

# ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO DE UN ÁREA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE ESPAÑA (2000-2003)

María Teresa Fernández\*, Fernanda Morillo\*, María Bordons\*, Isabel Gómez\*

**Resumen:** Se analiza mediante indicadores bibliométricos la producción científica española del periodo 1994-1999 en el área de Biotecnología, que es una de las áreas prioritarias del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico 2000-2003 vigente en España. Se emplean indicadores cuantitativos de producción en las disciplinas de ciencias de la vida relacionadas con los procesos biotecnológicos y se analiza la evolución temporal, distribución geográfica y procedencia institucional de los documentos. Se introducen como complemento una serie de indicadores semi-cualitativos (factor de impacto medio, tipo de investigación básico/clínico) y medidas del flujo de conocimiento. Se desciende al nivel micro para identificar los actores más relevantes, sus perfiles de investigación y de colaboración, empleándose indicadores relativos de especialización (índice de actividad) y de visibilidad (factor de impacto relativo y publicaciones en revistas multidisciplinarias). Finalmente, se sitúa la producción de España en el contexto de la Unión Europea de los quince.

**Palabras clave:** indicadores bibliométricos, Biotecnología, España.

**Abstract:** Spanish scientific production in Biotechnology, one of the priority areas of the Spanish National Plan for Research and Development 2000-2003, is analysed during the years 1994-1999. Several quantitative indicators are used to analyse the production in life science disciplines related to biotechnological processes. Evolution over time and the geographic and institutional distribution of documents are obtained. Semi-qualitative indicators (impact factor, basic/applied character of research) are introduced to complement the study as well as several measures of knowledge flow. At the micro level, the main actors involved and their research and collaborative profiles are analysed by means of indicators of specialisation (activity index) and indicators of visibility (relative impact factor and percentage of publications in multidisciplinary journals). Finally, the Spanish production is studied in the context of the European Union.

**Keywords:** bibliometric indicators, Biotechnology, Spain.

## 1 Introducción

La ciencia y la tecnología, ligadas a la generación de nuevos conocimientos, son elementos básicos en el desarrollo de los países y sociedades, favorecen la asimilación de nuevos conceptos, así como la transmisión y difusión de tecnologías. El análisis de

---

\* Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), CSIC, Madrid, España. Correo-e: mtf@cindoc.csic.es.

la actividad científica y tecnológica a través de indicadores socioeconómicos es una práctica habitual en numerosos países, a la que se han añadido los estudios bibliométricos en la última década. Estos estudios aportan datos que complementan a otros indicadores cuantitativos, como son los recursos económicos y humanos dedicados a la investigación, así como a indicadores cualitativos basados en la opinión de expertos. Permiten mejorar el conocimiento de la situación de la investigación científica y tecnológica desarrollada en cada comunidad científica, realizar el seguimiento de la actividad investigadora, hacer comparaciones internacionales y tomar las medidas correctoras necesarias.

Los indicadores de actividad científica se han convertido en los últimos años en una importante herramienta para los gestores de la política científica en gran parte de los países desarrollados, donde periódicamente se obtienen este tipo de indicadores y se publican en forma de informes o monografías. Entre estas publicaciones cabe destacar los *Science & Engineering Indicators* (1), elaborados por el National Science Board de Estados Unidos desde 1972, los *Science & Technologie Indicateurs* (2) del Observatoire des Sciences et des Techniques de Francia publicados desde 1994 y el *European Report on S&T Indicators* (3) elaborados en el seno de la Unión Europea.

España no es ajena al interés por este tipo de análisis. Muestra de ello son las distintas solicitudes de estudios de la producción científica española que ha recibido en los últimos años el Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) de Madrid, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, por parte de los órganos encargados de la gestión de los fondos económicos destinados en nuestro país a la investigación (4).

En 1988 el Gobierno español aprobó el “Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico” para el fomento y la coordinación de la investigación científica y técnica que corresponde al Estado. En la actualidad está vigente el 4º Plan Nacional (2000-2003) (5), que se estructura en torno a una serie de áreas prioritarias que comprenden: *áreas científico tecnológicas*, ligadas al desarrollo del conocimiento de disciplinas y tecnologías; *áreas sectoriales*, conjunto de actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) orientadas a la resolución de problemas en un determinado sector socioeconómico estratégico; y *actividades de investigación básica no orientadas*.

El objetivo del trabajo que presentamos es mostrar los resultados de un estudio bibliométrico centrado en la producción científica de España durante el sexenio 1994-1999 en el área de Biotecnología, que es una de las áreas prioritarias establecidas en el Plan Nacional de Investigación de España (2000-2003). Este estudio forma parte de un trabajo más amplio que abarca el análisis de las nueve áreas científico-tecnológicas señaladas como prioritarias en el Plan Nacional (4).

El estudio del sector biotecnológico se puede abordar a partir de distintas fuentes de datos y desde distintas perspectivas: a) producción científica a través de indicadores bibliométricos, b) producción tecnológica mediante indicadores de patentes, y c) encuestas de innovación. Estas distintas aproximaciones se complementan entre sí y pueden a su vez enriquecerse con el estudio de los flujos de conocimiento y datos económicos. El presente trabajo se centra en los aspectos bibliométricos de la producción científica en Biotecnología, abordaje que resulta de gran valor en el análisis de esta área por ser un campo de investigación muy activo y de fuerte base científica.

## 2 Metodología

La fuente de datos utilizada fue el *Science Citation Index* (SCI) versión CD-ROM. El área de la Biotecnología se delimitó en sentido amplio, en base a la clasificación de las revistas científicas en categorías temáticas del SCI. Se incluyeron las revistas de las siguientes categorías: Bioquímica y Biología Molecular, Biotecnología y Microbiología Aplicada, Genética y Herencia, Biología Celular, Microbiología y Micología.

