

Tendencias en la investigación y modelos de publicación en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Agronomía frente a Biotecnología Vegetal

Research trends and publishing patterns of the Spanish Research Council: Agronomy vs. Plant Biotechnology

Esther García-Carpintero*, Luis M. Plaza*, Begoña Granadino*

Resumen: El objetivo de este estudio es identificar los cambios en las tendencias de investigación y los modelos de publicación de los científicos españoles en el área de Ciencias Agrarias del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en respuesta a los nuevos desafíos y oportunidades producidos por el desarrollo de la Biotecnología Vegetal. Para alcanzar este objetivo, se analizó la producción científica del CSIC en las áreas de Agronomía y Biotecnología Vegetal, en las revistas recogidas por la base de datos «Science Citation Index» (SCI) e Índice de Ciencia y Tecnología (ICYT), durante el período 1996-2005. Los resultados muestran al CSIC como un importante generador de conocimiento en el área de agronomía, contribuyendo con un 40% del total de publicaciones españolas recogidas en SCI durante el período analizado. El porcentaje de publicaciones del área de Biotecnología Vegetal, que apenas llega a alcanzar un 20% en el año 2005.

Palabras clave: Agronomía, Biotecnología Vegetal, tendencias de investigación, modelos de publicación, patentes.

Abstract: The aim of this study was to identify changes in the research trends and publishing patterns of the Spanish Research Council (CSIC) scientists in the area of Agronomy, in response to the new challenges and opportunities arising from the continuing advances made in Plant Biotechnology. CSIC research output in the areas of Agronomy and Plant Biotechnology, published in SCI and ICYT journals between 1996 and 2005, was analysed. The results show that the CSIC is an important generator of knowledge in the field of Agronomy, having contributed 40% of the total Spanish scientific output in this field recorded in SCI journals over the studied period. The corresponding percentage of publications in the field of Plant Biotechnology was less than 20% in 2005.

Keywords: Agronomy, Plant Biotechnology, research trends, publishing patterns, patents.

* Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología (IEDCYT). CSIC. Madrid.
e-mail: carpintero@cindoc.csic.es.

Recibido: 25-1-08; 2.^a versión: 11-6-08; 3.^a versión: 23-6-08.

1. Introducción

De acuerdo con el informe que edita la Unión Europea sobre los indicadores de ciencia, tecnología e innovación (European Commission, 2005), España destaca en tres áreas principales, en cuanto a número de artículos científicos publicados: la Agricultura y la Ciencia de Alimentos, las Ciencias Biológicas y las Matemáticas y la Estadística. España está a la cabeza en cuanto al grado de especialización en el área de las Ciencias Agrarias y la Ciencia de Alimentos, junto a Dinamarca e Irlanda. Un 20,7% de la producción científica española en revistas nacionales incluidas en la base de datos ICYT, se puede clasificar dentro de las Ciencias Agrarias (Fundación COTEC, 2007). La producción científica española en revistas internacionales incluidas en la Web of Science (ISI), en temas relacionados con la Agricultura, la Biología y el Medio Ambiente, ascendió a un 15,5% del total de publicaciones, siendo una de las áreas temáticas de mayor importancia, sólo por detrás de la Biomedicina y la Medicina Clínica y con porcentajes similares a las áreas de Química, Física e Ingeniería y Tecnología (Fundación COTEC, 2007).

La Biotecnología Vegetal se puede definir como el uso de métodos biotecnológicos para la producción de plantas transgénicas con aplicaciones en el sector alimentario, químico, de materiales o de combustibles, la producción de fármacos de plantas, y el análisis de organismos modificados genéticamente en los alimentos (Ernst y Young, 2007). Tanto la FAO (Solh, M. y Ghosh, K., 2005) como la OCDE (Arundel, A., 2003) consideran imprescindible el desarrollo de nuevas tecnologías como la Biotecnología, para resolver los principales desafíos a los que se enfrenta la Agricultura, como son la satisfacción de una demanda creciente de comida fundamentalmente en los países en vías de desarrollo, debido al gran aumento de su población, y contribuir a un crecimiento sostenible en los países desarrollados. A pesar de todo ello, se estima en sólo un 2% la contribución directa de la Biotecnología al conjunto del sector agroalimentario en Europa, especialmente en las áreas de semillas y en flores y plantas de vivero, debido a la gran controversia que genera el uso de organismos modificados genéticamente en la alimentación humana, lo que impide su desarrollo y aplicación en la agricultura (European Commission, 2007).

El objetivo de este estudio es analizar los cambios en los modelos de publicación dentro del ámbito del área de Agronomía producidos por el desarrollo de la Biotecnología Vegetal, mediante el análisis de la producción científica durante el período 1996-2005 originada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Para este estudio se ha seleccionado el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, por ser el organismo público de investigación de mayor tamaño a nivel nacional, especialmente en cuanto a la investigación relacionada con las Ciencias Agrarias. En 2006, el CSIC constaba de 126 centros e institutos de los cuales 116 son institutos de investigación (75 propios y 41 mixtos). Doce de estos institutos tienen como área temática principal las Ciencias Agrarias, aunque otros centros tienen alguna línea de investigación relacionada con esta área.

2. Metodología

Se ha analizado la presencia de centros de investigación del CSIC pertenecientes al área de Ciencias Agrarias o centros del CSIC de otras áreas con alguna línea de investigación en este campo durante el período 1996-2005. En la tabla I se recogen los centros del CSIC estudiados.

