



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

TESIS DOCTORAL

EL SECTOR BIOTECNOLÓGICO EN EL MARCO DEL SISTEMA PÚBLICO ESPAÑOL DE I+D.

UNA APROXIMACIÓN CIENCIOMÉTRICA

Autor:

Esther Elena García Carpintero

Director:

Luis Manuel Plaza Gómez

Tutor:

Carmen Martín Moreno

Departamento de Biblioteconomía y Documentación

Getafe, Marzo 2012

TESIS

TESIS DOCTORAL

El Sector Biotecnológico Español en el Marco del Sistema Público de I+D. Una Aproximación Cienciométrica

Autor: Esther Elena García Carpintero

Director: Luis Manuel Plaza Gómez

Tutor: Carmen Martín Moreno

Firma del Tribunal Calificador:

Firma

Presidente:

Vocal:

Vocal:

Vocal:

Secretario:

Calificación:

Getafe, 5 de Marzo de 2012

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de cualquier tesis doctoral requiere un gran esfuerzo y dedicación. Es un camino lleno de obstáculos pero también de satisfacciones. En mi caso, durante este período, que han sido años tan duros para mí en el terreno personal, todo lo relacionado con esta tesis me ha dado muchas satisfacciones que me han ayudado a seguir adelante. Me ha brindado la oportunidad de conocer a grandes personas que han sido muy importantes para mí y a las que quiero dar mi agradecimiento más sincero, ya que sin su ayuda no habría sido posible llegar al final de este proyecto.

En primer lugar quiero agradecer al Dr. Luis Plaza, por haber confiado en mí para realizar esta tesis, y muy especialmente por su dedicación y disponibilidad para la resolución de cualquier duda que me pudiera surgir. Quiero agradecerle también que haya siempre contado conmigo para la realización de otros proyectos, de los cuales he aprendido mucho y me han ayudado para formarme como investigadora. Las largas conversaciones que hemos mantenido en estos años no sólo me han enriquecido en mi actividad laboral, sino que también me han enriquecido a nivel personal, ayudándome a ser mejor persona y a defender todo aquello en lo que uno cree.

También quiero agradecer toda la ayuda y apoyo prestado por el Dr. Armando Albert durante estos años. No sólo es un gran científico, que además ha tenido un papel muy importante en el desarrollo de la ciencia española, en general, y de la Biotecnología en particular, sino que además es una de las mejores personas que he conocido.

Quiero agradecer también su ayuda a la Dra. Begoña Granadino, sobre todo por su apoyo en la etapa final de la elaboración de la tesis, dándome el impulso final que necesitaba para terminarla.

Por supuesto no puedo olvidarme de Manuela López, de quien aprendí la metodología y su forma concienzuda de llevar a cabo el trabajo, y junto con Celia Villanueva y Yara Mostazo, me han permitido olvidarme de los problemas, compartiendo con ellas momentos inolvidables.

A mi última compañera de despacho, Beatriz Gutiérrez, quiero agradecerle su apoyo y los buenos ratos que hemos pasado en los últimos tiempos.

Por supuesto, quiero agradecer los buenos ratos y los momentos de desahogo a todos mis compañeros del IEDCYT, en especial a Sofía, Alejandro, Jorge y Belén.

Por último, y no por menos importante, quiero agradecer de todo corazón la ayuda y el apoyo que he recibido de mi pequeña familia, a Sofi y Sira que me han acompañado en toda la elaboración, sobre todo en las horas nocturnas. Y muy en especial al miembro más importante, Rubén Miranda. Sencillamente sin su ayuda y su apoyo constante no hubiera sido posible la realización de este sueño. Por animarme en los peores momentos, por ayudarme recobrar la ilusión en este proyecto, por su apoyo en estos años y sobre todo por estar siempre ahí, quiero mostrarle mi mayor agradecimiento y desearle lo mejor en todos los aspectos de su vida.

A Rubén

RESUMEN

El sector biotecnológico es de gran importancia estratégica en la economía nacional por tratarse de un sector horizontal con una fuerte implicación en un buen número de áreas industriales y económicas (salud, alimentación, medioambiente, procesos industriales, etc.). De hecho, se estima que el impacto del sector biotecnológico puede suponer alrededor del 25% del PIB de la Unión Europea o de Estados Unidos. Teniendo en cuenta esto, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha considerado la Biotecnología como un área de conocimiento estratégica que los países deben promover de manera decidida.

Una de las características del sector biotecnológico es que es muy intensivo en conocimiento, de ahí la gran importancia que tiene sobre él tanto la producción científica como tecnológica y el personal dedicado a actividades de I+D. De hecho, las necesidades de inversión en I+D en Biotecnología son de las más altas de todos los sectores productivos y una de sus principales características diferenciales. En la Unión Europea o en Estados Unidos, un 50-60% del total de ingresos de las empresas se destinan a las actividades de I+D.

El sector biotecnológico requiere de un importante aporte de recursos para desarrollar sus actividades de I+D, necesitando tanto de fondos privados como públicos. En España, la financiación de la I+D privada es aún pequeña comparada con la correspondiente a la I+D pública. Además, en nuestro país, el sector biotecnológico en su vertiente empresarial, está formado mayoritariamente por empresas pequeñas, que difícilmente pueden acometer por sí mismas las enormes inversiones en I+D necesarias para ser realmente competitivas. Por ello, los programas nacionales e internacionales de apoyo a la investigación son la principal fuente de financiación de la investigación biotecnológica en España, y el éxito de estos programas son claves para el futuro de dicho sector.

A pesar de que en los últimos años se ha constatado un importante aumento de la producción científica española en Biotecnología así como de su calidad, el tejido empresarial nacional no es aún capaz de absorber adecuadamente todo ese

conocimiento generado ni los recursos humanos formados por el sistema público de I+D. Todavía la transferencia de tecnología no se ha desarrollado lo suficientemente para aprovechar de forma eficaz los recursos de investigación disponibles. En ese sentido, y aunque es necesario seguir aumentando la financiación pública de la I+D, también hay que proponer nuevas fórmulas orientadas a conseguir una mayor eficacia del gasto en I+D.

La presente tesis doctoral analiza el ámbito biotecnológico español en el marco del sistema público de I+D, con el fin de definir cuáles son sus fortalezas y debilidades del sector y proponer aquellas actuaciones que se consideran necesarias para mejorar la eficiencia del sistema público de I+D y su contribución a la biotecnología.

Este análisis se ha llevado a cabo mediante una aproximación cuantitativa. La Cuantimetría es una disciplina que permite estudiar la eficacia de las políticas científicas y la dinámica de la ciencia mediante el empleo de la bibliometría, la estadística y otras técnicas de análisis. Los estudios cuantitativos ayudan a valorar el estado actual de la ciencia y sus resultados permiten apoyar la toma de decisiones sobre la distribución de los recursos disponibles en I+D.

En concreto, esta tesis doctoral ha analizado los siguientes aspectos:

- **Producción científica española en el área de Biotecnología** (Capítulo 4.1). Se ha cuantificado y analizado la producción científica española en Biotecnología durante el período 1990-2009. Se ha analizado tanto la autoría como la temática de los trabajos, y se ha contextualizado a nivel europeo y mundial. La información de base para estos estudios se ha obtenido mediante consultas a dos bases de datos de reconocido prestigio internacional: *Web of Knowledge* y *Scopus*.

La producción científica ha aumentado de forma muy importante en los últimos años, tanto en *Bioquímica y Biología Molecular* como en *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, aunque de forma muy similar a otros países europeos o a nivel mundial. Mientras que el crecimiento en el número de publicaciones ha sido constante en el área de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, en el caso

de la *Bioquímica y la Biología Molecular* el crecimiento más importante se dio en la primera década (1990-1999), mientras que se observa una estabilización en el número de publicaciones en la segunda (2000-2009). Hoy día, España representa un 5% del total mundial (12% de la UE-15) de publicaciones en *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, y un 3% del total mundial (7% de la UE-15) de la producción en *Bioquímica y Biología Molecular*. A pesar de que el número de publicaciones ha crecido de forma muy importante en los últimos años, el porcentaje de artículos en esas áreas respecto al total nacional, disminuyó desde un 7% en 1990 hasta un 3,5% en 2009 en el caso de *Bioquímica y Biología Molecular*, mientras que se mantuvo prácticamente constante en un 2% desde el año 1996 en el caso de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*. El factor de impacto medio de las revistas en las que publicaron los investigadores españoles aumentó a lo largo de todo el período estudiado, independientemente de las disciplinas analizadas: creció el número de publicaciones en revistas de alto factor de impacto y disminuyó el porcentaje de publicaciones en revistas de bajo factor de impacto.

- **Identificación de grupos de investigación españoles dedicados a la Biotecnología** (Capítulo 4.2). Se han identificado y cuantificado el número de grupos de investigación españoles activos en actividades de investigación en Biotecnología así como su evolución (en cuanto a recursos humanos), en los años 1990, 2000 y 2009. Este análisis ha permitido identificar la evolución de recursos humanos destinados a investigación biotecnológica, así como los grupos de investigación con mayor potencial para realizar tareas de transferencia de conocimiento al sistema productivo. También se han identificado las áreas temáticas en las que se ha especializado cada uno de estos grupos de investigación y cómo se interrelacionan (mediante análisis de redes sociales).

El análisis realizado muestra que los grupos de investigación españoles en Biotecnología son grupos muy pequeños, con pocas interrelaciones entre grupos, y muy especializados. Los grupos de investigación han evolucionado de forma diferente en el período estudiado, primero aumentando su número, para

después aumentar el tamaño de los mismos. Si en 1990, se han identificado 33 grupos, la mayoría con menos de cuatro investigadores, en 2000, este número es de 66, manteniéndose el tamaño medio de los grupos. En 2009, sin embargo, el número de grupos identificados disminuyó hasta 38, muy similar al valor de 1990, pero se observó un aumento en el número de miembros de estos grupos.

- **Producción tecnológica española en el área de Biotecnología** (Capítulo 4.3). Se ha cuantificado y analizado la producción tecnológica (patentes) tanto de investigadores como de empresas españolas durante el período 1990-2009, contextualizándose a nivel europeo y mundial. La información de base para el análisis de la producción tecnológica se ha realizado mediante consulta a las más importantes bases de datos de patentes: europea (EPO), estadounidense (USPTO) y mundial (WIPO). Este estudio también ha incluido las familias triádicas de patentes, generalmente consideradas como las de mayor calidad y relevancia (Europa-EE.UU.-Japón). El análisis de estos datos, junto con el de capítulos posteriores, es la base que ha hecho posible determinar posteriormente cómo es el flujo de conocimiento entre el sector público español de I+D y el sector empresarial.

Entre las entidades españolas, las empresas farmacéuticas son las principales titulares de patentes registradas en la USPTO y la EPO, aunque el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) también tiene un elevado porcentaje de patentes. La mayoría de patentes biotecnológicas de titularidad española corresponden al ámbito de la salud, en concreto a la obtención de proteínas como fármacos antitumorales o para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. La posición de España dentro de la UE-15, tanto en titularidad de patentes biotecnológicas como en patentes biotecnológicas con inventores europeos, tanto en la base de datos USPTO como EPO, es muy baja, sobre todo si se consideran los favorables indicadores de producción científica. Sin embargo, es necesario apuntar que España ha sido uno de los países europeos que han mostrado una mayor tasa de crecimiento a lo largo del período analizado, especialmente entre 2000 y 2009, donde es el

segundo país, situándose por encima del crecimiento medio de la UE-15. Estos indicadores revelan el importante esfuerzo realizado para situar a la biotecnología española en unos niveles de desarrollo cada vez más próximos a los alcanzados por otros países europeos más consolidados en este ámbito.

Es de gran importancia señalar que, en el contexto europeo, España muestra un marcado contraste entre una creciente producción científica y una débil actividad patentadora. España tiene pocas patentes de titularidad propia mientras que hay un número importante de patentes de titularidad extranjera en cuya obtención ha participado un buen número de investigadores españoles. España es un país que cuenta con número significativo de investigadores capaces de generar tecnologías patentables. Sin embargo, este potencial apenas es aprovechado por nuestro propio sector productivo para generar patentes y estos recursos humanos son más eficazmente captados por empresas e instituciones extranjeras implicadas en el desarrollo tecnológico.

- **Análisis de citas a patentes biotecnológicas de titularidad española** (Capítulo 4.4) **y análisis de citas a trabajos de investigadores españoles en patentes biotecnológicas** (Capítulo 4.5). En estos capítulos se ha llevado a cabo el análisis de citas de patentes utilizando como referencia la base de datos de la USPTO, con el fin de analizar el flujo de conocimiento entre el sector público español de I+D y el sector empresarial. En primer lugar, se ha analizado el número de citas de patentes biotecnológicas de titularidad española. En este caso, las patentes biotecnológicas españolas muestran un bajo impacto de estas patentes sobre otros países. El CSIC fue la institución que recibió un mayor número de citas, especialmente si se compara con el resto de instituciones, lo que indica la capacidad del CSIC para producir conocimiento utilizable por el sector productivo. Este análisis también ha constatado una gran desvinculación entre el sector productivo y el sector público español de I+D, como evidencia el bajo número de trabajos científicos españoles citados en las patentes.

Respecto al análisis de citas en patentes biotecnológicas a investigadores españoles, se observa que un porcentaje elevado de los investigadores identificados en el Capítulo 4.2 (más del 30%) han sido citados en patentes registradas en la USPTO por entidades extranjeras. Las patentes que citan trabajos científicos españoles corresponden fundamentalmente al sector salud, y en especial en lo que se relaciona con proteínas y DNA. La obtención y análisis de los “indicadores de inmediatez” evidencian que la velocidad de incorporación de citas a artículos de autores españoles es superior a la media para el conjunto de la producción científica mundial citada en patentes biotecnológicas.

- **Caracterización del sector empresarial del sector biotecnológico español (4.8).**
Esta caracterización se ha llevado a cabo mediante el diseño de una encuesta, siguiendo las recomendaciones de la OCDE para encuestas de actividades biotecnológicas, y su distribución al sector empresarial. Esta encuesta pretende analizar dos aspectos: a) el perfil de las empresas (tamaño, actividades, etc.) y b) cómo es la transferencia de conocimiento entre el sistema público de I+D y esas empresas. El análisis de estas encuestas han permitido determinar cuál es la relación del sector empresarial con el sector público de I+D y cuáles son los factores limitantes que hacen que esa relación no sea aún más eficiente. Las empresas consideraron el exceso de burocracia o la lentitud en la respuesta por parte de los investigadores como obstáculos en la colaboración con el sistema público de I+D. Sin embargo, a pesar de los obstáculos encontrados y de la percepción de la empresa sobre el Sistema Público de I+D, las empresas piensan seguir colaborando con él en los próximos años.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. La Biotecnología	- 1 -
1.1.1. Tipos de Biotecnología	- 5 -
1.2. La Biotecnología a nivel mundial	- 8 -
1.3. La Biotecnología a nivel europeo	- 14 -
1.3.1. Políticas de innovación biotecnológica a nivel europeo	- 16 -
1.4. La Biotecnología en España	- 24 -
1.5. Evolución del marco legal para la financiación y ejecución de la I+D	- 40 -
1.5.1. Programa Nacional de I+D	- 40 -
1.5.2. Plan Nacional de I+D	- 43 -
1.5.3. Programa Nacional de biotecnología	- 45 -
1.5.3.1. Programa Nacional de Biotecnología 1996-1999.	- 45 -
1.5.3.2. Programa Nacional de Biotecnología 2000-2003.	- 47 -
1.5.3.3. Programa Nacional de Biotecnología 2004-2007.	- 51 -
1.5.3.4. Plan Nacional de Biotecnología: 2008-2011.	- 56 -
1.5.4. Programa Marco de la Unión Europea	- 58 -
1.5.5. Biotecnología en los Programas Marco	- 69 -
1.6. Transferencia de tecnología y transferencia de conocimiento	- 71 -
1.6.1. Fundamentos generales	- 71 -
1.6.2. Transferencia de tecnología y conocimientos en Biotecnología	- 74 -
1.7. Indicadores cuantitativos	- 83 -
1.7.1. Indicadores bibliométricos de producción científica	- 86 -
1.7.2. Indicadores cuantitativos de producción tecnológica	- 91 -
1.7.2.2. Indicadores de citas de patentes	- 98 -
1.8. Indicadores basados en análisis de redes sociales	- 102 -
1.9. Indicadores en Biotecnología	- 106 -
1.10. Fuentes de Información sobre Biotecnología en España	- 112 -
1.10.1. Instituto Nacional de Estadística	- 112 -
1.10.2. OCDE	- 115 -

1.10.3. Fundación Española para el Desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica (Genoma España)	- 116 -
1.10.4. Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO).....	- 122 -
2. HIPÓTESIS DE PARTIDA Y DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	- 127 -
2.1. Hipótesis de partida	- 129 -
2.2. Objetivos del estudio	- 130 -
3. METODOLOGÍA.....	- 133 -
3.1. Bases de datos bibliográficas	- 135 -
3.1.1. Web of Science (WoS).....	- 135 -
3.1.2. Scopus	- 137 -
3.1.3. Semejanzas y diferencias entre Web of Knowledge y Scopus.....	- 138 -
3.2. Bases de datos de patentes	- 141 -
3.2.1. Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO)	- 141 -
3.2.2. Oficina de Patentes Europea (EPO).....	- 142 -
3.2.3. Diferencias entre las bases de datos de las oficinas de patentes estadounidense (USPTO) y europea (EPO).....	- 144 -
3.3. Tratamiento y análisis de datos mediante herramientas informáticas	- 145 -
3.3.1. Matheo Patent® software.....	- 145 -
3.3.2. UCINET	- 148 -
3.3.3. Bibexcel.	- 149 -
3.4. Obtención de indicadores de producción científica y tecnológica.....	- 150 -
3.4.1. Análisis de producción científica en Web of Science.....	- 150 -
3.4.2. Análisis de producción científica en Scopus.	- 152 -
3.5. Análisis de redes sociales.....	- 153 -
3.6. Encuestas de interacción entre las empresas y el sistema público de I+D	- 154 -

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 157 -
4.1.	Producción científica española en el área de Biotecnología.	- 159 -
4.1.1.	Producción recogida en la base de datos WoS en Biotecnología y Microbiología Aplicada y Bioquímica y Biología Molecular durante el período 1990-2010.....	- 159 -
4.1.2.	Análisis de las publicaciones españolas en las áreas de Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada en función del Factor de Impacto.	- 164 -
4.1.3.	Producción científica en WoS. Marco europeo.	- 175 -
4.1.4.	Principales hallazgos del capítulo	- 185 -
4.2.	Identificación de grupos de investigación	- 187 -
4.2.1.	Caso detallado de la identificación de grupos de investigación en la categoría de Biotecnología y Microbiología Aplicada.....	- 197 -
4.2.2.	Detalle de los principales grupos de investigación resultantes del análisis factorial basado en la producción científica recogida en WoS ...	- 201 -
4.2.3.	Principales hallazgos del capítulo	- 207 -
4.3.	Análisis de la producción tecnológica durante el período 1990-2009. ...	- 208 -
4.3.1.	Patentes biotecnológicas españolas concedidas por la USPTO.....	- 208 -
4.3.1.1.	Análisis de las patentes biotecnológicas españolas registradas en USPTO dentro del marco europeo.....	- 216 -
4.3.2.	Patentes biotecnológicas españolas registradas en la base de datos EPO.....	- 222 -
4.3.2.1.	Patentes biotecnológicas españolas registradas en EPO: Análisis en el contexto europeo.	- 225 -
4.3.3.	Patentes biotecnológicas españolas registradas en la base de datos WIPO.	- 235 -
4.3.3.1.	Análisis de las patentes biotecnológicas españolas registradas en WIPO dentro del marco europeo.....	- 236 -
4.3.4.	Principales hallazgos.	- 239 -
4.4.	Análisis de citas de patentes biotecnológicas con titulares españoles registradas en la base de datos USPTO.....	- 241 -
4.4.1.	Principales hallazgos del capítulo	- 245 -
4.5.	Análisis de citas de investigadores españoles en el área de Biotecnología en patentes biotecnológicas USPTO.....	- 246 -

4.5.1. Vida media de las citas a artículos de investigadores españoles en Biotecnología.	- 249 -
4.5.2. Principales hallazgos del capítulo.	- 252 -
4.6. Sector empresarial biotecnológico español.....	- 253 -
4.6.1. Relaciones entre el sector privado y el sector público de I+D.....	- 267 -
4.6.2. Principales hallazgos del capítulo	- 275 -
5. CONCLUSIONES	- 277 -
6. BIBLIOGRAFÍA	- 287 -
ANEXO A. ENCUESTA.	- 313 -
ANEXO B. ACRÓNIMOS.....	- 321 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Facturación del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young, 2003. Elaboración propia.	- 11 -
Figura 2.- Inversión en I+D del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young, 2003. Elaboración propia.	- 11 -
Figura 3. Porcentaje que representa la I+D frente a los ingresos del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young, 2003. Elaboración propia.....	- 11 -
Figura 4. Porcentaje que representa la I+D frente a los ingresos del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young (2003 y 2010). Elaboración propia.....	- 12 -
Figura 5. Beneficios obtenidos en el sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young (2003 y 2010). Elaboración propia.	- 13 -
Figura 6. Porcentaje de beneficios netos en función del valor de los ingresos del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young (2003 y 2010). Elaboración propia.	- 13 -
Figura 7.- Elementos clave y factores que influyen en la innovación. Fuente: Informe Biopolis. DPI: Derechos de Propiedad Intelectual; TT: Transferencia de Tecnología; ONG: Organización no gubernamental.....	- 17 -
Figura 8. Estructura de financiación del sector biotecnológico europeo.	- 18 -
Figura 9. Número de publicaciones por cuartiles de factor de impacto de las revistas de España, UE-15 y mundial (2000-2009). Fuente: Genoma España, 2009	- 25 -
Figura 10. Carácter básico, aplicado o tecnológico de las publicaciones biotecnológicas españolas respecto al total mundial. Fuente: Genoma España, 2009....	- 26 -
Figura 11. Distribución por sectores de las publicaciones biotecnológicas españolas. Fuente: Genoma España, 2009	- 27 -
Figura 12. Tipo de instituciones titulares de solicitudes de patentes biotecnológicas españolas. Fuente Genoma España, 2009.	- 28 -

Figura 13. Número de patentes financiadas a instituciones públicas por el programa de transferencia de la Fundación Genoma España.	
Fuente: Genoma España, 2009.	- 29 -
Figura 14. Número de licencias de patentes biotecnológicas españolas.....	- 30 -
Figura 15. Subvenciones a actividades biotecnológicas por tipo de institución financiadora. Fuente: Genoma España, 2009.	- 31 -
Figura 16. Porcentaje de subvención por tipo de ayuda a la Biotecnología. Fuente: Genoma España, 2009.	- 32 -
Figura 17. Número de empresas biotecnológicas y empresas industriales, de servicio y comerciales relacionadas con la Biotecnología. Fuente: Genoma España, 2009.	- 33 -
Figura 18. Número de empresas por Comunidades Autónomas. Fuente: Genoma España, 2009. Elaboración propia.	- 34 -
Figura 19. Facturación de las empresas completamente dedicadas a la Biotecnología. Fuente: Genoma España, 2009. Elaboración propia.	- 35 -
Figura 20. Contribución total de la Biotecnología al PIB y al empleo según estimaciones de la Fundación Genoma España, incluyendo previsiones a 2010 y 2012.	- 35 -
Figura 21. Porcentaje de empresas biotecnológicas por sectores de dedicación.	- 36 -
Figura 22. Porcentaje de empresas industriales, de servicio y comerciales por sectores de dedicación. Fuente: Genoma España, 2009.	- 37 -
Figura 23. Porcentaje de capital riesgo invertido frente al total de la inversión. Fuente: Genoma España, 2009.	- 38 -
Figura 24. Evolución de los indicadores de la Biotecnología	- 39 -
Figura 25. Tasa de crecimiento anual de la biotecnología durante el período 2000-2008. Fuente: Genoma España, 2009.....	- 39 -
Figura 26. Nueva estructura de gobernanza del Sistema de Ciencia y Tecnología. Elaboración propia.....	- 41 -
Figura 27. Evolución del porcentaje del retorno y liderazgo español.....	- 60 -
Figura 28. Estrategias de innovación de una empresa.....	- 73 -

