertades democráticas en España, correlacionando los datos derivados del análisis con los principales hitos que desde el punto de vista de las políticas científicas han jalado este proceso.

## 2. Material y métodos

Para la realización del estudio se han seleccionado los trabajos firmados por al menos una institución española en el período 1980-2007 recogidos en la base de datos de *Thomson Reuters Science Citation Index-Expanded* (SCI-Expanded). Las búsquedas se han realizado a través del campo *address* («Spain»), restringiendo los resultados a artículos, cartas, editoriales y revisiones y revisando la correcta adscripción de las tipologías documentales. Las consultas se realizaron a través de la plataforma Web of Science el 1 de julio de 2009.

Con la información bibliográfica de los registros recuperados se ha confeccionado una base de datos relacional, con el fin de facilitar el tratamiento y análisis de los datos. Cada uno de los documentos fue asignado a uno de los ocho grandes campos temáticos o áreas de conocimiento en los que se puede estructurar la ciencia y la tecnología (Biología, Ciencias de la Tierra y del Espacio, Física, Ingeniería y Tecnología, Investigación Biomédica, Matemáticas, Medicina Clínica y Química), según la clasificación temática de revistas inicialmente desarrollada por Computer Horizon Incorporated Research y adoptada por la US National Science Foundation, y que posteriormente ha sido actualizada por el Observatoire des Sciences et des Technologies de la Université du Québec à Montréal (Gauthier, 1998).

Se analiza la evolución anual de la producción científica de cada una de las disciplinas, la colaboración entre autores en el caso de los artículos, medida a través del índice de firmas por trabajo (promedio del número de firmantes por trabajo), el porcentaje de artículos firmados en colaboración internacional a partir del análisis de los países recogidos en las firmas institucionales de los documentos, determinando el grado de colaboración de España por países y por áreas geográficas. Para la obtención de los indicadores se ha utilizado un sistema de recuento total, asignando el mismo valor a cada uno de los autores, instituciones

o países que han participado en el trabajo. Los resultados del estudio se ponen en relación con los principales hitos históricos que han marcado las políticas de investigación en España, con las inversiones en investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), con la evolución del número de personas dedicadas a la investigación, así como con las características que han marcado el desarrollo de la ciencia como sistema social a lo largo de las tres últimas décadas.

### 3. Resultados

Se han identificado 456.087 documentos, el 89,71% ( $n=409.155$ ) artículos, el 5,54% ( $n=25.284$ ) cartas, el 2,77% ( $n=12.636$ ) revisiones y el 1,98% ( $n=9.012$ ) editoriales. La producción científica española de artículos en *SCI-Expanded* ha experimentado un crecimiento constante a lo largo del período estudiado, con notables tasas de crecimiento anuales, que se sitúan entre el 3,78 y el 15,62 en la década de 1980, entre el 5,21 y el 14,06 en la década de 1990 y entre el 1,84 y el 7,03 en la década del 2000 (tabla 1).

Destaca por encima del resto la Medicina Clínica (figura 1), que es la disciplina que presenta una mayor producción absoluta, que se ha situado por encima de los diez mil documentos anuales el año 2007 ( $n=10.527$ ). Otras cinco disciplinas han alcanzado una producción anual superior a los cuatro mil documentos: la Química ( $n=4.827$ ), la Investigación Biomédica ( $n=4.227$ ), la Ingeniería y la Tecnología ( $n=4.170$ ), la Biología ( $n=4.063$ ) y la Física ( $n=4.055$ ). Con una producción algo inferior, aunque también importante, se encuentran las Ciencias de la Tierra y del Espacio ( $n=2.534$ ) y las Matemáticas ( $n=1.636$ ).

La colaboración entre autores ha experimentado un crecimiento constante a lo largo del período analizado, destacando la Física, con índices de firmas por trabajo en los artículos originales muy superiores al resto de áreas de conocimiento, que se sitúan por encima de 14 autores por trabajo desde el año 1992, con un promedio  $\pm$  desviación estándar de  $23,33 \pm 97,5$  en 2007. A continuación se sitúan las Ciencias de la Tierra y del Espacio y la Medicina Clínica (figura 2), cuyos índices de firmas por trabajo se han situado en 2007 en  $7,43 \pm 20,49$  y  $7,11 \pm 5,39$ , respectivamente; ligeramente por encima de la Investigación Biomédica, cuyo índice de firmas por trabajo es de  $6,51 \pm 9,6$ . Con índices de firmas por trabajo por encima de cuatro se sitúan la Química ( $4,77 \pm 2,11$ ), la Biología ( $4,47 \pm 2,44$ ) y la Ingeniería y Tecnología ( $4,15 \pm 2,15$ ), con las Matemáticas en último lugar, con un índice de firmas por trabajo de  $2,54 \pm 1,1$ .

La evolución del número de artículos originales firmados en colaboración internacional (figura 3) comienza a aumentar de forma perceptible desde mediados de la década de los ochenta, con un crecimiento moderado pero importante, pasando de ser un 12,13% el número de artículos firmados en colaboración internacional en 1985 a un 18,9% en 1989; este crecimiento se incrementa de forma notable a lo largo de la década de los noventa, hasta alcanzar el 32,46% de los trabajos firmados en colaboración en 1999; tendencia al crecimiento que

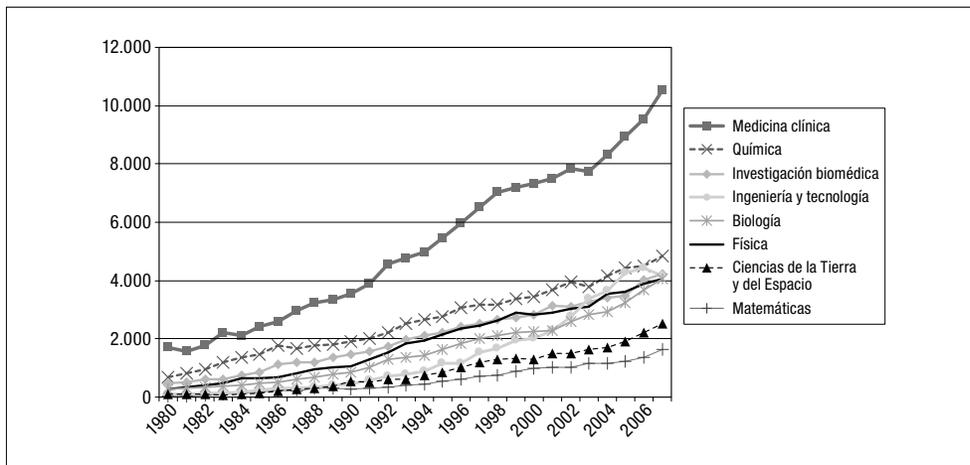
**TABLA 1**

*Distribución de las tasas de crecimiento anuales de la producción científica española recogida en SCI-E, 1980-2007*

<b>Año</b>	<b>Documentos</b>	<b>Tasa de crecimiento</b>
1980	3.761	—
1981	3.909	3,78
1982	4.529	13,69
1983	5.368	15,62
1984	5.744	6,54
1985	6.398	10,22
1986	7.390	13,42
1987	8.036	8,04
1988	8.761	8,27
1989	9.359	6,39
1990	10.122	7,54
1991	11.212	9,72
1992	13.047	14,06
1993	14.294	8,72
1994	15.181	5,84
1995	16.821	9,75
1996	18.445	8,8
1997	20.155	8,48
1998	21.264	5,21
1999	22.569	5,78
2000	22.992	1,84
2001	24.353	5,59
2002	25.832	5,72
2003	26.875	3,88
2004	28.906	7,03
2005	31.084	7,01
2006	33.641	7,6
2007	36.039	6,65