Dado que las revistas incluidas en la categoría «Multidisciplinar» pueden publicar interesantes trabajos sobre Biotecnología, que quedarían fuera del estudio por la delimitación anteriormente expuesta, se realizó una clasificación temática de cada uno de los documentos publicados en las principales revistas de aquella categoría, atendiendo al título de los trabajos. Se complementó así el conjunto inicial de documentos a analizar. Otros métodos usados en la literatura para reclasificar los documentos publicados en las revistas multidisciplinares se han basado en análisis de referencias (6).

La producción de los científicos españoles se identificó seleccionando aquellos documentos donde figuraba «Spain» en el campo «lugar de trabajo» de los autores. Los registros así seleccionados se descargaron en bases de datos relacionales, se homologaron y codificaron las direcciones, y se trataron para obtener una serie de indicadores bibliométricos a través del empleo de programas propios para la explotación de los datos (7).

En este estudio se emplea una serie de indicadores cuantitativos de producción científica apoyados por otros semicualitativos que describen el tipo de investigación desarrollada. Entre estos últimos se incluyen: el nivel de investigación, que analiza el carácter básico (niveles 3-4)/aplicado (niveles 1-2) de la investigación (8); el factor de impacto (FI), como medida de visibilidad internacional de las publicaciones; y el número de publicaciones en revistas multidisciplinares de alto impacto. Para situar la producción científica de los centros en el contexto nacional se emplean como indicadores relativos el índice de actividad (IA) como medida de especialización (9, 10) y el factor de impacto relativo (FIR), como índice de mayor visibilidad que permite comparar el FI de un centro con el correspondiente al total de España en cada una de las disciplinas (11). Los valores de IA o FIR > 1 indican una producción (en el caso del IA) o una visibilidad (en el caso del FIR) superior a la media de España en la disciplina.

Para situar a España en el contexto europeo, se obtuvo la producción de los 15 países de la Unión Europea (UE-15) en las categorías seleccionadas y en los seis años estudiados a través de una consulta en línea a la base de datos SciSearch, de más amplia cobertura que el SCI en CD-ROM.

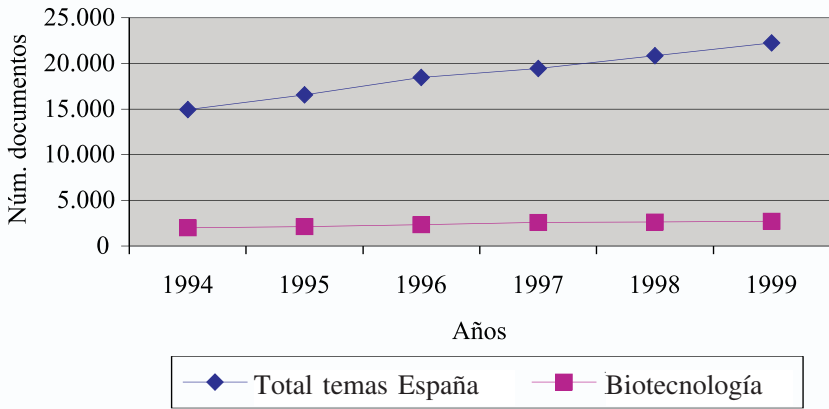
## 3 Resultados

En el período 1994-99, la producción de los autores españoles en el área de Biotecnología ascendió a 14.432 documentos, lo que corresponde al 12,8% de la producción de España en todas las disciplinas recogidas por las bases de datos del ISI.

Se observa una evolución ascendente del número de documentos, con una tasa de crecimiento del 37% en el total del período (figura 1).

**Figura 1**

**Evolución de la producción científica de España en Biotecnología y en todas las áreas**



Del total de documentos, el 89% son artículos de revista, un 6% resúmenes de congresos y un 3% cartas. Casi la totalidad de los documentos está escrita en inglés (99,8%).

### 3.1 Disciplinas científicas

Las categorías SCI seleccionadas para delimitar el área de Biotecnología se muestran en las tablas I y II. Para cada disciplina se incluye el número de documentos, el nivel de investigación medio y el factor de impacto medio. Se presenta también la posición que ocuparía la «hipotética revista» a que corresponde el FI medio entre las revistas de su disciplina y el cuartil en el que estaría encuadrada.

Se observa que los investigadores españoles publican fundamentalmente en revistas de alta visibilidad, situadas en el primer cuartil en la mayoría de las disciplinas y que en todos los casos se emplean revistas de ciencia básica pura (nivel próximo al 4). La disciplina que aporta mayor número de documentos es la Bioquímica y Biología Molecular, donde se concentra casi la mitad de la producción.

**Tabla I**

**Análisis de la producción científica por disciplinas (selección por disciplinas)**

Temas	Doc.	%	Nivel	FI98	Posición	Cuartil
Bioquímica y Biología Molecular	6.893	48,7	3,85	3,914	57/292	1
Microbiología	2.989	21,1	3,37	2,554	19/79	1
Genética y Herencia	2.332	16,5	3,40	3,799	20/101	1
Biología Celular	2.191	15,5	3,69	3,562	30/139	1
Biotecnología y Microbiología Aplicada	1.949	13,8	3,32	1,733	31/122	2
Micología	305	2,2	3,71	0,678	8/15	3
Total	14.168					

Con frecuencia los mejores trabajos de una disciplina se publican en revistas multidisciplinares de elevada visibilidad, como *Nature*, *Science* y *PNAS*. Dado que las revistas multidisciplinares tienen un alto factor de impacto, su inclusión produce un incremento del factor de impacto medio de las disciplinas, es decir, de su visibilidad. En la tabla II se han incluido los 313 trabajos procedentes de revistas multidisciplinares que representan el 2,2% de la producción del área, lo que origina que aumenten ligeramente los factores de impacto medios mientras el tipo de investigación sigue siendo ciencia básica pura.