Figura 29. Modelo Conceptual de la relación Sistema Público de Investigación-Empresa. Fuente: Comisión Europea, 2002. Elaboración propia.	- 75 -
Figura 30. Tipos de organización en el proceso de transferencia de tecnología. Elaboración propia.....	- 79 -
Figura 31. Modelo más habitual de organización en los procesos de transferencia mediante un modelo de licencia.	- 80 -
Figura 32. Número de “spin-off” biotecnológicas creadas por Universidades españolas. Fuente: Genoma España, 2009.	- 81 -
Figura 33. Número de licencias y facturación entre instituciones públicas de investigación y empresas y facturación. Fuente: Genoma España, 2009.	- 82 -
Figura 34. Relación entre actividad patentadora, invención e innovación. Fuente: Basberg (1987). Elaboración propia.....	- 93 -
Figura 35. Modelo lineal y no lineal de la relaciones entre la ciencia y la tecnología. Fuente: Meyer (2000c). Elaboración propia.....	- 99 -
Figura 36. Unidades para la elaboración de mapas científicos. Fuente: Noyons (2004)	- 103 -
Figura 37. Actividades de la Fundación Genoma España. Fuente: Genoma España. www.gen-es.org/ [Consultado : 1 Junio 2010]	- 117 -
Figura 38. Interfaz para la realización de búsquedas en el programa	- 146 -
Figura 39. Datos mostrados por el programa Matheo Patent tras la realización de la búsqueda de patentes y elaboración de la base de datos.	- 147 -
Figura 40. Interfaz del programa Bibexcel para el análisis de registros bibliográficos.	- 150 -
Figura 41.- Pantalla de búsqueda en la WoS.....	- 151 -
Figura 42.- Pantalla de búsqueda en Scopus.....	- 152 -
Figura 43. Evolución de las publicaciones españolas, recogidas en WoS, en las categorías de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada y Bioquímica y Biología Molecular</i> durante el período 1990-2009.	- 160 -
Figura 44. Crecimiento acumulado en tanto por uno (1990=1) del número de publicaciones españolas recogidas en WoS en las áreas de <i>Bioquímica y</i>	

<i>Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> durante el período 1990-2009.	- 161 -
Figura 45. Porcentaje de documentos en <i>Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> respecto a la producción total española durante el período 1990-2009.	- 161 -
Figura 46. Evolución del número de publicaciones en la categoría de <i>Bioquímica y Biología Molecular</i> en UE-15, EEUU y mundial durante el período 1990-2009.	- 163 -
Figura 47. Evolución del número de publicaciones en la categoría de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> en UE-15, EEUU y mundial durante el período 1990-2009.	- 164 -
Figura 48. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas relacionadas con la Biotecnología recogidas por WoS.....	- 165 -
Figura 49. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas relacionadas con la Biotecnología recogidas por WoS.....	- 166 -
Figura 50. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas relacionadas con la Biotecnología recogidas por WoS. 1998=100.	- 166 -
Figura 51. Evolución de las publicaciones relacionadas con biotecnología por intervalos de factor de impacto.	- 168 -
Figura 52. Evolución de las publicaciones relacionadas con biotecnología por cuartiles de factor de impacto de las revistas del área.....	- 168 -
Figura 53. Evolución del factor de impacto medio de las revistas del área de <i>Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> y del conjunto de ambas.	- 169 -
Figura 54. Evolución del factor de impacto medio de las revistas del área de <i>Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> y del conjunto de ambas. 1998=100.....	- 170 -
Figura 55. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas en el área de la <i>Bioquímica y la Biología Molecular</i> recogida por WoS. 1998=100.....	- 171 -
Figura 56. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas en el área de la <i>Bioquímica y Biología Molecular</i> recogida por WoS. 1998=100.....	- 171 -

Figura 57. Evolución de las publicaciones en el área de <i>Bioquímica y Biología Molecular</i> por intervalos de factor de impacto.....	- 172 -
Figura 58. Evolución de las publicaciones en el área de <i>Bioquímica y Biología Molecular</i> por cuartiles de factor de impacto de las revistas del área.	- 173 -
Figura 59. Evolución de las publicaciones en el área de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> por intervalos de factor de impacto.....	- 174 -
Figura 60. Evolución de las publicaciones en el área de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> por cuartiles de factor de impacto de las revistas del área.....	- 174 -
Figura 61. Tasa de crecimiento para los distintos países durante el período 1990-2009.....	- 176 -
Figura 62. Tasa de crecimiento de <i>Bioquímica y Biología Molecular</i> durante el período 1990-1999.....	- 176 -
Figura 63. Tasa de crecimiento de <i>Bioquímica y Biología Molecular</i> durante el período 2000-2009.....	- 177 -
Figura 64. Tasa de crecimiento de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> durante el período 1990-1999.....	- 178 -
Figura 65. Tasa de crecimiento de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> durante el período 2000-2009.....	- 178 -
Figura 66. Producción científica Europea en Biotecnología y Microbiología Aplicada en el primer cuartil de FI (FI más bajos) durante el período 2000-2009...	- 179 -
Figura 67. Producción científica Europea en la categoría de Biotecnología y Microbiología Molecular en el segundo cuartil de FI (FI medio-bajos) durante el período 2000-2010.....	- 180 -
Figura 68. Producción científica Europea en la categoría de Biotecnología y Microbiología Aplicada en el tercer cuartil de FI (FI medio-altos) durante el período 2000-2010.....	- 180 -
Figura 69. Producción científica Europea en la categoría de Biotecnología y Microbiología Aplicada en el cuarto cuartil de FI (FI más altos) durante el período 2000-2010.....	- 181 -

Figura 70. Tasa de crecimiento acumulado de la producción científica europea en Biotecnología y Microbiología Aplicada en el cuarto cuartil de FI (FI más altos) durante el período 2000-2010.....	- 181 -
Figura 71. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el primer cuartil de FI (FI más bajos) durante el período 2000-2010.....	- 182 -
Figura 72. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el segundo cuartil de FI (FI medio-bajos) durante el período 2000-2010.....	- 182 -
Figura 73. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el tercer cuartil de FI (FI medio-altos) durante el período 2000-2010.....	- 183 -
Figura 74. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el cuarto cuartil de FI (FI altos) durante el período 2000-2010.....	- 183 -
Figura 75. Tasa de crecimiento acumulado de la producción científica europea en Bioquímica y Biología Molecular en el cuarto cuartil de FI (FI más altos) durante el período 2000-2010.....	- 184 -
Figura 76. Red de Componentes Principales de la red de autores de trabajos científicos relacionados con la Biotecnología en 1990.....	- 191 -
Figura 77. Red de componentes principales de la red de autores de trabajos científicos relacionados con la Biotecnología en 2000.....	- 195 -
Figura 78. Red de componentes principales de la red de autores de trabajos científicos relacionados con la Biotecnología en 2009.....	- 196 -
Figura 79. Mapa de colaboración de investigadores en el área de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> durante el período 2007-2008.....	- 199 -
Figura 80. Mapa resultante del análisis <i>MDS</i> entre investigadores en el área de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> (2007-2008).....	- 200 -
Figura 81. Detalle del grupo número 1 resultante del análisis factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> del ISI-Thompson.....	- 203 -

Figura 82. Detalle del grupo número resultante del análisis de factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> del ISI-Thompson.	204 -
Figura 83. Detalle del grupo número resultante del análisis de factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> del ISI-Thompson.	205 -
Figura 84. Detalle del grupo número resultante del análisis de factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i> del ISI-Thompson.	206 -
Figura 85. Evolución del número de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares e inventores españoles durante el período 1990-2009.	210 -
Figura 86. Crecimiento anual en el número de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares e inventores españoles durante el período 1990-2009.	210 -
Figura 87. Organismos titulares de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares españoles durante el período 1990-2009 (El número de entidades titulares se indica entre paréntesis).	211 -
Figura 88. Clasificación temática de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titularidad española durante el período 2000-2008.	213 -
Figura 89. Clasificación de patentes biotecnológicas con titulares o inventores españoles concedidas en la USPTO durante el período 2000-2008 según la clasificación de la OCDE para la Biotecnología.	213 -
Figura 90. Clasificación de patentes concedidas por la USPTO con titulares españoles englobadas dentro del ámbito de la salud durante el período 2000-2008.	214 -
Figura 91. Titularidad de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores españoles. Período 2000-2008.	215 -
Figura 92. Entidades extranjeras titulares de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores españoles durante el período 2000-2008.	216

Figura 93. Número de patentes biotecnológicas por la USPTO con titularidad de países UE-15 recogidas por la USPTO durante el período 1990-2009.	- 217 -
Figura 94. Número de patentes con inventores de países UE-15 concedidas por la USPTO durante el período 1990-2009.	- 218 -
Figura 95. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares de países europeos durante el período 1990-2009.....	- 219 -
Figura 96. Tasa de crecimiento media anual de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores de países europeos durante el período 1990-2009.	- 219 -
Figura 97. Tasa de crecimiento acumulada de las patentes biotecnológica concedidas por la USPTO con titulares de países europeos durante el período 1990-1999.	- 221 -
Figura 98. Tasa de crecimiento acumulada de las patentes biotecnológica concedidas por la USPTO con titulares de países europeos durante el período 2000-2009.	- 221 -
Figura 99. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la USPTO con inventores de países europeos durante el período 1990-1999..	- 222 -
Figura 100. Tasa de crecimiento acumulada de las patentes biotecnológica concedidas por la USPTO con inventores de países europeos durante el período 2000-2009.	- 222 -
Figura 101. Evolución del número de patentes biotecnológicas con titulares e inventores españoles concedidas por la EPO durante el período 1990-2009.	- 223 -
Figura 102. Crecimiento anual en el número de patente biotecnológicas con titulares e inventores españoles concedidas en EPO durante el período 1990-2009.	- 224 -
Figura 103. Organismos titulares de patentes biotecnológicas con titulares españoles concedidas por la EPO durante el período 1990-2009 (el número de entidades titulares se indica entre paréntesis)	- 225 -
Figura 104. Número de patentes biotecnológicas con titulares europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009.	- 226 -
Figura 105. Porcentaje de patentes biotecnológicas s con titulares europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009.	- 227 -

Figura 106. Número de patentes biotecnológicas con inventores europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009.....	- 227 -
Figura 107. Porcentaje de patentes biotecnológicas con inventores europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009.....	- 228 -
Figura 108. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con titulares de países europeos durante el periodo 1990-2009.	- 228 -
Figura 109. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con inventores de países europeos durante el periodo 1990-2009.	- 229 -
Figura 110. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con titulares de países europeos durante el periodo 1990-1999.	- 230 -
Figura 111. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con titulares de países europeos durante el periodo 2000-2005.	- 230 -
Figura 112. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con inventores de países europeos durante el periodo 1990-1999.	- 231 -
Figura 113. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con inventores de países europeos durante el periodo 2000-2005.	- 231 -
Figura 114. Evolución del número de patentes triádicas relacionadas con la biotecnología con titulares e inventores españoles concedidas durante el periodo 2000-2010.	- 235 -
Figura 115. Crecimiento anual en el número de patente biotecnológicas concedidas con titulares españoles registradas en WIPO durante el periodo 2000-2009.	- 236 -
Figura 116. Número de patentes triádicas concedidas relacionadas con la biotecnología con titulares de países miembros de la UE-15 durante el periodo 2000-2010.	- 237 -

Figura 117. Porcentaje de patentes trídicas concedidas con titulares de países miembros de la UE-15 respecto al total de patentes trídicas de la UE-15 relacionadas con la biotecnología durante el período 2000-2010.	237 -
Figura 118. Número de patentes trídicas concedidas relacionadas con la biotecnología con inventores de países miembros de la UE-15 durante el período 2000-2010	238 -
Figura 119. Porcentaje de patentes trídicas concedidas con inventores de países miembros de la UE-15 respecto al total de patentes trídicas de la UE-15 r elacionadas con la biotecnología durante el período 2000-2010.	238 -
Figura 120. Número de investigadores españoles citados en patentes biotecnológicas recogidas en la USPTO en Biotecnología y Microbiología Aplicada durante el período 2000-2007.	247 -
Figura 121. Clasificación de patentes que citan trabajos de investigadores españoles relacionados con la Biotecnología de acuerdo a los sectores de aplicación.	249 -
Figura 122. Clasificación de patentes que citan trabajos de investigadores españoles relacionados con la Biotecnología según la clasificación de la OCDE.	249 -
Figura 123. Curvas de frecuencia de citas a trabajos relacionados con la Biotecnología con autores españoles y autores extranjeros.	251 -
Figura 124. Importancia estratégica de la actividad biotecnológica de la empresa.	254 -
Figura 125. Número de personas empleadas en la empresa.	254 -
Figura 126. Importancia de la actividad biotecnológica en los beneficios o pérdidas económicas de las empresas durante el período 2007-2009.	255 -
Figura 127. Percepción de las empresas del impacto de la Biotecnología sobre distintos aspectos de su actividad empresarial.	257 -
Figura 128. Impacto del uso de la Biotecnología sobre aspectos medioambientales.	258 -
Figura 129. Sectores de actividad de las empresas que afirman realizar actividades en I+D en Biotecnología	260 -
Figura 130. Sectores de interés de las empresas que realizan actividades en I+D en Biotecnología.	260 -

Figura 131. Sectores de aplicación de las empresas con actividad en producción/comercialización en Biotecnología.	- 261 -
Figura 132. Sectores de interés de las empresas con actividad en producción/comercialización en Biotecnología.	- 262 -
Figura 133. Sectores de aplicación de las empresas con actividad.....	- 263 -
Figura 134. Sectores de interés de las empresas con actividad.....	- 263 -
Figura 135. Dificultades de tipo económico para el desarrollo de I+D y producción/comercialización de productos biotecnológicos de las empresas en el período 2007-2009.	- 264 -
Figura 136. Dificultades de tipo legal percibidas por las empresas con actividades de I+D y producción/comercialización de producto biotecnológicos durante el período 2007-2009.	- 265 -
Figura 137. Necesidades de tipo científico para el desarrollo de I+D y comercialización en las empresas durante el período 2007-2009.....	- 266 -
Figura 138. Porcentaje de empresas que han obtenido subvenciones	- 268 -
Figura 139. Tipo de subvención recibida por las empresas	- 269 -
Figura 140. Propósito de la colaboración entre el Sistema Público de I+D y la empresa durante el período 2007-2009.....	- 270 -
Figura 141. Calificación de la relación entre el Sistema Público de I+D y la empresa.	- 271 -
Figura 142. Obstáculos encontrados por las empresas que han colaborado con el Sistema Público de I+D.	- 272 -
Figura 143. Obstáculos encontrados por las empresas encuestadas en función de su percepción de la colaboración con el Sistema Público de I+D.	- 272 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- La Biotecnología en el mundo. (Año 2010). Fuente: "The Global Biotechnology Report 2010" de Ernst & Young.....	- 9 -
Tabla 2. Áreas estratégicas, objetivos políticos e instrumentos para el fomento de la industria Biotecnológica a nivel europeo. Fuente: Informe Biopolis, 2006.....	- 15 -
Tabla 3. Características estructurales y organizativas del sector biotecnología en varios países europeos. Fuente: Díaz, V. y col. (2002). Elaboración propia.	- 16 -
Tabla 4. Características del sector biotecnológico europeo (I). Fuente: Informe Biopolis. Elaboración propia.	- 22 -
Tabla 5. Características del sector biotecnológico europeo (II). Fuente: Informe Biopolis. Elaboración propia.	- 23 -
Tabla 6. Evolución del número de artículos científicos en Biociencias.....	- 24 -
Tabla 7. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del I PM. Fuente: Barajas y Huergo, (2007). Elaboración propia.....	- 61 -
Tabla 8. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del II PM. Fuente: Barajas y Huergo, (2007). Elaboración propia.....	- 61 -
Tabla 9. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del III PM. Fuente: Barajas y Huergo, (2007). Elaboración propia.....	- 62 -
Tabla 10. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del IV PM.	- 63 -
Tabla 11. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del V PM. Fuente: Barajas y Huergo (2007). Elaboración propia.....	- 64 -
Tabla 12. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del VI PM. Fuente: Barajas, y Huergo (2007). Elaboración propia.....	- 65 -
Tabla 13. Presupuesto y retorno español por área prioritaria del VI PM. Fuente: CDTI, 2007.....	- 66 -
Tabla 14. Indicadores más significativos del V y VI PM. Fuente: CDTI, 2007. Elaboración propia.....	- 67 -

Tabla 15. Propuestas presentadas y aprobadas en el VI PM por entidades españolas. Fuente: CDTI. Elaboración propia.	- 67 -
Tabla 16. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del VII PM. Fuente: CDTI. Elaboración propia.....	- 68 -
Tabla 17. Funciones de los intermediarios en la relación entre el centros del Sistema Público de I+D y la industria. Fuente: Howell (2006)	- 77 -
Tabla 18. Tipología para la definición y clasificación de la bibliometría, la cuantimetría y la informetría.	- 84 -
Tabla 19. Ejemplo de familia de patente. Elaboración propia.....	- 96 -
Tabla 20. Código alfabético de los documentos del Informe del estado de la técnica de las patentes. Elaboración propia.....	- 101 -
Tabla 21. Técnicas biotecnológicas, aplicaciones y usos finales. Elaboración propia.	- 108 -
Tabla 22. Posibles indicadores para medir la actividad del sector biotecnológico según la OCDE. Fuente: OCDE.....	- 109 -
Tabla 23. Publicaciones elaboradas por la Fundación Genoma España, disponibles a través de su página web (www.gen-es.es).	- 118 -
Tabla 24. Estructura e información disponible en el informe de “Relevancia de la Biotecnología en España 2009” de la Fundación Genoma España.	- 120 -
Tabla 25. Estructura e información disponible en el “Informe ASEBIO 2010”	- 123 -
Tabla 26.- Características comparadas de Web of Knowledge y Scopus.	- 139 -
Tabla 27.- Códigos utilizados por la USPTO para las patentes biotecnológicas. Elaboración propia.	- 142 -
Tabla 28.- Lista de técnicas biotecnológicas en las que se basa la definición de Biotecnología según la OCDE. Fuente: OCDE. 2005	- 143 -
Tabla 29. Tipo de indicadores utilizados en el análisis de redes sociales.....	- 153 -
Tabla 30. Descriptivos generales de centralidad de la red de autores	- 188 -
Tabla 31. Descriptivos generales del grado de intermediación de la red de autores de artículos científicos del año 1990.	- 188 -

Tabla 32. Descriptivos generales del grado de cercanía de la red	- 189 -
Tabla 33. Datos de estadísticos univariantes de la red	- 189 -
Tabla 34. Descriptivos generales de centralidad de la red de autores	- 190 -
Tabla 35. Descriptivos generales del grado de intermediación de la red de autores de artículos científicos del año 2000	- 192 -
Tabla 36. Descriptivos generales del grado de cercanía.....	- 192 -
Tabla 37. Datos estadísticos univariantes de la red a autores de artículos científicos del año 2009.	- 193 -
Tabla 38. Descriptivos generales de centralidad de la red de autores de artículos científico del año 2009.	- 193 -
Tabla 39. Descriptivos generales del grado de intermediación de la red	- 194 -
Tabla 40. Descriptivos generales del grado de cercanía.....	- 194 -
Tabla 41. Factores calculados para las relaciones entre autores de trabajos durante el período 20007-2008 en la categoría de <i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i>	- 198 -
Tabla 42. Principales empresas españolas titulares de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO y EPO durante el período 1990-2009.....	- 212 -
Tabla 43. Estudio comparativo de la relación entre la nacionalidad de los titulares e inventores	- 233 -
Tabla 44. Estudio comparativo de la relación entre la nacionalidad de los titulares e inventores	- 234 -
Tabla 45. Principales empresas con patentes biotecnológicas con mayor número de citas de otras patentes durante el período 1990-2009.	- 242 -
Tabla 46. Principales instituciones con patentes biotecnológicas con mayor número de citas de otras patentes durante el período 1990-2009.	- 242 -

Tabla 47. Número de referencias citadas por las empresas españolas con mayor número de patentes biotecnológicas durante el período 1990-2009	- 244 -
Tabla 48. Clasificación de las patentes citantes recogidas en la USPTO a investigadores españoles durante el período 2000-2007.....	- 248 -
Tabla 49. Análisis de antigüedad de citas a trabajos españoles	- 250 -

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La Biotecnología

Desde el punto de vista científico, la Biotecnología no es una disciplina en sí misma, sino un ámbito que incluye especialidades de numerosas disciplinas científicas como la Biología Molecular y Celular, Microbiología, Bioquímica, Genética o Farmacología, entre otras, y ha de ser entendida como un sector horizontal que tiene una fuerte proyección en muchos sectores industriales y económicos. En función del sector de acción la Biotecnología puede clasificarse en cuatro grandes áreas: Biotecnología roja, cuyo ámbito de aplicación es la salud; Biotecnología verde que se centra en la agro-alimentación; Biotecnología Blanca o Biotecnología industrial y Biotecnología azul, centrado fundamentalmente en la acuicultura. La Biotecnología permite llevar a cabo mejoras en la productividad de ciertas industrias permitiendo, entre otros objetivos, mejorar o desarrollar nuevos fármacos o métodos de diagnóstico de enfermedades, desarrollar nuevos materiales, etc. Tiene un gran impacto en la industria agroalimentaria mediante la mejora en la producción de cultivos, mejora de semillas, etc. También tiene un gran impacto en el medio ambiente ya que permite el desarrollo de procesos menos contaminantes para el medio ambiente o bien depura vertidos, limpia suelos contaminados (biorremediación), etc.

A lo largo de la última década la Biotecnología, como ámbito científico, viene siendo objeto de creciente interés para los distintos estados miembros de la Unión Europea, debido a las importantes repercusiones de esta disciplina sobre otros sectores. Se estima que el impacto de la bioindustria suponía en 2006 un 25% del PIB de la Unión Europea y un 24% del PIB de Estados Unidos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) considera la Biotecnología como un área de conocimiento estratégica a la que los países deben prestar especial atención y promover de manera decidida.

Las nuevas empresas biotecnológicas juegan un papel muy importante dentro de lo que se ha venido en llamar la “Revolución Biotecnológica”. Aunque su aparición

no ha desplazado a las grandes farmacéuticas, sí que ha conseguido que las diez compañías farmacéuticas más grandes hayan tomado posiciones estratégicas en este nuevo mercado biotecnológico (Rothaermel, F.T. y Thursby, M., 2007). Las empresas de la industria biotecnológica se caracterizan por ser de pequeño o medio tamaño. Presentan una intensa actividad científica y mantienen relaciones estrechas con los centros públicos de investigación, para adaptarse a los rápidos cambios en materia de innovación que provocan que las nuevas técnicas biotecnológicas queden obsoletas muy rápidamente (Díaz, V. y col., 2002).