Tabla I
Centros del CSIC con publicaciones en Ciencias Agrarias y Biotecnología Vegetal

<i>Centro de Ciencias Agrarias del CSIC</i>	<i>Otros Centros del CSIC</i>	<i>Centros mixtos del CSIC</i>
CCMA* (Centros de Ciencias Medioambientales) hasta 2004	CIB (Centro de Investigaciones Biológicas)	IMEDEA (Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados)
CEBAS (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura)	IBMB (Instituto de Biología Molecular de Barcelona)	ITQ (Instituto de Tecnología Química)
EAE (Estación Agrícola Experimental de León)	CID** (Centro de Investigación y Desarrollo)	CIDE (Centro de Investigaciones sobre Desertificación)
EEAD (Estación Experimental Aula Dei)	IBVF (Instituto de Biología Vegetal y Fotosíntesis)	Laboratorio CSIC-IRTA
EELM (Estación Experimental La Mayora)	IATA (Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos)	
EEZ (Estación Experimental del Zaidín)	IBMCP (Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas)	
IARN (Instituto de Agrobiotecnología y Recursos Naturales)	IFI (Instituto de Fermentaciones Industriales)	
IAS (Instituto de Agricultura Sostenible)	Instituto del Frío	
ICA (Instituto de Ciencias Agrarias)	CNB (Centro Nacional de Biotecnología)	
IIAG (Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia)	IPE (Instituto Pirenaico de Ecología)	
IPNA (Instituto de Productos Naturales y Agrobiología)	Instituto de la Grasa	
IRNAS (Instituto de Recursos Naturales de Sevilla)	Real Jardín Botánico de Madrid	
IRNASA (Instituto de Recursos Naturales de Salamanca)	Instituto Botánico de Barcelona	
MBG (Misión Biológica de Galicia)		

* Hasta el año 2004 el CCMA pertenecía al área de ciencias agrarias, a partir de ese año se dividió en dos grandes institutos IRN (Instituto de Recursos Naturales) y el ICA (Instituto de Ciencias Agrarias).

** El CID está constituido por dos institutos: Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales (IIQAB) y el Instituto de Biología Molecular de Barcelona (IBMB).

La producción científica se ha analizado mediante el uso de las base de datos «Science Citation Index» (SCI) producida por «Thomson Scientific» y de la base española Índice de Ciencia y Tecnología (ICYT) producida por el Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia Y Tecnología del CSIC. La estrategia de búsqueda dentro de la base de datos SCI ha consistido en preguntar en el campo «address» por los distintos términos y acrónimos que identifican al CSIC.

Los resultados obtenidos se han delimitado escogiendo aquellas publicaciones englobadas dentro de las categorías de: «Agronomía», «Agricultura y Ganadería», «Agricultura, Multidisciplinar», «Agricultura, Suelo», «Biotecnología y Microbiología aplicada», «Botánica», «Ciencia y Tecnología de los Alimentos», «Horticultura», «Ingeniería Agrícola» y «Silvicultura» del «Journal Citation Reports» (JCR) de 2005, considerando sólo aquellas revistas cuyas temáticas se encuentran dentro de la Agronomía y la Biotecnología Vegetal.

La estrategia de búsqueda utilizada en la base de datos ICYT ha sido la utilización de la nomenclatura internacional UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología que para el caso de Ciencias Agrarias es el código 31. Posteriormente se seleccionaron los registros donde aparecía algún centro perteneciente al CSIC.

Las publicaciones obtenidas en la búsqueda se han clasificado dentro del área de Agronomía o del área de Biotecnología Vegetal tomando como base la definición de la OCDE (OCDE, 2005) para la Biotecnología: «la aplicación de la Ciencia y la Tecnología a organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos con el fin de alterar materiales vivos o inertes para proveer conocimientos, bienes y servicios».

Las publicaciones englobadas dentro de la temática de Biotecnología Vegetal se han clasificado a su vez dentro de algunas de las clases establecidas por la clasificación temática de Agricultura Biotecnológica por la oficina de patentes estadounidense (USPTO)(USDA,2004). Esta clasificación ha sido desarrollada por el servicio de investigación económica del Departamento de Agricultura de Estados Unidos e investigadores con experiencia en Biotecnología Vegetal de la Universidad de Rutgers. Se ha utilizado esta clasificación porque, a pesar de estar orientada a sectores de mercados, en sus primeros niveles recoge muy bien todas las tecnologías utilizadas en investigación básica y aplicada en Biotecnología.

Las publicaciones englobadas dentro de la temática de Agronomía se han clasificado en distintas clases según el esquema dado por el sistema internacional para las ciencias y la tecnología agrícolas (AGRIS) creado por la FAO.

La clasificación de los trabajos dentro de cada una de las categorías anteriormente mencionadas se ha realizado a partir del análisis de los resúmenes independientemente del área de JCR 2005 en la que estuvieran englobadas las revistas. Se han descartado aquellos artículos que no tienen relación directa con la Agronomía o con la Biotecnología Vegetal. Las clasificaciones elegidas permiten asignar un documento de forma única e inequívoca a una de las categorías, eliminando el inconveniente de tener un documento en varias clasificaciones.

Este tipo de análisis exige que la muestra poblacional elegida tenga un menor tamaño, considerando sólo el área de Agronomía y no otras categorías del JCR que pudieran contener artículos relacionados con esta área. Sin embargo, el estudio por menorizado evita los problemas asociados a la gestión automática de datos que, aunque manejan un mayor volumen de información, pueden asignar de forma incorrecta la temática de algunos artículos si sólo se considera la categoría de la revista en que ha sido publicada.