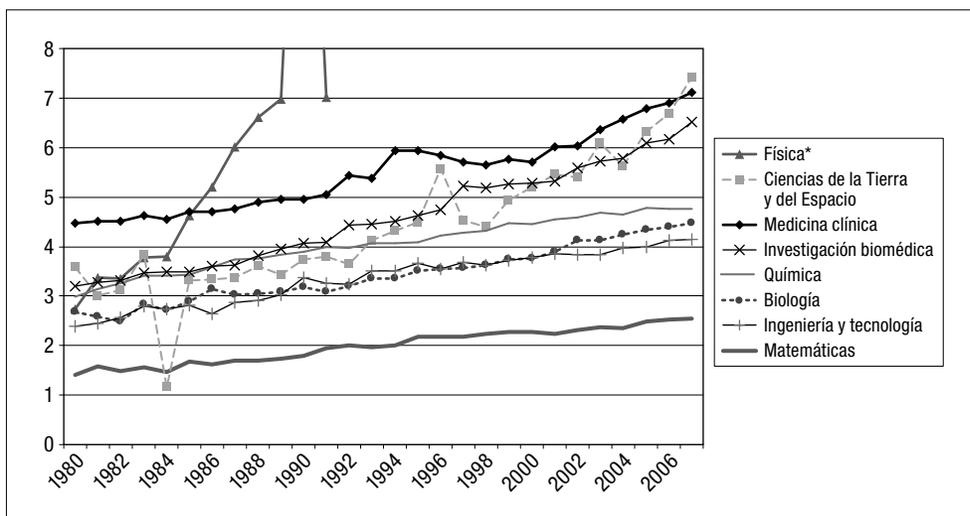
**FIGURA 1**

*Evolución del número de documentos por disciplinas, en los que han participado instituciones españolas (SCI-E, 1980-2007)*

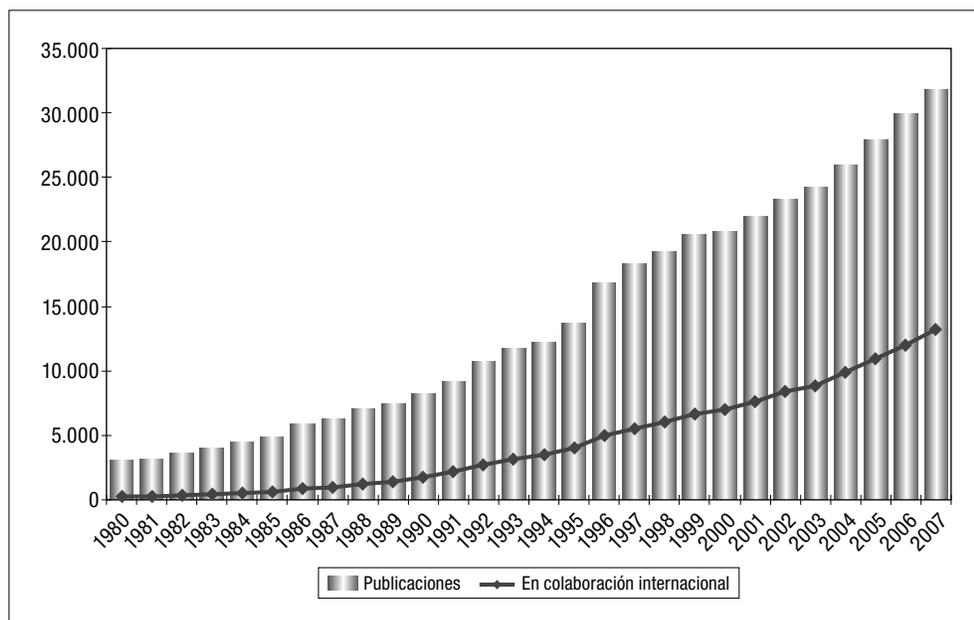


**FIGURA 2**

*Evolución del índice de firmas por artículo y disciplinas (SCI-E, 1980-2007)*



\* La Física presenta importantes oscilaciones y elevados índices de firmas por trabajo desde la década de los noventa, así por ejemplo encontramos los siguientes valores: 1991 (7,01), 1995 (22,78), 1999 (17,68), 2003 (14,9), 2007 (23,33). Los valores obtenidos de las pendientes de la recta a la hora de determinar la regresión lineal han sido los siguientes: Física ( $y=0,8385x + 1,7884$   $R^2=0,7304$ ), Ciencias de la Tierra y del Espacio ( $y=0,1456x + 2,3017$   $R^2=0,8015$ ), Medicina Clínica ( $y=0,0932x + 4,1425$   $R^2=0,9308$ ), Investigación Biomédica ( $y=0,1201x + 2,84$   $R^2=0,9812$ ), Química ( $y=0,0638x + 3,1175$   $R^2=0,9811$ ), Biología ( $y=0,0691x + 2,4265$   $R^2=0,9674$ ), Ingeniería y Tecnología ( $y=0,0642x + 2,4208$   $R^2=0,9611$ ), Matemáticas ( $y=0,042x + 1,3825$   $R^2=0,9695$ ).

**FIGURA 3***Evolución de los artículos en colaboración internacional (SCI-E, 1980-2007)*

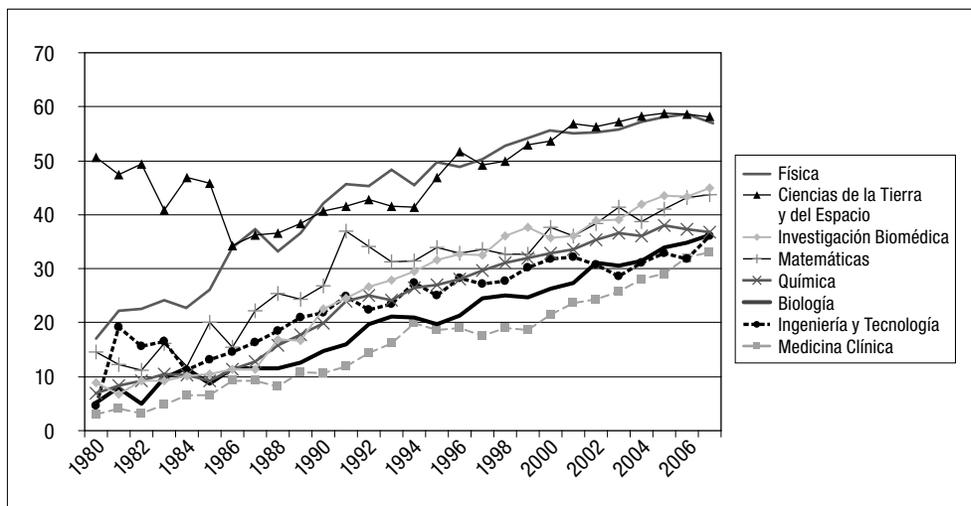
continúa y se acentúa a lo largo de la década siguiente, en la que se sitúa el porcentaje de artículos originales firmados en colaboración internacional por encima del 40% desde el año 2006 (40,11%).

La evolución de la colaboración por disciplinas (figura 4) presenta algunas diferencias dentro de la tendencia general al incremento en el porcentaje de trabajos realizados en colaboración. Así, la Física y las Ciencias de la Tierra y del Espacio son las que presentan una mayor colaboración internacional, con porcentajes próximos al 60% desde 2004. A continuación se sitúan la Investigación Biomédica y las Matemáticas, con más del 40% de los documentos firmados en colaboración internacional desde 2005. Finalmente, la Química, la Biología, la Ingeniería y la Tecnología y la Medicina Clínica presentan porcentajes de colaboración internacional algo inferiores, que oscilan entre el 33% y el 36% en 2007.

El análisis de la colaboración internacional por áreas geográficas (figura 5) revela que Europa es el principal ámbito de colaboración de todas las disciplinas, con porcentajes que oscilan entre el 51,5% de las colaboraciones en la Medicina Clínica y el 64,36% en la Química. La Medicina Clínica (30,54% de las colaboraciones) y la Investigación Biomédica (27,17%) son las dos disciplinas en las que tiene un mayor peso la colaboración con América del Norte, que es el segundo ámbito de colaboración para todas las disciplinas con excepción de la Química, que ha colaborado más con América Central y del Sur (14,78% de las colabora-