La Biotecnología es un área relativamente nueva, aunque sus bases científicas están bien establecidas en disciplinas tradicionales. En el desarrollo de la biotecnología se pueden considerar cuatro etapas diferenciadas (Castañeda, L. y col., 2009): a) Descubrimiento y descripción de la estructura y funciones del DNA, los tipos de RNA y desciframiento del código genético, b) Nacimiento de la Biotecnología donde se establecen de criterios que definen la biotecnología como un nuevo ámbito multidisciplinar, c) Desarrollo de la Genómica estructural y funcional y d) La era post-genómica. A continuación se describen estas etapas y cuáles han sido los hitos más relevantes ocurridos durante estos períodos, relacionados con el desarrollo de la Biotecnología.

En la primera etapa se produce el descubrimiento de la estructura y funciones del DNA, los tipos de RNA y el desciframiento del código genético. En 1944 Oswald T. Avery y colaboradores demostraron que la transformación de cepas bacterianas que causan la neumonía se debe a la transferencia de un fragmento de DNA por lo que demuestran que esta molécula está implicada en la herencia genética. En 1952, M. Chase y A. Hershey experimentan con el bacteriófago T2 y la bacteria *Escherichia Coli* y comprueban de manera definitiva que el DNA es la molécula hereditaria. En 1953, J. Watson y F. Crick proponen el modelo de la doble hélice, estructura química del DNA. Entre 1952 y 1966 se descubren los tres tipos de RNA y se descifra el código genético.

En la segunda etapa ocurre el “nacimiento de la Biotecnología”. En 1970, los descubrimientos científicos permiten la manipulación de estructuras de microorganismos, como el DNA, y se desarrollan las primeras herramientas de

secuenciación de proteínas. En concreto, K. Wilcox y H. Smith descubren en 1970 las enzimas de restricción que cortan secuencias cortas de DNA que se repiten en la doble hélice de forma invertida (palíndromes). En 1972 se lleva a cabo la primera clonación de genes en vectores plasmídicos. En 1973, S. Cohen, A. Chang y H. Boyer producen el primer organismo con DNA recombinante. En 1975, H. Boyer y colaboradores implantan el gen humano de la somatostatina en *E. Coli* convirtiéndose esta bacteria en el primer organismo modificado genéticamente capaz de producir la hormona del crecimiento. En 1975, las técnicas de fusión celular también permiten producir proteínas altamente purificadas, denominadas anticuerpos monoclonales. En 1976 se creó la primera compañía completamente dedicada a la biotecnología en San Francisco (California), denominada Genentech (“Genetic Engineering Technology”). Posteriormente, F. Sanger logra en 1977 obtener la primera secuencia génica completa de un organismo, el virus X174.

En 1980 varios hitos confirman el comienzo de la comercialización biotecnológica:

- Genentech, logra incrementar su mercado en un tiempo record.
- La ley Bayh-Dole permite a inventores procedentes de la universidad patentar con fondos de investigación.
- Se decide que las formas de vida pueden ser patentadas.
- La protección del método Cohen-Boyer para la recombinación de DNA.

Además, en 1988 se funda el banco de genes (“Genbank”), base de datos de secuencias génicas de acceso público vía internet, y en 1990, aparecen en el mercado los primeros secuenciadores automáticos que se basan en la detección de dideoxinucleótidos marcados con fluorocromos de diversos colores, herramienta que posibilita la secuenciación de genomas completos.

La tercera etapa de desarrollo de la Biotecnología se basa en el desarrollo de la Genómica Estructural y Funcional. En 1990 nace el *Proyecto Genoma Humano*, que hacia el año 2000 se divide en dos grupos: el público, liderado por Francis Collins, y el privado, por Craig Venter. Ambos grupos completan el trabajo en 2003. La meta era secuenciar el genoma completo de la especie humana, lo que dio origen a la *Genómica*

estructural, es decir, el campo de conocimiento que caracteriza molecularmente genomas completos y estudia la secuencia completa de nucleótidos de un genoma dado y su organización. En 1994, P. Brown y colaboradores desarrollan los primeros “microarrays”, herramienta que permite analizar la expresión génica en cientos o miles de genes simultáneamente, campo que se define como Genómica Funcional: estudio de los transcriptomas y proteomas. En 1994 también apareció el primer chip de genes para diagnóstico genético.

Iniciado el siglo XXI, la Biotecnología se encuentra en la era post-genómica. En esta etapa se pretenden resolver diversos problemas y abordar ambiciosas tareas tales como las definidas en Castañeda y col. (2009):

- La investigación sobre la regulación de la expresión genética de los cerca de 30.000 genes de la especie humana y obtención del transcriptoma y del proteoma, lo que tendrá un gran impacto en el sector sanitario.
- El empleo de chips de DNA en el sistema sanitario, que hace posible el diagnóstico genético anticipado. Permitirá, entre otras cosas, saber si una persona es portadora de genes responsables de una determinada enfermedad genética.
- El sector agropecuario se verá muy afectado cuando los genomas de especies animales y vegetales de importancia comercial y alimentaria sean secuenciados masivamente para poder manipularlos.
- Las investigaciones sobre mejora genética mediante la transferencia de genes (transgénicos) y la multiplicación de organismos especiales por clonación reproductiva.
- La Farmacogenómica permitirá conocer el genoma de un paciente y su genotipo específico para el metabolismo de fármacos, con lo cual se prescribirán medicamentos más a la medida del paciente, más eficaces y con el menor número de efectos secundarios.
- Diseño de investigaciones genómicas enfocadas a estudios ecológicos y evolutivos intra e interespecíficos.

1.1.1. Tipos de Biotecnología

Tradicionalmente, la Biotecnología se ha clasificado en cuatro grandes áreas científico-técnicas en función de sus sectores de aplicación, tal y como se ha comentado anteriormente: biotecnología roja o de la salud, biotecnología verde, biotecnología blanca o industrial y biotecnología azul o marina. A continuación se describen las características principales de cada una de ellas.

Biotecnología Roja o Biotecnología de la Salud. Es el área de la Biotecnología con un mayor desarrollo. Se dedica a la prevención, diagnóstico y tratamiento de un gran número de enfermedades nuevas o ya conocidas. De acuerdo con la *Asociación Europea de Bioindustrias* (EuropaBio), los medicamentos creados a partir de avances biotecnológicos representan en la actualidad el 20% de los medicamentos comercializados y el 50% de los que están en ensayos clínicos. Los frentes de investigación más relevantes dentro de este campo son:

- *Diagnóstico.* Se desarrollan test diagnósticos para enfermedades o condiciones específicas, que permiten la identificación de enfermedades, cuantificación de la dosis necesaria para el tratamiento o evaluar la eficacia de diversos tratamientos. Los test diagnósticos biotecnológicos representaron un 30% de todos los diagnósticos in vitro del mercado mundial. Estados Unidos es el país que más contribuye a este mercado, con un 37% de los test diagnósticos biotecnológicos. Sin embargo, Reino Unido, Francia, Italia, Alemania y España copan un 29% de este mercado (IPTS, 2006).
- *Terapia Celular.* Utilizan técnicas de Ingeniería de Tejidos, que consiste en introducir células con una determinada característica para reparar un tejido dañado o destruido. Esta terapia se utiliza fundamentalmente en el tratamiento de enfermedades hereditarias como enfermedades neurodegenerativas. Dentro de esta terapia se incluye los procedimientos donde se utilizan células madres.
- *Terapia Génica.* Es un procedimiento que consiste en introducir un gen dentro de una determinada célula, dando lugar a un producto que logra una característica terapéutica específica.

- Terapias basadas en RNA y tecnologías antisentido. Se utilizan pequeñas secuencias de nucleótidos que se enlazan a mRNA específicos e inician la degradación del mRNA, inhibiendo la expresión y producción de proteínas.
- Vacunas terapéuticas. Se utilizan proteínas como antígenos o como inductoras de una respuesta inmunológica en pacientes. La mayoría de las vacunas están destinadas al tratamiento de tumores, pero también para el tratamiento del SIDA, hepatitis o tuberculosis.
- Farmacogenética. Es el estudio de la influencia de la variación genética a la respuesta frente a fármacos. La farmacogenética juega un importante papel en la reducción de costes en el tratamiento de enfermedades, además de hacerlos más seguros y efectivos.
- Nanomedicina. Se define como el uso de la medicina a nano escala o la producción de materiales biotecnológicos nanoestructurales.

Bioteología Verde o Bioteología Agroalimentaria. La Bioteología verde produce mejoras en la competitividad de los sectores agrícola, ganadero y forestal, incrementando la productividad y resistencia de las especies y variedades, tanto vegetales como animales. Esto ha sido posible gracias a la utilización de técnicas de modificación genética. Esta Bioteología permite optimizar la producción de alimentos y de recursos renovables, mejorar el uso de la tierra y del agua. Reduce el consumo de energía y de fertilizantes y contribuye a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La investigación y comercialización en Bioteología verde se centra en tres grandes áreas (IPTS, 2006):

- Uso de biomarcadores en reproducción de plantas y animales. Esta técnica se utiliza fundamentalmente en cultivos agrícolas, frutales y forestales. La Asociación Europea de Semillas estima una facturación de la venta de semillas de 6,1 billones de euros en 2003. En el caso de animales, se estima una facturación entre 20-30 millones de euros.
- Modificación genética de cultivos. Tiene como objetivo la modificación de cultivos para conseguir plantas resistentes a pesticidas, fitopatógenos, etc.

Dentro de estos cultivos, uno de los más importantes es el maíz modificado genéticamente para resistir plagas de insectos (maíz Bt).

Bioteología Blanca o Bioteología Industrial. Es la aplicación de las herramientas de la Bioteología para la producción sostenible de compuestos químicos, biomateriales y biocombustibles, mediante el uso de células vivas o de sus sistemas enzimáticos. Entre los principales beneficios que la bioteología puede proporcionar en esta área se encuentran la mejora de los medios de producción, el desarrollo de nuevos productos y la reducción del impacto ambiental de las actividades industriales. La Bioteología Industrial usa enzimas y microorganismos para conseguir productos en un amplio número de sectores industriales, como industria química, farmacéutica, alimentaria, de detergentes, pasta y papel, textil, energética, de materiales y polímeros.

La Bioteología Industrial tiene un gran impacto sobre el medio ambiente y sobre la economía, porque los procesos biotecnológicos son más eficientes, reducen las emisiones de contaminantes, como el dióxido de carbono, y reducen el consumo de agua y energía, reduciendo la dependencia respecto a los combustibles fósiles. De esta forma, los beneficios económicos y medioambientales que obtienen, contribuyen a un desarrollo sostenible.

En el informe de *EuropaBio* (EuropaBio, 2006), se definen siete grandes áreas de investigación dentro de la Bioteología Industrial:

- *Nuevas enzimas y microorganismos.* El objetivo principal de esta área es identificar nuevas enzimas y micro-organismos para la obtención de nuevos productos y mejorar los procesos. En esta área la industria Biotecnológica europea ha conseguido producir el 70% de las enzimas industriales del mundo.
- *Genómica microbiana y Bioinformática.* El objetivo principal es mejorar el conocimiento sobre la actividad de los microorganismos mediante el “mapeado” genético, utilizando la Bioinformática. Se busca identificar vías metabólicas o sus productos y conseguir una mayor adaptación de los microorganismos a los procesos industriales.

- *Ingeniería metabólica y modelado*. El objetivo es desarrollar microorganismos capaces de generar productos mejorados o crear nuevas vías metabólicas mediante el uso de tecnología recombinante de DNA.
- *Biocatálisis y optimización*. El objetivo es el desarrollo de nuevas enzimas para el desarrollo de nuevas aplicaciones mediante el uso de ingeniería de proteínas.
- *Diseño de procesos biocatalíticos*. El objetivo es el diseño de nuevos procesos para incrementar la eficiencia de los procesos de producción.
- *Tecnologías de fermentación*. Se trata de de la utilización de microorganismos a gran escala, tanto en condiciones aerobias como anaeróbicas. Mediante la fermentación microbiana se ha logrado la elaboración de alimentos, vitaminas, bebidas alcohólicas, productos farmacéuticos, etc.
- *Procesado final*. En esta área, el objetivo es la modificación de los productos para obtener productos purificados, de mayor calidad y económicamente más aceptables. En los procesos biotecnológicos, el procesado final puede llegar a suponer un 50-70% del coste total.

Biotechnología Azul o Biotechnología Marina. Algunas de las aplicaciones más importantes de la Biotechnología azul son: el diseño de vacunas más efectivas que disminuyan la mortalidad de los peces por enfermedades infecciosas, y eviten la administración de medicamentos costosos y poco efectivos, y la caracterización de marcadores genéticos asociados a características de interés comercial, que permita la selección de reproductores que tengan en su DNA las características deseadas.

1.2. La Biotechnología a nivel mundial

Los primeros indicadores sobre Biotechnología mostraban una gran distancia entre EEUU y los países miembros de la UE-15. EEUU tenía un número muy elevado de empresas que centraban su actividad en Biotechnología, casi el doble que Europa. Además, éstas contaban con un mayor número de empleados, mientras que las empresas europeas eran muy pequeñas, en su mayoría de menos de 50 empleados y se trataban fundamentalmente de “*spin-off*” provenientes de centros públicos de investigación. Los datos de producción científica y tecnológica resaltaban el mismo

problema: existía un enorme distancia entre el número de publicaciones científicas, número de patentes o número de grupos de investigación entre otros indicadores (Ernst & Young, 2001; Ernst & Young, 2002).

Sin embargo, esta distancia entre EEUU y Europa se ha ido acortando, llegando por ejemplo, Europa a superar en número de empresas a EEUU. Aunque estas siguen siendo de pequeño tamaño. Las cifras más importantes del sector de la Biotecnología en las principales áreas geo-económicas (Norte América, Europa y Asia/Pacífico) y a nivel mundial, son las recogidas en la Tabla 1, tal y como se han calculado en “The Global Biotechnology Report 2010” de Ernst and Young¹.

Tabla 1.- La Biotecnología en el mundo. (Año 2010). Fuente: “The Global Biotechnology Report 2010” de Ernst & Young.

	Mundial	Norte América	Europa	Asia/Pacífico *
Ingresos (millones €)	84.600	45.242	13.006	1.375
I+D (millones €)	16.452	13.089	3.400	197
Beneficio neto (millones €)	3.452	3.845	459	79
Nº de empleados	178.750	117.070	49.060	9.764
Nº de empresas	-	1.789	1.834	601

* Los datos de Asia/pacífico son los recogidos en el Informe “The Global Biotechnology Report 2008” de Ernst & Young.

Teniendo en cuenta la facturación de sus sectores biotecnológicos, Estados Unidos se sitúa como el mayor productor de biotecnología del mundo, con prácticamente tres cuartas partes de la producción mundial (figura 1). Como veremos posteriormente, también representa un porcentaje similar de los fondos destinados a I+D y en lo que a número de personas empleadas en la industria se refiere.

Después, le seguirían en importancia Europa y la zona de Asia/Pacífico. Europa representa aproximadamente el 20% de la producción mundial en este sector mientras

¹ La fuente original ha considerado sólo los datos económicos relativos a las empresas que cotizan en la bolsa debido a la dificultad de obtener datos económicos detallados de cada una de las empresas, en muchos casos de muy pequeño tamaño, que operan en el sector biotecnológico. No obstante, se matizará cuáles pueden ser los datos globales del sector teniendo en cuenta el total de las empresas que operan en el sector. No obstante, las diferencias no son muy importantes.

que Canadá y Asia/Pacífico representan, cada una, alrededor de un 3% de la producción mundial del sector. Al igual que antes, las tendencias en cuanto a fondos destinados a I+D y a personas empleadas, son muy parecidas (figura 2). El mayor gasto en I+D en el sector biotecnológico corresponde a Estados Unidos (un 74%), seguido del que se hace en Europa (un 23%). El sector biotecnológico ha experimentado un fuerte crecimiento, sobre todo a partir del año 2000. Sin embargo, la crisis económica ha tenido un fuerte impacto en este sector. El análisis del gasto en inversión en I+D respecto a la facturación del sector (figura 3) muestra un ratio muy elevado de gasto en I+D respecto a los ingresos de la compañía, en 2003. Sin embargo, este ratio sufre un fuerte descenso en los datos de 2010, debido al efecto de la crisis económica (figura 4). La media mundial (fundamentalmente debida al comportamiento de Estados Unidos y Europa) en 2003 fue de un 53% de los ingresos del sector en actividades de I+D. Este porcentaje cayó a un 19,4% en 2010. En concreto, En Europa este valor disminuye de un 60% en 2003 hasta un 26,1% en 2010, y en EEUU cae de un 53% a un 28,9%. Los niveles de inversión en I+D requeridos para la Biotecnología son de los más altos de todo el sector productivo y una de las principales características diferenciales del sector (Ernst & Young, 2003). El sector biotecnológico es un sector muy intensivo en conocimiento de ahí la gran importancia que tiene sobre él tanto la producción científica como tecnológica del personal dedicado a I+D.

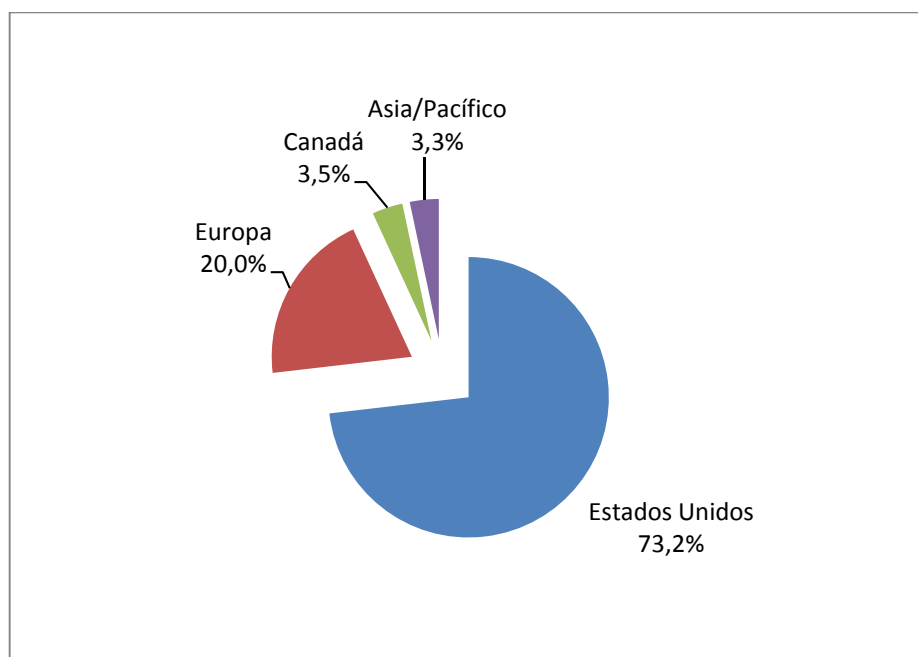


Figura 1.- Facturación del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young, 2003. Elaboración propia.

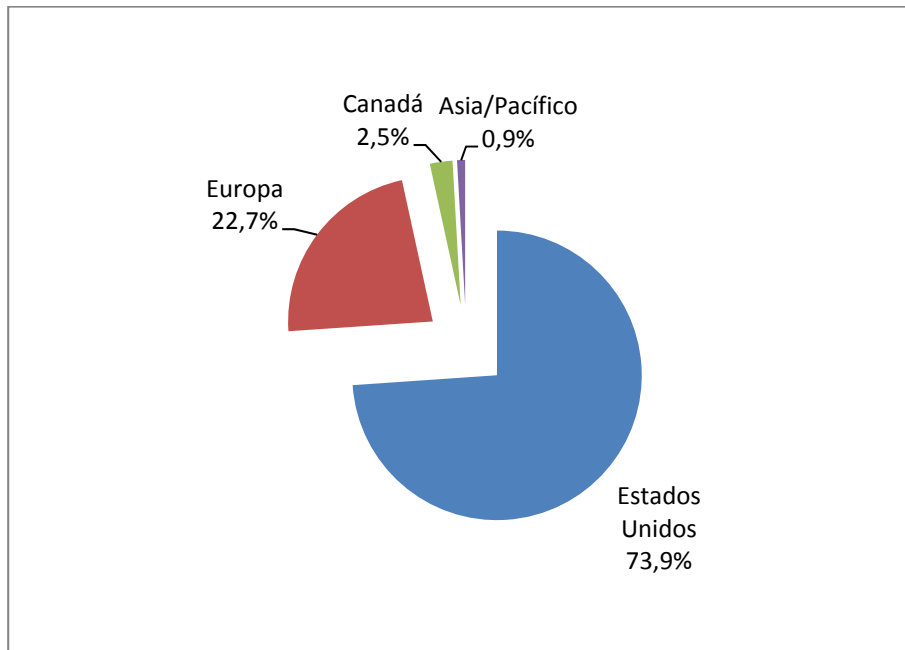


Figura 2.- Inversión en I+D del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young, 2003. Elaboración propia.

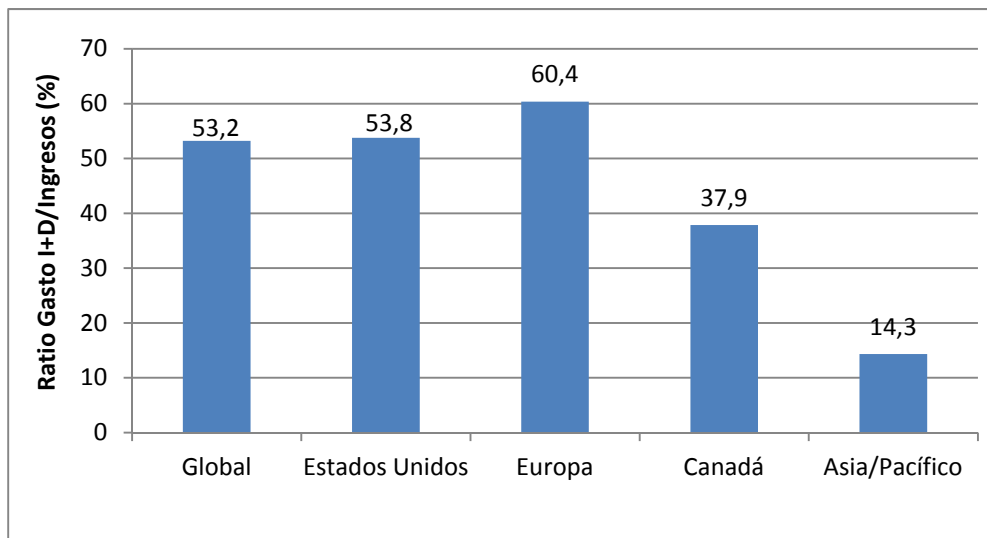


Figura 3. Porcentaje que representa la I+D frente a los ingresos del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young, 2003. Elaboración propia.