Se ha estudiado la transferencia de tecnología de estos centros dentro del ámbito elegido mediante una búsqueda de patentes de investigadores de Agronomía y Biotecnología Vegetal, con más de dos publicaciones, dentro del campo «inventor» de la base de datos *Espacenet*. Esta base de datos recoge más de 60 millones de patentes de 72 países distintos, incluidas también las bases de datos de la Oficina Europea de Patentes, la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos y la base de datos de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual.

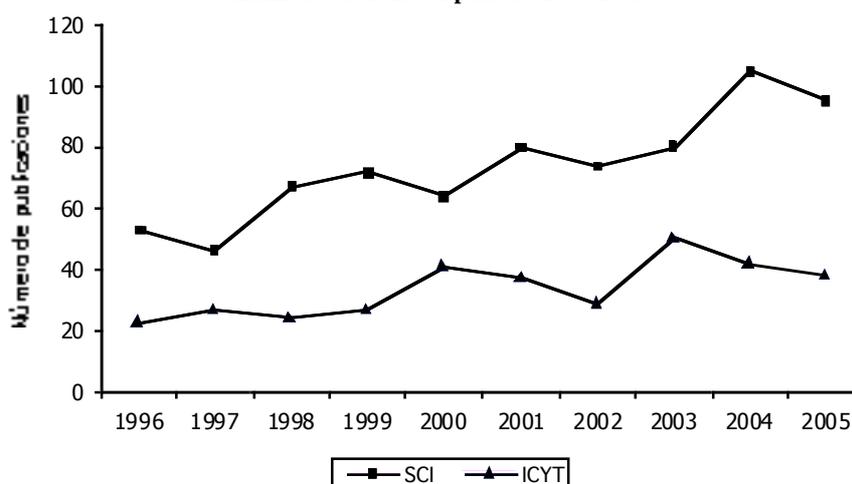
3. Resultados

3.1. Producción científica

3.1.1. Número de publicaciones

Se han analizado un total de 1083 publicaciones en Agronomía y Biotecnología Vegetal. De estos registros bibliográficos, 745 proceden de la base de datos del SCI, y 338 de la base de datos ICYT. No se han encontrado registros repetidos en ambas bases de datos. En la figura 1 se recoge la evolución del número total de publicaciones en Agronomía y Biotecnología del CSIC a lo largo del periodo analizado.

Figura 1
Evolución de las publicaciones totales en Agronomía y Biotecnología Vegetal de los centros analizados durante el período 1996-2005



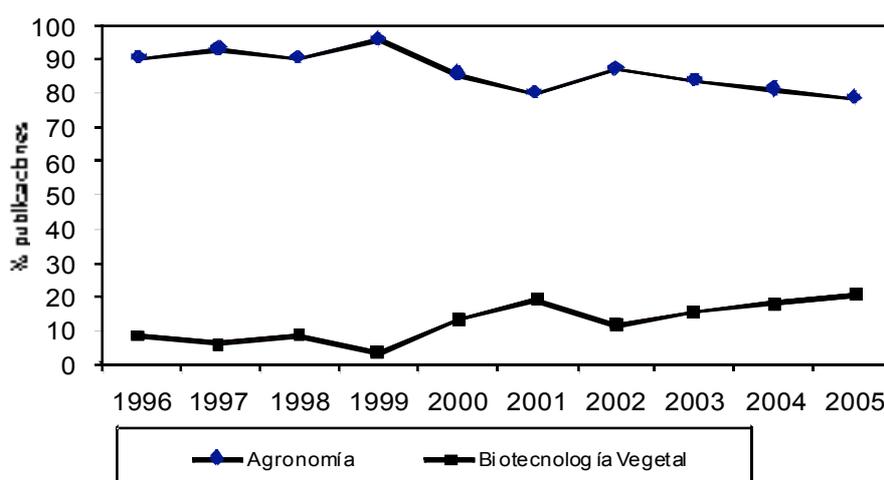
El número total de publicaciones dentro del área de Agronomía es 978, de las cuales 640 de la base de datos SCI y 338 de la base de datos ICYT (un 90% del total de todas las publicaciones) mientras que el número total de publicaciones dentro del área de Biotecnología Vegetal es de 105 (10% del total de todas las publicaciones), todas procedentes de la base de datos SCI (Tabla II).

Tabla II
Número de publicaciones por temática en las bases de datos SCI y ICYT

Temática	Número de publicaciones			
	SCI	ICYT	Total	(%)
Agronomía	640	338	978	90
Biotecnología Vegetal	105	0	105	10
Total	745	335	1.083	100

En la figura 2 se analiza la evolución de las publicaciones dentro del área de Agronomía y Biotecnología Vegetal durante el período 1996-2005. Se observa una clara diferencia en la producción científica en Agronomía y Biotecnología Vegetal siendo la temática principal la Agronomía, que alcanza el 80% de las publicaciones. A pesar de esto, puede observarse una ligera tendencia positiva hacia un mayor número de publicaciones en Biotecnología Vegetal, llegando a alcanzar casi un 20% del total de las publicaciones en 2001 y en 2005. Esta tendencia se pone de manifiesto al calcular las tasas de crecimiento: para el área de Agronomía la tasa de crecimiento total para el período analizado es $-1,1\%$ mientras que para el caso de Biotecnología Vegetal es del 13% .

Figura 2
Tendencia en el número de publicaciones en las áreas de Agronomía y Biotecnología



En la tabla III se muestran los datos de la producción científica en los distintos centros del CSIC estudiados, ordenados en función del porcentaje de publicaciones en el área de Agronomía. El porcentaje de publicaciones de cada centro se calcula frente al total de publicaciones en cada área científica. El sumatorio de todos los documentos recogidos en las bases de datos ISI e ICYT (Tabla III) es mayor al sumatorio del total de documentos recogidos en la tabla II, debido a las colaboraciones que se producen entre los autores de los centros estudiados.