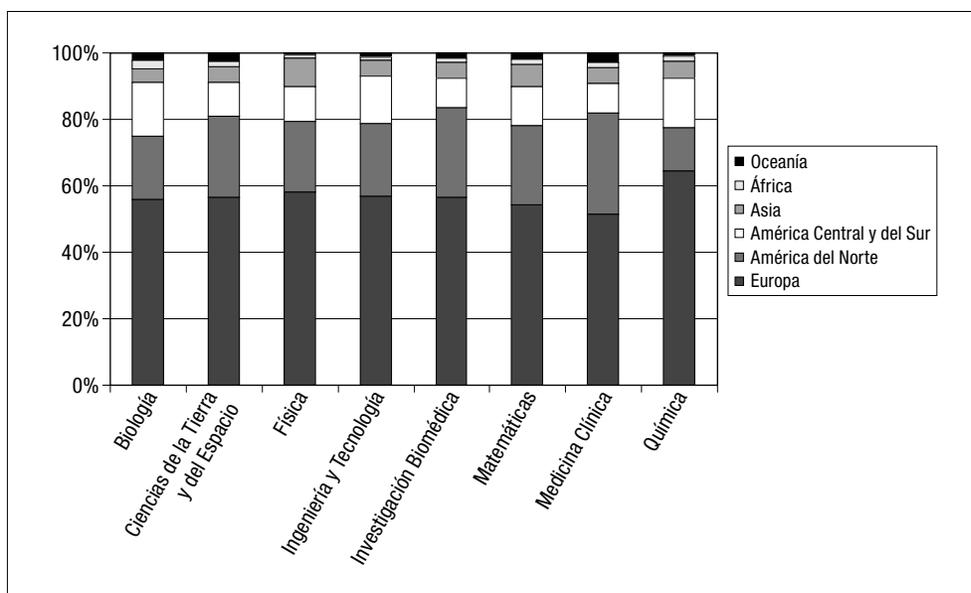
**FIGURA 4**

*Evolución del porcentaje de documentos en colaboración internacional por disciplinas (SCI-E, 1980-2007)*



**FIGURA 5**

*Distribución porcentual de la colaboración española por disciplinas y áreas geográficas (SCI-E, 1980-2007)*

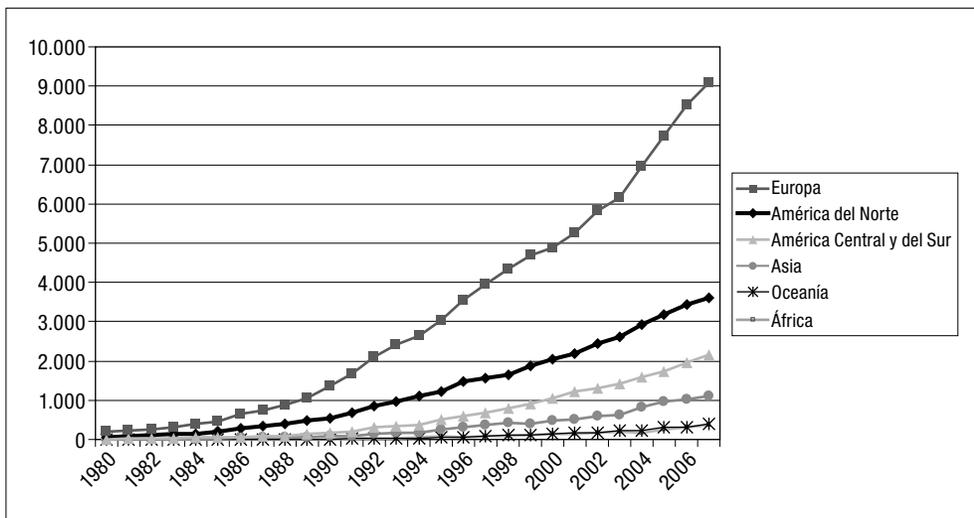


ciones) que con América del Norte (13,24%), siendo también importante la colaboración con América Central y del Sur en Biología (16,25% de las colaboraciones), Ingeniería y la Tecnología (14,18%) y Matemáticas (11,77%). Las colaboraciones con países asiáticos oscilan entre el 4% de la Biología y el 8,67% de la Física, no superando ninguna disciplina el 2% de relaciones de colaboración con África y Oceanía.

La evolución diacrónica del número de documentos en colaboración por áreas geográficas (figura 6), muestra una tendencia mucho más acusada al incremento de las colaboraciones con otros países europeos, especialmente en el último quinquenio (2003-2007) frente al resto de ámbitos geográficos, con una tendencia al crecimiento mucho más moderada.

### FIGURA 6

*Evolución diacrónica de la colaboración española por áreas geográficas (SCI-E, 1980-2007)*



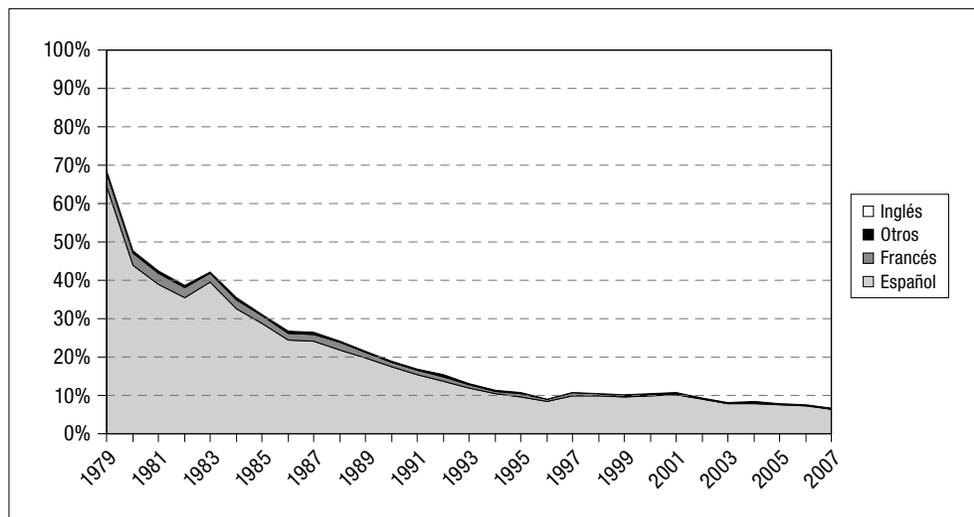
En relación con los países colaboradores (figura 7), Estados Unidos es el país con el que España ha establecido un mayor número de colaboraciones (15,04%), seguido por Francia (11,18%), Reino Unido (10,16%), Alemania (8,14%), Italia (7,75%) y Países Bajos (3,69%). A continuación se sitúan Suiza (2,88%), Bélgica (2,61%), Canadá (2,36%), Suecia (2,22%), Portugal (2,15%) y Rusia (2,07%). Con porcentajes por debajo del 2% de colaboraciones se encuentran ya otros países fuera de la órbita europea y de América del Norte, destacando Argentina (1,99% de las colaboraciones) y México (1,86%). Japón es el primer colaborador asiático de España, con el 1,53% de las colaboraciones mientras que Australia reúne el 1% de las colaboraciones internacionales.



Finalmente, en relación con la evolución diacrónica del idioma de publicación de los trabajos (figura 8), el inglés se ha convertido en el idioma hegemónico en las publicaciones, situándose el porcentaje de documentos publicados en español por debajo del 20% desde el año 1989 y por debajo del 10% desde el año 1989, en una tendencia a la reducción del peso relativo de este idioma observada desde principios de la década de los ochenta y que continúa hasta la actualidad.

**FIGURA 8**

*Evolución porcentual de los idiomas de publicación (SCI-E, 1980-2007)*



#### 4. Discusión

El estudio realizado ha permitido caracterizar el grado de internacionalización de la ciencia española en las áreas de ciencia y tecnología, determinado a partir de la participación de las instituciones españolas en las publicaciones científicas difundidas en una de las principales bases de datos internacionales de carácter multidisciplinar y mediante el análisis de los trabajos firmados en colaboración con otros países. Diversos grupos e investigadores han estudiado la producción y la colaboración científica española a través de la obtención de macroindicadores bibliométricos. A título de ejemplo se pueden mencionar los trabajos del Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología (IEDCYT, antes CINDOC) referidos al estudio de la producción científica y tecnológica de España en el período 1996-2001 o a la actividad científica del CSIC en el período 2001-2005 (Gómez Caridad y otros, 2004; Gómez Caridad y otros, 2007); los estudios desarrollados por investigadores de la Universidad Carlos III, que han analizado la producción científica de las universidades españolas en el período

