
Difusión internacional de la investigación científica española en ciencia y tecnología en el período 1991-1996

María Teresa Fernández, María Bordons, Rosa Sancho, Isabel Gómez

Arbor CLXII, 639 (Marzo 1999), 327-345 pp.

Se analiza la producción científica española que alcanza difusión internacional durante el período 1991-1996. Se ofrecen datos generales sobre la visibilidad de la investigación española en ciencia y tecnología a través de bases de datos bibliográficas internacionales especializadas en diversas áreas de la ciencia: Física (INSPEC), Química (Chemical Abstracts), Biología (BIOSIS), Ingeniería (COMPENDEX) y Agricultura (CAB), y se analiza con más detalle la producción española recogida en la base de datos norteamericana multidisciplinar Science Citation Index (SCI). La producción científica se distribuye por áreas temáticas, sectores institucionales implicados, zonas geográficas y regiones. Se estudia asimismo la presencia de la cooperación nacional e internacional en las publicaciones científicas.

Palabras clave: Publicaciones científicas, España, bases de datos, bibliometría, visibilidad internacional

Introducción

La utilización de indicadores bibliométricos, que cuantifican y analizan la investigación a través de las publicaciones científicas, ha experimentado un gran auge en la última década. Estos indicadores

constituyen en la actualidad un método objetivo y eficaz para el análisis de la actividad de las comunidades científicas de un determinado país, región o sector institucional. Permiten, también, obtener una valiosa información sobre la estructura de las diferentes áreas o disciplinas así como analizar su evolución a lo largo del tiempo, y situarla dentro de un contexto más amplio, como es el de los países de la UE, en el caso de España, o el total mundial (Moed, 1989; Bellavista et al., 1997).

En este trabajo se realiza un análisis por medio de indicadores bibliométricos de la producción española en ciencia y tecnología de mayor visibilidad internacional, excluida la Medicina, durante el período 1991-96, considerando los siguientes aspectos:

- presencia española en bases de datos internacionales y su evolución temporal;
- estructura de la producción científica respecto a autonomías, sectores institucionales, áreas temáticas de investigación y colaboración nacional e internacional.

Indicaciones metodológicas

En este estudio se ha combinado un análisis detallado a través de la base de datos Science Citation Index (SCI) con datos generales procedentes de bases de datos especializadas en diversas áreas temáticas. Esta combinación resulta aconsejable dadas las limitaciones y características de las distintas bases de datos. Aunque el fin último de todas ellas es registrar información bibliográfica, el SCI es la única base de datos que contempla entre sus objetivos la realización de estudios bibliométricos, lo que la convierte en un elemento idóneo para este tipo de análisis. Conviene, pues, resaltar las limitaciones y particularidades de unas y otras y su distinta utilidad en este trabajo.

Entre las ventajas que apoyan el uso del SCI, creado por el *Institute for Scientific Information* (ISI) de Estados Unidos, se puede citar su carácter multidisciplinar y selectivo de la denominada «main stream science» o ciencia más internacional, su exhaustividad en la inclusión de todos los autores e instituciones firmantes de los documentos, y la existencia de datos estadísticos publicados sobre las revistas que cubre, como son las citas y el factor de impacto medio de cada revista en cada año. Sin embargo, aunque el carácter multidisciplinar del SCI se considera como una ventaja para la realización de estudios bibliométricos, debe señalarse su notable inclinación hacia temas de Ciencias de la Vida, dedicando menor atención a los de investigación aplicada y tecnológica. Por otro lado, el SCI es muy restrictivo en su

cobertura de revistas, que están seleccionadas en función de su calidad pero también de su impacto, con gran sesgo hacia revistas del área anglosajona, lo que condiciona una baja cobertura de revistas procedentes de países cuyo idioma es distinto del inglés, o de los menos desarrollados desde el punto de vista científico y de aquellas revistas relacionadas con temas de interés más local. Por último, hay que señalar que el SCI incluye todos los documentos de las revistas que analiza (vaciado «cover to cover»), principalmente artículos de revista (>86%) pero también resúmenes de congresos, notas, cartas al director, y todo tipo de información publicada en las mismas.

Las bases de datos especializadas utilizadas en este estudio son producidas por prestigiosas organizaciones internacionales: Chemical Abstracts (CA), de Química e Ingeniería Química, producida por la *American Chemical Society* de Estados Unidos; INSPEC, de Física y ciencias relacionadas, producida por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* del Reino Unido; COMPENDEX, de Ingeniería en todas sus ramas, producida por *Engineering Information Inc.* de Estados Unidos; CAB, de Agricultura y ciencias afines, del *Commonwealth Agricultural Bureau* del Reino Unido; BIOSIS, de Ciencias Biológicas y Biomédicas, por *BIOSIS* de Estados Unidos.

Estas bases de datos tienen una cobertura de revistas fuente mucho más amplia que el SCI e incluyen un mayor número de revistas nacionales aunque algunas se recogen sólo de forma parcial, seleccionándose aquellos artículos más pertinentes a la temática de cada base de datos. Además, analizan e incluyen otras fuentes como libros, monografías, informes técnicos, tesis doctorales, actas de congresos y patentes. La base de datos de mayor cobertura, CA, con unos 600.000 documentos al año y 13.000 revistas analizadas, recoge 67 revistas españolas, mientras que el SCI, con una cobertura de 3.400 revistas, analiza solamente cuatro españolas, todas ellas del área de Ciencias de la Vida, de las cuales sólo una está escrita en español, *Medicina Clínica* (que por pertenecer al área de la Medicina no forma parte de este trabajo).