Tabla III
Aportación de publicaciones en Agronomía y Biotecnología Vegetal de los centros pertenecientes al CSIC

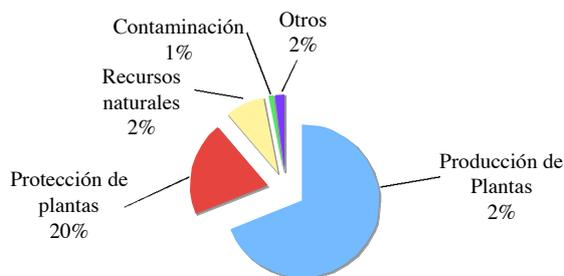
Centro	Agronomía				Biotecnología vegetal	
	SCI	ICYT	SCI+ICYT	(%)	SCI	(%)
CEBAS	87	100	187	19,1	14	13,3
IAS	179	7	186	19,0	34	32,4
EEAD	42	67	109	11,1	8	7,6
EEZ	25	81	106	10,8	3	2,9
CCMA	57	22	79	8,1	0	0,0
MBG	64	3	67	6,9	4	3,8
EELM	27	22	49	5,0	7	6,7
IRNAS	33	9	42	4,3	1	1,0
IATA	15	15	30	3,1	2	1,9
EAE	21	2	23	2,4	0	0,0
CID	15	4	19	1,9	9	8,6
CIB	7	11	18	1,8	5	4,8
IBMCP	13	2	15	1,5	7	6,7
IRNASA	13	0	13	1,3	1	1,0
CNB	9	3	12	1,2	8	7,6
IPNA	1	10	11	1,1	0	0,0
Lab. CSIC-IRTA	10	0	10	1,0	3	2,9
Instituto de la Grasa	9	0	9	0,9	1	1,0
EEZ	6	0	6	0,6	0	0,0
IIAG	4	0	4	0,4	0	0,0
Instituto del Frío	3	0	3	0,3	0	0,0
DGA-CSIC	3	0	3	0,3	0	0,0
IPE	2	0	2	0,2	0	0,0
Real Jardín Botánico de Madrid	1	1	2	0,2	0	0,0
IMEDEA	1	0	1	0,1	0	0,0
IFI	1	0	1	0,1	0	0,0
ITQ	1	0	1	0,1	0	0,0
Instituto Botánico de Barcelona	1	0	1	0,1	0	0,0
CIDE	1	0	1	0,1	0	0,0
IBVF	1	0	1	0,1	4	3,8

Los Institutos CEBAS e IAS son los que mayor número de trabajos presentan en ambas áreas temáticas, en el caso de Agronomía ambos centros representan un 38,1% del total de publicaciones. En el caso de la temática de Biotecnología Vegetal, el IAS representa por sí solo el 32,4% del total de publicaciones y junto con CEBAS y EEAD representan más de la mitad (53,3%) de las publicaciones en Biotecnología Vegetal. Los centros pertenecientes específicamente al área de Ciencias Agrarias del CSIC contribuyen con un 90,2% a las publicaciones de Agronomía y con un 68,6% a las publicaciones en Biotecnología Vegetal.

3.1.2. Temática de las publicaciones de los centros del CSIC estudiados

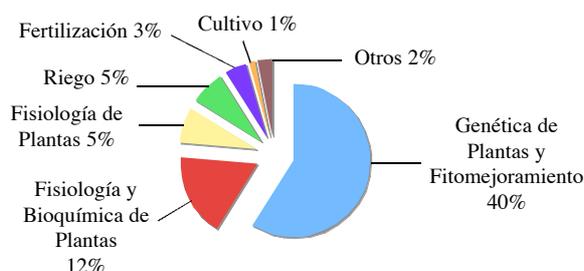
Las publicaciones en el área de Agronomía se han clasificado en distintas categorías de acuerdo con el esquema ofrecido por AGRIS (figura 3). Esta clasificación esta formada por 17 grandes áreas: Agricultura, Geografía e Historia, Actividad de Enseñanza, Extensión y Asesoramiento, Gobierno y Legislación, Economía, Desarrollo y Sociología Rural, Producción de Plantas, Protección de Plantas y Productos Almacenados, Manipulación, Transporte, Almacenamiento y Protección de Productos Agrícolas, Silvicultura, Producción Animal, Ciencias Acuáticas y Pesca, Maquinaria y Edificios, Recursos Naturales, Ciencia de los Alimentos, Nutrición Humana, Contaminación y Disciplinas Auxiliares.

Figura 3
Publicaciones en Agronomía por categoría según el esquema AGRIS



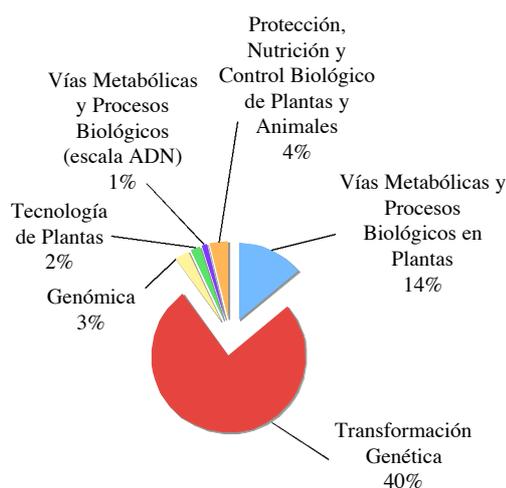
Las temáticas con mayor número de documentos son Producción de Plantas con un 69% (440 documentos) y Protección de Plantas con un 20% (127 documentos). En la figura 4 se representa en detalle las subclases con mayor porcentaje de publicaciones dentro de la temática de Producción de Plantas: Genética de Plantas es la que mayor número de publicaciones contiene, con un 40% del total (259 documentos), representando un 23% del total de publicaciones de Agronomía y Biotecnología Vegetal.