2000-2004 y de forma más exhaustiva el caso de la Universidad Carlos III de Madrid en el período 1990-2004 (Olmeda Gómez y otros, 2006; Olmeda Gómez y otros, 2009; Perianes Rodríguez y otros, 2010); o las contribuciones del grupo Evaluación de la Ciencia y de la Comunicación Científica (EC3) de la Universidad de Granada, basadas en el análisis de los datos de los *National Science Indicators* (Delgado-López Cózar y otros, 2009), trabajos todos ellos que han tomado como referencia las bases de datos de *Thomson Reuters* y particularmente el SCI-Expanded. Mención especial merecen las aportaciones del grupo Scimago que integra investigadores del CSIC, de la Universidad Carlos III, de la Universidad de Granada y de la Universidad de Extremadura entre otros centros, que además de algunas destacadas contribuciones basadas en las bases de datos de *Thomson Reuters* (Moya Anegón y otros, 2007), ofrecen de forma más reciente a través del portal de libre acceso *Scimago Journal & Country Rank* (<http://www.scimagojr.com/>) numerosos indicadores basados en este caso en la base de datos *Scopus* y que han desarrollado asimismo el proyecto *Atlas de la Ciencia* (<http://www.atlasofscience.net/>) que permite a través de diferentes mapas interactivos visualizar la estructura que conforman los diferentes campos científicos y la investigación española (Moya Anegón y otros, 2004; Moya Anegón y otros, 2008). Finalmente, hay que hacer referencia a los mapas bibliométricos de la investigación española (<http://193.145.216.56/mapabiomedico2004/>) en Biomedicina y Ciencias de la Salud (Camí y otros, 2005; Méndez-Vásquez y otros, 2008) y a otros trabajos que analizan además de las publicaciones en forma de artículos de revista, otras tipologías documentales como las patentes (Gómez Caridad y otros, 2006).

El presente estudio pretende ofrecer una perspectiva diacrónica más amplia, al abordar el análisis de la producción y la colaboración científica española en Ciencia y Tecnología desde la transición democrática, así como actualizar las aportaciones de los trabajos más antiguos mencionados.

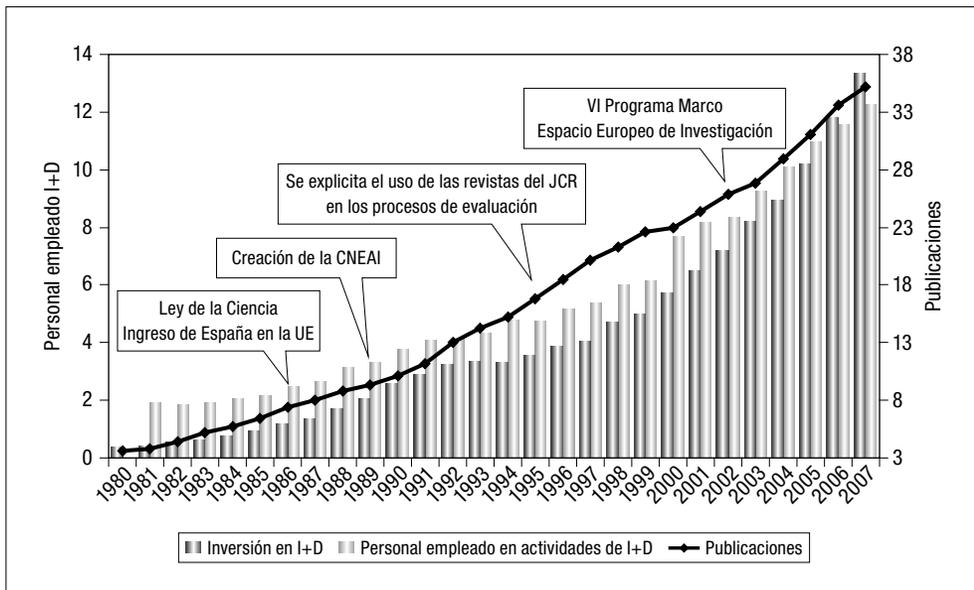
Es importante resaltar que el estudio realizado no ha tenido presente la investigación española en Ciencias Sociales y Humanas, por la escasa cobertura de las bases de datos de *Thomson Reuters* de la literatura española generada en estas áreas de conocimiento (Osca Lluch y Mateo Marquina, 2003). Asimismo, es importante advertir que las publicaciones constituyen únicamente una vertiente de la investigación científica y que la literatura científica es solamente una parte de un sistema mucho más amplio y complejo de intercambio de información (Garvey y Griffith, 1964), si bien, al ser la publicación de los resultados uno de los principios básicos en los que se fundamenta el sistema científico, el estudio realizado constituye una buena aproximación para caracterizar el grado de desarrollo de la investigación española en las áreas estudiadas (Price, 1973; Ziman, 1969). En relación con el sistema de asignación de los trabajos, basado en la clasificación de las revistas en la que han sido publicados, hay que apuntar que la utilización de niveles de agregación muy genéricos, hace difícil que una revista supere los límites de las grandes áreas de conocimiento (Delgado López-Cózar y otros, 2009).

La principal conclusión que se puede extraer del análisis realizado es que la ciencia española ha experimentado a lo largo de las tres últimas décadas un im-

portante grado de internacionalización, que presenta como rasgos definitorios un excepcional incremento de la producción científica; un progresivo aumento de los trabajos realizados en colaboración con otros países, fundamentalmente de la órbita europea a partir de la década del 2000 y también, aunque en menor medida, de América del Norte y de otras áreas geográficas; y la adopción del inglés como idioma hegemónico vehicular de las publicaciones (Van Raan, 1997; Zitt y otros, 1998). El desarrollo de la investigación científica moderna se ha convertido en un proceso global que está indisolublemente ligado con tres factores: el marco normativo y las políticas articuladas a través de los organismos gestores de la investigación, las inversiones económicas y los recursos humanos destinados a la investigación (Peters, 2006; Moya Anegón y otros, 2008). En la figura 9 se presentan algunos de los principales hitos que han marcado el desarrollo de las políticas científicas en España y la evolución de los recursos económicos y humanos destinados a la investigación, que se comentan de forma detallada a continuación poniéndolos en relación con la información derivada del análisis de las publicaciones científicas que se ha efectuado.

### FIGURA 9

*Evolución de las inversiones (millones de euros)\*, del personal investigador dedicado a actividades de I+D (diez millares de investigadores)\* y de las publicaciones científicas (miles de trabajos) firmadas por instituciones españolas (SCI-E, 1980-2007)*



\* Datos del INE. La información acerca del personal empleado en actividades de I+D está disponible desde 1981. UE: Unión Europea; CNEAI: Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora; JCR: Journal Citation Reports.

Los responsables políticos de los primeros gobiernos democráticos tuvieron ya una clara conciencia de la necesidad de fomentar la investigación científica en España. Entre las principales medidas políticas adoptadas a finales de los setenta, cabe destacar la creación en 1979 del Ministerio de Universidades e Investigación, desde el que se impulsó un importante incremento presupuestario del Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica y Tecnológica administrado por la CAICYT, que fue remodelada convirtiéndola en una agencia financiadora de la I+D en base a criterios competitivos, estableciendo así una de las bases fundamentales para el desarrollo de las políticas científicas de los países desarrollados (Otero Carvajal, 2000). La promulgación en 1983 de la Ley de Reforma Universitaria supuso un importante paso en el proceso de modernización del sistema universitario, pero sobre todo, a nivel científico supuso un reconocimiento y un importante estímulo para el desarrollo de la investigación. Estas medidas están sin duda en la base de la activación inicial de la investigación que muestran los datos del estudio realizado, con una tendencia al crecimiento de la actividad científica desde el primero de los años analizados, activación en la que resulta también fundamental tener presente la evolución social de España desde finales de la década de los 70, con el restablecimiento de las libertades democráticas, la extensión de la educación universitaria y la progresiva integración de la mujer en el sistema educativo y científico, como factores clave que contribuyeron en gran medida al inicio del «despegue» científico y del proceso de internacionalización de la ciencia española (González Rodríguez y otros, 2005).