La producción española en el período 1991-96 se ha seleccionado identificando aquellos documentos en los que figura «España» en la dirección de los autores, en el campo «lugar de trabajo», para lo cual se han elaborado estrategias de búsqueda distintas y específicas adaptadas a cada base de datos. Las bases de datos especializadas que se han consultado, solamente incluyen la dirección del primer autor, por lo que no es posible detectar los documentos de autores españoles escritos en colaboración en aquellos casos en que el autor español no es el primer firmante del trabajo. Por el contrario, el SCI, al incluir

en sus registros la dirección de todos los firmantes del documento, permite mayor exhaustividad en la búsqueda por lugar de trabajo, así como posteriores estudios sobre la colaboración científica recogida en los documentos.

El SCI emplea una clasificación de revistas en áreas temáticas realizada por el propio ISI y que en 1996 distinguía 164 disciplinas científicas. En este análisis se ha utilizado dicha clasificación, agrupándose las disciplinas en seis grandes áreas: Agricultura, Biología y Medio Ambiente; Biomedicina; Física; Ingeniería y Tecnología; Matemáticas y Química. Se ha prescindido del área de la Medicina Clínica, que no es objeto del presente estudio.

El análisis de la producción por sectores institucionales y comunidades autónomas ha sido posible a través de una codificación previa de los lugares de trabajo de los autores (Fernández et al., 1993) que solamente se ha aplicado al SCI. La distribución de la producción por sectores institucionales se ha realizado considerando los siguientes sectores: Universidad, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Administración central, autonómica y local —que incluye los Organismos Públicos de Investigación (OPI) excepto el CSIC—, Empresas (públicas y privadas) y Hospitales.

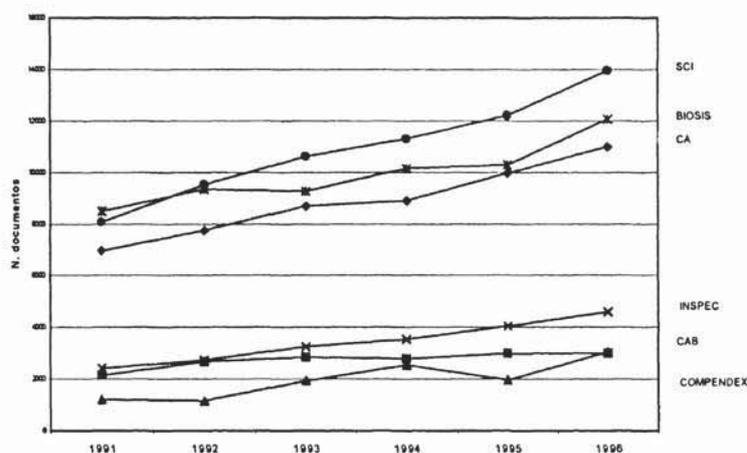
Evolución temporal

La producción científica española visible en el ámbito internacional ha crecido muy rápidamente desde mediados de los años 80. Según el SCI, en el período 1984-89, España ocupaba la posición 14 en la clasificación mundial (constituía el 1,21% de la producción científica mundial), y en el período 1990-95 ascendió al puesto 11 (2,08% del total mundial) (Comisión Europea, 1997). A pesar de este crecimiento dentro del contexto internacional, cuando nos comparamos con países de nuestro entorno, observamos que el esfuerzo español en I+D, tanto en inversiones respecto al PIB como en número de científicos por millón de habitantes, está en la cola de la UE, solamente delante de Portugal y Grecia (Comisión Europea, 1997).

En el período 1991-1996 las publicaciones españolas continúan aumentando, tal y como muestran las distintas fuentes consultadas (Fig.1). Ha de tenerse en cuenta que parte de los documentos se repiten entre las diversas bases de datos utilizadas, pues los límites de cada área temática no son claramente definibles, lo que origina abundantes solapamientos entre ellas. Se observa que la base de datos SCI es la que mayor número de documentos españoles de Ciencia y Tecnología registra, ya que debido a su carácter multidisciplinar recoge documentos de todas las áreas científicas. Le siguen de cerca las bases de datos especializadas BIOSIS y Chemical Abstracts. Las bases de datos de Agricultura,

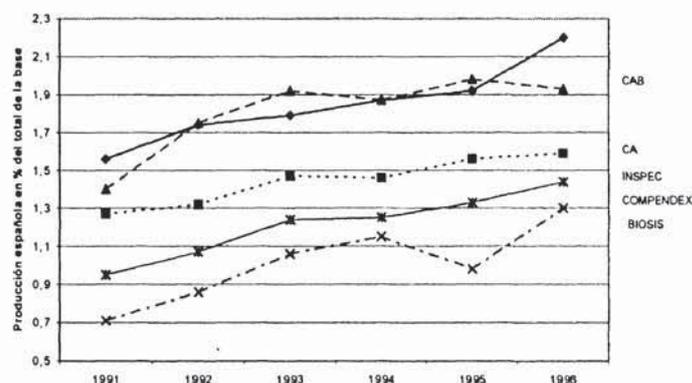
CAB y de Ingeniería, COMPENDEX, son las que menos documentos españoles recogen. Sin embargo, es el área de Ingeniería la que ha experimentado un crecimiento mayor a lo largo del período (151%). En estas disciplinas de investigación aplicada es más frecuente publicar en revistas nacionales y la producción real se verá mejor representada en la base de datos de revistas españolas de Ciencia y Tecnología (ICYT).