Figura 4
Distribución de las sub-clases pertenecientes a la temática de Producción de Plantas de la clasificación AGRIS



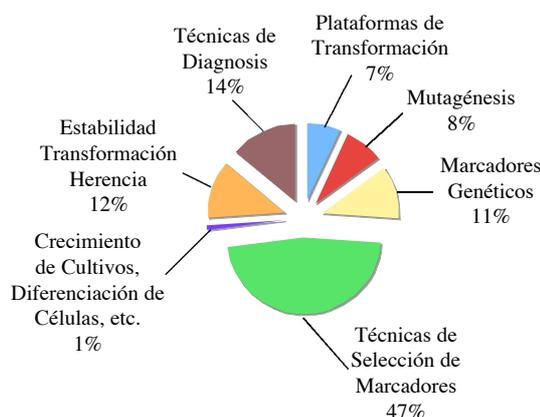
Las publicaciones en Biotecnología Vegetal se han clasificado dentro de las temáticas establecidas USPTO. Esta clasificación está formada por 8 grandes áreas: Tecnología de Plantas, Organismos Patentados, Vías Metabólicas y Procesos Biológicos en Plantas, Vías Metabólicas y Procesos Biológicos en Animales, Protección, Nutrición y Control Biológico de Plantas y Animales, Productos Farmacéuticos, Transformación Genética, Vías Metabólicas y Procesos Biológicos a escala de DNA y Genómica. En la figura 5 se recoge el número de publicaciones por temática para el área de Biotecnología Vegetal. Un 76% (80 documentos) de las publicaciones clasificadas dentro de dicha área pertenecen a Transformaciones Genéticas, que representa un 7% de la producción total en Agronomía y Biotecnología Vegetal.

Figura 5
Clasificación de las publicaciones en el área de Biotecnología Vegetal



En la figura 6 se representa el porcentaje de publicaciones dentro de la subclase de Transformación Genética, que representa el mayor porcentaje de publicaciones. Técnicas de Selección de Marcadores es la subcategoría con un mayor número de publicaciones (38 publicaciones) dentro de la categoría de Transformaciones Genéticas; este valor representa un 36,2% del total de publicaciones dentro de Biotecnología Vegetal. Todo esto indica que existe un importante esfuerzo dentro de la investigación en Biotecnología Vegetal que se dirige hacia la obtención de Organismos Modificados Genéticamente.

Figura 6
Subclasificación de las publicaciones englobadas dentro de la temática de Transformaciones Genéticas

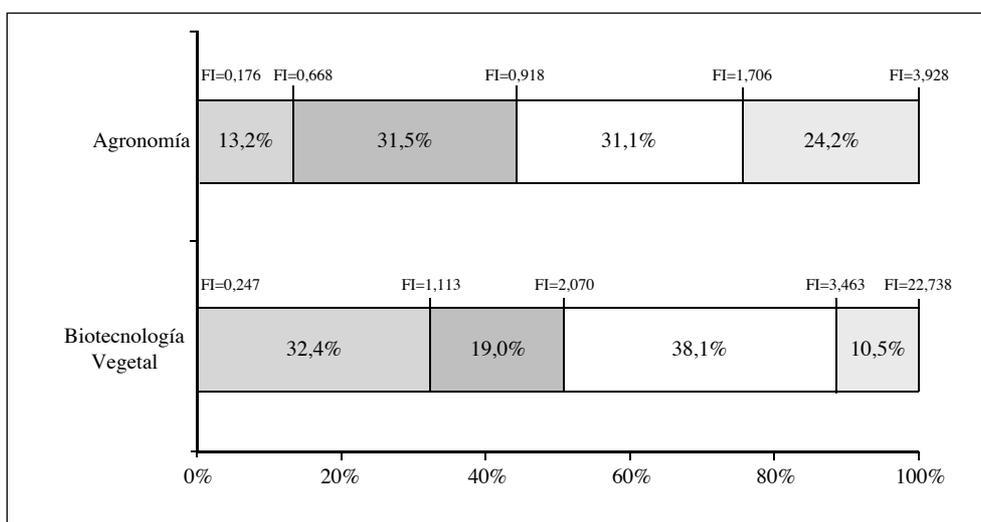


3.1.3. Factor de impacto de las publicaciones de los centros del CSIC en revistas recogidas por la base de datos SCI

Se ha analizado la calidad de las publicaciones mediante su distribución en cuartiles de Factor de Impacto. Estos cuartiles han sido elaborados a partir de dos listas, para cada una de las áreas estudiadas, con los Factores de Impacto (según JCR 2005) de las revistas que han publicado los 640 trabajos sobre Agronomía y los 105 de Biotecnología Vegetal. Las revistas en las que se han publicado los 640 artículos en el área de Agronomía tienen Factores de Impacto entre 0,176 y 3,92, mientras que las revistas en las que se han publicado los 105 trabajos de Biotecnología Vegetal tienen Factores de Impacto comprendidos entre 0,247 y 22,738.

La figura 7 representa el Factor de Impacto de las publicaciones en el área de Agronomía y Biotecnología Vegetal como el porcentaje de trabajos publicados en cuartiles de factor de impacto.