**Tabla II**

**Análisis de la producción científica por disciplinas (incluidos los documentos de revistas multidisciplinares)**

<i>Temas</i>	<i>Doc.</i>	<i>%</i>	<i>Nivel</i>	<i>FI98</i>	<i>Posición</i>	<i>Cuartil</i>
Bioquímica y Biología Molecular	7.026	48,68	3,85	4,049	54/292	1
Microbiología	3.002	20,80	3,37	2,586	17/79	1
Genética y Herencia	2.407	16,68	3,43	4,133	18/101	1
Biología Celular	2.334	16,17	3,71	4,009	27/139	1
Biotecnología y Microbiología Aplicada	1.949	13,50	3,32	1,733	31/122	2
Micología	306	2,12	3,71	0,759	8/15	3
Total	14.432					

En los sucesivos análisis se tendrán en cuenta los 14.432 documentos de la tabla II.

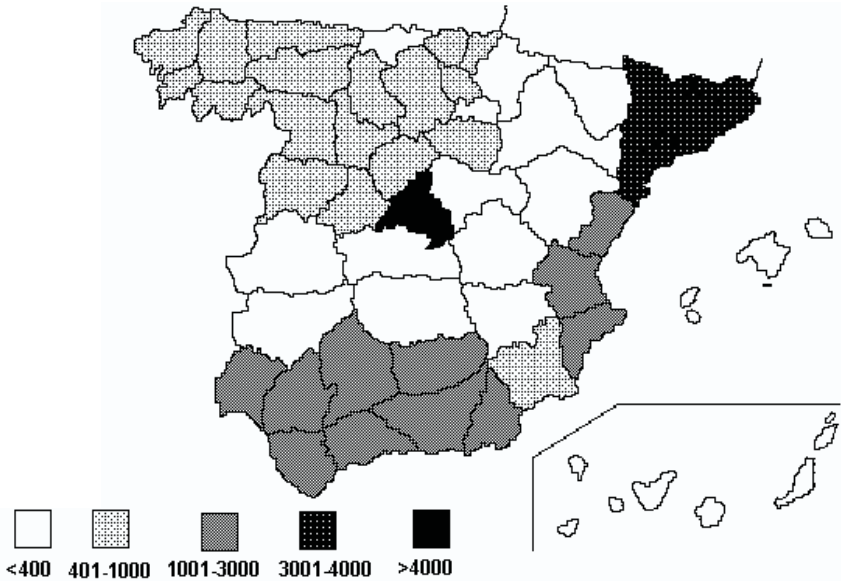
### 3.2 Distribución geográfica

La distribución geográfica de la producción siguió la pauta general observada en otros estudios para la producción científica española: una concentración en dos polos, Madrid y Barcelona. Las aportaciones más importantes por Comunidades Autónomas proceden de Madrid (34%) y Cataluña (22%) que conjuntamente alcanzan el 50% de la producción española en el área, seguidas a cierta distancia por Andalucía (14%) y la Comunidad Valenciana (8%) (figura 2).

Aunque en valores absolutos las producciones de Madrid y Cataluña son muy superiores a las de las otras Comunidades Autónomas, sin embargo hay que relativizarlas respecto a diferentes parámetros tales como población, número de investigadores, recursos económicos dedicados a la investigación, etc., para detectar el esfuerzo investigador de las distintas Comunidades.

En el presente trabajo, dado el distinto tamaño de las diferentes comunidades autónomas, se normalizó el número de documentos en función de la población de las distintas comunidades (tabla III). Con este nuevo indicador las comunidades con mayor producción relativa continúan siendo Madrid y Cataluña, pero destacan algunas otras regiones con alta producción en relación a su pequeño tamaño, es el caso de Murcia, Navarra y Asturias. Por el contrario, otras grandes comunidades descienden al considerar su número de habitantes, como son Andalucía, Valencia, Galicia y el País Vasco.

**Figura 2**  
**Distribución de la producción científica española en Biotecnología**  
**por comunidades autónomas**



**Tabla III**  
**Distribución por comunidades autónomas de la producción científica**  
**en números absolutos y normalizada en función de la población**

CC.AA.	Núm. docum. 1994-99	% documentos	Posición	Núm. docum. 10 <sup>4</sup> hab.	Posición normalizada
Madrid	4.896	33,92	1	96,16	1
Cataluña	3.380	23,42	2	54,98	2
Andalucía	2.050	14,20	3	28,33	<u>9</u>
Valencia	1.179	8,17	4	29,30	<u>7</u>
Castilla y León	775	5,37	5	31,19	6
Galicia	711	4,93	6	26,10	<u>11</u>
País Vasco	517	3,58	7	24,64	<u>12</u>
Murcia	474	3,28	8	42,51	<u>3</u>
Asturias	440	3,05	9	40,67	<u>5</u>
Aragón	336	2,33	10	28,40	<u>8</u>
Canarias	259	1,79	11	15,89	15
Extremadura	223	1,55	12	20,85	14
Navarra	218	1,51	13	41,07	<u>4</u>
Baleares	174	1,21	14	21,85	13
Cantabria	147	1,02	15	27,89	<u>10</u>
Castilla-La Mancha	98	0,68	16	5,71	17
La Rioja	30	0,21	17	11,38	16
No consta	1				
Total documentos	14.432				

Considerando las comunidades con mayor número de documentos (más de 700 en el periodo), el mayor incremento de la producción se observó en Galicia (73%), Valencia (72%) y Cataluña (64%). La producción de la comunidad de Madrid mostró un incremento del 34%, muy similar al crecimiento medio del área de la Biotecnología.