FIGURA 1. Evolución de la producción española en Ciencia y Tecnología en diversas bases de datos internacionales



El crecimiento de la producción científica española observado no se debe sólo a un aumento global de las bases de datos, sino que también, en porcentaje, la aportación española aumenta a lo largo del sexenio en todas las bases de datos estudiadas (Figura 2). Se observa que en el año 1996 la producción española alcanza el 2,2% del total mundial en BIOSIS, el 1,93% en CAB, el 1,59% en CA, el 1,44% en INSPEC y el 1,3% en COMPENDEX.

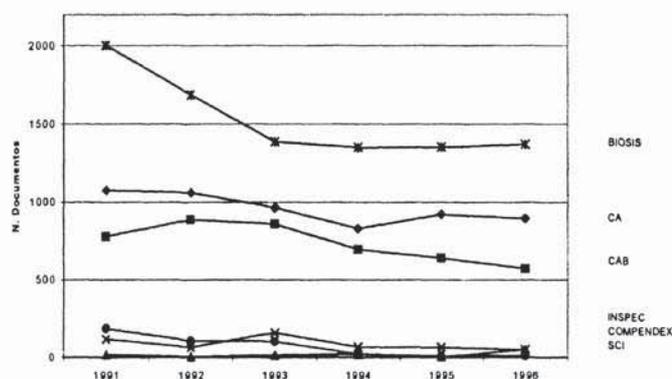
FIGURA 2. Evolución de la aportación española como porcentaje en las diferentes bases de datos internacionales



Idioma

El idioma empleado en las publicaciones científicas de circulación internacional es mayoritariamente el inglés, aunque la presencia del español es también visible, en grado variable según las bases de datos. El mayor porcentaje de publicaciones escritas en inglés aparece en el SCI (99%). Se observa una tendencia hacia un aumento de la presencia del idioma inglés y una disminución relativa del español como lengua de transmisión internacional de la ciencia y tecnología de España (Figura 3). Esta tendencia es especialmente llamativa en la base de datos de Agricultura, en la que los documentos escritos en español pasan de representar el 36% de la producción española en 1991 a solamente el 19% cinco años después. Descensos similares se observan en las publicaciones de Biología y Química. En Física, Ingeniería y en la base de datos multidisciplinar SCI, la presencia de documentos escritos en español ha sido escasa durante todo el período.

FIGURA 3. Evolución del idioma español en las diferentes bases de datos internacionales



Diversos factores pueden contribuir a este descenso del idioma español en las publicaciones científicas. Por una parte, una posible disminución en el número de revistas españolas cubiertas por las bases de datos y un giro de las mismas hacia el idioma inglés como lengua de publicación. De hecho, el número de revistas españolas cubiertas por el SCI disminuyó de 11 revistas en 1981 a 7 en 1991 y hasta sólo 4 en 1996. Pero tampoco puede olvidarse el papel de la evaluación del personal investigador, que ha inducido a los científicos en los últimos años a publicar preferentemente en inglés en revistas internacionales recogidas por el SCI, mejor consideradas en los procesos de evaluación, con el consiguiente empobrecimiento de las revistas españolas. Este

fenómeno de transición desde el idioma nacional al inglés, aunque con proporciones diversas, se produce también en otros países europeos no angloparlantes. Según un trabajo de Zitt et al. (Zitt et al., 1998), en la base de datos SCI en el período 1982-1991 se detecta la presencia de un modelo estable de ciencia rusa escrita en su propio idioma (pasan del 60% al 53% los documentos escritos en ruso), Alemania y Francia han pasado de publicar más del 30% al 20% en sus idiomas respectivos, mientras que España pasa de escribir un 10% de sus trabajos en español a sólo el 2% al final de dicho período.

Distribución geográfica

Atendiendo a los datos del SCI, diversos estudios han puesto de manifiesto que la distribución geográfica de la actividad científica española muestra una gran irregularidad, con fuerte concentración en Madrid y Barcelona (Sánchez Nistal et al., 1998), aunque con una tendencia reciente hacia una mayor distribución (Camí et al., 1997), probablemente debida a la creación de nuevas universidades repartidas por la geografía española. En el período de nuestro estudio se mantiene esta concentración en Madrid y Barcelona, seguidas de aportaciones importantes de Valencia, Granada, Sevilla, Zaragoza y La Coruña. Si se agrupa la producción por Comunidades Autónomas (Tabla I) se ve que el 31,5% de la actividad procede de Madrid, 20,4% de Cataluña, 14,6% de Andalucía y 9,3% de la Comunidad Valenciana.

En lo que se refiere a las tasas de crecimiento de la producción científica en las distintas comunidades, es interesante señalar que los mayores incrementos correspondieron a La Rioja (267%), Aragón (116%), Navarra (110%), Galicia (98%) y Canarias (98%), que mostraron tasas muy superiores a la del promedio del país (73%).

Las comunidades pequeñas y especialmente las uniprovinciales producen pocos documentos en valor absoluto comparadas con las grandes comunidades, por lo que es interesante relativizar su producción teniendo en cuenta el factor tamaño. Una normalización en función del número de habitantes se puede ver en la columna 4 de la tabla I. Se observa el ascenso experimentado en la clasificación por algunas pequeñas comunidades. Aragón pasa a situarse en el segundo puesto entre Madrid y Cataluña; y comunidades uniprovinciales como Cantabria, Asturias y Murcia se sitúan a continuación.