Todos los trabajos sobre la evolución de la ciencia en España, coinciden en señalar que el año 1986 concurren dos hitos claves para el sistema español de ciencia y tecnología. Uno de ellos fue la promulgación de la Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, conocida popularmente como «Ley de la Ciencia», que ha constituido el marco legal desde el que se ha impulsado la vertebración y el desarrollo del sistema científico y tecnológico español. Los Planes Nacionales de Investigación y Desarrollo Tecnológico gestionados por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), han sido el instrumento operativo de la Ley que han marcado las líneas a seguir para la distribución de los recursos, financiando los proyectos de investigación considerados de mayor calidad científica (Dorado y otros, 1991). Por otra parte, el ingreso de España en la Unión Europea, efectiva desde el 1 de enero de 1986 es el segundo de los hitos que ha tenido una incidencia trascendental para la ciencia española, ya que ha posibilitado la participación de los investigadores españoles en los programas científicos europeos, así como la movilidad de los mismos, que ya es fomentada entre los alumnos universitarios a través del Programa Erasmus, iniciativa de la Comisión Europea integrada en el Programa Sócrates que pretende favorecer la creación de un espacio educativo europeo; una movilidad en la que se incide en el período formativo de los investigadores a través de la promoción de estancias en centros de investigación de países extranjeros y que constituye una política que resulta decisiva para favorecer el proceso de internacionalización de la ciencia de cualquier país (Tei-

chler, 2006). Asimismo, este ingreso y por tanto, la asunción de las políticas comunitarias, ha conllevado la necesidad de incrementar las inversiones en I+D, que han experimentado un importante crecimiento desde entonces, ya que España ha pasado de dedicar el 0,57% del Producto Interior Bruto (PIB) en 1985 al 1,27 en 2007, si bien, ha sido un incremento irregular a lo largo del tiempo, ya que la evolución del porcentaje del PIB dedicado a la I+D se caracteriza por un crecimiento lento pero sostenido a lo largo de la década de los ochenta y principios de los noventa, experimenta un estancamiento desde el año 1993 hasta el año 1999 coincidiendo con la crisis económica de la década, para crecer nuevamente a lo largo de la década del 2000, que es cuando presenta el mayor crecimiento, pero que en cualquier caso, se sitúa aún bastante lejos de los objetivos de convergencia con los países europeos que dedican un mayor esfuerzo económico a la investigación. La evolución del personal investigador dedicado a la I+D es similar a la observada en relación con las inversiones económicas, ya que se ralentiza en la década de los noventa el importante incremento de la segunda mitad de la década de los ochenta, para experimentar la principal expansión en la década del 2000, debiendo destacarse que la tendencia al incremento de las inversiones ha superado a la del crecimiento del personal investigador en los últimos años, siempre según los datos aportados por el Instituto Nacional de Estadística. La promulgación de la Ley de la Ciencia y el ingreso en la Unión Europea, se enmarcan en un contexto de crecimiento lineal de la producción científica española iniciado a principios de la década de los 80, debiendo destacarse que es a partir de la segunda mitad de la década cuando se empieza a observar un destacado incremento del grado de colaboración internacional en las publicaciones científicas, apenas representativa hasta la fecha, marcando así el inicio de la internacionalización de la ciencia española, internacionalización, por tanto, estrechamente relacionada con la participación en las políticas científicas de la Unión a partir de 1986. El estancamiento de las inversiones y del personal dedicado a la I+D de la década de los noventa, no parece incidir en la producción científica, ya que continúa e incluso se intensifica la tendencia al crecimiento a lo largo de este período, confirmando el hecho de que las inversiones en I+D de un año determinado no tienen una incidencia directa en la producción científica a corto plazo, si bien, resultan trascendentales cuando se consideran períodos cronológicos amplios (Vinkler, 2008).

Para explicar el destacado incremento de la producción científica que se inicia a principios de los noventa y se intensifica a mediados de la década, hay que hacer referencia a un concepto novedoso introducido en el sistema científico español, la incentivación de la actividad investigadora mediante los llamados «tramos» o «sexenios» de investigación, que arranca con el Real Decreto 1086/1989 de 28 de agosto, sobre retribuciones del profesorado universitario y que también fue adoptada para el personal investigador del CSIC. Concebido como un complemento retributivo para premiar y estimular la investigación, sus efectos fueron mucho más allá, ya que la consideración preferente por parte de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora (CNEAI) de las revistas reco-

gidas en los listados del *Journal Citation Reports* (JCR), marcó un hito fundamental y tuvo una importante repercusión al constituir un estímulo —o una necesidad— para la publicación en revistas de carácter internacional. La consideración preferente de los listados de revistas del JCR ha sido adoptada también por otros organismos, como la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP), organismo encargado de evaluar las propuestas y los proyectos de investigación del Plan Nacional; el Instituto de Salud Carlos III, el organismo de referencia en el área de la Biomedicina y las Ciencias de la Salud; o la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), fundación estatal encargada de la acreditación necesaria para el acceso a los cuerpos docentes universitarios. Coincidiendo con la promulgación en 1989 del citado decreto y la creación de la CNEAI como organismo encargado de llevar a cabo las evaluaciones, pero sobre todo, cuando mediante la Resolución de 26 de octubre de 1995, de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica- Presidencia de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora, se explicitan los criterios de evaluación, se producen importantes repuntes en la producción científica, que cabe atribuir en gran medida a la política evaluadora adoptada (Gómez Caridad y otros, 2006; Jiménez Contreras y otros, 2003).

Sin embargo, esta política de incentivos y recompensas de la ciencia pública española, además de presentar carencias y limitaciones (Fernández Esquinas y otros, 2006), ha tenido diversos efectos negativos en relación con las publicaciones científicas, fundamentalmente la infravaloración de las revistas españolas, que hasta fechas recientes han tenido una presencia reducida en las bases de datos del Institute for Scientific Information (en la actualidad *Thomson Reuters*); y también ha podido incidir en la adopción por parte de los investigadores de estrategias de publicación guiadas en muchos casos por criterios de rentabilidad académica; u otros comportamientos éticamente reprochables, como autorías injustificadas, «salamizar» o fragmentar los trabajos, realizar publicaciones duplicadas o redundantes, la alteración de los tradicionales criterios de citación introduciendo autocitaciones injustificadas, realizar citas dirigidas u omitir de forma premeditada citas relevantes; factores todos ellos que junto a otras conductas mucho más nocivas de fraude científico, como inventar, falsear o plagiar la información publicada, no son privativos de la actividad científica española sino que están vinculados a la presión por publicar de la ciencia como proceso competitivo en el que en las publicaciones constituyen uno de los principales referentes en los procesos de evaluación y de crédito científico, si bien, en otros países no se han adoptado criterios evaluativos tan estrictos en el que las publicaciones tengan un peso tan destacado de cara a evaluar la actividad de los científicos (Clapham, 2005; Delgado López-Cózar y otros, 2007; Trocchio, 1997). En este sentido, la adopción del JCR como referente a nivel evaluativo, marcó el inicio de un activo debate entre la comunidad investigadora española acerca de la idoneidad del factor de impacto como criterio de evaluación, habiéndose incidido en la necesidad de considerar otros criterios y en el desarrollo de proyectos alternativos o complementarios (González Alcaide y otros, 2008).

El fomento de la cooperación científica ha sido uno de los aspectos prioritarios de las políticas científicas a nivel europeo a lo largo de los últimos años, siendo destacada ya su importancia en el capítulo específico dedicado a la investigación y el desarrollo tecnológico del Acta Única Europea firmada en 1986 por los 12 países por aquel entonces miembros de la Unión, acuerdo donde se estableció el desarrollo de unos programas marco plurianuales para el fomento de la investigación que se han constituido en el instrumento más significativo de la política científica comunitaria. El impulso de la colaboración científica se acometió de forma decisiva a partir del VI Programa Marco (2002-2006), en el que una de las líneas prioritarias fue la creación de un Espacio Europeo de Investigación (ERA, European Research Area); aspecto sobre el que ha incidido el Séptimo Programa Marco (2007-2013) a través de un capítulo específico para el fomento de la investigación cooperativa, que es el que absorbe la mayor parte del presupuesto. También las políticas científicas nacionales en España han tratado de fomentar la cooperación científica internacional. Así por ejemplo, uno de los objetivos estratégicos del IV Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2000-2003) fue fortalecer la internacionalización de la ciencia y la tecnología española, aspecto sobre el que han incidido los sucesivos planes, considerando la internacionalización un factor clave para el impulso cualitativo del sistema científico. En el análisis realizado, a lo largo de la década del 2000, se observa que continúa la tendencia de crecimiento lineal de la producción científica, existiendo en cambio una tendencia mucho más acentuada de crecimiento de las colaboraciones internacionales, fundamentalmente de orientación europea, que se aproxima a un crecimiento de carácter exponencial, reflejando en gran medida los efectos de las políticas científicas citadas y en consonancia con lo observado en otros países que se han incorporado a un modelo de desarrollo científico transnacional (Leydesdorff y Wagner, 2008).