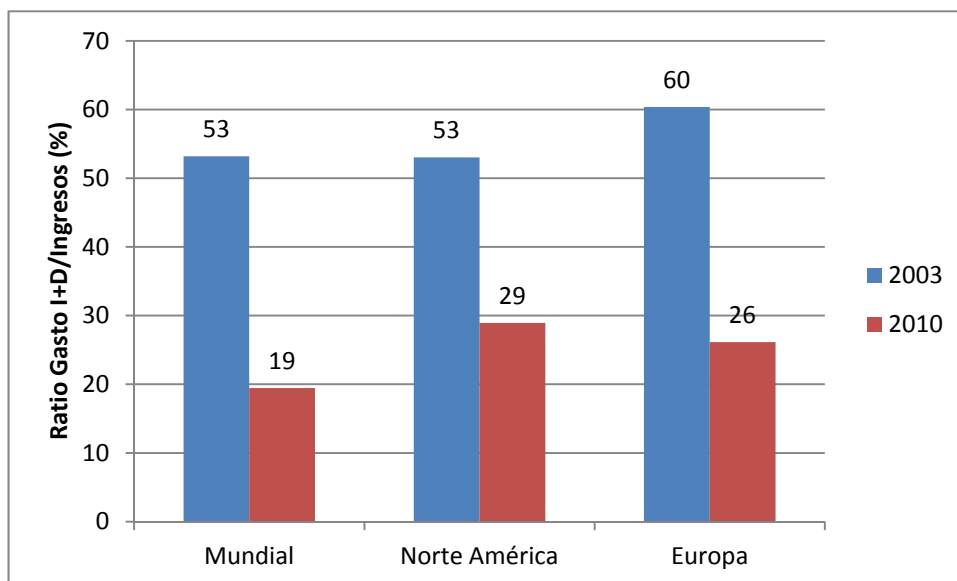


Figura 4. Porcentaje que representa la I+D frente a los ingresos del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young (2003 y 2010). Elaboración propia.

Respecto a los beneficios obtenidos por los distintos sectores de la biotecnología en cada una de las áreas geográficas, las tendencias son muy similares a las que presenta tanto la facturación como la partida destinada a I+D. En la figura 5 se recoge el porcentaje de los beneficios mundiales obtenidos por empresas de biotecnología en cada una de las áreas geográficas objeto de estudio. Lógicamente, Estados Unidos y Europa, destacan sobre Canadá y la zona de Asia/Pacífico. Estados Unidos obtuvo el 75% de los beneficios de este sector a nivel mundial y Europa, un 22%. Esto está claramente influenciado por el nivel de ingresos del sector en cada área geográfica.

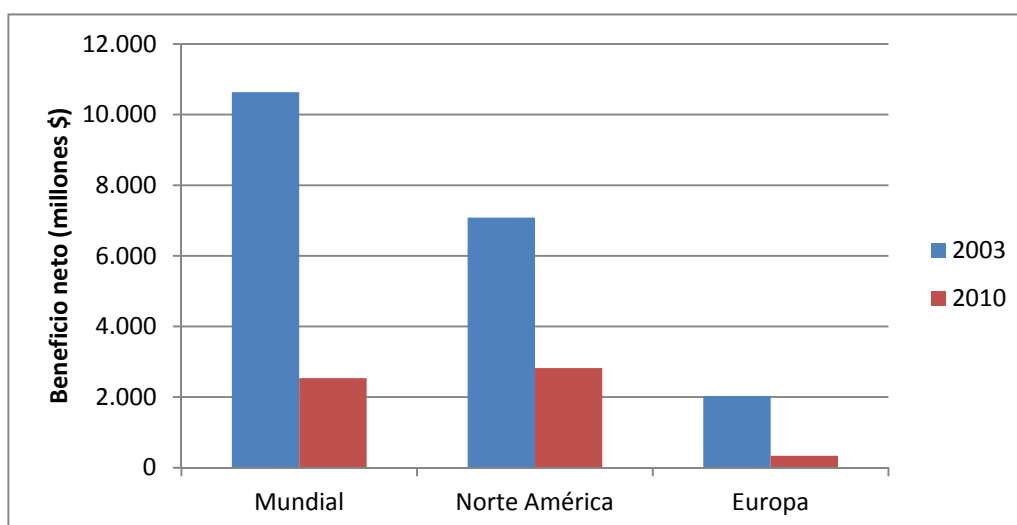


Figura 5. Beneficios obtenidos en el sector biotecnológico por áreas geográficas.

Fuente: Ernst & Young (2003 y 2010). Elaboración propia.

Si se representan los beneficios netos obtenidos en función del volumen de ingresos, se puede estudiar cuál es el área geográfica que obtiene un mayor beneficio sobre sus ingresos, es decir, cuál obtiene mayor cantidad de beneficios para un mismo volumen de facturación del negocio (figura 6). Lo que se observa es que una vez más Estados Unidos y Europa destacan sobre las otras áreas geográficas. En este caso, Europa obtiene un mayor rendimiento (mayores beneficios) para un mismo volumen de facturación que la industria de Estados Unidos, aunque las diferencias son muy pequeñas, un 33,4% frente a un 31,0% en 2003. Estos valores sufren un drástico recorte en 2010, donde el ratio beneficio/Ingreso cae hasta 8,5% en el caso de EEUU y un 3,5% en el caso de Europa, debido a los efectos de la crisis económica mundial.

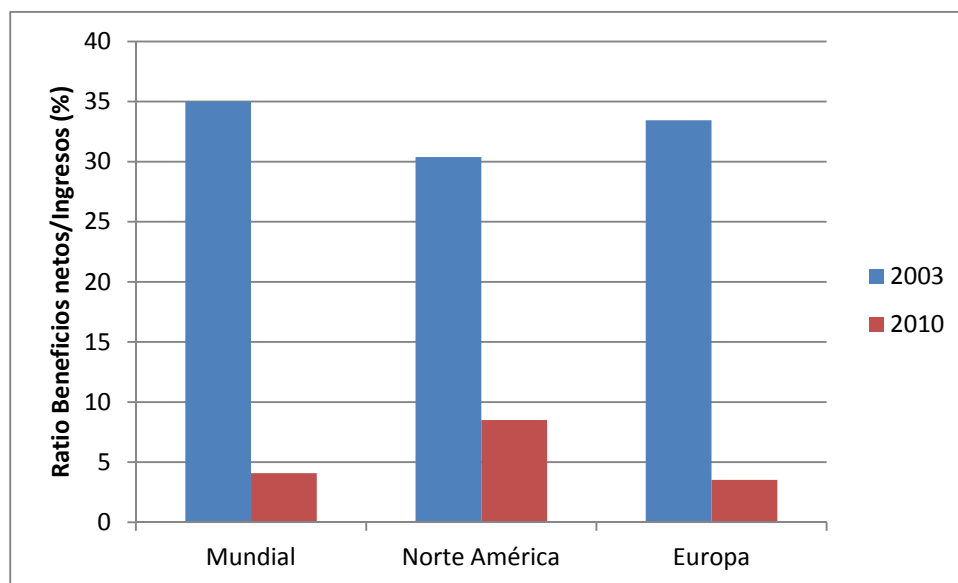


Figura 6. Porcentaje de beneficios netos en función del valor de los ingresos del sector biotecnológico por áreas geográficas. Fuente: Ernst & Young (2003 y 2010).

Elaboración propia.

1.3. La Biotecnología a nivel europeo

Dada la significativa distancia entre EEUU y Europa y considerando la importancia estratégica de la Biotecnología, la Comisión Europea se planteó el diseño de un programa para aumentar la competitividad de la UE-15 en Biotecnología. En este programa se fijaban las siguientes prioridades (Comisión Europea, 2001):

- Promoción de la investigación y el desarrollo del mercado de las aplicaciones de las Ciencias de la Vida y de la Biotecnología, así como de la bioeconomía europea basada en el conocimiento.
- Favorecer la competitividad, la transferencia tecnológica y la innovación de la ciencia a la industria.
- Promover los debates públicos bien informados sobre las ventajas y los riesgos de las Ciencias de la Vida y la Biotecnología.
- Garantizar una contribución sostenible de la Biotecnología moderna a la Agricultura.

Para lograr algunos de estos objetivos se introdujeron distintas acciones específicas dentro los diferentes Programas Marco, destinadas a fomentar la investigación en áreas claves dentro de la Biotecnología. Estas acciones han permitido avanzar en áreas específicas clave como es el desarrollo de nuevos fármacos o métodos de diagnóstico dentro del ámbito de la salud, al mismo tiempo que fomentar la creación de redes multidisciplinares entre los distintos países.

La tabla 2 recoge los objetivos políticos e instrumentos utilizados para el fomento de los sistemas de innovación en Biotecnología por los países miembros de la UE-15, en las diferentes áreas estratégicas adaptadas. Estas áreas estratégicas dentro de la Biotecnología son: la creación de conocimientos y recursos humanos, la transferencia de tecnología, la integración de los productos biotecnológicos dentro de los mercados y el desarrollo industrial de la Biotecnología.

Tabla 2. Áreas estratégicas, objetivos políticos e instrumentos para el fomento de la industria Biotecnológica a nivel europeo. Fuente: Informe Biopolis, 2006.

Áreas estratégicas	Objetivos	Ejemplos de Instrumentos
Creación de conocimientos y recursos humanos	Promover un alto nivel de investigación en Biotecnológica básica	Programas de I+D que financien investigación básica en biotecnología y campos relacionados
	Promover un alto nivel de investigación orientada a la industria	Programas de I+D que financien investigación aplicada en Biotecnología
	Apoyar el flujo de conocimiento y colaboración entre disciplinas	Apoyar centros de excelencia de investigación interdisciplinar y la movilidad de investigadores
	Asegurar la disponibilidad de suficientes recursos humanos	Medir en número de graduados y post-graduados en biotecnología
Intercambio de conocimiento y su aplicación	Facilitar la transferencia de conocimiento entre la academia y la industria y su aplicación con fines industriales	<ul style="list-style-type: none"> - Subvenciones para la investigación industrial donde haya implicados investigadores del sistema público - Crear oficinas de transferencia de tecnología y parques científicos y tecnológicos - Apoyar la protección industrial en las universidades
	Estimular la adopción de la biotecnología para nuevas aplicaciones industriales	Campañas de concienciación a favor de la biotecnología
	Ayudar a la creación de empresas	<ul style="list-style-type: none"> - Creación de Incubadoras - Ayudas financieras y de otro tipo para "start-up"
Mercado	Informar al público y facilitar el diálogo entre este y otros grupos implicados	Ayudar a actividades de divulgación y foros de discusión
Desarrollo industrial	Fortalecer la inversión privada en I+D	<ul style="list-style-type: none"> - Subvenciones para la investigación en la industria - Incentivos fiscales para la inversión privada en I+D

El sector biotecnológico industrial europeo se caracteriza por estar formado por empresas muy jóvenes y de pequeño tamaño fundamentalmente con menos de 50 empleados. Fundamentalmente son empresas dedicadas completamente a la biotecnología. Un gran número de estas empresas son “spin-off” procedentes del Sistema Público de I+D (tabla 3).

Tabla 3. Características estructurales y organizativas del sector biotecnología en varios países europeos. Fuente: Díaz y col. (2002). Elaboración propia.

País	Desarrollo	Edad ^a	Tamaño ^b	Presencia de subsidiarios	“Spin-off” (%)	Tipo predominante
Austria	Bajo	Medio	Medio	Alta	< 40	ECB ^c y EPB ^c
Alemania	Alto-Medio	Joven	Pequeña	Media	40	ECB ^c
Francia	Alto-Medio	Joven	Pequeña	Alta	<10	ECB ^c
Grecia	Bajo	Asentada	Grande	Alta	<15	EPB ^c
Irlanda	Bajo	Joven	Pequeña	Baja	40	ECB ^c
Holanda	Medio	Media	Pequeña	Baja	25	ECB ^c
Reino Unido	Alto	Joven	Pequeña	Baja	≥50	ECB ^c
España	Medio	Asentada	Media	Media	-	EPB ^c

^(a) Joven: fundada a partir de 1986; Media: fundada entre 1980-1985; Asentada: fundada antes de 1975.

^(b) Pequeña: menos de 50 empleados; Media: por debajo de 100 empleados; Grande: por encima de 100 empleados.

^(c) ECB: Empresa completamente dedicada a la Biotecnología; EPB: Empresa parcialmente a la Biotecnología.

1.3.1. Políticas de innovación biotecnológica a nivel europeo

Los procesos de innovación en Biotecnología son muy complicados, debido a que combinan un elevado número de disciplinas científicas, técnicas y métodos de investigación. Por este motivo, la innovación en Biotecnología no puede ser tratada como un modelo lineal, sino como una serie de procesos en paralelo con numerosos cruces y retroalimentaciones (figura 7), entre actores del Sector público de Investigación, de la industria, del ámbito social y de agencias dedicadas al desarrollo industrial.

La investigación en el sector público va a estar influida por los programas de financiación pública, por ejemplo, por los objetivos estratégicos marcados en ellos. También los diversos actores sociales van a influir en la investigación, por un lado mediante las necesidades que demanda la sociedad, como puede ser diagnósticos o fármacos y por otro mediante la reglamentación determinadas actividades, como la experimentación con organismos modificados genéticamente. La industria diseña sus objetivos en función las demandas del mercado pero teniendo en cuenta las reglamentaciones establecidas por los gobiernos, muchas veces influenciadas por las actores sociales.

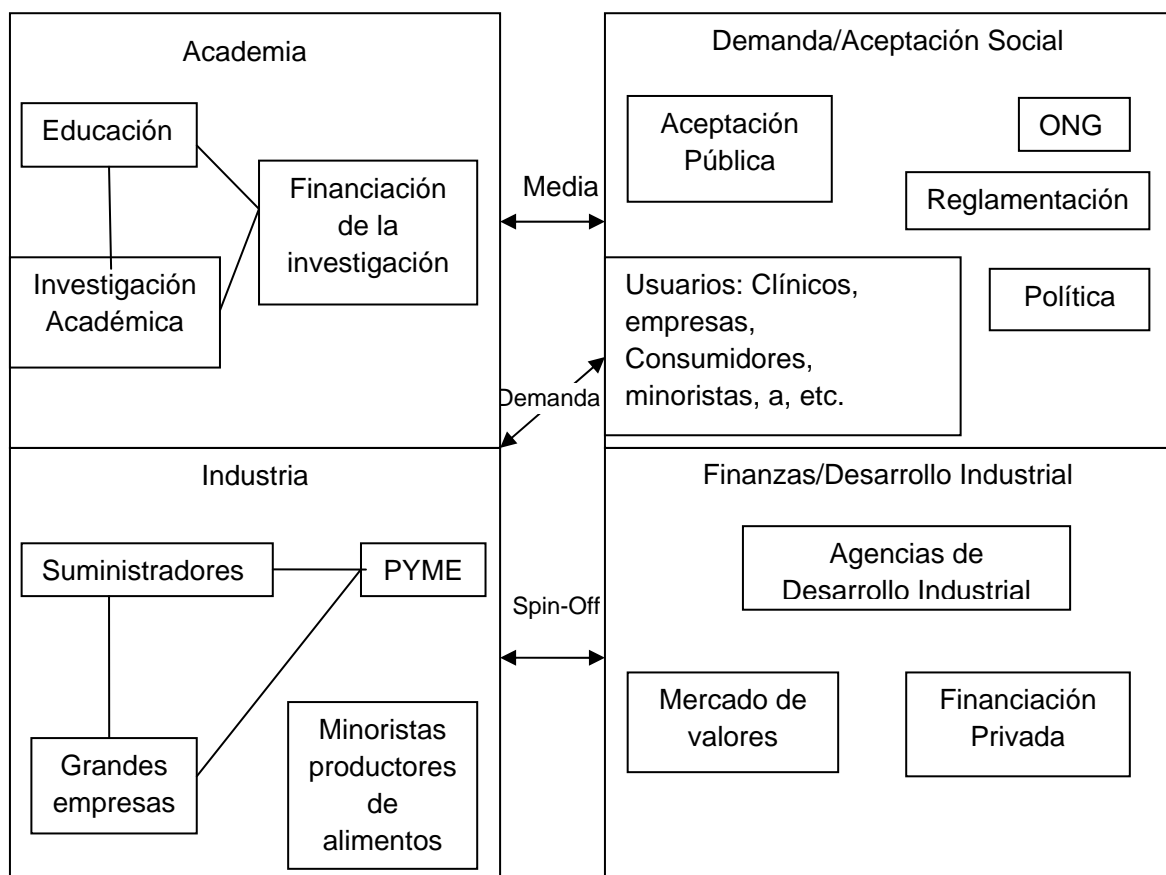


Figura 7.- Elementos clave y factores que influyen la innovación. Fuente: Informe Biopolis. DPI: Derechos de Propiedad Intelectual; TT: Transferencia de Tecnología; ONG: Organización no gubernamental.

Para el desarrollo de la industria biotecnológica europea es necesaria una estructura de financiación, esta estructura es muy similar en todos los países europeos (figura 8). Dentro de esta estructura se encuentra políticas de financiación específicas para el desarrollo de la industria biotecnológica, tanto a nivel nacional como regional,

políticas de financiación no específicas, donde se encuentran las ayudas estructurales destinadas a la investigación o a las infraestructuras para la investigación. Y por último, dentro de la estructura, se encuentran los instrumentos de financiación promovidos por la Unión Europea, principalmente los Programa Marco donde a su vez se pueden encontrar instrumentos genéricos y específicos para la Biotecnología.

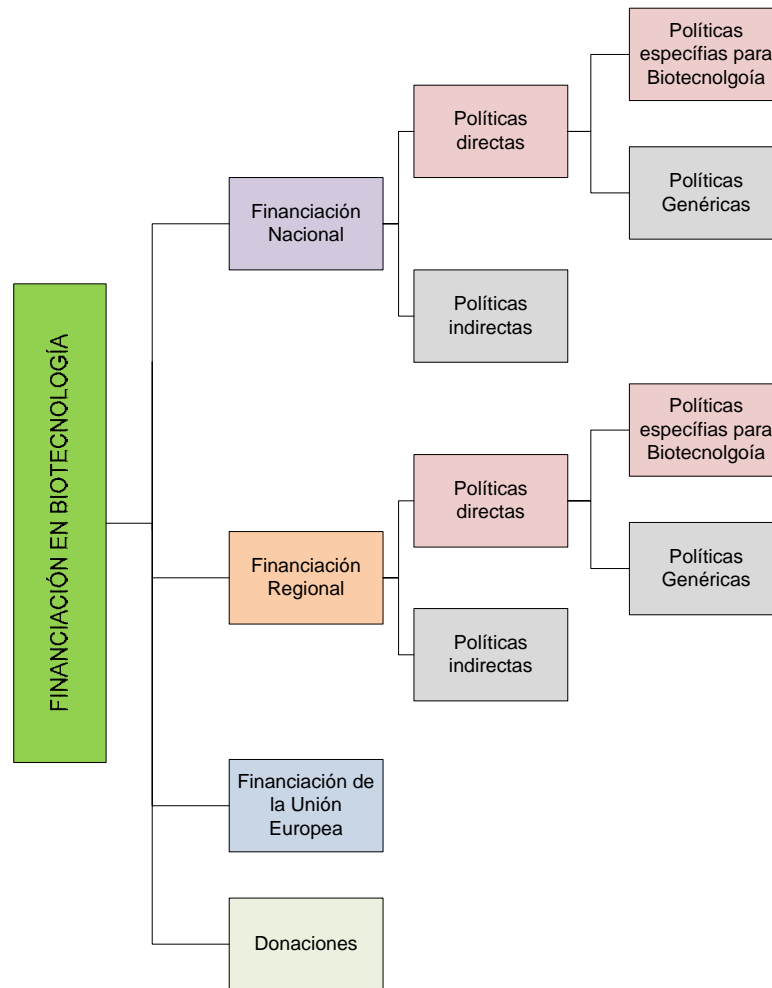


Figura 8. Estructura de financiación del sector biotecnológico europeo.

Fuente: Informe Biopolis. Elaboración propia.

En 2007, se publicó el informe BioPolis “Inventario y análisis de las políticas públicas nacionales que estimulan la investigación en Biotecnología, su explotación y comercialización por la industria en Europa durante el periodo 2002-2005”, financiado por el Programa Marco. Este informe incluye un análisis de las políticas nacionales para el fomento de la Biotecnología de 18 países europeos agrupados en tres grupos. El

primer grupo está formado por los países más productivos: Suiza, Dinamarca, Suecia y Finlandia. En el segundo grupo están los países con niveles similares a la media europea: Austria, Bélgica, Holanda, Irlanda, Noruega, Alemania, Francia y el Reino Unido. El tercer, y último grupo, está formado por los países con niveles inferiores a la media europea, Italia, Grecia, España, Portugal y Luxemburgo.

En las Tablas 4 y 5 se muestran los resultados del estudio detallado de las principales características del sector biotecnológico en los diferentes países europeos, en términos de investigación, explotación y comercialización. A continuación se relacionan, a modo de resumen, cuáles son las principales características de los diferentes grupos de países.

Las características del primer grupo de países, los más productivos en Biotecnología, son las siguientes:

- La investigación biotecnológica se concentra preferentemente en universidades y empresas.
- El grado de colaboración entre los distintos actores del sistema público de I+D y del sector productivo es notablemente alto, en especial si se compara con los otros dos grupos de países. Cabe destacar los casos de Suiza y Dinamarca, que poseen altos porcentajes de colaboración.
- Este grupo de países se caracterizan por tener una financiación pública muy semejante, alrededor de los 150 millones de euros/año.
- En cuanto a el porcentaje de financiación en Biotecnología, respecto al gasto total nacional, los países del primer grupo son los que presentan un porcentaje de gasto más bajo, a excepción de Finlandia que es el tercer país con mayor porcentaje de financiación de toda Europa (8,8%).
- Suiza y Suecia tienen un gasto directo en actividades relacionadas con la investigación en Biotecnología que se sitúa entre un 60-75% respecto al gasto en financiación en Biotecnología. Finlandia tiene el segundo mayor porcentaje del gasto en comercialización en Biotecnología de la Unión Europea.
- Son los países con mayor gasto público anual en Biotecnología. El gasto oscila entre 146 y 461 millones de euros. Finlandia es que país con mayor gasto

dentro de este grupo, siendo entre 3,5 y 4,5 veces superior al resto de países del grupo.

- Son el grupo con mayor número de publicaciones y patentes biotecnológicas.
- También tiene el mayor número de empresas y el mayor gasto de capital riesgo.

Las características del segundo grupo de países son las siguientes:

- La investigación se distribuye equitativamente entre las universidades, OPIs y las empresas. Excepto en Reino Unido y Bélgica, la financiación pública no universitaria juega un papel muy importante dentro de la investigación biotecnológica.
- Los países de este grupo se caracterizan por no tener un porcentaje de colaboración especialmente alto. Hay países con un grado de colaboración medio, como Alemania, Irlanda o Noruega frente a países con un grado de colaboración menor, como Francia, Austria o Bélgica. El bajo grado de colaboración de estos países respecto a los otros países miembros de su grupo, se explica por sus situaciones nacionales específicas. Francia tiene un sistema muy centralizado y jerarquizado que redundaría en una baja colaboración. Las dificultades de Bélgica residen en su estructura federal que dificulta la colaboración entre los distintos grupos nacionales. Como excepción, cabe destacar el caso de Holanda, con un grado de colaboración muy alto, similar al de los países del primer grupo.
- Estos países presentan una financiación pública muy variable, aunque en este grupo se encuentran los países con mayor presupuesto en Biotecnología, Alemania, Francia y Reino Unido. Alemania es el país con un mayor presupuesto para el desarrollo de la Biotecnología. Bélgica y Holanda tienen un presupuesto similar, con una media anual de 542 millones de Euros.
- Este grupo se caracteriza por tener altos porcentajes de financiación para la Biotecnología respecto al presupuesto nacional, en concreto, Bélgica, Irlanda, Alemania y Austria presentan porcentajes elevados respecto a la media europea (el 4% del gasto nacional sería para actividades en Biotecnología).

- Dentro de este grupo de países se encuentran los países con mayor porcentaje de gasto en investigación en Biotecnología, con un gasto dentro del intervalo que va desde el 50% al 90% de la financiación. Irlanda, es el país con mayor porcentaje de financiación en Biotecnología, con un porcentaje cercano al 90%. Por otro lado, en este grupo se encuentran los países con mayor porcentaje de gasto en financiación de la comercialización de la Biotecnología, con un gasto situado entre el 55% y el 65%.