En la quinta columna de la misma tabla se muestra el porcentaje de gastos en I+D respecto a la riqueza de cada Comunidad Autónoma en el año 1995. Destaca el esfuerzo en I+D de Madrid (1,96%), País Vasco (1,31%) y Cataluña (1,0%), todos ellos superiores a la media nacional de 0,92%

(INE, 1997). Comparando con los datos de la OCDE (OCDE, 1997), la Comunidad de Madrid se puede equiparar con Dinamarca o Canadá, y Cataluña estaría próxima a Italia. En cualquier caso, todas las CC.AA. quedarían por debajo del esfuerzo en I+D realizado por otros países de la UE, como son Francia, Alemania o Reino Unido, que dedican más del 2% de su PIB a I+D (OCDE, 1997).

TABLA I. Producción científica de las comunidades autónomas

CCAA	N. Doc. 1991-96	% TOTAL	Incremento % 1991 vs.1996	% N.Doc/ millón hab.	Gastos en I+D/ VABcf*
MADRID	20.712	31,51	61,61	41,24	1,96
CATALUÑA	13.393	20,37	86,36	21,99	1,00
ANDALUCÍA	9.571	14,56	82,78	13,26	0,67
C. VALENCIANA	6.100	9,28	83,97	15,21	0,55
GALICIA	3.483	5,30	97,63	12,69	0,57
CASTILLA-LEÓN	3.383	5,15	53,62	13,49	0,59
ARAGÓN	2.706	4,12	116,61	22,79	0,65
PAÍS VASCO	2.683	4,08	71,52	12,79	1,31
CANARIAS	2.088	3,18	97,56	13,00	0,48
ASTURIAS	1.990	3,03	69,17	18,28	0,58
MURCIA	1.818	2,77	51,93	16,57	0,54
CANTABRIA	1.030	1,57	64,75	19,53	0,80
EXTREMADURA	1.028	1,56	34,21	9,61	0,29
BALEARES	873	1,33	18,60	11,48	0,18
CASTILLA-LA MANCHA	648	0,99	50,00	3,78	0,48
NAVARRA	644	0,98	109,84	12,37	0,88
LA RIOJA	163	0,25	266,67	6,04	0,40
MELILLA	1	0,00			
Total España	65.735		72,74		0,92

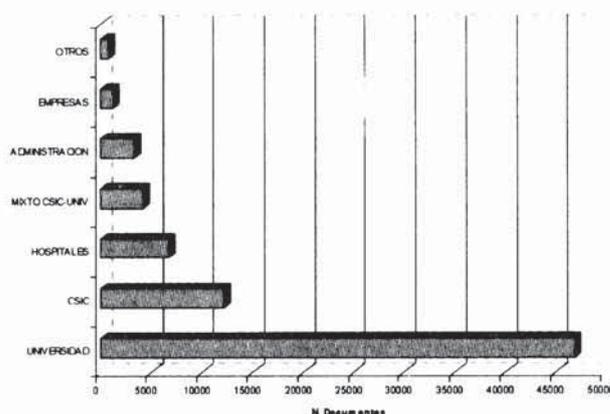
* El valor añadido bruto al coste de los factores (VABcf) se puede considerar idéntico al PIB cuando éste se mide también al coste de los factores, y algo más bajo que el PIB cuando se refieren a precios de mercado.

Sector institucional

Una visión de conjunto de la participación de los distintos sectores institucionales durante el período estudiado se muestra en la figura 4. La mayor aportación procede de la Universidad, responsable del 71%

de la producción, seguida del CSIC con el 18,5% procedente de centros propios y el 6,4% de centros mixtos (CSIC-Universidad); la Administración contribuye en un 5% y las Empresas sólo en un 2%. Al no considerarse el área de Medicina Clínica, la presencia de los Hospitales queda reducida a un 10%, pues su principal área de publicación está ausente de este trabajo. En un estudio previo del período 1990-93 la contribución del sector hospitalario ascendía al 20% (Bordons y Gómez, 1997).

FIGURA 4. Distribución de la producción en Ciencia y Tecnología por sectores institucionales



Esta fuerte presencia de la Universidad se corresponde con el hecho de que en este sector trabaja el 60% del personal investigador (en equivalente a dedicación plena) (INE, 1998). La correspondencia es mucho peor para el caso del sector empresarial, que a pesar de contar con un 21% de los recursos humanos en investigación, sólo participa en un 2% de los documentos españoles en la base de datos SCI. No obstante, hay que tener en cuenta que la publicación de los resultados de investigación en revistas internacionales es menos frecuente en el sector empresarial, donde adquieren gran relevancia las publicaciones en revistas nacionales así como las patentes e informes técnicos, que corresponden a trabajos de desarrollo experimental o prototipos.

Análisis por área temática

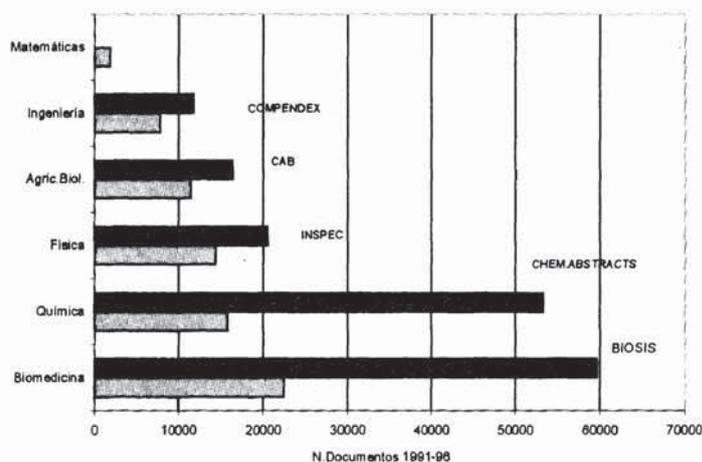
El análisis por áreas temáticas se ha realizado principalmente sobre la producción recogida en el SCI, pero se han tenido en cuenta las bases de datos especializadas mencionadas en la metodología para conocer el alcance de la producción española en dichas fuentes. Aunque

la correspondencia no es exacta, resulta interesante analizar la producción obtenida en cada área temática a través de la base de datos multidisciplinar SCI y la que se refleja en las bases de datos temáticas especializadas.