Figura 7
Porcentaje de publicaciones por rango de factor de impacto. Áreas de Agronomía y Biotecnología Vegetal



El 55,3% de las publicaciones del área de Agronomía están publicadas en los rangos de Factor de Impacto más altos (FI=0,918-3,928). Mientras que el restante 44,7% se encuentran publicadas en los rangos de factores más bajos (0,176-0,918).

En el caso de Biotecnología Vegetal un 51,4% de la producción científica se encuentra publicada en el rango de 0,247 a 2,070. Es importante señalar que un 38,1% de los trabajos se encuentran en el segundo cuartil con mayor factor de impacto (2,070-3,463). Las publicaciones se concentran fundamentalmente en tres revistas del área de «Agronomía» del JCR: *Plant Breeding* (FI=0,823), *Molecular Breeding* (FI=1,866) y *Theoretical and Applied Genetics* (FI=3,063) con 19, 11 y 29 publicaciones respectivamente, representado un 56% de todas las publicaciones. Destacar que *Theoretical and Applied Genetics*, revista con mayor Factor de Impacto dentro de la categoría de «Agronomía» del JCR representa un 28% del total de publicaciones en el área de Biotecnología Vegetal mientras que sólo representa un 10% dentro del área de Agronomía.

3.2. Comparación de las publicaciones de los centros pertenecientes a Ciencias Agrarias del CSIC con otras instituciones y países

En la tabla IV se observa el número de publicaciones de los centros del CSIC, las universidades, España y UE dentro de las categorías establecidas por base de datos SCI para «Agronomía».

Tabla IV
Número publicaciones en el área de Agronomía de distintas Instituciones y países (SCI)

<i>Área temática</i>	<i>CSIC</i>	<i>Universidad</i>	<i>España</i>	<i>UE-25</i>
Agronomía	640	841	1.735	18.468

En Agronomía las publicaciones realizadas por los grupos del CSIC representan un 37% de las publicaciones totales españolas en esa área. La mayor aportación de trabajos al área de Agronomía la realizan las distintas universidades con un 48,5% con respecto a España. En el caso de las publicaciones correspondientes al conjunto de España, Agronomía representa un 9,4% del total de las publicaciones en la UE-25 en esa misma área.

En el caso del CSIC, las 105 publicaciones pertenecientes al área Biotecnología Vegetal estudiadas representan un 7,7% del total de todas las publicaciones en Biotecnología del CSIC.

3.3. Análisis de la colaboración de los centros pertenecientes al CSIC con otras instituciones y países

Se ha analizado el número de colaboraciones entre los centros estudiados pertenecientes al CSIC con otras instituciones y países mediante el número de publicaciones, recogidas por SCI, en co-autoría con otros centros exclusivamente en las áreas de Agronomía y Biotecnología Vegetal, sin considerar como colaboraciones aquellos trabajos en los que sólo colaboran varios centros del CSIC. El número de publicaciones en el área de Agronomía con autores pertenecientes a más de una institución es de 194 (20% con respecto a las publicaciones en Agronomía) y para el área de Biotecnología Vegetal es de 55 (52% con respecto a las publicaciones en el área de Biotecnología Vegetal) (Tabla V).

Tabla V
Número de publicaciones SCI en colaboración entre el CSIC y otros centros

<i>Instituciones</i>	<i>Agronomía</i>	<i>Biotecnología Vegetal</i>
CSIC-Colaboración Internacional	159 (24,8%)	37 (35,3%)
CSIC-Colaboración nacional	35 (5,5%)	18 (17,1%)
CSIC-Sin colaboración	446 (69,7%)	50 (47,6%)

De las 159 publicaciones en las que se produce colaboración internacional, un 73% (116 trabajos) se produce simultáneamente con universidades españolas. La colaboración nacional representa un 5,5% del total de publicaciones en Agronomía.

En caso de la Biotecnología Vegetal, al igual que en el caso de Agronomía también se observa un mayor número de colaboraciones internacionales que se producen entre algún centro del CSIC simultáneamente con universidades españolas y centros extranjeros. De las 37 publicaciones realizadas por investigadores del CSIC en colaboración con alguna institución internacional, un 62% son entre centros pertenecientes al CSIC, una universidad española y un centro extranjero.

Un análisis en detalle de los centros que aparecen como co-autores muestra que el mayor número de colaboraciones con centros extranjeros en el caso de Agronomía se produce principalmente con universidades, un total de 63 (54%) y 25 (62%) en el caso de Biotecnología Vegetal. Dentro de las universidades españolas el mayor número de colaboraciones se produce con la universidad de Córdoba (Gómez y otros, 2007) lo cual se confirma por la presencia de un Cluster entre IAS y Universidad de Córdoba, que representa un 21% (53 publicaciones) de las co-autorías en el caso de colaboración con universidades para el área de Agronomía y un 48% (10 publicaciones) en el área de Biotecnología Vegetal. Tanto en el área de Agronomía como en la de Biotecnología Vegetal la empresa con mayor número de publicaciones es Advanta, con 8 publicaciones en Agronomía y 6 publicaciones en Biotecnología Vegetal.

En la tabla VI se muestra el número de publicaciones por país coautor con el CSIC para las temáticas de Agronomía y Biotecnología Vegetal. En el caso de Agronomía, un 64% de las co-autorías se producen con grupos de investigación de países europeos, destacando el número de colaboraciones producidas con investigadores de Italia y Reino Unido, con un porcentaje del 13% en cada caso. Estados Unidos es el país que presenta un mayor porcentaje de co-autoría, con un 19% del total de publicaciones en colaboración con algún país extranjero. Hay que destacar también el número de co-autorías que se producen con Argentina, que representa un 10% del total de colaboraciones.