Las características del tercer grupo de países son las siguientes:

- Estos países muestran un déficit en la investigación privada.
- Los miembros de este grupo se caracterizan por su bajo nivel de colaboración entre los distintos actores del sistema público y privado de I+D, a excepción de Luxemburgo, donde se ha observado un porcentaje de colaboración cercano a la media europea, debido, entre otros motivos, a su pequeño tamaño.
- En este grupo se puede distinguir dos sub-grupos distintos en cuanto a financiación se refiere, en función del tamaño del país. De esta manera, Italia y España son los países con una mayor financiación, ocupando respectivamente la cuarta y quinta posición, frente a Grecia, Luxemburgo y Portugal que son los países con menor financiación dentro de la Unión Europea.
- Estos países presentan porcentajes de gasto en Biotecnología semejantes a la media europea, con la excepción de España y Grecia que presentan un porcentaje mayor.
- Tienen un alto porcentaje de financiación pública de actividades de investigación dentro de la Biotecnología, con porcentajes cercanos al 60%. También se caracterizan por sus bajos porcentajes de financiación en actividades relacionadas con la Biotecnología.
- Los indicadores de producción indican que son el grupo con menor número de publicaciones y patentes biotecnológicas, mostrando diferencias de más de 9 puntos porcentuales respecto a los países del primer grupo.
- Son los países con menor número de empresas per cápita, y con menor gasto en capital riesgo.

Tabla 4. Características del sector biotecnológico europeo (I). Fuente: Informe Biopolis. Elaboración propia.

País	Importancia de la Investigación Biotecnológica			Grado de Colaboración			Financiación pública en Biotecnología		Prioridades en la financiación para Biotecnología	
	Universidad	OPIs	Investigación privada	Entre los actores del sistema público	Entre el sector público y el privado	Total	Presupuesto (millones euros)	Porcentaje vs gasto total del país (%)	Investigación (%)	Comercialización (%)
Grupo 1										
Suiza	<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	156	2	75	22
Dinamarca	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	166	3,5	58	32
Suecia	<i>Alto</i>	-	<i>Alto</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	146	1,8	65	33
Finlandia	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	461	8,8	40	59
Grupo 2										
Austria	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	389	5,8	41	57
Reino Unido	<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>	1444	3,9	81	16
Bélgica	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	562	11,4	47	54
Holanda	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	522	4,1	78	21
Irlanda	<i>Medio</i>		<i>Medio</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	230	10,5	85	15
Alemania	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	4575	6,8	58	39
Noruega	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>		<i>Alta</i>	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	141	2,5	84	14
Francia	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	2543	4,5	38	62
Grupo 3										
Italia	<i>Medio</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	1014	3,7	62	38
España	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	875	6,8	77	23
Grecia	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>		<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	90	5	100	0
Luxemburgo	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>		<i>Media</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	7	3,7	-	-
Portugal	<i>Bajo</i>	<i>Bajo</i>		<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>	95	3,9	70	30

Tabla 5. Características del sector biotecnológico europeo (II). Fuente: Informe Biopolis. Elaboración propia.

País	Indicadores de producción científica en Biotecnología		Indicadores de comercialización en Biotecnología			Indicadores para investigadores (2001). Nivel Macro		
	Publicaciones (per cápita)	Citas por publicación	Patentes (per cápita)	Empresas (per cápita)	Capital riesgo (€ per cápita)	Gasto en I+D frente al PIB (%)	Gasto en I+D frente al PIB (%)	Porcentaje de investigadores frente al número total de empleados
Grupo 1								
Suiza	11,07	7,06	12,53	15,39	24,00	2,57	3,0	5,6
Dinamarca	8,89	6,34	14,88	12,64	19,83	2,39	1,9	7,0
Suecia	10,37	5,72	7,50	17,74	8,49	4,29	3,4	10,6
Finlandia	8,43	5,86	4,39	13,80	4,24	3,38	2,8	15,8
Grupo 2								
Austria	5,17	6,15	4,14	4,04	11,00	2,03	0,9	4,7
Reino Unido	6,18	4,93	4,25	4,73	9,49	1,87	1,5	5,5
Bélgica	5,65	5,62	5,99	5,85	4,68	2,11	2,9	7,8
Holanda	7,01	5,62	5,96	4,49	3,55	1,88	1,4	5,5
Irlanda	4,15	7,59	2,80	7,61	1,16	1,11	2,9	5,1
Alemania	4,33	4,73	5,90	3,78	5,01	2,46	2,1	6,7
Noruega	5,40	6,16	3,47	4,20	2,56	1,36	1,3	8,7
Francia	4,22	4,74	3,39	3,50	5,09	2,20	1,4	7,2
Grupo 3								
Italia	3,03	4,56	1,08	0,77	0,88	1,11	0,8	2,8
España	3,04	4,14	0,85	1,43	-	0,32	1,2	4,7
Grecia	2,19	4,95	0,51	-	-	0,65	0,5	3,7
Luxemburgo	1,52	3,92	1,19	-	-	1,71	-	-
Portugal	2,03	4,01	0,28	-	-	0,85	0,5	3,5

1.4. La Biotecnología en España

La Fundación Genoma España y la Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO) vienen elaborando en los últimos años informes anuales sobre la biotecnología española, incluyendo datos de producción científica, número de empresas y facturación de las mismas, entre otros indicadores, con el fin de realizar un seguimiento y análisis del crecimiento y las principales fortalezas del sector.

En la última década, la Biotecnología española ha experimentado un fuerte crecimiento en todos los ámbitos. En esta década, la producción científica de España ha mostrado una variación del 47,2% muy por encima a la tasa de crecimiento de la UE-15 y mundial, que se sitúa en 8,7% y ,2% respectivamente (tabla 6). Dentro de los países de la UE-15, España ocupa el sexto lugar, con una contribución media del 7,3% de los artículos publicados incluidos en revistas incluidas en el “*Journal Citation Report*” (JCR), variando desde el 6,3% en el año 2000 al 8,5% en 2008.

Tabla 6. Evolución del número de artículos científicos en Biociencias.

Fuente: Genoma España (2009).

	Mundial	UE-15	España
2000	50.145	18.769	1.185
2001	53.085	19.432	1.300
2002	49.217	18.582	1.276
2003	55.720	20.653	1.425
2004	54.516	19.857	1.508
2005	56.143	20.709	1.429
2006	53.551	19.567	1.541
2007	53.370	20.220	1.667
2008	53.741	20.404	1.744

En la figura 9 se recoge el porcentaje de publicaciones de España, UE-15 y mundial en revistas incluidas en el JCR según el factor de impacto de las revistas en las que se han publicado los artículos, que es uno de los indicadores más utilizados para medir la calidad de las publicaciones científicas. Como puede observarse, España publica más artículos en revistas con factor de impacto bajo o medio respecto a la UE-

15 o al total mundial: 50% respecto a un 36% (mundial) y un 40% (UE-15). Consecuentemente, el porcentaje de publicaciones en revistas de factor de impacto medio o alto, es bastante inferior (un 50% de las publicaciones), respecto a un 65% (mundial) y un 60% (UE-15). La diferencia entre las publicaciones mundiales y las de la UE-15 son principalmente de Estados Unidos, con lo que los artículos publicados por los investigadores estadounidenses están preferentemente publicados en revistas de factores de impacto medio y alto.

Un 16,6% de los trabajos españoles se publican en revistas de alto factor de impacto en Biociencias. Este dato sitúa a España a la cola de los países de UE-15, por delante sólo de Grecia y Portugal. Genoma España atribuye estos valores a factores tales como la atomización de los grupos de investigación, la escasa colaboración interdisciplinar de los proyectos, el difícil acceso a ciertas tecnologías y la limitada participación en los proyectos internacionales de gran envergadura.

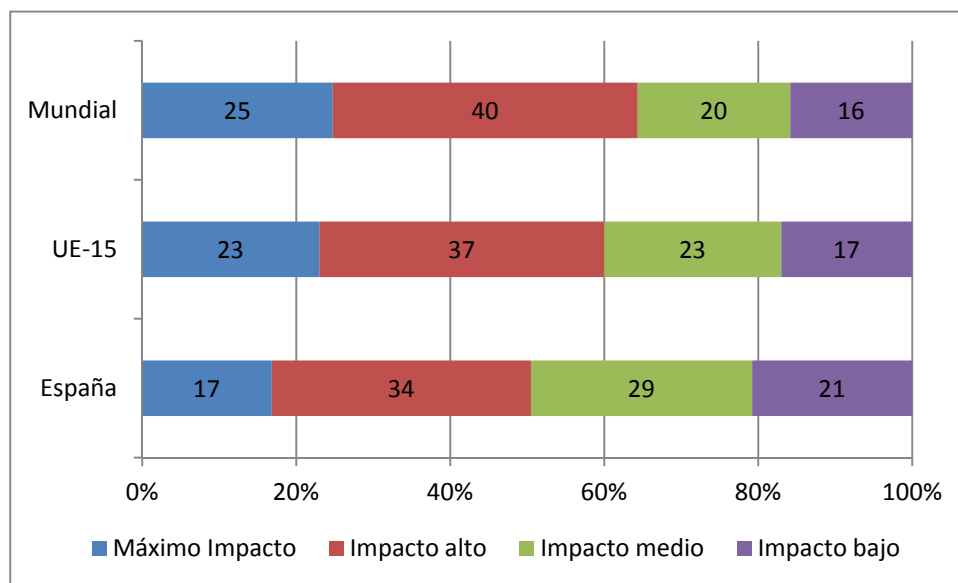


Figura 9. Número de publicaciones por cuartiles de factor de impacto de las revistas de España, UE-15 y mundial (2000-2009). Fuente: Genoma España, 2009

Si se analiza el carácter básico o aplicado de la investigación española en Biociencias, se observa que España muestra un carácter ligeramente más aplicado si se compara con la media mundial (figura 10). Esto también contribuye a disminuir el factor de impacto de la producción científica, ya que la investigación aplicada tiene

considerablemente un menor índice de impacto científico que la investigación básica, aunque es de gran importancia para el fortalecimiento del tejido industrial.

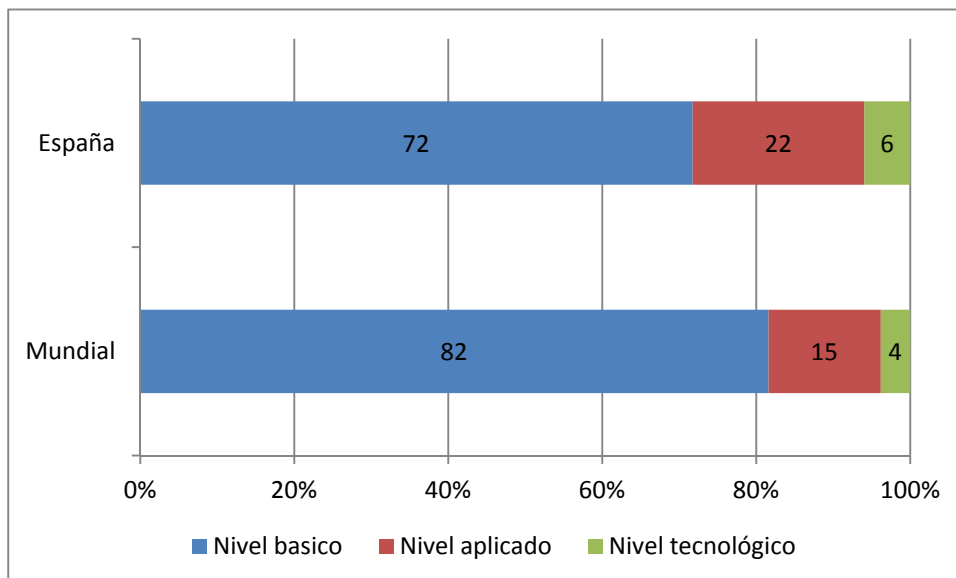


Figura 10. Carácter básico, aplicado o tecnológico de las publicaciones biotecnológicas españolas respecto al total mundial. Fuente: Genoma España, 2009.

La distribución de las publicaciones por sectores de actividad revela que un 25% de las publicaciones tienen carácter horizontal, estando relacionados con varias áreas al mismo tiempo. El siguiente sector es Salud humana, con un 19%, y por productos industriales, con un 16%. El sector de agricultura y alimentación representa un 14%, seguido de la sanidad vegetal, con un 10%, medio ambiente, con un 9%, y finalmente, el sector de la sanidad animal, con un 7% (figura 11).

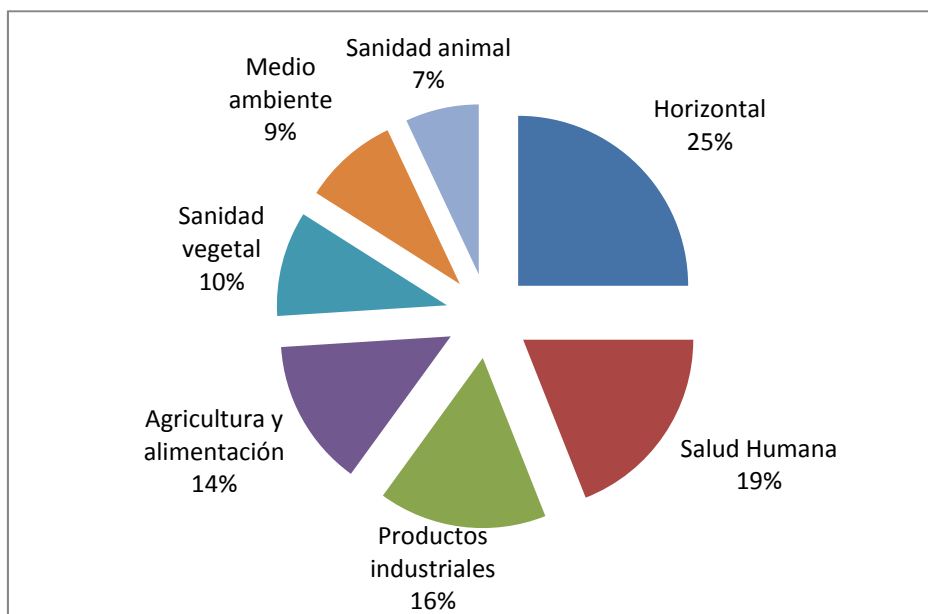


Figura 11. Distribución por sectores de las publicaciones biotecnológicas españolas.
Fuente: Genoma España, 2009

El análisis del número de solicitudes patentes presentadas a la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) muestra un rápido aumento en el número de patentes desde 2000, especialmente durante 2007 y 2008, llegando a duplicar el número de patentes de años anteriores (figura 12). Respecto a la titularidad de las patentes, se observa que la mayoría son de titularidad pública (alrededor del 70-75% del total). Sin embargo, se observa un crecimiento destacado en los últimos años de las patentes de titularidad empresarial: si en el año 2000, el número de patentes de titularidad pública eran 6 veces más que las de las empresas (60 frente a 10), en el año 2008 son sólo 3 veces mayores (140 frente a 50).

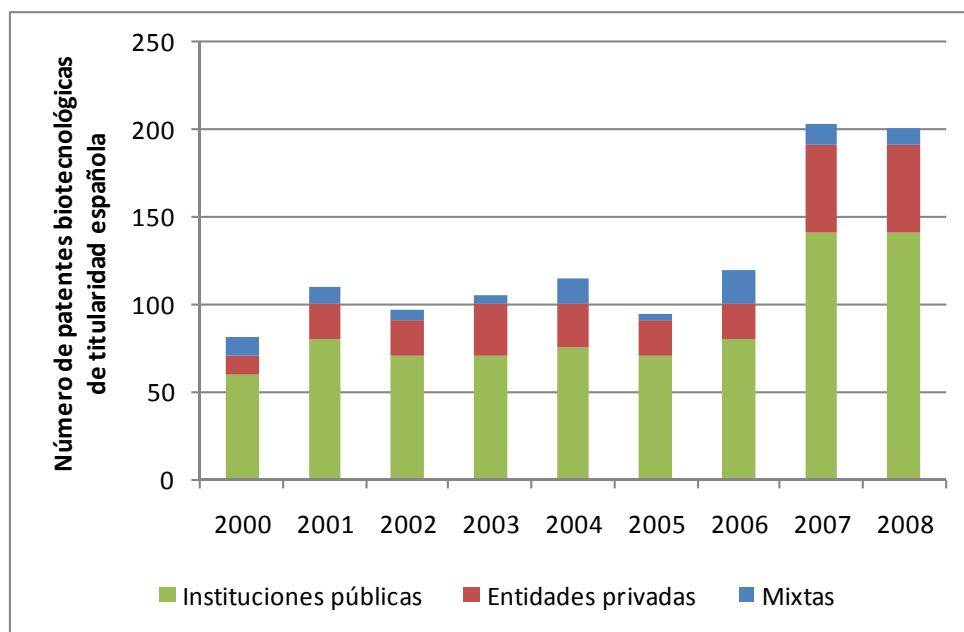


Figura 12. Tipo de instituciones titulares de solicitudes de patentes biotecnológicas españolas. Fuente Genoma España, 2009.

Uno de los factores que explican esta situación es que muchas de estas instituciones públicas se han beneficiado del programa de transferencia desarrollado por la Fundación Genoma España (figura 13). Genoma España, como se explica más adelante, promueve el desarrollo de la biotecnología mediante distintos programas. A pesar de ser una Fundación sin ánimo de lucro, el origen de sus fondos son fundamentalmente públicos. Este es un claro ejemplo de la importancia de los programas subvencionados públicamente para el desarrollo e impulso del sector biotecnológico.

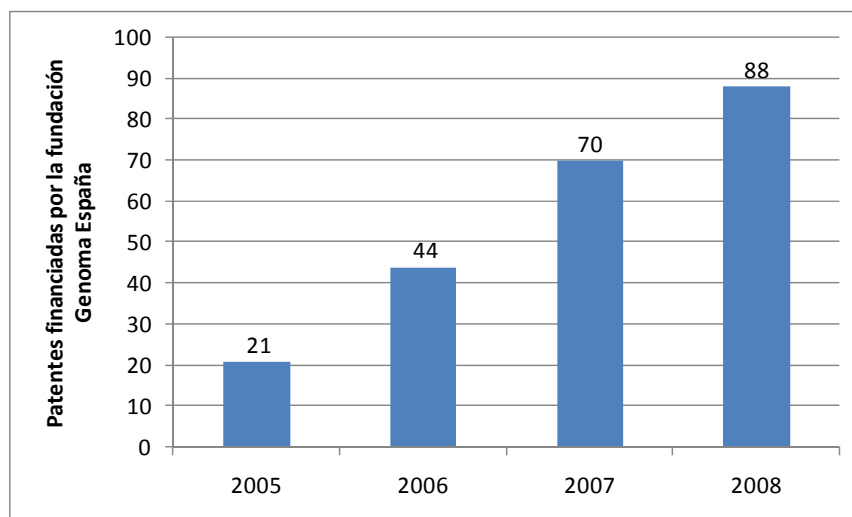


Figura 13. Número de patentes financiadas a instituciones públicas por el programa de transferencia de la Fundación Genoma España. Fuente: Genoma España, 2009.

En cuanto al número de patentes biotecnológicas registradas en oficinas de patentes internacionales, la Oficina Europea de Patentes (EPO) y la Oficina estadounidense de patentes (USPTO), el último informe de Genoma España muestra que nuestro país, ocupaba en 2007 la undécima posición en la UE-15, en cuanto a número de patentes registradas ambas oficinas se refiere. Además se observa que la situación ha permanecido estable desde el año 2000. Las causas del bajo número de patentes internacionales obedecen a que el entramado empresarial biotecnológico español aún tiene pocas empresas que dediquen recursos al desarrollo de productos, centrándose principalmente en prestación de servicios y distribución o comercialización de productos. Además, los centros públicos de investigación carecen de fondos suficientes remesas económicas para realizar solicitudes internacionales de patentes (PCT) y entrada en fases nacionales de las solicitudes.

El estudio del número de patentes con inventores del país objeto de estudio y de las patentes con titulares del mismo países, muestra que España, junto con Finlandia y Portugal, son los mayores “exportadores” de Biotecnología, ya que más de la mitad de las patentes con inventores nacionales tienen la titularidad de un país extranjero. En el caso de España, un 28% de las patentes con inventores españoles pertenecen a EEUU. Alemania y Reino Unido son los siguientes países con mayor

titularidad de patentes biotecnológicas con inventores españoles, pero con un porcentaje muy inferior, un 6% y un 4% respectivamente.

Respecto al número de licencias de patentes biotecnológicas, en los últimos años se ha venido observando una tendencia creciente, con un incremento de aproximadamente un 25% del número de licencias en 2008 respecto al año 2000 (figura 14).

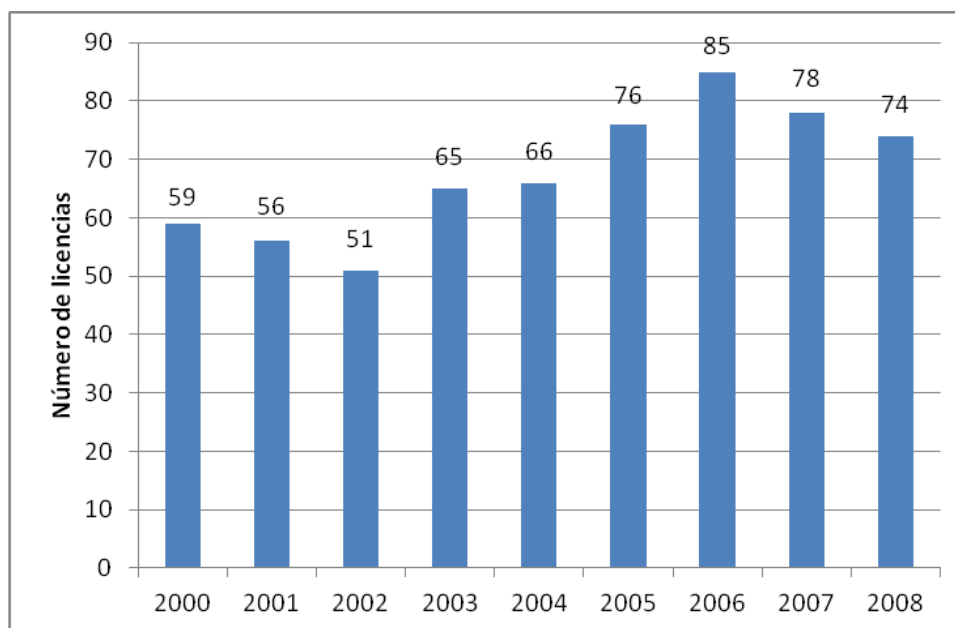


Figura 14. Número de licencias de patentes biotecnológicas españolas.
Fuente: Informe Genoma España, 2009.

En la figura 15 se recogen la evolución de las principales fuentes de subvención a actividades biotecnológicas según la institución financiadora. Como puede observarse, la principal fuente de subvención para el sector biotecnológico proviene del Ministerio de Ciencia e Innovación: 362 millones de euros en 2008. Las siguientes fuentes de subvenciones son las Comunidades Autónomas, con 115 millones de euros en 2008 y la Unión Europea, con 29 millones de euros en 2008.