Considerando cada área temática por separado (Fig.5), se observa que el SCI aporta menor número de documentos que las bases de datos especializadas, porque analiza un menor número de revistas por área. En las bases de datos CA y BIOSIS, el número de documentos se multiplica por un factor de alrededor de 3 respecto al SCI, y de 1,4 en INSPEC, CAB y COMPENDEX. Este resultado muestra la gran cobertura de CA y de BIOSIS en sus respectivas áreas, debido tanto al elevado número de revistas que analizan, como a la variedad de tipos de documentos que recogen y al criterio amplio observado en la delimitación de sus respectivas áreas de interés. La delimitación del campo de la Química por CA incluye desde las especialidades básicas a las más aplicadas, desde partículas subatómicas y Bioquímica y Biología a Productos farmacéuticos o Toxicología, incluyendo las patentes sobre estos temas. Por su parte, BIOSIS abarca todos los temas de Ciencias de la Vida: junto con la Biología y Biomedicina, incluye Agricultura, Veterinaria y Medicina Clínica.

Al estudiar el solapamiento entre las bases de datos empleadas, se observó que BIOSIS se solapa en el 35% de sus documentos con CA y en el 16% con CAB, lo que confirma su cobertura de disciplinas

FIGURA 5. Documentos de cada área temática en las distintas bases de datos



de Química y Agricultura. Por su parte, el CA se solapa en el 38% de sus documentos con BIOSIS, en el 18% con INSPEC y en el 15% con COMPENDEX, que se corresponden con las disciplinas de Biomedicina, Física e Ingeniería.

Un análisis más detallado se ha realizado a través de la base de datos SCI. La producción española de ciencia y tecnología agrupada en grandes áreas temáticas, permite observar los diferentes patrones de comportamiento de cada una de ellas. Teniendo en cuenta la clasificación de revistas por tipo de investigación según *Computer Horizons Inc.* (Noma, 1986), la producción científica española recogida en el SCI es de investigación predominantemente básica en todas las áreas, a excepción de la Ingeniería, cuyas revistas presentan un carácter de investigación aplicada.

El área más productiva es la de Biomedicina (que incluye las Ciencias de la Vida excepto la Medicina) que con 22.485 documentos españoles en el período representa el 34,2% del total, seguida de Química (24,1%), Física (21,9%), Agricultura (17,5%), Ingeniería (11,%) y Matemáticas (2,8%) (Tabla II). Durante el período analizado, el mayor incremento correspondió a las áreas de menor producción: Matemáticas (127%), Ingeniería (115%) y Agricultura (101%), mientras que el área de Química

TABLA II. Distribución de la producción científica por áreas temáticas y años (SCI)

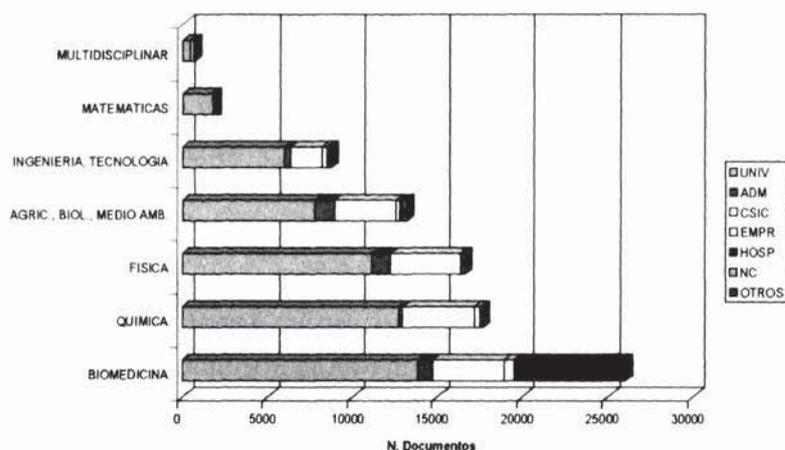
TEMAS	1991	1992	1993	1994	1995	1996	TOTAL	%	Incremento 91vs96 (%)
BIOMEDICINA	2.793	3.237	3.477	3.875	4.081	5.022	22.485	34,21	79,81
QUÍMICA	2.067	2.361	2.673	2.705	2.851	3.182	15.839	24,10	53,94
FÍSICA	1.647	1.976	2.339	2.501	2.756	3.179	14.398	21,90	93,02
AGRIC., BIOL., MAMB	1.253	1.628	1.790	2.021	2.267	2.524	11.483	17,47	101,44
ING. TECNOLOGÍA	814	1.011	1.134	1.377	1.675	1.754	7.765	11,81	115,48
MATEMÁTICAS	181	274	300	299	366	412	1.832	2,79	127,62
MULTIDISCIPLINAR	71	94	101	125	137	137	665	1,01	92,96
TOTAL REAL	8.082	9.541	10.620	11.310	12.221	13.961	65.735		72,74

experimentó un crecimiento inferior a la media.