### 3.3 Sectores institucionales y centros más activos

El análisis de la producción por sectores institucionales revela que la universidad es el mayor productor (62%), seguida por los hospitales (21%), los Institutos de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (17%) y los centros mixtos CSIC-Universidad (10%). La aportación de las empresas españolas a la investigación en esta área es muy reducida, no llega al 2,5% del total, pero experimentó un importante crecimiento en el período (115%) (tabla IV).

**Tabla IV**  
**Distribución de la producción científica por sectores institucionales**

<i>Sectores institucionales</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%	<i>Incremento %</i>
Universidad	1.241	1.353	1.494	1.634	1.596	1.650	8.968	62,14	33
Hospitales	391	435	482	546	602	605	3.061	21,21	55
CSIC	325	336	374	433	443	512	2.423	16,79	57
CSIC-Universidad	223	204	225	270	260	288	1.470	10,19	29
Administración	81	105	107	109	117	141	660	4,57	74
Empresas	33	44	54	80	72	71	354	2,45	115
Otros	23	37	30	38	39	87	254	1,76	
Total	1.989	2.124	2.355	2.596	2.632	2.736	14.432		

Se profundizó en el análisis identificando los centros más activos, descendiendo hasta el nivel de facultad universitaria, centro de investigación u hospital (tabla V). Los seis centros con mayor producción, con más de 300 documentos cada uno, son un centro mixto CSIC-Universidad, dos facultades universitarias y tres centros de investigación propios del CSIC, todos ellos ubicados en Madrid o Barcelona. Se desprende de estos datos que el CSIC es una institución de gran actividad en España en el área de Biotecnología con el 23% de la producción entre centros propios y mixtos.

Para cada uno de los centros más productivos se realiza un análisis detallado de su producción por disciplinas SCI, y su evolución en el período estudiado. Se obtiene el número de documentos para cada disciplina, así como el factor de impacto medio y el nivel de investigación. Además, se introducen dos indicadores relativos para comparar la actividad de cada centro con la correspondiente a la totalidad de España: el índice de actividad (IA), que mide el grado de especialización en cada disciplina, y el factor de impacto relativo (FIR), como medida de calidad o visibilidad internacional de la producción. El porcentaje de publicaciones en revistas multidisciplinares de elevado FI se introduce como otro indicador indirecto de calidad.

**Tabla V**  
**Centros con mayor producción (más de 200 documentos)**

<i>Centros</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%
C.Biol. Mol. CSIC-UAM, Madrid	102	94	110	119	116	133	674	4,67
Fac. Biol. U. Barcelona	84	95	90	115	102	104	590	4,09
C. Inv. Biol. CSIC, Madrid	78	83	91	94	98	100	544	3,77
Fac. Cienc. UAB, Barcelona	41	56	61	91	70	79	398	2,76
C. Nal. Biotecnología CSIC, Madrid	31	29	54	81	79	103	377	2,61
I. Inv. Bioméd. CSIC-UAM, Madrid	59	48	43	62	51	56	319	2,21
Fac. Med. U. Oviedo	53	37	54	39	50	57	290	2,01
C. Inv. Desarrollo. CSIC, Barcelona	36	44	43	59	54	43	279	1,93
Fac. Biol. UCM	38	36	42	44	57	40	257	1,78
Fac. Biol. U. Valencia	32	33	50	44	43	48	250	1,73
H. Ramón y Cajal, Madrid	35	43	37	42	43	41	241	1,67
H. Clínico de Barcelona	26	32	40	49	47	40	234	1,62
Fac. Farm. U, Barcelona	33	37	36	52	27	40	225	1,56
Fac. Med. UCM, Madrid	31	22	26	52	42	39	212	1,47
Fac. Cienc. U. Granada	35	38	32	24	35	42	206	1,43
Fac. Med., UAB, Barcelona	17	25	35	46	49	31	203	1,41
Fac.Cienc. U. Córdoba	40	34	23	32	43	28	200	1,39

Con el empleo de los diversos indicadores presentados se pueden identificar los centros más destacados en España dentro del área por alguno de los siguientes criterios: alta tasa de crecimiento (superior a la media de España), gran especialización ( $IA > 1$ ) y alta visibilidad internacional ( $FIR > 1$ ). En la tabla VI se muestra como ejemplo el estudio detallado del Centro de Biología Molecular, que es el centro de mayor producción.

**Tabla VI**  
**Producción del Centro de Biología Molecular (CBM), CSIC-UAM, Madrid.**  
**Distribución de los documentos por disciplinas con indicación del FIR y del IA**

<i>Disciplinas</i>	<i>CBM</i>			<i>España</i>			<i>IA</i>	<i>FIR</i>
	<i>Doc.</i>	<i>Nivel</i>	<i>FI98</i>	<i>Doc.</i>	<i>Nivel</i>	<i>FI98</i>		
Bioquímica y Biología Molecular	472	3,99	5,972	7.026	3,85	4,049	1,44	1,475
Biología Celular	144	3,91	7,950	2.334	3,71	4,009	1,32	1,983
Genética y Herencia	90	3,65	8,411	2.407	3,43	4,133	0,80	2,035
Microbiología	72	3,93	3,774	3.002	3,37	2,586	0,51	1,459
Biotecnol. y Microbiol. Aplicada	47	3,88	2,272	1.949	3,32	1,733	0,52	1,311
Micología	0	—	—	306	3,71	0,759	—	—
Total	674			14.432				



Se observa que el Centro de Biología Molecular es un centro de excelencia en el área de Biotecnología en España. Está especializado en Bioquímica y Biología Molecular y en Biología Celular (IA>1), hace ciencia básica (nivel de investigación próximo a 4) y publica en revistas de gran visibilidad (FIR >>1). De los 674 documentos publicados en este periodo, 39 proceden de revistas multidisciplinares con un FI medio de 14,3 (representan el 6% mientras que la media en el área es del 2%).