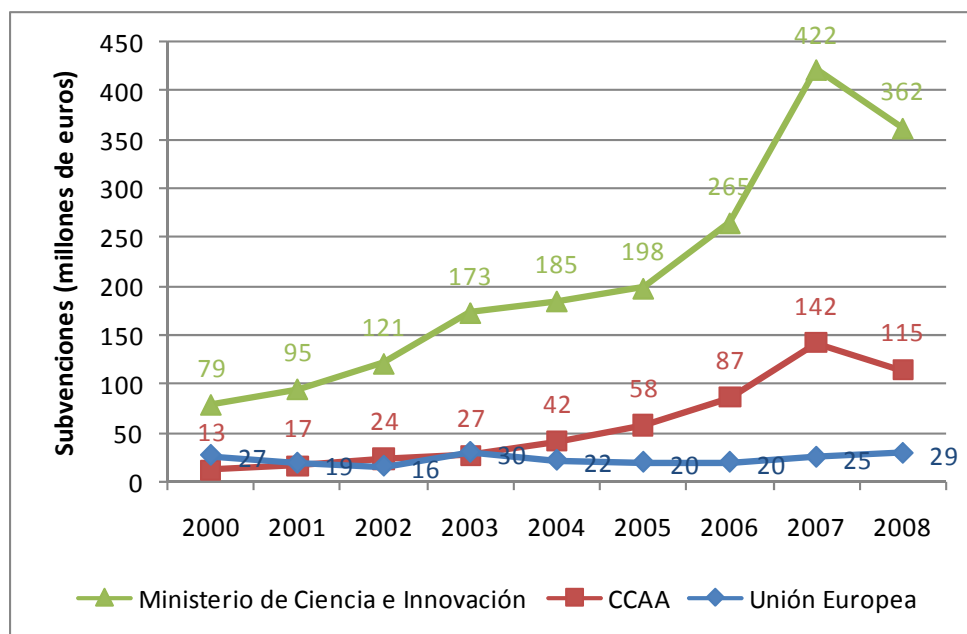


Figura 15. Subvenciones a actividades biotecnológicas por tipo de institución financiadora. Fuente: Genoma España, 2009.

Estas subvenciones se destinan principalmente a I+D, entre el 60 y el 80% del total, según los años, aunque con una clara tendencia hacia el aumento (80% en 2008 frente a un 64% en 2000) (figura 16). El siguiente destino de las subvenciones han sido las ayudas a la innovación, pero han perdido importancia respecto a las ayudas para infraestructuras en los últimos años. En el año 2000, las ayudas a la innovación suponían un 32% y en el año 2008, sólo un 8%. Al contrario que lo que ha ocurrido con las ayudas para infraestructuras, que han aumentado desde el 4% (2000) hasta el 14% (2008) del total de subvenciones. Estas subvenciones se destinan principalmente al sector de la sanidad humana, al cual se destinan un 75% del de las ayudas a investigación y un 45% de las ayudas a innovación (Genoma España, 2008).

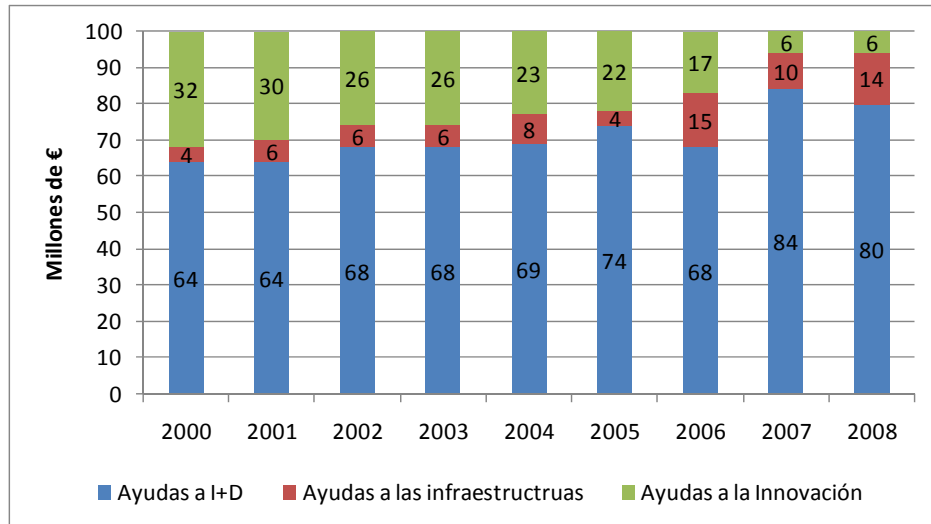


Figura 16. Porcentaje de subvención por tipo de ayuda a la Biotecnología. Fuente: Genoma España, 2009.

El número total de empresas biotecnológicas ha sufrido un fuerte incremento durante el período 2000-2008, llegando a alcanzar un crecimiento acumulado del 70%, desde 393 empresas en 2000 a 691 empresas en 2008 (figura 17). El mayor crecimiento ha ocurrido en el número de empresas completamente dedicadas a la biotecnología, que ha crecido desde 81 empresas en 2000 hasta 275 empresas en 2008, lo que supone un crecimiento acumulado del 240%, casi un 30% anual. Sin embargo, las empresas industriales, de servicio y comerciales, que utilizan sólo parcialmente la Biotecnología dentro de sus actividades han experimentado un crecimiento mucho más moderado. Si en 2000 el número de empresas de este tipo eran 312, dicho número ha crecido hasta 394 en 2008, lo que supone un crecimiento acumulado del 26%, y un crecimiento medio anual ligeramente superior al 3%.

Respecto a la distribución geográfica de las empresas, éstas se concentran en Madrid y Cataluña, y en menor medida, en Andalucía, la Comunidad Valenciana y el País Vasco (figura 18). En Madrid y Cataluña residen un 38,9% de las empresas completamente dedicadas a la Biotecnología y un 56,6% de las empresas usuarias de la Biotecnología. En el conjunto de las cinco CCAA anteriormente citadas, residen un 76,6% de las empresas netamente biotecnológicas y un 77,2% de las empresas usuarias de la Biotecnología. Según Diaz, V. y col. (2003), las causas del importante desarrollo del sector biotecnológico en Madrid y Cataluña se deben principalmente a la

tradición industrial, en el caso de Cataluña, y a la fortaleza del sector servicios, en el caso de la Comunidad de Madrid. Es importante señalar que la evolución de la biotecnología en Madrid se debe en parte, a la creación de “spin-off” procedentes de universidades y centros públicos de investigación, mientras que en el caso de Cataluña, la evolución del sector biotecnológico no se puede desligar de iniciativas institucionales para el desarrollo de parques científicos y tecnológicos.

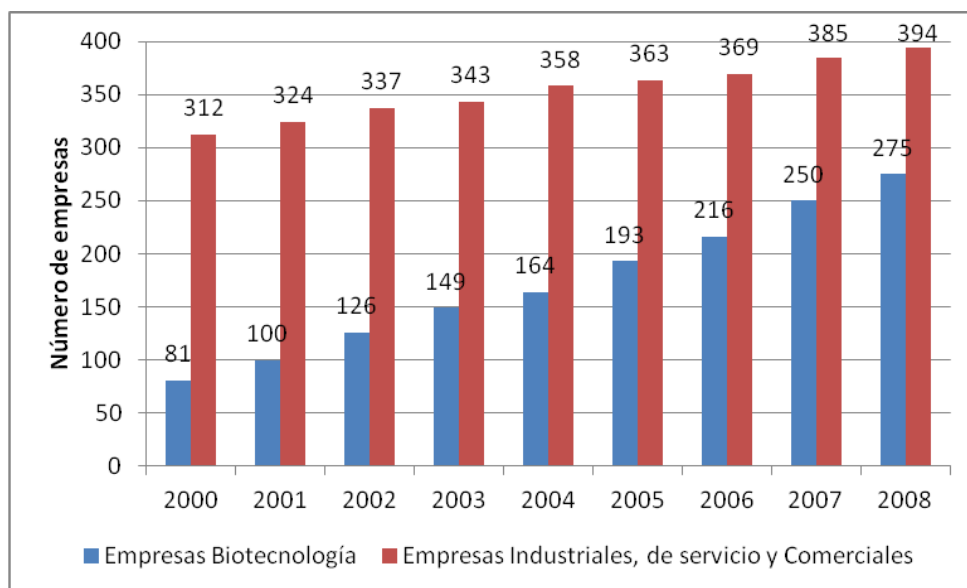


Figura 17. Número de empresas biotecnológicas y empresas industriales, de servicio y comerciales relacionadas con la Biotecnología. Fuente: Genoma España, 2009.

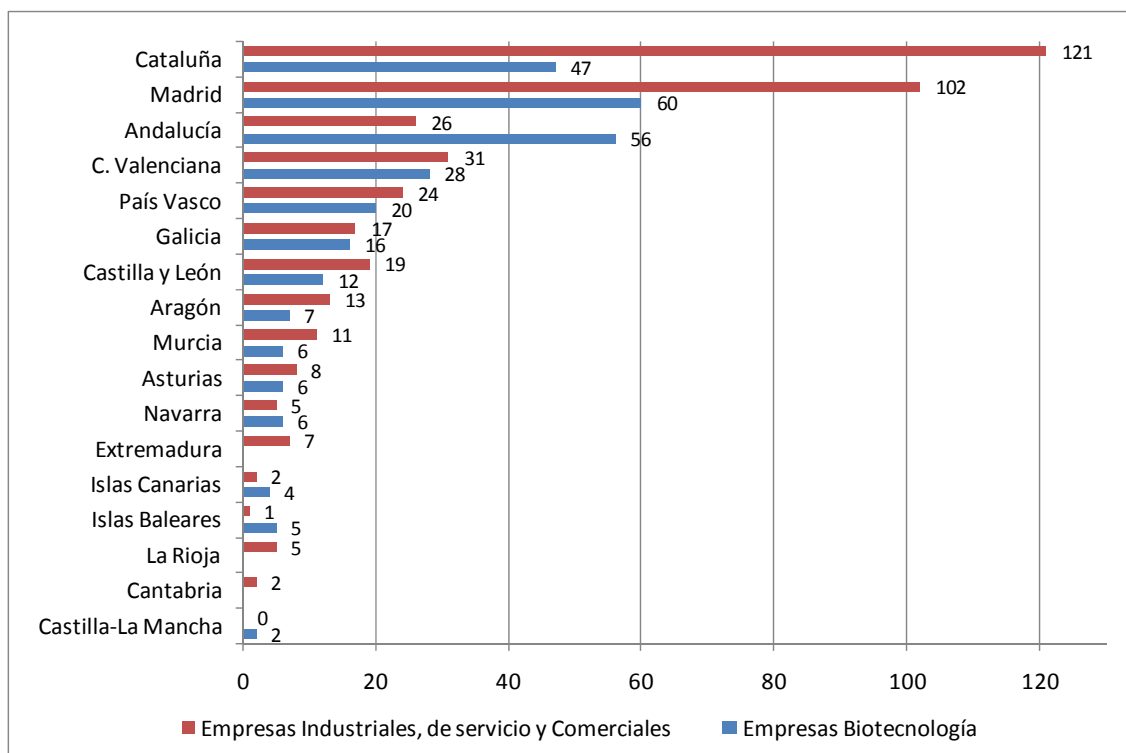


Figura 18. Número de empresas por Comunidades Autónomas. Fuente: Genoma España, 2009. Elaboración propia.

También se ha observado un fuerte incremento en la facturación de las empresas biotecnológicas en los últimos años. Desde el año 2000 hasta el 2008, la facturación de las empresas completamente dedicadas a la Biotecnología ha crecido desde unos 200 millones de euros hasta más de 700 millones de euros (figura 19), llegando a alcanzar el 0,06% del Producto Interior Bruto. Aunque este porcentaje pueda parecer pequeño, la influencia de las actividades biotecnológicas en otros sectores es de gran importancia, aunque difícil de cuantificar. Si se estima también la contribución de la Biotecnología en las empresas parcialmente dedicadas a la misma y en el sector público dedicado a I+D, además de diversos efectos indirectos e inducidos, la importancia de la Biotecnología en España podría estimarse en unos 8.189 millones de euros, con más de 60.000 empleados, lo que supondría un 0,8% del PIB (Genoma España, 2009). Además, las previsiones indicaban que en 2012 podría llegar a suponer cerca del 1,6% del PIB y llegar a más de 160.000 empleados (figura 20). Estas cifras han quedado descartadas por el efecto de la crisis económica que comenzó en 2008.

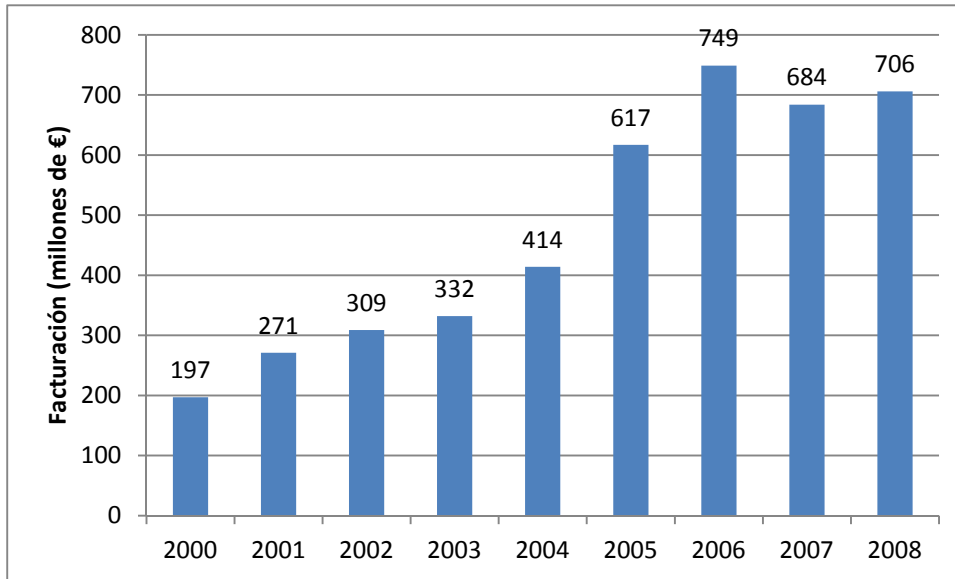


Figura 19. Facturación de las empresas completamente dedicadas a la Biotecnología.
Fuente: Genoma España, 2009. Elaboración propia.

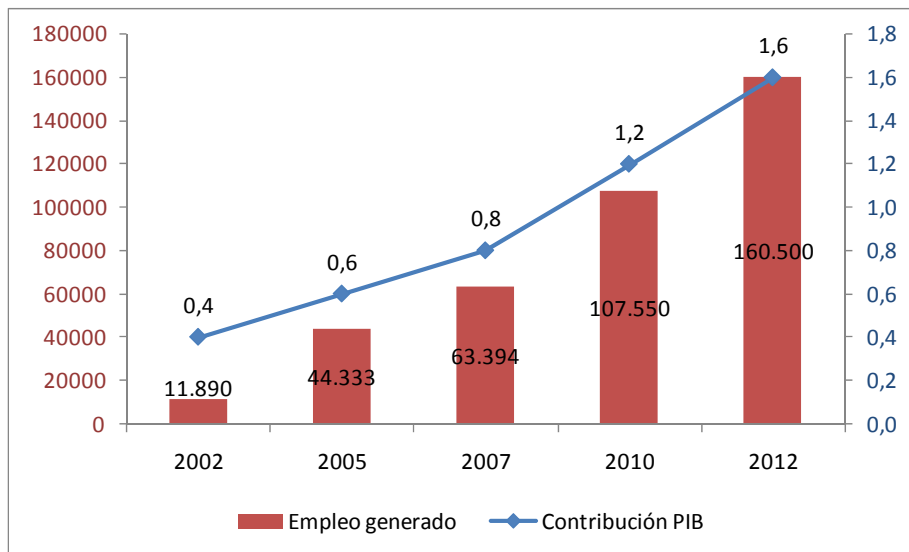


Figura 20. Contribución total de la Biotecnología al PIB y al empleo según estimaciones de la Fundación Genoma España, incluyendo previsiones a 2010 y 2012.
Fuente: Genoma España. 2009.

Como se ha comentado anteriormente, el sector de la salud humana es el de mayor importancia para las empresas biotecnológicas, representando casi dos terceras partes de las actividades de las mismas (desarrollos y servicios tecnológicos, diagnóstico y vacunas, y biofarmacéuticas). Después, un 16% de las empresas centran su actividad en la agrobiotecnología, un 10% en bioprocesos industriales y un 8% en alimentación y bioprocesos alimentarios. Si se analiza la evolución reciente, el sector

que ha experimentado un mayor crecimiento en los últimos años han sido las empresas de bioprocesos, que ya suponen un 10%, fundamentalmente por el desarrollo de plantas de biocombustibles (figura 21). Además, se ha observado un importante descenso de la facturación de las biofarmacéuticas debido a la adquisición de Serono por Merck, lo que hace que la importante facturación de Serono (empresa completamente dedicada a la biotecnología), pase a incluirse en la de Merck (como empresa parcialmente dedicada a la biotecnología).

La situación es muy similar en las empresas usuarias o de servicios con actividades relacionadas en Biotecnología aunque ahora las actividades relacionadas con la salud son menos importantes, ahora cercanas al 50% (figura 22) y aparecen la alimentación y las actividades comerciales y de distribución como más relevantes.

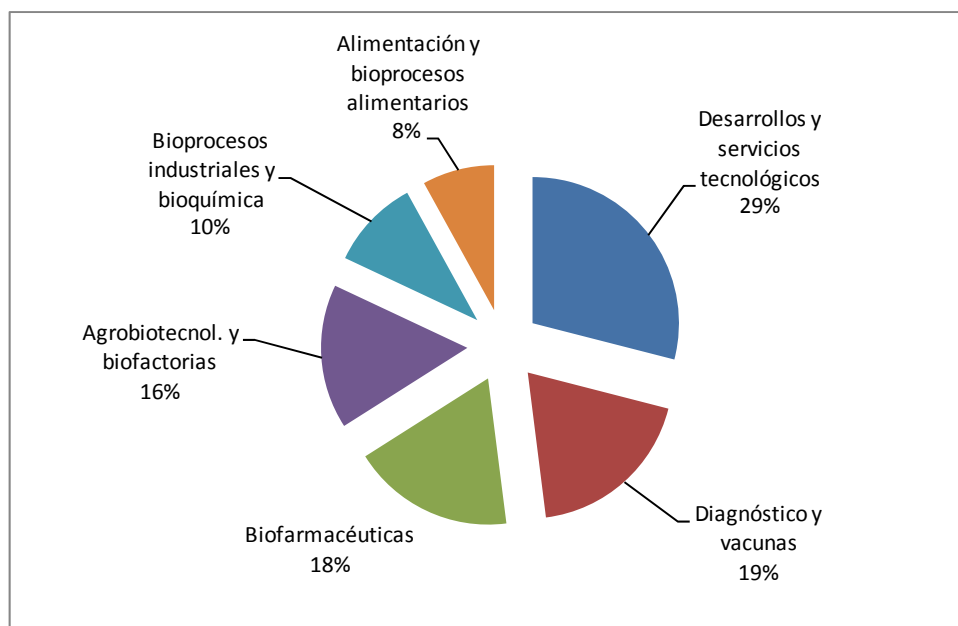


Figura 21. Porcentaje de empresas biotecnológicas por sectores de dedicación.
Fuente: Genoma España, 2009.

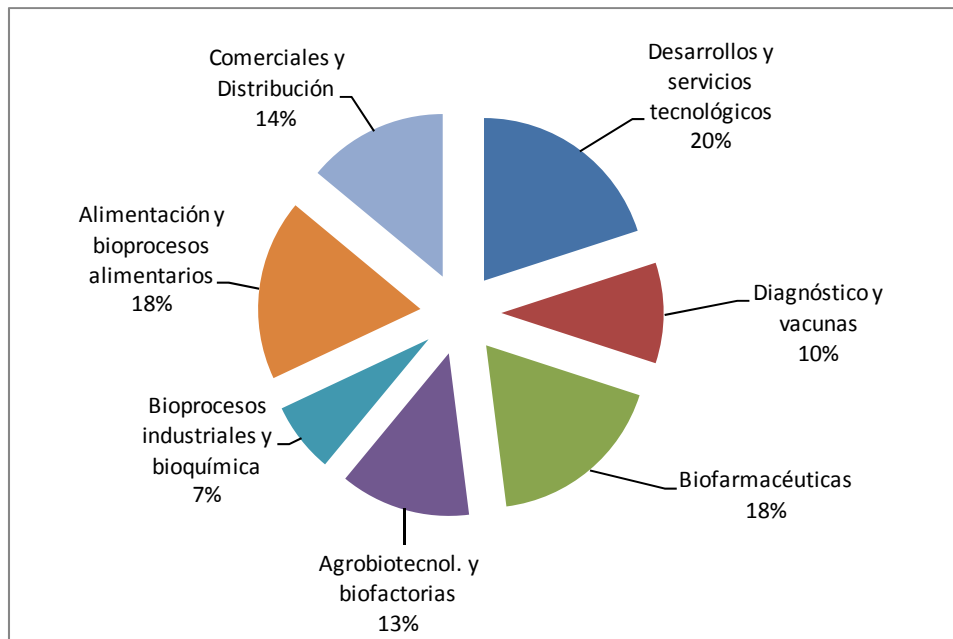


Figura 22. Porcentaje de empresas industriales, de servicio y comerciales por sectores de dedicación. Fuente: Genoma España, 2009.

El análisis del porcentaje de capital riesgo invertido en biotecnología respecto al total de la inversión muestra una gran distancia entre la inversión en Estados Unidos y UE-15 (figura 23). Durante el período 2000-2008, Estados Unidos alcanza porcentajes de capital riesgo invertido cercano al 20% de toda la inversión en biotecnología, mientras que UE-15 apenas alcanza el 2%. En el caso español, el porcentaje es aún menor, no llegando a alcanzar el 1% durante todo el período, excepto en el año 2006 y 2007 que supero ese porcentaje.

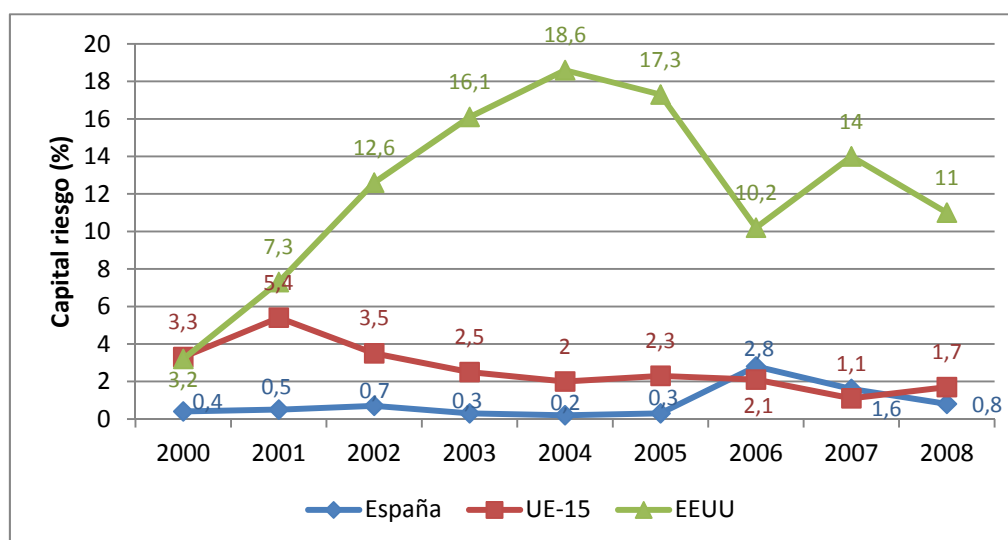


Figura 23. Porcentaje de capital riesgo invertido frente al total de la inversión. Fuente: Genoma España, 2009.