La aportación de los diferentes sectores institucionales a la producción científica en cada una de las áreas se muestra en la figura 6. Se observa que la Universidad es la institución que más aporta en todas las áreas, seguida del CSIC y los Hospitales, en Biomedicina.

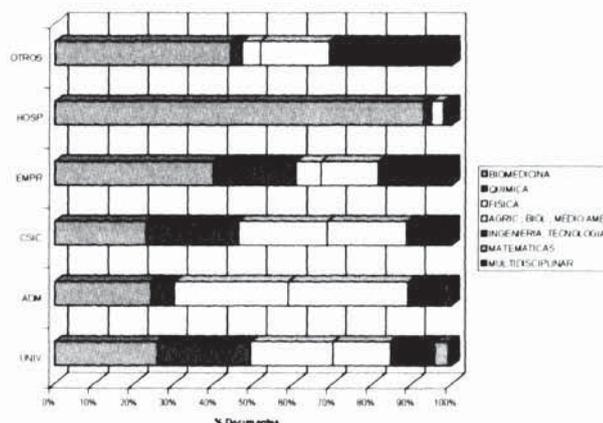
En Matemáticas, la Universidad es responsable de prácticamente toda la producción; aunque representa un reducido número de documentos.

FIGURA 6. Distribución de la producción por área temática y sector institucional



Desde el punto de vista de la especialización de las instituciones (figura 7), puede observarse análogo comportamiento de la Universidad y el CSIC, cuyas áreas principales de investigación son Biomedicina, Química y Física. En cuanto al resto de las áreas, el CSIC dedica mayor atención a la Agricultura y la Universidad a Matemáticas. La Administración, que incluye todos los OPI excepto el CSIC, tiene ac-

FIGURA 7. Especialización temática de los sectores institucionales



tividad en Física, Agricultura y Biomedicina. La producción de las empresas se distribuye fundamentalmente en Biomedicina, seguida de Química, Ingeniería y Agricultura. Prácticamente toda la producción de los Hospitales se centra en la Biomedicina ya que el área de Medicina Clínica no se contempla en este trabajo.

El perfil de especialización de la investigación en España, a través del índice de actividad respecto del total de publicaciones europeas, muestra que el área de la Química es la más productiva, aunque la Física española es la que tiene mayor impacto internacional (Comisión Europea, 1997).

Colaboración científica

La colaboración científica internacional ha experimentado un gran aumento en las últimas décadas, hasta el punto de convertirse hoy en día en un elemento clave para el desarrollo óptimo de la investigación en determinadas áreas. Múltiples causas han llevado a los científicos a colaborar entre sí y a formar equipos de investigación. El complementar sus especialidades y compartir aparatos y equipos cada vez más sofisticados y caros son algunas de estas razones. La expansión experimentada por las telecomunicaciones y los viajes ha facilitado también la difusión de los conocimientos y la movilidad de los investigadores, redundando todo ello en un aumento de la colaboración. Un caso extremo es la «gran ciencia», denominación que incluye tanto a la investigación realizada en algunos campos experimentales (Física de Partículas, Oceanografía, Astronomía) que demandan complejos equipos centralizados de altísimo costo, como la investigación para proyectos multidisciplinares distribuidos en los que se manejan ingentes cantidades de datos (Genoma humano). La puesta en marcha y mantenimiento de estos proyectos requiere de la ayuda de programas internacionales de investigación, ya que no se pueden llevar a cabo en un solo país.

La incidencia de los artículos de más de un autor en las áreas de Ciencia y Tecnología ha experimentado un gran aumento durante el siglo actual. Casi la mitad de los documentos de los países más desarrollados se realizan en la actualidad en colaboración entre varias instituciones, cifra que se situaba en 1981 en el 33% y crece al 47% en 1993 (Bellavista et al., 1997). También en España se observó en el período 1981-89 un aumento en el porcentaje de colaboración de todos los sectores institucionales (Quintanilla y Maltrás, 1992).

Para estudiar el comportamiento de los investigadores españoles respecto a la colaboración, en este trabajo se analiza la presencia simultánea de autores procedentes de diferentes instituciones españolas (colaboración nacional) o de autores españoles junto con otros de países extranjeros (colaboración internacional). El estudio de la colaboración solamente se ha podido realizar con la base de datos SCI, ya que las otras bases de datos consultadas sólo incluyen el lugar de trabajo del primer autor. Hay que tener en cuenta que, al limitar el análisis al SCI, se detecta principalmente la colaboración de España con países de desarrollo superior o similar al nuestro, que son aquellos mejor representados en dicha base de datos. Nuestros principales colaboradores proceden de los Estados Unidos (25% de los documentos) o de la Unión Europea (63% en su conjunto), mientras que la colaboración con Iberoamérica se sitúa en torno al 10%. La tabla III muestra los principales países con que colaboran los investigadores españoles.

En el estudio actual, el 54% de los documentos españoles sobre Ciencia y Tecnología recogidos en el SCI se realiza en colaboración

TABLA III. Principales países con los que colabora España

País	Doc. 1991-96	%
EEUU	5.163	25,32
Francia	4.240	20,80
Reino Unido	3.559	17,46
Alemania	2.686	13,17
Italia	2.283	11,20
Holanda	1.122	5,50
Suiza	970	4,76
Bélgica	803	3,94
Rusia	766	3,76
Canadá	727	3,57
Suecia	698	3,42
Dinamarca	605	2,97
Argentina	578	2,84
Polonia	552	2,71
México	474	2,32
Portugal	452	2,22
Brasil	419	2,06

entre varias instituciones. La colaboración internacional aparece en el 31% de los documentos españoles, mientras que la colaboración nacional se detecta en el 23,5% de las publicaciones.