Cuando se analiza el número de colaboraciones que se producen por institución, se observa que las dos primeras instituciones con mayor número de colaboraciones pertenecen a Estados Unidos. Estas instituciones son: el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y la Universidad de California, ambas representan un 10% y un 6%, respectivamente, del total de publicaciones en colaboración con algún país extranjero en Agronomía. Cabe destacar que la siguiente institución en cuanto a número de publicaciones en colaboración con algún centro de CSIC es la Universidad de Zagreb con un total de 6 publicaciones (5% del total de publicaciones en colaboración con un país extranjero). El Consejo Nacional para la Investigación (CNR) de Italia y la Universidad de Wageningen de Holanda también presentan 6 publicaciones conjuntas con algún centro del CSIC.

Tabla VI
Número de publicaciones para los 10 países con mayor número de colaboraciones en Agronomía y Biotecnología Vegetal

<i>País coautor</i>	<i>Número de publicaciones</i>			
	<i>Agronomía</i>	<i>%</i>	<i>Biotecnología Vegetal</i>	<i>%</i>
Estados Unidos	38	20	9	14
Italia	25	13	4	6
Reino Unido	25	13	18	27
Argentina	20	10	3	5
Alemania	14	7	6	9
Holanda	15	7	3	5
Francia	18	9	8	12
Portugal	12	6	0	0
Croacia	6	3	8	12
México	8	4	0	0
Israel	5	2	2	3
Otros	38	19	8	12

En el caso de Biotecnología Vegetal, el 80% de las publicaciones en colaboración se produce con un país europeo, principalmente con Reino Unido que representa un 27% del total de co-autorías. Estados Unidos ocupa el segundo lugar en cuanto a número de co-autorías con un 14% del total de colaboraciones. Croacia presenta un alto porcentaje de colaboración, un 12% en total.

La institución que presenta un mayor número de publicaciones en colaboración con algún centro del CSIC en Biotecnología Vegetal, es la Universidad de Zagreb: se encontraron 8 publicaciones conjuntas, que representan un 18% del total de colaboraciones con países extranjeros y que son el total de publicaciones en colaboración con Croacia. La segunda institución con mayor número de publicaciones en colaboración con el CSIC es el East Mailing Research (EMR) de Reino Unido, con 5 publicaciones. Las siguientes instituciones con mayor colaboración son: el Instituto de Ciencias Agrarias de Dinamarca, Centro de Investigación Agrícola para el Desarrollo Internacional (CIRAD) de Francia, y la Universidad de Oregón de Estados Unidos con unos porcentajes de colaboración del 10%, 7,5% y 7,5%, respectivamente.

3.4. Análisis de la transferencia de tecnología

Para este estudio se ha analizado el número de patentes de investigadores con más de dos publicaciones en revistas científicas en el área de Agronomía o Biotecnología Vegetal. En total se han estudiado 375 investigadores, de los cuales 15 tienen publicaciones en ambas áreas. En la tabla VII se recoge el número de investigadores que aparecen en patentes como inventores, el porcentaje de investigadores con patentes con respecto al total de investigadores estudiados y el número total de patentes en las que aparece al menos un investigador de los centros estudiados. El número total de investigadores que aparecen como inventores en alguna patente es 26 porque hay 3 investigadores que aparecen como inventores en patentes que pertenecen a las dos áreas estudiadas. Lo mismo ocurre en el caso de patentes solicitadas, donde 4 investigadores solicitan patentes en las 2 áreas estudiadas.

Tabla VII
Investigadores del CSIC con patentes

<i>Área</i>	<i>Investigadores con patentes</i>	<i>Patentes solicitadas</i>
Agronomía	24 (6,4%)	26 (78,8%)
Biotecnología Vegetal	5 (1,3%)	11 (33,3%)
Total	26	33

Todas las patentes analizadas tienen como titular al CSIC, a excepción de tres patentes cuyos titulares son la empresa Newbiotechnic y la Universidad de Córdoba. También se han identificado 7 grupos de investigadores que aparecen como inventores en patentes, con un total de 19 patentes, un 57% de las patentes analizadas. Cuatro de los grupos identificados pertenecen al Instituto de Agricultura Sostenible, centro que mayor número de patentes tiene con un total de 21 patentes (64%). Dos de los grupos identificados pertenecen a la Estación Experimental de Zaidín, con un total de 2 patentes (6%). El último grupo identificado pertenece al Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, con un total de 3 patentes (9%).

4. Conclusiones

La importancia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas como generador de conocimiento tanto en la Biotecnología Vegetal como en la Agronomía ha quedado patente de acuerdo al elevado porcentaje de producción científica con respecto al total nacional. La mayor parte de la investigación realizada en Agronomía y Biotecnología Vegetal se concentra en tres grandes centros: CEBAS, IAS y

EEAD, representando un 42% de las publicaciones de los centros analizados y un 18% de las publicaciones recogidas por el ISI en Agronomía a nivel nacional.

La cuantificación de la contribución de la Biotecnología Vegetal a la Agronomía ha mostrado que aún la Biotecnología Vegetal no ha alcanzado un papel significativo dentro del área de Agronomía, al menos en el CSIC, como sería lógico esperar de acuerdo con los nuevos y prometedores desarrollos biotecnológicos en el campo, como los Organismos Modificados Genéticamente (OMG). A lo largo del período analizado, la Biotecnología Vegetal apenas ha alcanzado un 20% en los años 2001 y 2005 (Fig. 2) del total de las contribuciones al área de Agronomía, aunque la tendencia muestra un crecimiento sostenido, especialmente a partir del año 2000 con una tasa del crecimiento del 13%. Hay que señalar que toda la Biotecnología Vegetal se publica en revistas de difusión internacional (SCI).