Finalmente, a modo de resumen, se recoge la evolución de la Biotecnología en España comparada con cuatro países o áreas significativas como son EEUU, Canadá, UE-15 y Alemania. Estados Unidos es el país líder en Biotecnología, Canadá es el país que más ha crecido en Biotecnología en la última década. UE-15 permite posicionar el crecimiento de España respecto al conjunto de los países de la Unión Europea y Alemania, finalmente, es uno de los países principales de la Unión Europea en Biotecnología. Esta evolución es un indicador promedio basado en la evolución de diferentes indicadores de recursos o “input” (inversión pública en I+D, gasto privado en I+D, inversión de capital riesgo, número de empleados, doctores en Ciencias de la Vida) y de resultados o “output” (producción científica, número de empresas, patentes PCT solicitadas, patentes europeas concedidas, patentes americanas concedidas y facturación de la empresas). Este indicador lo calcula la Fundación Genoma España en su Informe sobre la *Relevancia de la Biotecnología en España 2009*, asignando un valor de 100 para el año 2000 y comparar así el crecimiento relativo del sector en diferentes países. La figura 24 recoge esta evolución en los países señalados durante el período 2000-2008. Como puede observarse, España es el país con mayor índice de evolución, con una variación media del 14,8 anual, muy superior a los crecimientos promedio de otros países. Alemania es el segundo país que más creció, con un crecimiento anual de

un 5%, mientras que el resto de los países han crecido sólo por debajo del 2,5% anual (figura 25).

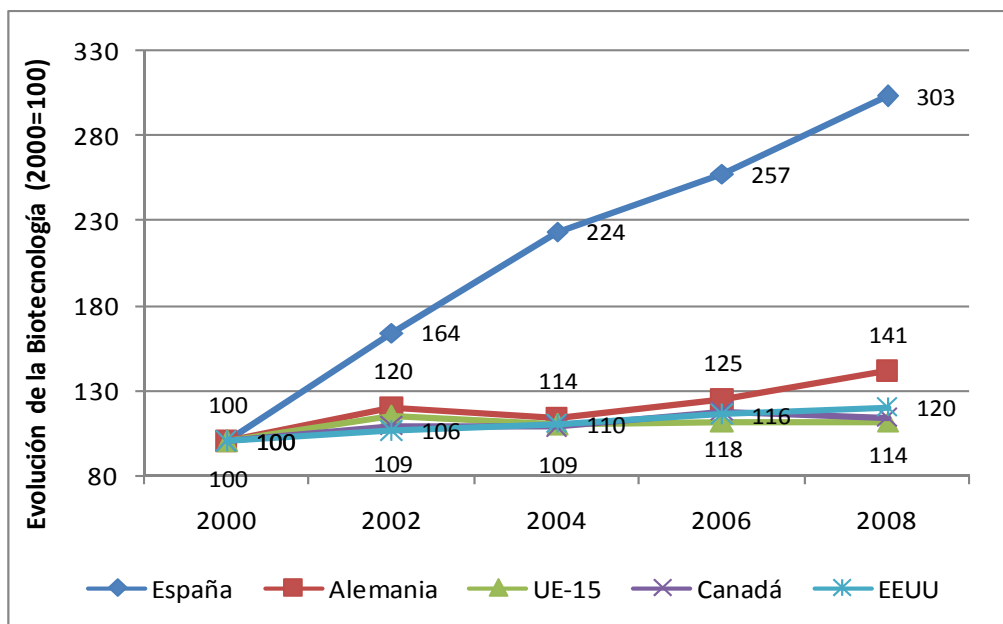


Figura 24. Evolución de los indicadores de la Biotecnología
Fuente: Genoma España, 2009.

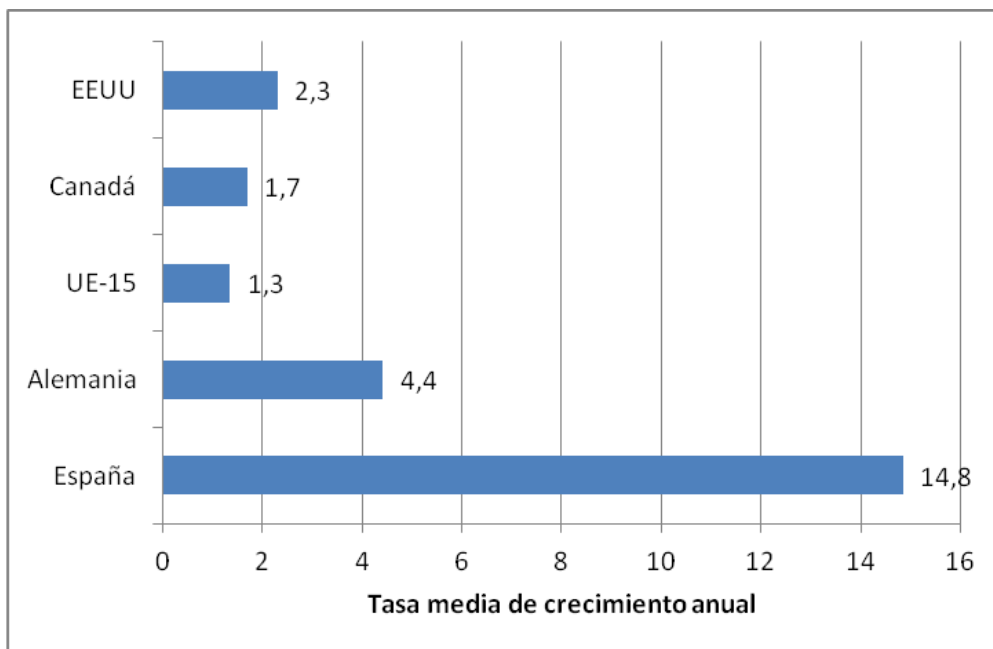


Figura 25. Tasa de crecimiento anual de la biotecnología durante el período 2000-2008. Fuente: Genoma España, 2009.

1.5. Evolución del marco legal para la financiación y ejecución de la I+D

1.5.1. *Programa Nacional de I+D*

En España, la financiación para la investigación en Biotecnología proviene principalmente de la administración pública. Según estimaciones de la Fundación Genoma España, en 2008 sólo un 35% del gasto total en I+D en Biotecnología lo llevaron a cabo las empresas, siendo el resto fundamentalmente subvenciones públicas, ejecutadas a través de universidades, OPIs y hospitales, pero también a través de empresas (Informe Genoma 2009). Dentro de las fuentes de subvención pública, el Ministerio de Ciencia e Innovación es, con diferencia, la fuente que más subvenciones concede: 362 millones de euros en 2008, en comparación con 115 millones de euros procedentes de las Comunidades Autónomas y 29 millones de euros procedentes de la Unión Europea (Genoma España, 2009).

Entre los distintos mecanismos de actuación para la I+D, el más importante es el Plan Nacional. El Plan Nacional de I+D surge a partir de la Ley de la Ciencia (Ley 13/1986, de 14 de abril, de fomento y coordinación general de la investigación científica y técnica) donde se establece el marco para la definición e implementación de una política de investigación, tecnología e innovación en España, como el primer instrumento estable de financiación de actividades científicas y tecnológicas. En la figura 25 se muestra la estructura del sistema de gobernanza de ciencia y tecnología de España.

En mayo de 2011 se aprobó una nueva Ley de la Ciencia, la Ley 14/2011. Uno de los cambios más importantes de la nueva Ley de la Ciencia es que desaparece el Plan Nacional y se crea la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología (EECYT) como el instrumento para alcanzar los objetivos generales establecidos en la nueva Ley. Al igual que el Plan Nacional, la nueva EECYT, será definida para un período plurianual y constituirá:

- Los principios básicos, así como los objetivos estratégicos a alcanzar y los indicadores de seguimiento de los mismos.

- Las prioridades científico-técnicas, que determinarán el esfuerzo financiero de los agentes de financiación del Sistema Español de Ciencia y Tecnología.
- Las líneas generales de actuación que se desarrollarán en los Planes de la Administración General del Estado y de las Comunidades Autónomas.
- Los mecanismos y criterios de articulación de la propia Estrategia con las políticas sectoriales del Gobierno, de las Comunidades Autónomas y de la Unión Europea, necesarios para lograr.

La estructura de gobernanza del Sistema de Ciencia y Tecnología también cambia, de la forma en que se muestra en la figura 26.

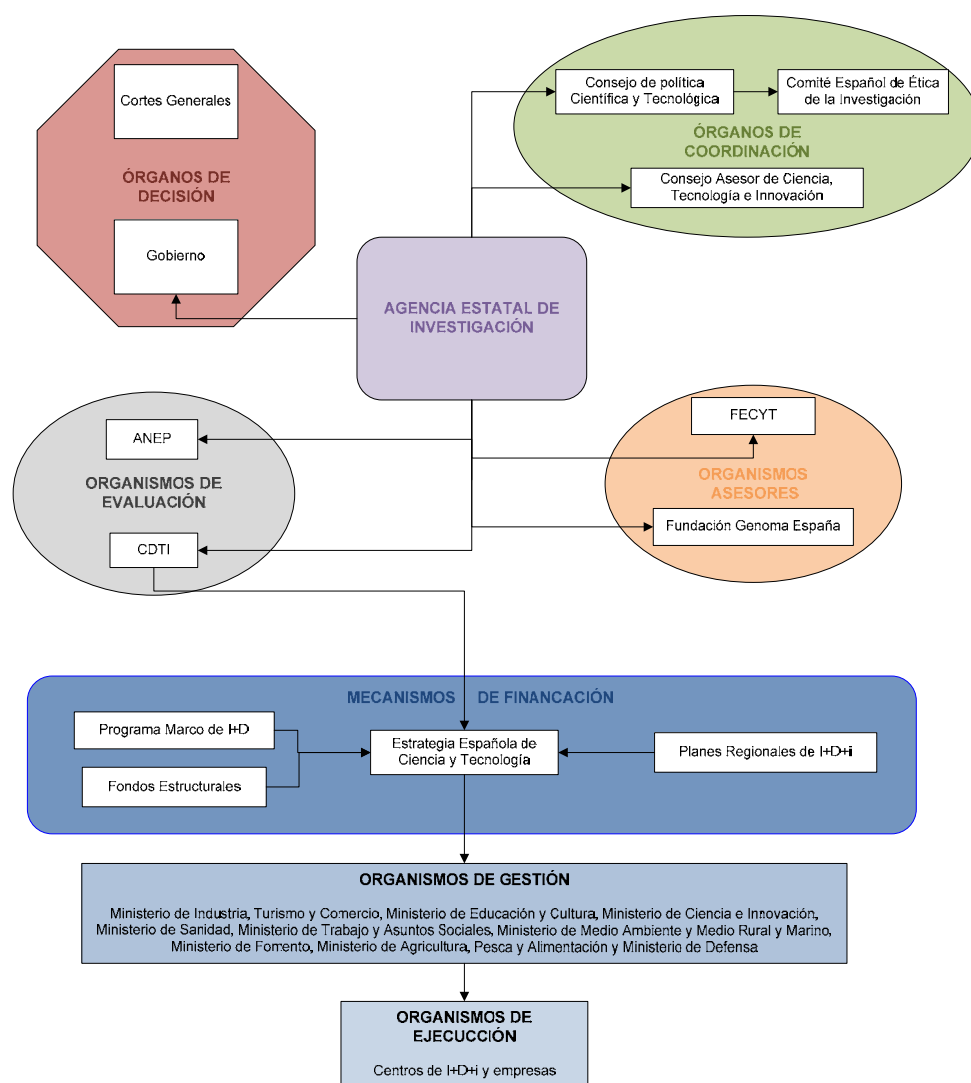


Figura 26. Nueva estructura de gobernanza del Sistema de Ciencia y Tecnología. Elaboración propia.

Se crea la Agencia Estatal de Investigación, que junto con el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), tendrá las siguientes funciones:

- Gestionar los programas o instrumentos que les sean asignados en el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y, en su caso, los derivados de convenios de colaboración con entidades españolas o con sus agentes homólogos en otros países.
- Contribuir a la definición de los objetivos del Plan y colaborar en las tareas de evaluación y seguimiento del mismo.
- Realizar la evaluación ex ante para la asignación de los recursos del Plan, y la evaluación ex post de las acciones establecidas por el Plan.
- Asesorar en materia de gestión, sistemas de financiación, justificación y seguimiento del Plan Estatal.
- Cualquier otra que les sea encomendada por su Estatuto, su reglamento o la normativa vigente.

La Agencia Estatal de Investigación estará orientada prioritariamente al impulso de la investigación científica y técnica, y utilizará como criterio evaluativo para la asignación de los recursos el mérito científico o técnico.

Además se creará *El Sistema de Información sobre Ciencia, Tecnología e Innovación*, bajo la dependencia del Ministerio de Ciencia e Innovación. El Sistema de Información sobre Ciencia, Tecnología e Innovación será un instrumento de captación de datos para la elaboración y seguimiento de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y sus Planes de desarrollo, y de la Estrategia Estatal de Innovación. Los agentes del Sistema Español de Ciencia y Tecnología cooperarán aportando la información que les pueda ser solicitada, de acuerdo con los criterios aprobados por el Consejo de Política Científica y Tecnológica. La información que se transmita abarcará las actuaciones de los agentes en materia de política científica y tecnológica.

1.5.2. *Plan Nacional de I+D*

Como se ha comentado anteriormente, el Plan Nacional es un instrumento del sistema de Gobernanza para financiar las actividades científicas, y constituyó, desde su primera etapa, comprendida entre los años 1988 y 1999, el primer instrumento de financiación de actividades de investigación estable.

El Primer Plan Nacional tenía como objetivos estratégicos:

- Incrementar el nivel de la ciencia y tecnología española en términos de tamaño y calidad.
- Incrementar la competitividad de las empresas y fomentar su capacidad innovadora.
- Mejorar la explotación de los resultados de I+D por las empresas y por la sociedad española en su conjunto.
- Fortalecer la internacionalización de la ciencia y tecnología española.
- Incrementar el nivel de cualificación de los recursos humanos tanto en el sector público como en el sector privado y mejorar la movilidad entre distintos centros.
- Aumentar el nivel de conocimiento científico y tecnológico de la sociedad española.
- Mejorar la coordinación, evaluación y los procesos de monitorización de los Programas nacionales.

El Segundo Plan Nacional (1992-1995) tenía como objetivo consolidar los mecanismos de asignación de recursos entre los investigadores y fortalecer al Sistema Público, especialmente a las universidades y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Se introduce otro mecanismo basado en los proyectos integrados y se utilizan fondos de estructurales de la Unión Europea para financiar actividades de I+D.

En el Tercer Plan Nacional (1996-1999) se introduce el PACTI (Programa Nacional de Fomento de la Articulación del Sistema Ciencia-Tecnología-Industria) con

el objetivo de fortalecer los vínculos entre el sector público y privado con énfasis en las unidades de interfase, en los procesos de transferencia de tecnología y en el intercambio de científicos y tecnólogos.

El Cuarto Plan Nacional (2000-2003) se denomina Plan de I+D+i para integrar las actividades del fomento del Ministerio de Industria. Se incorporan programas temáticos. Se desarrolla el Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT) y el programa Ramón y Cajal. También se crean la FECYT y la Fundación Genoma España. En este programa ya aparecen instrumentos específicos para la Biotecnología.

En el Quinto Plan Nacional (2004-2007) desaparece el programa de Promoción General del Conocimiento. Se da un mayor énfasis a la articulación con el Programa Marco de la Unión Europea para la constitución del Espacio Europeo de Investigación. Se crea un Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación y el Programa Ingenio 2010, que supuso un gran incremento en los presupuestos para la I+D.

El Plan Nacional desde su inicio ha contribuido a aumentar el número de investigadores e infraestructuras, observándose un importante aumento en la actividad científica, así como en su calidad. Se ha observado un fuerte auge en sectores como la acuicultura, la Biotecnología, los materiales y la microelectrónica. También ha contribuido a alcanzar los estándares necesarios para la participación en programas de investigación internacionales como el Programa Marco europeo. Sin embargo, el impacto de estos planes en el desarrollo tecnológico ha sido menor, no observándose el mismo aumento en la producción de patentes. Además, la participación de las empresas en los estos planes nacionales de I+D+i ha sido muy limitada, aunque se están llevando a cabo esfuerzos para mejorar la situación (López-Facal, J., y col., 2002).

Para Sebastián, (2008b), el balance de los planes durante todo el período 1988-2007 puede resumirse en que *“el diseño e implantación de los planes nacionales han quedado cortos respecto a las expectativas y potencialidades que la Ley atribuía a los mismos. La evolución del contexto político y el desigual compromiso de los actores institucionales, las dificultades para la priorización y para los enfoques estratégicos, el peso de la cultura académica, la insuficiente articulación con las políticas de las Comunidades Autónomas, crecientemente más activas en el fomento de la I+D, los*

cambios y dificultades en la gestión, el insuficiente esfuerzo privado y las fluctuaciones presupuestarias son algunas de las razones que fundamentan las luces y sombras de los planes nacionales como instrumento de política científica y tecnológica.”

1.5.3. Programa Nacional de biotecnología.

1.5.3.1. Programa Nacional de Biotecnología 1996-1999.

Este programa se caracteriza por adaptarse a las líneas estratégicas del Programa Marco para el área de Biotecnología. Se estructura en cuatro líneas principales:

- **Agroalimentación.** Esta línea se subdivide en otras sublíneas:
 - Aislamiento y caracterización de genes de interés agronómico y forestal en especies cultivadas y en sistemas modelos. Diseño de plantas transgénicas para mejorar sus propiedades agronómicas o alimentarias, producir sustancias de interés industrial, o proporcionar resistencia a condiciones ambientales extremas y a organismos perjudiciales.
 - Aplicación de las técnicas de ingeniería genética al estudio de las interacciones entre plantas y otros organismos para mejorar la asimilación de nutrientes o diseñar nuevos sistemas de protección frente a organismos perjudiciales.
 - Desarrollo de sistemas de cultivo in vitro y de métodos eficientes de transformación genética de plantas.
 - Diseño de métodos de diagnóstico de organismos perjudiciales para las plantas. Desarrollo de nuevos marcadores moleculares y su aplicación en la elaboración de mapas genéticos.
 - Utilización de técnicas de ingeniería genética en microorganismos de interés en procesos de transformación agroalimentaria.

- **Sanidad humana y animal.** Las sublíneas de esta temática son:
 - Desarrollo de metodologías para el diagnóstico de enfermedades.
 - Desarrollo de estrategias y métodos para la obtención de vacunas. Diseño de vacunas específicas para la protección humana o animal.
 - Desarrollo de modelos para el tratamiento de enfermedades o el análisis de fármacos, mediante el empleo de células o animales modificados por técnicas de ingeniería genética. Identificación y caracterización molecular de dianas de acción farmacológica para su uso en el desarrollo de fármacos.
 - Identificación y caracterización de genes y elementos génicos de potencial aplicación para la producción de sustancias de interés terapéutico.

- **Ingeniería de procesos biotecnológicos:**
 - Desarrollo y aplicación de procedimientos informáticos para el análisis de biopolímeros, genomas y procesos biológicos.
 - Desarrollo de técnicas de ingeniería de proteínas con especial énfasis en sus posibles aplicaciones industriales.
 - Desarrollo de la mejora de sistemas biológicos de producción mediante el uso de organismos nuevos o conocidos modificados por técnicas de ingeniería genética, haciendo especial énfasis en la mejora de su estabilidad y bioseguridad.
 - Desarrollo de sistemas para mejorar el diseño, monitorización y control de biorreactores, la purificación de productos de origen biológico, la Inmovilización de células o proteínas.
 - Desarrollo integrado de procesos o productos útiles para la industria basados en el empleo de enzimas u organismos naturales o modificados por técnicas de ingeniería genética.
 - Desarrollo de biomateriales con aplicaciones industriales, sanitarias y medioambientales, incluyendo el desarrollo de biosensores, de órganos o tejidos o de materiales biodegradables.

- **Medio Ambiente:**

- Desarrollo de metodologías biológicas para la detección de contaminantes.
- Análisis de las comunidades microbianas y de los procesos metabólicos implicados en la eliminación de sustancias tóxicas o contaminantes.
- Diseño de procesos en los que intervengan organismos o productos derivados de éstos para la eliminación de sustancias tóxicas o contaminantes en aguas residuales urbanas, vertidos industriales y entornos naturales contaminados.
- Diseño de procesos en los que intervengan organismos o productos derivados de éstos para el aprovechamiento de residuos industriales y lodos de depuradoras.

1.5.3.2. Programa Nacional de Biotecnología 2000-2003.

Tal y como aparece referenciado en el Plan Nacional de 2000-2003, este programa se basa en *“el hecho de que la biotecnología es todavía una tecnología que combina experiencia y proyección, lo que unido a su amplio espectro de aplicación y la excelente preparación de nuestra comunidad científica, nos sitúa en un lugar adecuado para tomar el tren del desarrollo tecnológico”*.

En este plan se recogen las carencias del área, que han de ser necesariamente suplidas para mejorar y aumentar el desarrollo del sector biotecnológico español. Estas necesidades se dividen en infraestructuras y potenciación de determinados objetivos científicos técnicos. Dentro de las necesidades de infraestructuras, se apoya la creación de unidades de apoyo según el área biotecnológica:

- Unidades de apoyo a la Genómica y Proteómica. Se apoya la creación de unidades de secuenciación de DNA, para dar soporte al desarrollo a la investigación genómica, unidades de bioinformática, unidades de proteómica, para permitir la identificación de proteínas y unidades de DNA *microarrays* y DNA *chips*.

- Unidades de apoyo para el desarrollo de la tecnología transgénica en animales. Se fomenta la creación de unidades de generación, diagnóstico y mantenimiento de ratones transgénicos, unidades de transgénesis y clonación de animales de interés ganadero y unidades de modificación genética de peces.

Estas unidades estarán dotadas de infraestructuras, equipos y personal capacitado. Además estarían asociadas a los centros de excelencia y los centros se organizarían para potenciar las capacidades de los distintos centros de investigación.

Se crean las siguientes redes:

- Red de Centros de investigación Genómica y Proteómica. Los objetivos de esta red están dirigidos a la secuenciación de alta eficacia ligada a las unidades de secuenciación, análisis global de expresión ligada a las unidades de *microarrays* y chips de DNA.
- Red de Centros de Biotecnología Vegetal. Esta red intenta corregir el problema de la dispersión de los grupos de investigación en Biotecnología vegetal, repartidos por distintos centros de investigación por todo el territorio español, para conseguir grupos con mayor masa crítica y mejorar la eficiencia de la investigación.

Se proponía la creación de un Observatorio Nacional de Biotecnología, para la realización de estudios sobre la evolución de programas de I+D, tanto nacionales como extranjeros, así como el seguimiento de la percepción social de la Biotecnología.

El Programa Nacional de Biotecnología se estructuraba en cinco áreas temáticas principales:

- **Biotecnología aplicada al análisis y al diagnóstico.** Esta área se divide en función del sector de aplicación:
 - Biotecnología aplicada al análisis y al diagnóstico dentro del sector de sanidad humana y animal. El objetivo es el desarrollo de herramientas para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades provenientes de otros países, como tuberculosis, peste equina, peste porcina africana, malaria o encefalitis espongiforme.

- Biotecnología aplicada al análisis y al diagnóstico dentro del sector agroalimentario. El objetivo es desarrollar métodos para la identificación de variedades y productos derivados en relación con las denominaciones de origen, que ayuden a mejorar su capacidad competitiva. También se fomenta el desarrollo de métodos para la detección de contaminantes, patógenos o productos transgénicos.
- Biotecnología aplicada al análisis y al diagnóstico en la protección medioambiental.