La evolución temporal de las tasas de colaboración científica respecto a la producción total muestra un aumento desde el 49,3% en 1991 hasta el 56,8% en 1996 y paralelamente se observa una disminución de los documentos sin colaboración o con una sola institución (de 50,7% a 43,2%). Aunque han aumentado todos los tipos de colaboración, el incremento mayor lo experimentó la colaboración internacional, que en valor absoluto duplicó el número de documentos desde 1991 hasta 1996, lo que supuso pasar del 28% al 33,2%.

La participación española en los trabajos en cooperación internacional del total mundial y de la UE ha crecido en los últimos 10 años, como se puede ver en la tabla IV (Comisión Europea, 1997).

TABLA IV. Contribución de España a la producción científica en colaboración internacional

Año	% España/total mundial	% España/total UE
1985	2,09	3,2
1990	4,08	6,18
1995	5,24	7,72

Fuente: Comisión Europea, 1997

El aumento observado en la tasa de colaboración internacional es un dato muy interesante, ya que indica la mayor integración de los científicos españoles en la comunidad científica internacional. Este incremento puede indicar la mayor calidad de la investigación realizada por los científicos españoles, que resultan «atractivos» como colaboradores internacionales. Sin embargo, tampoco se puede olvidar el papel de los Programas Marco de I+D de la UE, cuya política fomenta ese tipo de colaboración que debe favorecer en principio a los países menos desarrollados y redundar en último término en una mayor cohesión dentro de la Unión Europea.

Por otro lado, los beneficios de la colaboración internacional han sido puestos de manifiesto en diversos estudios, que muestran, por ejemplo, que las publicaciones coautoradas por científicos de diversos países consiguen mayor visibilidad internacional, medida ésta a través del número de citas que reciben (Narin et al, 1991; Comisión Europea, 1997) o del factor de impacto de las revistas de publicación (Gómez et al., 1995).

La creciente «multinacionalidad» de la investigación ha sido descrita por distintos autores (Glänzel & Lange, 1997) y aunque indica una

mayor apertura de la comunidad científica a participar en el contexto internacional, se ve afectada también por distintos factores que explican en parte las diferencias de los esquemas de colaboración entre áreas y países. Entre éstos se pueden citar el carácter básico o aplicado de la investigación, el tamaño y grado de desarrollo científico del área o del país y el grado de financiación (Frame y Carpenter, 1979; Bellavista et al., 1997).

En nuestro estudio, el aumento de la tasa de colaboración en el período se produjo en todas las áreas (Tabla V), aunque se observaron diferencias en el patrón de colaboración de cada una de ellas, que en parte responden a los factores antes mencionados y que ya se han puesto de manifiesto en trabajos previos (Gómez et al., 1995). Destaca la elevada tasa de colaboración internacional de la Física, cercana al 50%, que se explica por la importante actividad multi-país realizada en torno a grandes instalaciones internacionales (por ej. CERN). En lo que se refiere a la colaboración nacional, las mayores tasas corresponden a la Biomedicina, en la que participan los Hospitales. En cuanto a los documentos firmados por una sola institución, son las áreas de Química y Agricultura las que presentan mayor proporción de documentos.

TABLA V. Tasas de colaboración nacional e internacional por área temática

	Tasa colab. nacional		Tasa colab.internac.		Tasa no colab.	
	91-93	94-96	91-93	94-96	91-93	94-96
Agric. Biol. M.Amb.	22,54	24,3	20,96	24,4	56,5	51,3
Biomedicina	27,97	29,8	22,84	26,3	49,2	43,9
Física	16,96	17,8	49,06	51,5	33,98	30,8
Ingeniería y Tecnol.	20,04	19,9	29,06	32,4	50,9	47,7
Matemáticas	13,91	16,6	33,91	34,0	52,19	49,4
Química	21,98	20,8	24,49	26,9	53,5	52,4
TOTAL	22,43	23,5	29,26	32,3	48,31	44,2

La colaboración nacional e internacional de los distintos sectores institucionales se muestra en la figura 8. Se observa que la colaboración internacional es mayor porcentualmente en la Administración, seguida del CSIC y de la Universidad, mientras que la colaboración nacional es mayor en las Empresas y en los Hospitales.

En lo que se refiere a la colaboración nacional, la figura 9 muestra las redes de colaboración establecidas entre los sectores institucionales. La Universidad es el principal colaborador de todos los sectores, a

excepción de los Hospitales que colaboran sobre todo con otros Hospitales. Es interesante señalar que el CSIC colabora más con la Universidad que con otros institutos del CSIC, lo que puede explicarse por el mayor tamaño del sector universitario y la consiguiente amplia población de potenciales colaboradores. En lo que se refiere al sector empresas, colaboran en primer lugar con el sector universitario, seguido por el CSIC y los Hospitales. La colaboración de las empresas con las universidades o con los centros de investigación permite detectar la tan necesaria interfaz entre la investigación académica y su aplicación en el mundo de la industria, que desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la capacidad innovadora de regiones y países (Pavitt, 1998).