La contribución española en la clasificación de Biotecnología y Microbiología Aplicada de la base de datos SCI es de un 4%, situando a España en la cuarta posición de los países europeos, sólo por detrás de Reino Unido, Alemania y Francia. Además, la contribución de la Biotecnología con respecto a la producción científica total española es de 1,59%, una de las más importantes de Europa (Albert y otros, 2006). Por tanto, la escasa contribución de la Biotecnología al área de Agronomía no puede achacarse a que la Biotecnología en España no esté lo suficientemente desarrollada. Sin embargo, existen limitaciones externas que hacen que esa contribución sea aún pequeña.

Una posible explicación a esta observación es el rechazo que han provocado los OMG, uno de los principales potenciales de la Biotecnología Vegetal, por una parte importante de la sociedad europea y por la legislación existente en esta materia, que ha ralentizado de forma importante su aplicación extensiva en Agronomía en la Unión Europea (Fundación Genoma España, 2004). Aún la Biotecnología Vegetal no ha alcanzado la importancia que le corresponde en una muy tradicional ciencia como la agraria. Teniendo en cuenta todos estos condicionantes, sí se ha observado un esfuerzo en temas de transferencia de tecnología destacando en el caso de la Biotecnología Vegetal, donde se han presentado 11 solicitudes de patentes en el período comprendido entre 2000-2005.

A pesar de que el volumen de publicaciones en Biotecnología Vegetal no es muy elevado, es cierto que prácticamente todas ellas se encuentran dentro de las doce categorías consideradas como críticas para el desarrollo de la Agronomía de acuerdo al informe «Impacto de la Biotecnología de los sectores Agrícola, Ganadero y Forestal» (Fundación Genoma España, 2004), destacando sobre todo en cuatro. Estas cuatro tecnologías son: a) la selección asistida por marcadores, b) mapas genéticos, c) protocolos y vectores de transformación e inserción y d) delección dirigida/genética reversa.

Los indicadores obtenidos en el presente trabajo permiten afirmar que el desarrollo de la Agronomía en el CSIC es significativamente elevado respecto a la media nacional en este ámbito. El efecto que podría producir la Biotecnología, en el mismo sentido que la Agronomía se ve limitado, no por la falta de competitividad científica del CSIC en este conjunto de disciplinas, sino por factores inherentes a las políticas europeas relacionadas con la producción y consumo de OMG que tienen efecto en las políticas nacionales. De hecho, el período de tiempo analizado abarca tres planes nacionales distintos. Las líneas estratégicas relacionadas con la Biotecnología de los dos primeros planes, 1996-2000 y 2000-2003, no comprenden ninguna acción estratégica relacionada con la Biotecnología Vegetal, orientados mucho más al área de la Salud. Sólo en el plan 2004-2007 se incluye una línea de actuación dentro de este ámbito.

Este estudio ha permitido analizar las tendencias en la investigación dentro del área de Agronomía durante diez años en el CSIC. Para tener una visión detallada de las Ciencias Agrarias se ha iniciado un estudio en el que se han incluido otras áreas temáticas del JCR relacionada con las Ciencias Agrarias.

Referencias

- Albert, A.; Plaza, L.M.; Granadino, B. (2006): El flujo de conocimientos desde el Sistema público español de I+D a las industrias Biotecnológicas, *Radiografía de la investigación Pública España*, Biblioteca Nueva, Madrid, pp. 373-392.
- Arundel, A. (2003): *Biotechnology Indicators and public policy*. Statistical Analysis of Science, Technology and Industry, OCDE. Paris.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2004): *Agricultural Biotechnology Intellectual Property: Classification Scheme*. Departamento de Agricultura de Estados Unidos, disponible en: <http://www.ers.usda.gov/Data/AgBiotechIP/> [Consultado: 12/09/2007]
- Ernst & Young (2007): *Beyond Borders: Global Biotechnology Report 2007*. European Country Profiles.
- European Commission (2005): *Key Figures 2005. Towards a European Research Area: Indicators on Science, Technology and Innovation*, European Commission. Bruselas, pp. 47-65.
- European Commission (2007): *JRC Reference Report. Consequences, Opportunities and Challenges of Modern Biotechnology for Europe*, Institute for Prospective Technological Studies, European Communities, Luxembourg.
- FAO (2007): *Tesaurus Agropecuario*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, disponible en: http://www.fao.org/aims/ag_classifschemes.jsp [Consultado: 14/09/2007]
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (2007): *Informe COTEC 2007. Tecnología e innovación en España*, Fundación COTEC para la innovación tecnológica, Madrid, pp. 37-41.

Fundación Genoma España (2004): Impacto de la biotecnología en los sectores Agrícola, Ganadero y Forestal. Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo. Fundación OPTI y Fundación Genoma España, Madrid.

Gómez, I.; Fernández, M.T.; Bordons, M.; Morillo, F.; González-Albo, B.; Aparicio, J. (2007). La actividad científica del CSIC a través del Web of Science. Estudio bibliométrico del período 2001-2005. CINDOC, Madrid.

OECD (2005): Statistical Definition of Biotechnology. OCDE.

Solh, M.; Ghosh, K. (2005): Contribution to Strengthening Plant Biotechnology in Developing Countries, *FAO*, Beijing.