La evolución diacrónica de la producción científica por disciplinas observada, está en gran medida en relación con la orientación económica de los recursos a lo largo del período estudiado, en el que se ha incrementado de forma notable la participación relativa en inversiones en I+D de las ciencias médicas, principalmente a través de los hospitales que integran el sistema nacional de salud y en relación con las universidades y los Organismos Públicos de Investigación (OPI), habiendo aumentado también de forma destacada el peso relativo de la investigación en Ciencias Exactas y Naturales, en detrimento del peso relativo de la Ingeniería y la Tecnología (Buesa, 2003). En relación con el incremento de la producción científica debe tenerse presente, no obstante, la incidencia que puede tener el método de recuento adoptado. En el presente estudio se ha optado por un sistema de recuento total, asignando el mismo valor a cada uno de los autores, instituciones o países que han participado en el trabajo, lo que favorece a las áreas de mayor colaboración, pudiendo variar los resultados si se aplicasen criterios de recuento fraccionado (Gauthier, 1998).

El progresivo incremento de la colaboración internacional es uno de los rasgos definitorios de la evolución de la ciencia a lo largo de las últimas décadas

(Wagner y Leydesdorff, 2005), que se justifica por el carácter multidisciplinar y cada vez más especializado de las investigaciones; por la necesidad de acceder a tecnologías y equipos cada vez más complejos, sofisticados y caros; por las sinergias que favorecen en relación con la producción del conocimiento y por los beneficios que reporta la colaboración en términos de citación e impacto (Gupta y Dhawan, 2003; Peters, 2006). En este sentido, numerosos estudios han apuntado una relación positiva entre la colaboración internacional y las investigaciones de mayor calidad y relevancia científica, medido a través del grado de citación (Chen y otros, 2007; Matthews y otros, 2009). No obstante, es importante señalar que existen importantes diferencias en la evolución del grado de colaboración internacional de los diferentes países. El incremento de la colaboración internacional de España ha seguido un patrón similar al observado en los países de Europa Occidental de mayor tamaño científico, como Italia, Francia o Alemania, situándose los documentos firmados en colaboración internacional en estos países en torno al 42-50% en 2008; habiendo experimentado un crecimiento más acentuado la colaboración internacional en otros países de menor tamaño científico, como Suiza, Bélgica, Austria, Dinamarca o Suecia, todos ellos por encima del 55% de documentos en colaboración internacional en 2008. Estados Unidos y el Reino Unido presentan menores porcentajes de documentos en colaboración internacional (27-32% de los documentos en 2008), siendo más reducida la colaboración internacional de los países asiáticos, que en algunos casos como el de Japón o China apenas superan el 15% de documentos en colaboración internacional (Moya Anegón y otros, 2008).

En el estudio realizado se han observado importantes diferencias en el grado de colaboración entre las diferentes disciplinas y también en el seno de algunas disciplinas en relación con el nivel analítico considerado (autorías y colaboración institucional). El elevado grado de colaboración tanto a nivel del número de autores firmantes de los trabajos como institucional en las áreas de la Física y de las Ciencias de la Tierra y del Espacio, no se puede explicar únicamente a partir de la incidencia de las políticas científicas aplicadas, sino que también responde en gran medida a los patrones de colaboración disciplinar de estas áreas y al desarrollo de la *Big Science*, pudiéndose hacer referencia a factores como la contribución de los investigadores españoles en grandes laboratorios y centros de investigación con grandes equipos, como aceleradores de partículas o telescopios participados por numerosos países, siendo la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) o los Grandes Laboratorios espaciales de la NASA y la Agencia Espacial Europea algunos de los principales ejemplos. La temprana vinculación española con proyectos europeos propiciada por el ingreso en 1975 como miembro fundador en la Agencia Espacial Europea y el interés de los investigadores por determinados observatorios como el Centro Astronómico Hispano Alemán explican el marcado carácter internacional de la investigación española en las Ciencias de la Tierra y del Espacio en la primera mitad de la década de los ochenta. También destaca el elevado grado de colaboración de la investigación biomédica, que se justifica en gran medida por tratarse de investigacio-

nes básicas de carácter interdisciplinar o de proyectos de elevada colaboración internacional. La Medicina Clínica, en cambio, presenta un elevado grado de colaboración entre autores pero un marcado carácter nacional, lo que se puede explicar por el hecho de que una parte importante de la investigación está vinculada a la práctica clínica desarrollada en los centros hospitalarios, publicándose una parte importante de los trabajos en revistas nacionales de sociedades científicas en las que participa mayoritariamente la comunidad nacional de investigadores. El hecho de que en Matemáticas la colaboración entre autores sea la más reducida, pasando a situarse esta disciplina con una destacada colaboración internacional a nivel institucional, se puede explicar por el hecho de que los investigadores del área presentan una elevada conexión internacional, particularmente en relación con investigadores de áreas como la astrofísica (Wagner, 2005).

La elección de los países colaboradores está determinada por factores de índole muy diversa (Gupta y Dhawan, 2003), debiendo destacarse en primer lugar la importante incidencia que tienen en la misma las políticas científicas, que se ha puesto de manifiesto en el estudio realizado con la acentuada orientación europea de la investigación observada a lo largo de la última década. Cabe resaltar asimismo la incidencia de factores como la proximidad geográfica (Okubo y Zitt, 2004). Este factor justifica que Francia sea el principal colaborador europeo de España y que Portugal ocupe un puesto destacado pese a las menores dimensiones económicas y de recursos humanos de su sistema científico en relación con otros países. También el mayor desarrollo científico constituye un estímulo que facilita la proclividad hacia la colaboración (Chen y otros, 2007), lo que justifica el elevado grado de colaboración con países como Estados Unidos, Canadá o que Japón sea el principal colaborador asiático de España, países todos ellos en la vanguardia de la excelencia y el desarrollo científico. Finalmente, es importante señalar la incidencia de los vínculos históricos, políticos e idiomáticos, que en el caso español la vinculan con América Central y del Sur. En este sentido, desde algunas disciplinas se ha manifestado la necesidad de fomentar estos vínculos como un factor de cohesión de la comunidad investigadora que puede redundar en un beneficio común (González de Dios y otros, 2007).

En relación con el crecimiento de la colaboración científica hay que apuntar que no siempre es el resultado lógico de una disposición natural a la cooperación, ya que deben tenerse presente la distorsión motivada por fenómenos como el fraude motivado por las hiperautorías injustificadas, que ha alcanzado importantes proporciones según algunos estudios (Smith, 1994; Kamerow, 2008), lo que ha llevado a la adopción por parte de los editores de algunas medidas como la limitación del número máximo de autores firmantes o la exigencia de que se determine la contribución de cada uno de los firmantes en los trabajos (Gupta y otros, 2007) y que además plantea otros problemas como el crédito que se debe asignar a cada uno de los autores en los procesos evaluativos (Birnholtz, 2006).

El estudio realizado ha puesto de manifiesto el importante desarrollo que ha experimentado la investigación científica española a lo largo de las últimas tres

décadas, que la han situado con una destacada presencia en el ámbito científico internacional, consolidándose y profundizándose la tendencia observada en los estudios bibliométricos previos que analizan las publicaciones científicas españolas en las bases de datos de *Thomson Reuters* (Gómez Caridad y otros, 2004; Moya Anegón y otros, 2007; Delgado-López Cózar y otros, 2009). No obstante, resulta fundamental realizar un análisis crítico acerca de las debilidades y de los retos pendientes que debe abordar el sistema científico español, en un momento particularmente importante con la reciente aprobación de una nueva Ley de la Ciencia, que debe sentar unas bases renovadas para la consolidación y ampliación de los logros conseguidos.

En este sentido, a pesar del espectacular incremento de la producción científica que ha situado a España en el noveno lugar de la producción científica mundial, según los datos recogidos en los *Essential Science Indicators* de *Thomson Reuters* (1998-2008), idéntica posición que ocupa tomando como referente la base de datos *Scopus* a través del *Scimago Journal & Country Rank*, lo que la equiparan con su posición en la economía mundial, el impacto de las investigaciones españolas es más moderado y no se corresponde con esa posición (Moya Anegón y otros, 2008), por lo que resulta fundamental, además de impulsar el fomento de la colaboración internacional, incidir en políticas que favorezcan la excelencia científica y la colaboración entre los ámbitos académicos e industriales y empresariales, ya que también han mostrado una relación positiva en relación con el grado de citación e impacto como así lo han puesto de manifiesto diferentes estudios bibliométricos previos referidos al caso español (Olmeda Gómez y otros, 2009; Moya Anegón y otros, 2007; Moya Anegón y otros, 2008) y a nivel internacional (Hwang, 2008; Lebeau y otros, 2008).