### 3.4 Revistas

La producción de los autores españoles se distribuyó entre 460 revistas científicas. En la tabla VII se recogen las revistas con más de 100 documentos en el período analizado. Se muestra para cada revista el número de documentos por año, el total de documentos en el periodo, el factor de impacto de la revista y su nivel de investigación básico o clínico. Se observa que predominan las revistas básicas de carácter internacional. La base de datos SCI no recoge ninguna revista española de las disciplinas analizadas. Se han señalado con un asterisco (\*) las dos revistas con

**Tabla VII**  
**Principales revistas de publicación (más de 100 documentos)**

<i>Revistas</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%	F198	Nivel
J Biol Chem	79	56	82	73	94	113	497	3,44	7,199	4
Febs Lett	42	57	44	72	100	69	384	2,66	3,581	4
Brit J Pharmacol	28	39	43	53	68	46	277	1,92	3,704	3
Appl Environ Microb	33	37	46	38	48	57	259	1,79	3,358	4
Clin Infect Dis	58	50	54	33	43	20	258	1,79	2,798	2
Cytogenet Cell Genet	8	9	23	102	41	67	250	1,73	1,878	4
Eur J Clin Microbiol	33	44	50	31	45	44	247	1,71	2,139	3
Biochem J	44	45	47	50	30	19	235	1,63	3,855	4
J Bacteriol	38	27	37	41	43	43	229	1,59	3,805	4
Fems Microbiol Lett	43	33	41	46	27	30	220	1,52	1,581	4
Biochem Bioph Res Co	31	34	33	38	38	32	206	1,43	2,780	4
J Clin Microbiol	17	23	28	40	38	54	200	1,39	3,579	3
J Neurochem	16	31	35	42	31	41	196	1,36	4,651	4
Eur J Biochem	38	41	30	29	25	30	193	1,34	3,249	4
Faseb J *	12	19	19	49	31	48	178	1,23	13,861	4
Biochemistry-US	20	20	32	28	32	24	156	1,08	4,628	4
Antimicrob Agents Ch	21	23	32	19	26	33	154	1,07	3,761	3
Am J Hum Genet	6	26	7	33	17	63	152	1,05	10,869	3
J Food Protect	15	24	26	32	19	18	134	0,93	1,329	2
J Mol Biol	19	12	18	25	24	34	132	0,91	5,803	4
Mycotaxon	12	16	22	41	14	21	126	0,87	0,338	4
P Natl Acad Sci USA*	23	15	17	25	22	22	124	0,86	9,821	4
J Antimicrob Chemoth	28	16	25	17	13	23	122	0,85	2,563	2
Gene	28	19	18	24	15	15	119	0,82	2,007	4
Histol Histopathol	26	22	10	14	24	21	117	0,81	1,407	4
Tissue Antigens	3	8	31	25	27	23	117	0,81	2,305	3
Am J Med Genet	20	18	13	34	19	9	113	0,78	2,031	2
Mol Microbiol	10	16	17	20	18	25	106	0,73	6,086	4
Embo J	14	17	17	11	20	25	104	0,72	13,171	4
Bioresource Technol	9	18	17	23	17	18	102	0,71	0,705	2

más de 100 documentos que proceden del área multidisciplinar: *FASEB Journal* y *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. La primera de estas revistas también está incluida en la disciplina de Bioquímica y Biología Molecular. Como revistas especializadas destacan por su elevado FI: *EMBO Journal* y *American Journal of Human Genetics*.

### 3.5 Colaboración

Los indicadores de colaboración miden los flujos y redes de intercambio de conocimientos dentro de la especialidad. En este trabajo se considera la colaboración entre centros dentro de España, y separadamente la colaboración entre investigadores españoles y extranjeros.

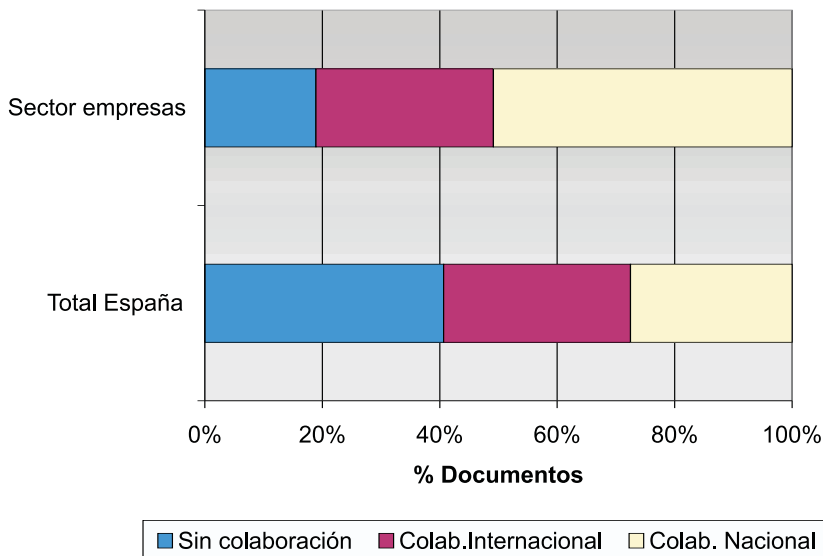
El 60% de los documentos se realizaron en colaboración entre dos o más instituciones. La colaboración nacional estuvo presente en el 32% de los documentos, mientras que en el 28% restante participó algún centro extranjero (tabla VIII). Resulta llamativo el importante incremento del número de documentos en colaboración internacional a lo largo del periodo (82%), que fue muy superior al experimentado por el número de documentos en colaboración nacional (48%). El número de documentos firmados por un solo centro se mantuvo prácticamente estable a lo largo de los seis años estudiados a pesar del aumento observado en la producción del área. Por otro lado, analizadas separadamente las publicaciones en revistas multidisciplinarias, se observa que las tasas de colaboración internacional son mucho más elevadas que en el total de la producción de Biotecnología, alcanzando al 46% de los documentos.