FIGURA 8. Tasa de colaboración nacional e internacional de los sectores institucionales

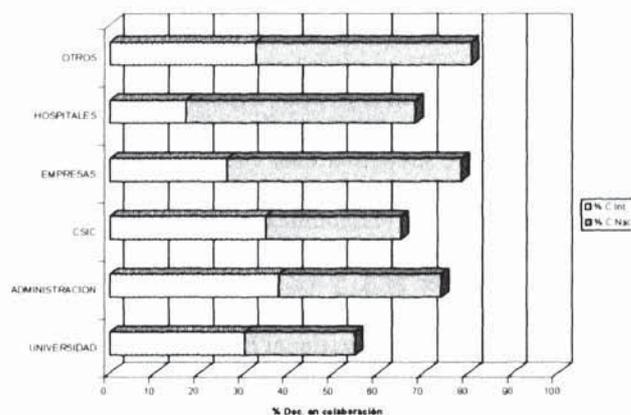
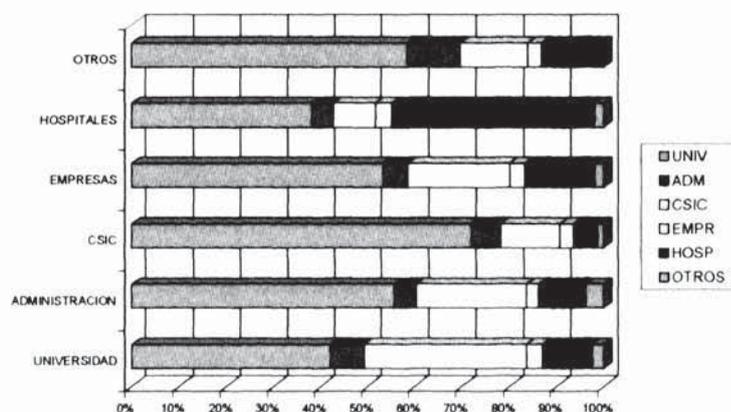


FIGURA 9. Colaboración nacional entre los distintos sectores institucionales



Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto TEL 97-0853 del Plan Nacional de I+D. Se agradece, asimismo, la ayuda prestada por Luz Moreno, Fernanda Morillo y M. Angeles Zulueta.

Bibliografía

- BELLAVISTA, J.; GUARDIOLA, E. MÉNDEZ, A.; BORDONS, M. (1997): Evaluación de la investigación. *Cuadernos metodológicos del CIS*. N.23. Madrid, Centro de Investigaciones Sociológicas.
- BORDONS, M.; GÓMEZ, I. (1997): La actividad científica española a través de indicadores bibliométricos en el período 1990-93. *Revista General de Información y Documentación* 7 (2): 69-86.
- CAMÍ, J.; ZULUETA, M.A.; FERNÁNDEZ, M.T.; BORDONS, M.; GÓMEZ, I. (1997): Producción científica española en Biomedicina y Ciencias de la Salud durante el período 1990-1993 (SCI y SSCI) y comparación con el período 1986-1989. *Medicina Clínica* 13 (109): 481-496.
- Comisión Europea (1997): *Second European Report on S&T Indicators 1997*. (1997) EUR 17639. European Commission, Bruselas.
- INE (1998): *Estadística sobre las actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (I+D). Indicadores básicos 1996*. Madrid, INE.
- INE (1997): *Estadística sobre las actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (I+D). Indicadores básicos 1995*. Madrid, INE.
- FERNÁNDEZ M, CABRERO A., ZULUETA M.A. y GÓMEZ I. (1993). Constructing a relational database for bibliometric analysis. *Research Evaluation* 3 (1): 55-62.
- FRAME, J.D.; CARPENTER, M.P. (1979): International Research Collaboration. *Social Studies of Science*, 9, p.p. 481-497.
- GLÄNZEL, W; LANGE, C. (1997): A comparative study on the change of multilaterality in international scientific collaboration. En: PERITZ, C.B.; EGGHE, L. Ed. *Proceedings of the Sixth International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*. Jerusalem (Israel). p.p. 107-120.
- GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M.T.; MÉNDEZ, A. (1995): Collaboration patterns of Spanish scientific publications in different research areas and disciplines. *Proceedings of the Fifth Biennial Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*. Learned Information, Inc, Medford, New Jersey 1995. Pgs. 187-196.
- MOED, H. (1989): *The use of bibliometric indicators for the assessment of research performance in the natural and life sciences*. Leiden, DSWO Press.
- NARIN, f.; STEVENS, K.; WHITLOW, E.S. (1991): Scientific cooperation in Europe and the citation of multinational co-authored papers. *Scientometrics* 21: 313-323.
- NOMA, E. (1986): *Subject classification and influence weights for 3.000 journals*. CHI Research/Computer Horizons, Inc. Report under Contract No.NIH-N01-OD-5-2118. New Jersey.
- OCDE (1997): *Main Science and Technology Indicators* (Biannual). OCDE.
- PAVITT, K. (1998): Do patents reflect the useful research output of universities? *Research Evaluation* 7(2): 105-111.

- QUINTANILLA, M.A., MALTRÁS, B. (1992): La estructura de la producción científica en España (1981-1989) y las prioridades del Plan Nacional. *Arbor* 554-555, CXLI, pg.107-130.
- SÁNCHEZ NISTAL et al. (1998): La producción científica de la Comunidad de Madrid en el trienio 1994-1996. En: *Investigación y desarrollo en la Comunidad de Madrid. Tres estudios sobre recursos, producción y distribución de la actividad científica madrileña*. Dirección General de Investigación de la CAM. Madrid.
- 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 of Information Science* 49 (1): 30-42.