Aunque a lo largo de los últimos años se han incrementado de forma notable las inversiones económicas, el porcentaje del PIB dedicado a la investigación continúa estando lejos de las aportaciones de los principales países europeos y de los países de más elevado desarrollo científico a nivel mundial, quedando muy lejos el compromiso de España adquirido en la Estrategia de Lisboa aprobada por el Consejo de Europa en el año 2000 de que en 2010 se alcanzaría una dedicación del 2,6% del PIB, así como en la revisión de esta estrategia a través del Programa Ingenio 2010 fijada en el 2%. La investigación científica constituye una actividad que precisa de unos sólidos cimientos, con un modelo claro de desarrollo y una decidida apuesta por el mismo desde el ámbito político, con independencia de las coyunturas económicas o los cambios políticos. Y la actual crisis económica mundial, que parece tener un mayor calado e implicaciones que la sufrida en la década de los noventa y muy particularmente en el caso de España, se cierne de forma amenazadora sobre las actividades de I+D+I.

Aunque a lo largo de los últimos años se ha realizado un notable esfuerzo económico con importantes resultados positivos para tratar de favorecer la formación y la movilidad de los investigadores (Fernández Esquinas, 2002), determinados indicadores, como el número de científicos en relación con la población

activa, muestran que tampoco se alcanzan niveles equiparables a los países europeos más desarrollados. A ello hay que sumar que sobre los jóvenes científicos se ciernen toda una serie de incógnitas y de amenazas, ya que la larga carrera investigadora y la exigente dedicación que requiere, contrasta en muchos casos con la inestabilidad y la precariedad laboral así como con el escaso reconocimiento de su labor productiva (Álvarez Pérez, 2009), lo que unido al carácter incierto de la integración en el sistema una vez finalizado el período de formación, no constituyen un estímulo que aliente las vocaciones por la carrera investigadora y están en la base de viejos fenómenos de gran actualidad como la «fuga de cerebros», por el que numerosos investigadores españoles deciden emigrar a países con condiciones más favorables, como Estados Unidos, Francia, el Reino Unido o Alemania (Larraga Rodríguez de Vera, 2003), lo que constituye una paradoja, ya las importantes inversiones económicas realizadas, y lo que es aún peor, el capital humano, acaban revirtiendo en instituciones y sistemas científicos de otros países (Hunter y otros, 2009) pese a que se ha tratado de paliar este problema a través de la puesta en marcha de programas como el Plan Ramón y Cajal desarrollado desde 2001 (Rivero y Navarro, 2001).

Finalmente, es importante tener presente que las publicaciones científicas constituyen tan solo una parte de los *outputs* generados por la investigación científica, habiendo alertado numerosos estudios e informes acerca de otros problemas que afectan al sistema científico y tecnológico español, como la escasa aportación española en ámbitos como el desarrollo tecnológico a través de patentes, que se atribuye a la escasa implicación del sector privado en la I+D; la desestructuración y polarización del sistema científico y tecnológico debido a la escasa imbricación entre la investigación generada por la empresa privada y el sector público; o las deficiencias en la transferencia de los resultados de las investigaciones científicas al tejido productivo, además de otros factores como que las invenciones españolas sean patentadas por multinacionales en el extranjero, factores que generan importantes carencias en relación con la *innovación*, es decir, en la investigación orientada al desarrollo económico, fundamentalmente a través de aplicaciones tecnológicas relacionadas con la producción de bienes y servicios (Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, 2009; Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2005; Gómez Caridad y otros, 2006; Sebastián y Muñoz, 2006; Sanz Menéndez y Cruz Castro, 2010).

## 5. Agradecimientos

A Yves Gingras, director del Observatoire des Sciences et des Technologies y catedrático de investigación en Historia y Sociología de las Ciencias en el Departamento de Historia de la Université du Québec à Montreal (Canadá), en cuya institución el primero de los autores firmantes de este trabajo desempeñó su trabajo como investigador invitado el año 2009.

## 6. Bibliografía

- Álvarez Pérez, X. A. (2009). La precariedad en la investigación española. *ACME: An International E-Journal for Critical Geographies*, vol. 8 (1), 123-136.
- Birnholtz, J. P. (2006). What does it mean to be an author? The intersection of credit, contribution, and collaboration in Science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 57 (13), 1758-1770.
- Buesa, M. (2003). *Ciencia y tecnología en la España democrática: la formación de un sistema nacional de innovación*. Madrid; Instituto de Análisis Industrial y Financiero.
- Camí, J.; Suñén-Piñol, E., y Méndez-Vásquez, R. (2005). Mapa bibliométrico de España 1994-2002: biomedicina y ciencias de la salud. *Medicina Clínica (Barc)*, vol. 124 (3), 93-101.
- Chen, T. J.; Chen, Y. C.; Hwang, S. J., y Chou, L. F. (2007). International collaboration of Clinical Medicine research in Taiwan, 1990-2004: a bibliometric analysis. *Journal of the Chinese Medical Association*, vol. 70 (3), 110-116.
- Clapham, P. (2005). Publish or Perish. *BioScience*, vol. 55 (5), 390-391.
- Claret Miranda, J. (2006). Cuando las cátedras eran trincheras. La depuración política e ideológica de la Universidad española durante el primer franquismo. *Hispania Nova: Revista de Historia Contemporánea*, vol. 6, 511-529.
- Delgado López-Cózar, E.; Torres Salinas, D., y Roldán López, A. (2007). El fraude de la ciencia: reflexiones a partir del caso Hwang. *El Profesional de la Información*, vol. 16 (2), 143-150.
- Delgado-Lopez Cozar, E.; Jiménez Contreras, E., y Ruiz-Pérez, R. (2009). La ciencia española a través de la Web of Science (1996-2007): las disciplinas. *El Profesional de la Información*, vol. 18 (4), 437-443.
- Dorado, R.; Rojo, J.; Triana, E., y Martínez F. (eds.) (1991). *Ciencia, tecnología e industria en España*. Madrid; Fundesco.
- Fernández Esquinas, M. (2002). *La formación de investigadores científicos en España*. Madrid; Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Fernández Esquinas, M.; Pérez Yruela, M. y Merchán Hernández, C. (2006). El sistema de incentivos y recompensas en la ciencia pública española. En: Sebastián, J. y Muñoz, E. (eds.). *Radiografía de la investigación pública en España*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Formentín Ibáñez, J., y Villegas Sanz, M. J. (1992). *Relaciones Culturales entre España y América: la Junta para Ampliación de Estudios*. Madrid; Mapfre.
- Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica (2009). *Informe Cotec 2009: tecnología e innovación en España*. Madrid; Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2005). *Informes sobre investigación biomédica*. Madrid; Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Garvey, W. D., y Griffith, B. C. (1964). Scientific information exchange in Psychology. *Science*, vol. 146 (3652), 1655-1659.
- Gauthier, E. (1998). *Bibliometric Analysis of Scientific and Technological Research: A User's Guide to the Methodology*. Montreal, Canadá: Observatoire des Sciences et des Technologies (CIRST).
- Gómez Caridad, I.; Fernández Muñoz, M. T.; Bordons Gangas, M.; Morillo Ariza, F. (2004). *Proyecto de obtención de indicadores de producción científica y tecnológica en España*.