**Tabla VIII**  
**Evolución del número de documentos según el tipo de colaboración**

<i>Colaboración</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%	<i>Incremento</i>
Sin colaboración	929	914	999	1023	1.020	983	5.868	40,66	6%
Colaboración Internacional	532	638	726	836	891	971	4.594	31,83	82%
Colaboración Nacional	528	572	630	737	721	782	3.970	27,51	48%
Total	1.989	2.124	2.355	2.596	2.632	2.736	14.432		

Dado el interés del flujo de conocimiento entre el sector público y el sector privado se analizan en detalle las características de la colaboración del sector empresas. Dicho sector fue responsable de 354 documentos en el periodo en estudio. La figura 3 muestra el patrón de colaboración de las empresas, comparado con el correspondiente al total de la producción científica española en Biotecnología. Resulta llamativo el bajo porcentaje de documentos firmados por un solo centro (18% para el sector empresas vs. 41% para el total del área), y el alto porcentaje de documentos en colaboración nacional (51% para el sector empresas vs. 27% para el total del área). En lo que se refiere a la colaboración internacional, su presencia es muy similar en ambos conjuntos.

**Figura 3**  
**Comparación del patrón de colaboración del sector empresas y del total de la producción científica española en Biotecnología**



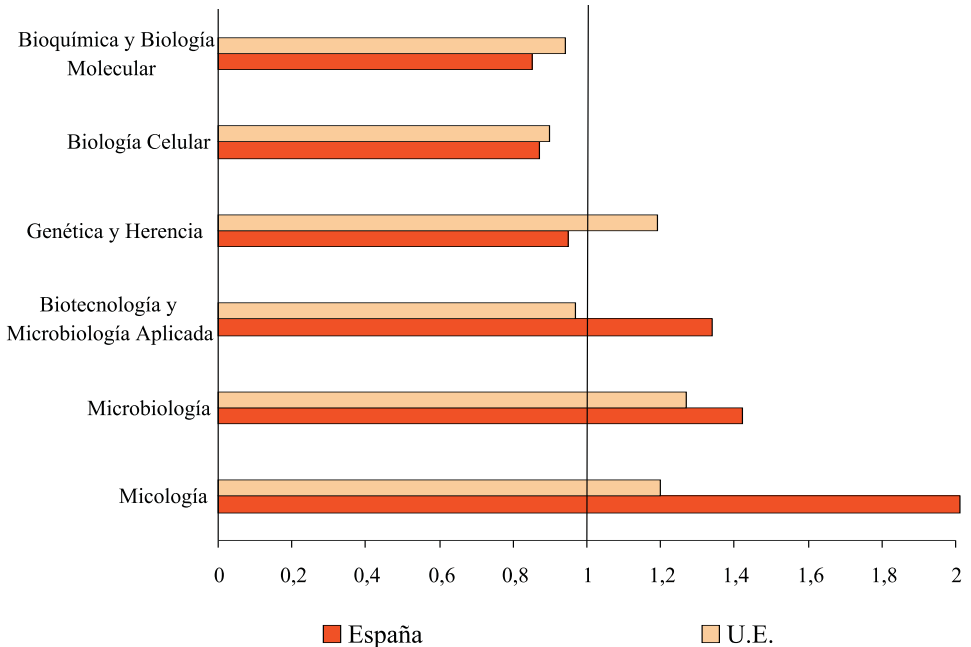
Dada la importancia que tiene la colaboración nacional para las empresas se ha descendido al análisis de los sectores que colaboran con la Industria. La empresa colabora principalmente con la universidad (124 documentos, 35%), los hospitales (52 documentos, 15%), el CSIC (52 documentos, 15%) y la Administración (20 documentos, 5,6%). En conjunto, prácticamente toda la colaboración nacional de las empresas se produce con el sector público (el 51% de los documentos).

### 3.6 Comparación internacional

Durante el periodo en estudio, la base de datos SciSearch recogió 73.773 documentos en las revistas asignadas a la categoría «Biotecnología y Microbiología Aplicada», principal disciplina del área de Biotecnología. La Unión Europea participaba en el 33% de estos documentos, y España en el 9% de los documentos de la UE. España ocupaba la cuarta posición por su producción entre los países de la UE-15, precedida del Reino Unido, Alemania y Francia.

Considerando las seis disciplinas incluidas en este estudio por su interés biotecnológico, se observan variaciones en el perfil de actividad de los distintos países europeos. La figura 4 muestra el Índice de Actividad (IA) de España respecto a la UE-15 y de ésta respecto del total mundial. Los datos muestran una especialización de la UE en las disciplinas de Microbiología, Micología y Genética/Herencia. España presenta una especialización en Micología (aunque se trata de pocos documentos), Microbiología y Biotecnología/Microbiología Aplicada. En estas tres disciplinas España ocupa la cuarta posición por su producción entre los países de la UE-15. Sin embargo ocupa la sexta posición en Genética/Herencia y Biología Celular y la séptima en Bioquímica/Biología Molecular.