- ña (1996-2001). Madrid: Centro de Información y Documentación Científica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Gómez Caridad, I.; Fernández Muñoz, M. T.; Bordons Gangas, M., y Morillo Ariza, F. (2007). *La actividad científica del CSIC a través del Web of Science: estudio bibliométrico del período 2001-2005*. Madrid: Centro de Información y Documentación Científica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Gómez Caridad, I.; Sancho, R.; Bordons, M., y Fernández, M. T. (2006). La I+D en España a través de publicaciones y patentes. En: Sebastián, J. y Muñoz, E. (eds.). *Radiografía de la investigación pública en España*. Madrid; Biblioteca Nueva.
- González Alcaide, G.; Castellano Gómez, M., y Valderrama Zurián, J. C.; Aleixandre Benavent, R. (2008). Literatura científica de autores españoles sobre análisis de citas y factor de impacto en Biomedicina (1981-2005). *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 31 (3), 344-365.
- González de Dios, J.; Sempere, A. P., y Aleixandre Benavent, R. (2007). Las publicaciones biomédicas en España a debate (I): estado de las revistas neurológicas. *Revista de Neurología*, vol. 44 (1), 32-42.
- González Rodríguez, J. J., y Requena Díez de Revenga, M. (coords.) (2005). *Tres décadas de cambio social en España*. Madrid; Alianza Editorial.
- Gupta, B. M., y Dhawan, S. M. (2003). India's collaboration with People's Republic of China in science and technology: a scientometric analysis of coauthored papers during 1994-1999. *Scientometrics*, vol. 57 (1), 59-74.
- Gupta, P.; Sharma, B.; Choudhury, P. (2007). Limiting authorship in Indian Pediatrics: an initiative to curb gift authorship. *Indian Pediatrics*, vol. 44, 37-39.
- Hormigón Blánquez, M. (2004). Ciencia y franquismo. *Abaco: Revista de Cultura y Ciencias Sociales*, vol. 42, 15-48.
- Hunter, R. S.; Oswald, A. J., y Charlton, B. G. (2009). The elite brain drain. *The Economic Journal*, vol. 119, 231-251.
- Hwang, K. (2008). International collaboration in multilayered center-periphery in the globalization of Science and Technology. *Science, Technology & Human Values*, vol. 33 (1), 101-133.
- Jiménez Contreras, E.; Moya Anegón, F., y Delgado López-Cózar, E. (2003). The evolution of research activity in Spain: the impact of the National Commission for the evaluation of research activity (CNEAD). *Research Policy*, vol. 32, 132-142.
- Kamerow, D. (2008). Who wrote that article? The latest revelations about ghost authorships of journal articles are truly frightening. *British Medical Journal*, vol. 336 (7651), 989.
- Laporta San Miguel, F. J.; Zapatero Gómez, V.; Ruiz Miguel, J. A., y Solana Madariaga, J. (1987). Los orígenes culturales de la Junta para Ampliación de Estudios. *Arbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura*, vol. 499-500, 9-138.
- Larraga Rodríguez de Vera, V. E. (2003). *La pérdida de talentos científicos en España*. Madrid; Fundación Alternativas.
- Laso Prieto, J. M. (2004). El exilio científico español. *Cuadernos del CAUM*, vol. 3.
- Lebeau, L. M.; Laframboise, M. C.; Larivière, V., y Gingras Y. (2008). The effect of university-industry collaboration on the scientific impact of publications: the Canadian case, 1980-2005. *Research Evaluation*, vol. 17 (3), 227-232.

- Leydesdorff, L., y Wagner, C. S. (2008). International collaboration in science and the formation of a core group. *Journal of Informetrics*, vol. 2, 317-325.
- Matthews, M.; Biglia, B.; Henadeera, K.; Desvignes-Hicks, J. F.; Faletic, R., y Wenholtz O. (2009). A bibliometric analysis of Australia's international research collaboration in Science and Technology: analytical methods and initial findings. *FEAST Discussion Paper 1/09*.
- Méndez-Vásquez, R.; Suñén-Pinyol, E.; Cervelló, R., y Camí, J. (2008). Mapa bibliométrico de España 1996-2004: Biomedicina y Ciencias de la Salud. *Medicina Clínica (Barc)*, vol. 130 (7), 246-253.
- Moya Anegón, F. de; Herrero-Solana, V.; Vargas-Quesada, B.; Chinchilla-Rodríguez, Z.; Corera-Álvarez, E.; Muñoz-Fernández, F.; Guerrero-Bote, V., y Olmeda-Gómez, C. (2004). Atlas de la Ciencia Española: propuesta de un sistema de información científica. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 27 (1), 11-29.
- Moya Anegón, F. de; Chinchilla Rodríguez, Z.; Corera Álvarez, E.; Gómez Crisóstomo, M. R.; González Molina, A.; Muñoz Fernández, F. J., y Vargas Quesada, B. (2007). *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española (1990-2004)*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).
- Moya Anegón, F. de; Chinchilla Rodríguez, Z.; Benavent Pérez, M.; Corera-Álvarez, E.; González Molina, A., y Vargas Quesada, B. (2008). *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española 2008*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).
- Muñoz, E. (2001). Política científica (y tecnológica) en España: un siglo de intenciones. *Ciencia al Día Internacional*, vol. 4 (1).
- Okubo, Y., y Zitt, M. (2004). Searching for research integration across Europe: a closer look at international and inter-regional collaboration in France. *Science and Public Policy*, vol. 31(3), 213-226.
- Olmeda Gómez, C.; Perianes Rodríguez, A.; Ovalle Perandones, M. A., y Gallardo Martín, A. (2006). *La investigación en colaboración de las universidades españolas (2000-2004)*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Olmeda Gómez, C.; Perianes Rodríguez, A.; Ovalle Perandones, M.; Guerrero Bote, V. P., y Moya Anegón, F. (2009). Visualization of scientific co-authorship in Spanish universities: from regionalization to internationalization. *Aslib Proceedings: New Information Perspectives*, vol. 61 (1), 83-100.
- Osca Lluch, J., y Mateo Marquina, M. E. (2003). Difusión de las revistas españolas de ciencias sociales y humanidades. Acercamiento bibliométrico. *Revista General de Información y Documentación*, vol. 13 (1), 115-132.
- Otero Carvajal, L. E. (2000). La ciencia en España. Un balance del siglo xx. *Cuadernos de Historia Contemporánea*, vol. 22, 183-224.
- Otero Carvajal, L. E. (2001). La destrucción de la ciencia en España. Las consecuencias del triunfo militar de la España franquista. *Historia y Comunicación Social*, vol. 6, 49-86.
- Perianes Rodríguez, A.; Olmeda Gómez, C., y Moya Anegón, F. de (2010). *Redes de colaboración científica: análisis y visualización de patrones de coautoría*. Valencia: Tirant lo Blanch.

- Peters, M. A. (2006). The rise of global Science and the emerging political economy of international research collaborations. *European Journal of Education*, vol. 41 (2), 225-244.
- Price, D. J. S. (1973). *Hacia una Ciencia de la Ciencia*. Barcelona; Ariel.
- Rivero, A. Navarro, A. (2001). Endogamia en la universidad: lecciones del programa Ramón y Cajal. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, vol. 4, 33-4.
- Romero de Pablos, A., y Santesmases, M. J. (coords.) (2008). *Cien años de política científica en España*. Fundación BBVA.
- Sanz Menéndez, L., y Cruz Castro, L. (comps.) (2010). *Análisis sobre ciencia e innovación en España*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).
- Sebastián, J., y Muñoz, E. (eds.) (2006). *Radiografía de la investigación pública en España*. Madrid; Biblioteca Nueva.
- Smith, J. (1994). Gift authorship: a poisoned chalice. *British Medical Journal*, vol. 309(6967), 1456-1457.
- Teichler, U. (2006). El espacio europeo de educación superior: visiones y realidades de un proceso deseable de convergencia. *Revista Española de Educación Comparada*, vol. 12, 37-79.
- Trocchio, F. (1997). *Las mentiras de la ciencia*. Madrid; Alianza.
- Van Raan, A. F. J. (1997). Science as an international enterprise. *Science and Public Policy*, vol. 24 (5), 290-300.
- Vinkler, P. (2008). Correlation between the structure of scientific research, scientometric indicators and GDP in EU and non-EU countries. *Scientometrics*, vol. 74(2), 237-54.
- Wagner, C. S. (2005). Six case studies of international collaboration in science. *Scientometrics*, vol. 62 (1), 3-26.
- Wagner, C. S., y Leydesdorff, L. (2005). Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in Science. *Research Policy*, vol. 34, 1608-1618.
- Ziman, J. M. (1969). Information, communication, knowledge. *Nature*, vol. 224 (5217), 318-324.
- Zitt, M.; Perrot, F., y Barré, R. (1998). The transition from «national» to «transnational» model and related measures of countries' performance. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 49 (1), 30-42.