**Figura 4**  
**Índice de Actividad de España respecto a la UE y de la UE respecto al mundo**



#### 4 Discusión y conclusiones

La Biotecnología es un área relativamente nueva que surge en los años 80 y se encuentra actualmente en una fase de crecimiento rápido. A lo largo del período 1994-99 la producción científica española en el área ha aumentado en un 37% y representa el 12% de la producción española de difusión internacional. Según datos de un trabajo anterior (12) en 1998 España ocupaba la sexta posición en cuanto a su aportación a la disciplina Biotecnología/Microbiología Aplicada, detrás de EE.UU., Japón, Reino Unido, Francia y Alemania.

Se observa que el índice de actividad de España en Biotecnología en relación con el resto del mundo muestra una especialización en Micología, Microbiología y Biotecnología/Microbiología Aplicada, en las que España ocupa la 4ª posición entre los países de la UE-15 por su elevada producción relativa. Dicha posición se corresponde con el 4º lugar que ocupa el país en el mercado biotecnológico, detrás del Reino Unido, Alemania y Francia (13).

Desde el punto de vista geográfico, la producción española se concentra en las comunidades de Madrid y Cataluña. Este hecho no es específico del área de Biotecnología, sino que se produce en todas las áreas y es un reflejo de la concentración de recursos humanos y económicos que en general se da en estas dos comunidades autónomas (14). Sin embargo, la centralidad de Madrid va descendiendo a medida que se van creando nuevas instituciones de investigación en todo el país con la consolidación de las Comunidades Autónomas y el aumento de los fondos dedicados a la investigación de las distintas Administraciones, central, autonómica y local.

La mayor actividad en España procede del sector universitario, seguido de los hospitales y centros de investigación del CSIC. Los investigadores españoles publican en revistas de nivel muy básico y de elevada visibilidad, lo que indica la calidad de la investigación realizada que logra publicarse en las mejores revistas internacionales, mayoritariamente situadas en el primer cuartil de su disciplina. El hecho de que la Universidad y el CSIC sean los sectores que muestran una mayor contribución relativa a la producción en revistas multidisciplinares, con un elevado FI, puede indicar que es en estos sectores donde se realiza una investigación más puntera.

Los análisis detallados de centros más productivos permiten detectar centros de excelencia por su especialización temática ( $IA > 1$ ), elevada visibilidad ( $FIR > 1$ ) y elevado porcentaje de publicaciones en revistas multidisciplinares. Entre los centros de mayor producción sobresalen un centro mixto CSIC-Universidad seguido de dos facultades universitarias de Barcelona y tres centros del CSIC de Madrid. Estos centros de investigación destacan por su especialización y altos índices de visibilidad que los identifican como centros de excelencia. Se revela el CSIC como el principal motor en el avance de I+D en el área de Biotecnología.

Las tasas de colaboración presentes en la producción científica española en Biotecnología son muy similares a las descritas para otras áreas (14). No obstante, resulta muy interesante el llamativo incremento experimentado por el número de documentos en colaboración internacional, que indicaría que la investigación española cumple criterios de calidad, y que sus investigadores están integrados dentro de la comunidad científica internacional. Hay que señalar que el subconjunto de documentos publicados en revistas multidisciplinares mostró una mayor presencia de colaboración internacional (46% vs. 32% para el total del área). Este dato apoyaría observaciones de otros estudios que señalan que los documentos en colaboración internacional se sitúan con más facilidad que los que no la tienen en revistas de alto factor de impacto, y que también suelen obtener más citas posteriormente (15).

Los resultados de este estudio muestran una escasa actividad investigadora del sector biotecnológico industrial en España. Los resultados de la investigación descritos en este trabajo proceden casi exclusivamente del sector público español. Se observa que en España se reproduce la llamada «paradoja europea» según la cual Europa es fuerte en producción científica de calidad pero no consigue que los resultados de la I+D lleguen a las empresas para potenciar su carácter innovador y su competitividad. El caso español es extremado, el sector empresarial sólo aporta el 2,5% a la producción científica, mientras que, por ejemplo, en Suecia aporta el 7%.

Distintos factores pueden explicar la baja contribución empresarial a la producción biotecnológica española. Por un lado, la publicación de los resultados de la investigación no es una prioridad en el sector empresarial, al contrario que en el contexto universitario. Los intereses de las empresas se dirigen principalmente hacia el desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios, que generalmente no se hacen públicos hasta que el producto está en el mercado o la patente solicitada. En este sentido, podría obtenerse una visión más amplia de la actividad del sector industrial combinando los datos de publicaciones con los correspondientes a patentes. Pero además, es un hecho que en España predominan las pequeñas y medianas empresas, que en muchas ocasiones no alcanzan un tamaño crítico para resultar competitivas (13). Las grandes empresas activas en España son generalmente multinacionales. En nuestro país, todavía no se observa la consolidación que caracteriza a los

mercados maduros en Biotecnología como son el Reino Unido, Alemania o Francia (16).

La capacidad tecnológica de las empresas viene condicionada por el esfuerzo que realizan en inversión de recursos tanto económicos como humanos así como su capacidad de asimilar conocimientos. Los gastos en I+D+i contribuyen al futuro de su capacidad tecnológica y en España se ha acumulado un importante retraso en este aspecto con respecto a los países de nuestro entorno. Mientras el esfuerzo tecnológico empresarial privado medio, como gasto interno en I+D respecto del PIB, en la UE es del 1,15%, las empresas españolas emplean solamente el 0,47% (17). Las acciones del Plan Nacional de carácter fiscal y de subvenciones van encaminadas a incentivar la I+D+i de las empresas, de tal manera que contribuyan a crear un clima favorable para que las empresas incrementen su inversión y su participación en las actividades de investigación, tecnología y desarrollo. Un resultado positivo que se desprende de este trabajo es la tendencia ascendente del número de documentos empresariales en Biotecnología durante los años estudiados, cuya tasa de crecimiento se situó por encima de la de los restantes sectores institucionales, aunque hay que tener en cuenta que se está hablando de un sector con muy pocos documentos y cualquier incremento puede resultar importante relacionado con su producción, pero no en valores absolutos.

En España, parte de los fondos del Plan Nacional 2000-2003 están orientados a potenciar el proceso innovador de las empresas, incentivando la colaboración y la transferencia de conocimientos entre el sector público y el sector privado. El sector empresarial es el encargado de realizar la innovación tecnológica principalmente a través de su colaboración con los centros públicos de investigación. Hay que señalar que aunque la contribución de las empresas a la producción biotecnológica española es muy baja, sí que se ha observado una alta tasa de colaboración nacional, que indicaría la existencia de vínculos entre los distintos sectores. En concreto, el vínculo entre el sector público español y el privado estuvo presente en el 51% de los documentos procedentes de la empresa. En el caso de la industria sueca estos lazos se revelan en el 65% de las publicaciones del sector empresarial (12). La preocupación por los contactos entre el sector público y el privado está presente también en la Unión Europea, que contempla el área de la Biotecnología como área estratégica y persigue promover políticas públicas pro-activas que fomenten los lazos entre la investigación de base y el sector privado, lo que implica flujos de conocimiento entre ambos sectores.

Finalmente, hay que destacar el interés de los estudios bibliométricos para los gestores de la política científica, pues aportan información objetiva detallada de los resultados de investigación de los países, con un análisis no sólo cuantitativo sino también cualitativo a través de indicadores indirectos de calidad, y dotan a los organismos gestores de procedimientos homologados de evaluación y seguimiento de la actividad científico-técnica. Permiten conocer la estructura y dinámica del sistema de ciencia y tecnología, situar a la comunidad científica de un país dentro de la ciencia internacional y particularmente respecto a los países de su entorno, así como determinar áreas geográficas de distintos grados de especialización y centros de excelencia.

Este trabajo es parte de un estudio más amplio que servirá de herramienta de apoyo a los gestores del Plan Nacional de Investigación (2000-2003) de España para sus trabajos de seguimiento y reconducción, en su caso, de las áreas prioritarias de investigación.

## 5 Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la Acción Especial AE00-0354 concedida por el Plan Nacional en 2001. Agradecemos a Luis Coma del IMIM su trabajo de re-clasificación de los 313 documentos procedentes de revistas Multidisciplinares

## 6 Referencias

1. National Science Board. *Science & Engineering Indicators, 2000*. Arlington, VA: National Science Foundation (NSB-00-1).
2. OST. *Science & Technologie Indicateurs 2000*. Observatoire des Sciences et des Techniques. Ed. Economica & OST. París, 1999.
3. UE. *Second European Report on S&T Indicators, 1997*. European Commission. EUR 17639.
4. GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M. T.; BORDONS, M.; MORILLO, F.; GONZÁLEZ, E. (2001). *Producción científica de España en el período 1994-99 atendiendo a las áreas científico-tecnológicas del Plan Nacional (2000-2003)*. CINDOC, Madrid.
5. *El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003*. Vol. I y II. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid, 1999.
6. GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A.; CZERWON, H. J. (1999). An item-by-item subject classification of papers published in multidisciplinary and general journals using reference analysis. *Scientometrics*, 44 (3): 427-439.
7. FERNÁNDEZ, M. T.; CABRERO, A.; ZULUETA, M. A.; GÓMEZ, I. (1993). Constructing a relational database for bibliometric analysis. *Research Evaluation*, 3 (1): 55-62.
8. NOMA, E. (1986). *Subject classification and influence weights for 3,000 journals*. CHI Research/Computer Horizons, Inc. Report under Contract No. NIH-NO1-OD-5-2118. New Jersey.
9. FRAME, J. D. (1977). Mainstream research in Latin America and the Caribbean, *Inter-ciencia*, 2: 143-148.
10. SCHUBERT, A.; GLÄNZEL, W.; BRAUN, T. (1989). World flash on basic research: Scientometric datafiles. A comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and subfields, 1981-1985. *Scientometrics*, 16 (1-6): 3-478.
11. CAMI, 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 1990-93 (SCI y SSCI) y comparación con el período 1986-89. *Medicina Clínica (Barc)*, 109: 481-496.
12. SANDSTRÖM, A.; PETERSSON, I.; NILSSON, A. (2000). Knowledge production and knowledge flows in the Swedish Biotechnology Innovation System. *Scientometrics* 48(2): 179-202.
13. ASEBIO. *Informe de la Asociación Española de Bioempresas*. Madrid, 2001 Barcelona.
14. FERNÁNDEZ, M. T.; BORDONS, M.; SANCHO, R.; GÓMEZ, I. (1999). Difusión internacional de la investigación científica española en ciencia y tecnología en el período 1991-1996. *Arbor*, 639: 327-345.
15. NARIN, F.; STEVENS, K.; WHITLOW, S. (1991). Scientific cooperation in Europe and the citation of multinationally authored papers. *Scientometrics*, 21 (3): 313-323.
16. LEMARIE, S.; DE LOOZE, M. A.; MANGEMATIN, V. (2000). Strategies of the European SMEs in Biotechnology: the role of size, technology and market. *Scientometrics*, 47 (3): 541-560.
17. COTEC. 2001 Informe COTEC. *Tecnología e Innovación en España*. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid, 2001.