- **Organismos transgénicos.** Se considera prioritario el desarrollo de herramientas para la creación de nuevos organismos transgénicos. Se estructura en cuatro ejes:
 - Generación de especies animales para la producción de sustancias de alto valor añadido.
 - Transformación genética de plantas, especialmente de especies y variedades con interés agrícola recalcitrantes a la transformación. También se fomenta el diseño de plantas transgénicas como factorías de producción de energía, de nuevas moléculas de interés alimentario, industrial o terapéutico. También se presta interés a la utilización de plantas transgénicas para la descontaminación de suelos o aguas.
 - Tecnologías para la obtención de microorganismos recombinantes. El objetivo es mejorar el diseño de vectores de expresión controlada o la ingeniería metabólica respecto al ensamblaje y control de rutas.
 - Bioseguridad.

- **Ingeniería de procesos biotecnológicos.** Se distinguen cuatro sectores de aplicación:
 - Tecnologías de operación de biorreactores. Se fomentan los estudios de simulación y control de procesos biotecnológicos, como sistemas de extracción de control inteligente, desarrollo de biosensores etc.
 - Sector agroalimentario. El objetivo es el desarrollo de nuevos bioplaguicidas, biofertilizantes o inductores de resistencia, así como el

estimular el estudio de los procesos aplicados a la transformación de alimentos.

- Desarrollo de procesos de biodegradación y biorremediación para mejorar la calidad del tratamiento biológico de aguas, suelos contaminados, residuos y emisiones gaseosas.

- **Biología y sociedad.** Esta temática se organiza en tres ejes principales:
 - Factores socio económicos. Tiene como objetivo la realización de estudios sobre Biología en España atendiendo a temas como producción científica, evolución de mercados etc.
 - Percepción Pública. El objetivo es el estudio sobre la cultura pública en Biología.
 - Estudios sobre el seguimiento de los mecanismos e instrumentos regulatorios.

- **Bases para el desarrollo de la Biología.** El objetivo es promover la investigación genérica que se considere necesaria para el desarrollo de las tecnologías asociadas. Tiene tres objetivos principales:
 - Avance en el conocimiento de las relaciones estructura-función de las moléculas.
 - Avance en el conocimiento de los mecanismos íntimos de regulación de la expresión génica en organismos unicelulares y pluricelulares para la producción de nuevos productos y procesos o en la mejora de procesos.
 - Aplicaciones de la bioinformática.

Además de estas cinco áreas temáticas se establece una acción estratégica para Genómica y Proteómica. El objetivo de esta acción estratégica es mantenerse entre los países líderes del mundo en esta disciplina. Se divide en tres áreas específicas:

- **Genómica estructural.** El objetivo principal es desarrollar una tecnología básica en secuenciación y análisis a gran escala.
- **Genómica funcional.** Este objetivo se estructura en dos ejes principales:

- Sistemas basados en DNA cuyos objetivos son el estudio sistemático de genes no caracterizados y la generación de mutantes y el establecimiento de mapas de enfermedades por combinación de chips de DNA y/o epidemiología genética molecular.
- Sistemas basados en RNA, cuyos objetivos es el análisis de perfiles globales de expresión en organismos modelo o de interés económicos, perfiles de expresión genética para caracterizar tejidos patológicos, respuestas a hormonas o efector de factores de transcripción, o el estudio de la función de sistemas de genes, incluyendo la identificación sistemática de la función de todos los genes de un sistema.
- **Proteómica.** La prioridad de este objetivo es avanzar en la implementación de nuevas técnicas de identificación y análisis de proteínas en el contexto de los proyectos genómicos. Se favorece el desarrollo de química combinatoria y bibliotecas de péptidos, el establecimiento de un catálogo de interacciones entre proteínas, la monitorización de los niveles y modificaciones de todas las proteínas de una células o conjunto de células o la resolución estructural de sistemas de proteínas.

1.5.3.3. Programa Nacional de Biotecnología 2004-2007.

Este Plan Nacional se estructuraba en torno a cuatro grandes temáticas:

- Biotecnología de microorganismos y bioprocesos. Dentro de esta temática, las principales áreas de actuación son:
 - Caracterización de nuevas dianas microbianas para el diseño de nuevos antibióticos y otros productos microbianos.
 - Aplicaciones de la ingeniería genética a la mejora y generación de nuevos compuesto bioactivos.
 - Estudio de las bases moleculares de mecanismos de resistencia a antibióticos y a otros compuestos antimicrobianos.
 - Caracterización molecular de los mecanismos de patogenicidad y/o simbiosis de microorganismos de humanos, animales y plantas.

- Biorremediación.
 - Identificación de nuevas actividades microbianas de interés biotecnológico.
 - Biotransformaciones e ingeniería de estos procesos.
 - Ingeniería genética de proteínas.
 - Revalorización de productos y subproductos industriales.
-
- **Biología de plantas.** Comprende siete líneas de actuación englobadas en dos temáticas principales, una dirigida a aumentar el conocimiento sobre los procesos de desarrollo de plantas y a entender los procesos de adaptación de plantas a estrés. La otra va dirigida al desarrollo y optimización de los procesos destinados a la modificación genética de plantas. Las líneas de actividad son:
 - Diseño y generación de organismos modificados genéticamente como modelos experimentales y/o de interés en agricultura.
 - Análisis funcional de los procesos de desarrollo y adaptación medioambiental de las plantas, susceptibles de ser explotados biotecnológicamente.
 - Utilización de plantas y/o sistemas celulares como “factorías” de generación de energía y de producción de sustancias de interés agroalimentario, industrial y terapéutico. Implementación de su producción mediante modificación genética así como la optimización de los métodos de purificación de las mismas.
 - Optimización mediante modificación genética de las plantas como organismos biorremediadores de ambientes contaminados. Caracterización molecular de los mecanismos implicados en el potencial descontaminante en especies con alta capacidad biorremediadora.
 - Análisis funcional de la respuesta de la planta frente a estreses abióticos y bióticos. Identificación de genes y circuitos reguladores susceptibles de aplicación biotecnológica. Análisis de los procesos de interacción simbiótica y patogénica entre microorganismos y plantas.

- Utilización de técnicas de alto rendimiento para el estudio del metabolismo primario y secundario de plantas como fuente potencial de nuevas sustancias con interés industrial, alimentario y terapéutico.
- Explotación de la variabilidad natural vegetal mediante aproximaciones genómicas como fuente de nuevos caracteres de interés biotecnológico.

- **Biotechnología humana y animal.** Las sublíneas de actuación son:
 - Desarrollo de tecnologías innovadoras para el diseño y obtención de nuevos modelos animales en salud humana y en salud y producción animal. Uso de tecnologías genómicas y proteómicas para la mejora de especies de interés ganadero y acuícola.
 - Diseño, desarrollo y mejora de tecnologías para terapia celular e ingeniería de tejidos. Células madre y células somáticas para terapia celular. Optimización de condiciones de cultivo y amplificación ex vivo. Producción de tejidos y órganos humanos (autólogos y alogénicos). Diseño de materiales sintéticos que contengan biomoléculas o células para su aplicación en reparación y regeneración tisular.
 - Transferencia y modificación genética. Desarrollo de nuevos vectores virales y no virales. Optimización de nuevas rutas de administración. Nuevas tecnologías para la modificación del tropismo celular y tisular. Desarrollo de nuevos sistemas de control de la expresión génica. Desarrollo de sistemas que permitan controlar el sitio de integración de vectores integradores.
 - Desarrollo de nuevos métodos genómicos, proteómicos, metabolómicos y bioinformáticos de detección. Aplicación para el diagnóstico molecular, el pronóstico de enfermedades y la respuesta individual a fármacos. Desarrollo de métodos no invasivos de detección precoz y seguimiento de disfunciones y patologías. *Microarrays* y “chips” de DNA, técnicas de genotipación y secuenciación ultrarrápida.
 - Desarrollo de nuevos test in vitro para la sustitución de los animales de experimentación.

- Desarrollo de agentes terapéuticos de base biotecnológica. Nuevos métodos para la identificación de dianas terapéuticas. RNAs de interferencia, anticuerpos monoclonales y proteínas recombinantes. Sistemas de transporte y liberación de moléculas bioactivas.
 - Vacunas preventivas y terapéuticas: vacunas recombinantes, basadas en subunidades proteínicas, microorganismos modificados o ácidos nucleicos. Nuevos vectores para vacunas.
 - Farmacogenética, farmacogenómica y nutrigenómica.
- **Desarrollos tecnológicos horizontales.** El objetivo de esta línea es la generación de herramientas y métodos que puedan aplicarse en una amplia gama de objetivos temáticos. Las sublíneas que se engloban dentro de esta línea son:
 - Aproximaciones genómicas, proteómicas y metabolómicas, para explotar la variabilidad natural de los seres vivos.
 - Mejora de los métodos para la producción de proteínas recombinantes en sistemas celulares y acelulares.
 - Tecnologías “high throughput” en genómica, proteómica y metabolómica.
 - Estudios estructurales para el diseño y refinamiento de productos de interés biotecnológico. Modelado y refinamiento de biomoléculas de interés farmacológico. Análisis estructural de macromoléculas a media y gran escala. Estudio de cambios conformacionales implicados en interacciones. Estudio de complejos entre proteínas y diversos factores.
 - Bioinformática: Estudio y tratamiento de secuencias de DNA y proteínas. Predicción y modelado de estructura de proteínas, diseño de moléculas bioactivas, bioinformática aplicada en genómica funcional y metabolómica, tratamiento de la información.
 - Herramientas de detección, identificación y diagnóstico, especialmente en su vertiente de alto rendimiento y multianálisis. Biorreactivos, biosensores, integración con transductores electrónicos y opto-electrónicos.

- Mejora de los métodos para identificación molecular de especies, razas y variedades. Desarrollo de herramientas biotecnológicas para trazabilidad.

Dentro de este plan se engloban dos acciones estratégicas, una de ellas es la ampliación de la acción estratégica de Genómica y Proteómica hacia la Metabolómica y otra acción estratégica transversal de e-ciencia que implica otras acciones estratégicas del plan nacional, la de Tecnologías Electrónicas y de Comunicaciones y la de Tecnologías informáticas:

- Acción Estratégica en Genómica, Proteómica y Metabolómica. El objetivo es aumentar el conocimiento de los metabolitos celulares para obtener una información más operativa de los distintos sistemas biológicos, así como la identificación de dianas, mediante el empleo de perfiles metabólicos, implicadas en enfermedades.
- Acción Estratégica e-ciencia. Red Nacional de e-Ciencia persigue coordinar e impulsar el desarrollo de la actividad científica en España mediante el uso colaborativo de recursos geográficamente distribuidos e interconectados mediante Internet.
- La Red Española de e-Ciencia tiene un carácter organizativo, coordinador e impulsor de la e-Ciencia en España y constituye una herramienta complementaria a proyectos, programas de infraestructura y otros recursos del entorno de la e-Ciencia. Entre sus objetivos generales se encuentran los siguientes:
 - Disponer de una Infraestructura de e-Ciencia, coordinada entre diferentes instituciones, que facilite el acceso a usuarios de diferentes áreas de la ciencia a recursos de supercomputación e infraestructuras Grid.
 - Mejorar la participación española en proyectos europeos de e-Ciencia.
 - Mejorar la excelencia científica a través del acceso a las e-Infraestructuras.

- Creación de una cultura de e-Ciencia a través de la formación, difusión y promoción del concepto de e-Ciencia.
- Consolidación de las relaciones científicas con los países europeos, particularmente con Portugal, y con otros países no europeos de interés estratégico para España.

1.5.3.4. Plan Nacional de Biotecnología: 2008-2011.

El objetivo de este plan es, en las propias palabras del plan: *“Potenciar la participación española en el desarrollo de una Bio-economía basada en el conocimiento que mejore la competitividad de nuestras empresas en los sectores de la salud, agroalimentarios, industriales y que protejan y mejoren el medio ambiente”*.

Este plan se estructura en seis líneas temáticas:

- **Biotecnología para la salud.** Dentro de esta línea se integra cinco sublíneas, una de ellas es la acción estratégica de Genómica, Proteómica y Metabolómica.

Las otras sublíneas son:

- Desarrollo de la farmacogenómica.
 - Desarrollo de modelos celulares y animales, in vitro e in vivo, para estudios fisiopatológicos humanos.
 - Desarrollo de nuevos abordajes avanzados en el campo de biomateriales, nuevos fármacos y vacunas.
 - Nuevos desarrollos en terapia celular y medicina regenerativa
 - Biomarcadores, sensores biológicos y dispositivos de integración para diagnóstico clínico y respuesta terapéutica.
-
- **Biotecnología agraria y alimentaria.** Esta línea se estructura en diez sublíneas:
 - Aplicación de la Biotecnología a la mejora, producción y protección de cultivos en condiciones de sostenibilidad, bajos insumos, estrés ambiental y cambio climático.
 - Desarrollo de tecnologías reproductivas para producción animal.

- Mejoras de la producción y sanidad animal, en condiciones que preserven el bienestar animal, y de las tecnologías reproductivas.
- Acuicultura y pesca: reproducción y selección asistida por marcadores, optimización de piensos.
- Optimización de los sistemas de producción basados en poblaciones silvestres.
- Aplicación de la biotecnología a la producción de alimentos funcionales y nutraceuticos.
- Nutrición y prevención de enfermedades.
- Nutrigenómica.
- Trazabilidad de ingredientes y procedencia de materias primas.
- Desarrollo de plantas para la generación de productos aptos para usos industriales.
- Vacunas y fármacos producidos en plantas.
- **Biotecnología industrial.**
 - Aplicación de la Biotecnología a la obtención y/o procesado de productos químicos y materiales de interés industrial de alto valor añadido.
 - Utilización de microorganismos o enzimas para generar, a partir de materias primas renovables, productos con aplicación en sectores como la química fina, productos farmacéuticos, alimentación, fabricación de papel, textiles, detergentes, etc.
 - Bio-descubrimiento y automatización de procesos de cribado.
 - Mejora y selección de cepas microbianas para procesos de biotransformación y bioproducción.
 - Desarrollo de procesos enzimáticos y/o microbianos para la producción de polímeros biocompatibles y/o biodegradables.
 - Biología sintética para el reciclado, descontaminación o generación de materiales.
- **Bioenergía y desarrollo de biocombustibles.**
 - Utilización conjunta de plantas y/o sistemas microbianos como “factorías” de generación de energía.

- Desarrollo y optimización de nuevas especies y cultivos para la producción eficiente de bioenergía.
 - Revalorización de productos y de subproductos para la generación de biocombustibles.
 - Biotecnología ambiental.
 - Aplicaciones de la Biotecnología a la preservación, mejora y recuperación del medio ambiente, a minimizar las emisiones de CO₂ y sus implicaciones en el cambio global.
 - Procesos de biodepuración y biorremediación de agua, residuos y contaminantes.
-
- **Biología de sistemas, Biología sintética y Nanobiotecnología.** Desarrollo biotecnológico tiene un carácter marcadamente horizontal fundamental para vertebrar y movilizar los conocimientos científicos que puedan aplicarse en una amplia gama de disciplinas. Por ello se articula esta línea transversal encaminada a la generación de nuevas herramientas, métodos y aproximaciones integrales. La Biología de sistemas se centra en el desarrollo de modelos cuantitativos de procesos biológicos dinámicos y complejos. La Biología sintética tiene como objetivo el diseño y construcción de componentes o sistemas biológicos artificiales o el rediseño y fabricación de sistemas biológicos ya existentes. La Nanobiotecnología es puente entre dos acciones estratégicas y en la que ya existen ejemplos de gran interés biotecnológico como nanopartículas que liberan agentes tóxicos o nanosensores que, por ejemplo, detectan mínimos cambios en niveles de concentración de proteínas o compuestos químicos.

1.5.4. Programa Marco de la Unión Europea

El Programa Marco (PM) es el principal instrumento de la política de apoyo a la I+D de la Unión Europea. Este programa fue creado en 1984 con cuatro grandes cometidos (Barajas y Huergo, 2007):

- Financiación de programas de investigación y desarrollo tecnológico y demostración, desarrollados en cooperación entre empresas, centros públicos de investigación y universidades.
- Promoción de la cooperación en I+D con terceros países y organizaciones internacionales.
- Difusión y explotación de resultados.
- Estímulo de la formación y a la movilidad de los investigadores en la Comunidad Europea.

Desde su inicio hasta la actualidad ha habido siete Programas Marco. Estos programas han tenido los siguientes rasgos comunes (Roediger-Schula y Barber, 2008)

- Esquema de financiación: la UE cofinancia proyectos de duración limitada que movilizan fondos públicos y privados nacionales.
- Esquema de colaboración: proyectos en los que participan socios de diversos países y de diversa naturaleza (habitualmente los consorcios están formados por empresas, centros de investigación públicos y privados, centros tecnológicos, universidades y otro tipo de entidades).
- Origen de la iniciativa: todos los proyectos son propuestos por consorcios que se forman y organizan independientemente de la Unión Europea.
- Esquema de evaluación: la selección de propuestas se basa en la excelencia científica y en criterios socio-económicos relevantes.

Hoy en día, las actividades europeas de investigación realizadas en el entorno de los PM continúan siendo una de las mayores fuentes de subvención disponibles en nuestro país. El principal objetivo de estas actividades es la mejora de la competitividad industrial por medio del desarrollo de nuevas tecnologías, procesos, servicios y aplicaciones, así como la extensión del conocimiento a otros sectores, todo ello trabajando en consorcios multidisciplinares (CDTI, 2007).

Durante los distintos PM el retorno español ha ido aumentando, desde los 100 M€ del II PM hasta los 800M€ del VI PM. Si se analiza el porcentaje de retorno no se observa una evolución clara, con fluctuaciones en cada uno de los PM, aunque siempre el porcentaje de retorno está situado entre el 5 y el 7%. No ocurre lo mismo con el

porcentaje de liderazgo bajos durante todos los PM, siempre con un porcentaje de retorno situado entre el 6 y el 7% (figura 28). No ocurre lo mismo con el porcentaje de liderazgo (figura 28), que ha aumentado considerablemente, desde aprox. un 3% en el II Programa Marco a más del 6% en el V y VI Programas Marco.

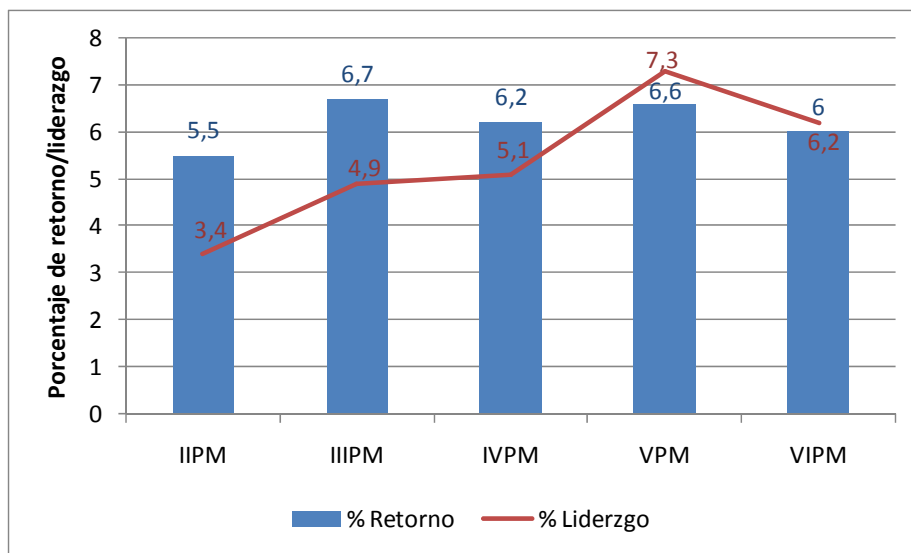


Figura 27. Evolución del porcentaje del retorno y liderazgo español.
Fuente: CDTI, 2007. Elaboración propia.

A continuación se describen en detalle las áreas prioritarias y esfuerzos presupuestarios destinados a las mismas en los diferentes Programas Marco, con especial interés en las acciones llevadas a cabo en el área de la Biotecnología.

- **I Programa Marco (1984-1987)**

Este programa se centró en los sectores que ya habían sido financiados previamente por otros instrumentos de la Unión Europea. Estos sectores fueron el sector de la energía, de la industria, de agricultura, del medio ambiente y el sector de materias primas. También se prestó especial atención a la promoción de la competitividad de la industria (Tabla 7).

Tabla 7. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del I PM. Fuente: Barajas y Huergo (2007). Elaboración propia.

Áreas prioritarias	% Presupuesto
Promoción de la competitividad agrícola	3,5
Promoción de la competitividad industrial	28,2
Gestión de materias primas	2,1
Gestión de recursos energéticos	47,2
Ayuda al desarrollo	4,0
Condiciones de vida y trabajo	10,3
Eficacia del potencial científico y técnico	4,7

- **II Programa Marco (1987-1991)**

El presupuesto fue de 5.400 millones de ECUs (Barajas y Huergo, 2007). Aparecen como áreas estratégicas las tecnologías de la información y las comunicaciones y la biotecnología. El objetivo era primar la investigación relacionada con las áreas industriales (Tabla 8).

Tabla 8. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del II PM. Fuente: Barajas y Huergo (2007). Elaboración propia.

Áreas prioritarias	% Presupuesto
Calidad de vida	6,9
Tec. de la información y de las comunicaciones	42,2
Modernización de la industria	15,7
Recursos biológicos	5,2
Energía	21,7
Ciencia y tecnología para el desarrollo	1,5
Recursos marinos	1,5
Cooperación europea en recursos marinos	5,3

- **III Programa Marco (1990-1994)**

Las prioridades se organizan en tres grandes áreas, tecnologías horizontales, gestión de los recursos naturales y gestión de recursos intelectuales. Este programa se centra en las tecnologías relacionadas directamente con la industria y en los temas medioambientales, como son las tecnologías de la información y comunicaciones y las tecnologías industriales y de materiales. El presupuesto asignado a la política de I+D alcanzó los 6.600 millones de ecu (Tabla 9) (Barajas y Huergo, 2007).

Tabla 9. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del III PM.
Fuente: Barajas y Huergo (2007). Elaboración propia.

Áreas prioritarias	% Presupuesto
Tec. de la información y las comunicaciones	38,1
Tec. Industriales y de los materiales	15,3
Medio ambiente	8,9
Ciencias de la vida	12,7
Energía	16,1
Capital humano y movilidad	8,9

- **IV Programa Marco (1995-1998)**

El presupuesto asignado a este programa dobla a su predecesor, siendo el 85% destinado a proyectos de investigación. Está formado por cuatro áreas, una principal que alberga los proyectos de investigación y otros tres proyectos destinados a fomentar la cooperación, la difusión de resultados y la movilidad de investigadores (tabla 10).

Tabla 10. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del IV PM.

Fuente: Barajas y Huergo (2007). Elaboración propia.

Áreas prioritarias	% Presupuesto
1. Programas de Investigación, Desarrollo tecnológico y Demostración	85,4
Tec. de la información y las comunicaciones	30,8
Tec. Industriales	18,1
Medio ambiente	9,8
Ciencias de la vida	14,2
Energías no nucleares	9,1
Transportes	2,2
Investigación socioeconómica	1,2
2. Cooperación con terceros países y organizaciones internacionales	4,9
3. Difusión y Evaluación de los Resultados	3,0
4. Formación y Movilidad de Investigadores	6,7

- **V Programa Marco (1999-2002)**

Siguiendo la herencia del programa anterior, se dedica un importante porcentaje a proyectos relacionadas con la industria y el medio ambiente. También se crearon instrumentos para fomentar la innovación en las pequeñas empresas (Tabla 11).

Tabla 11. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del V PM. Fuente: Barajas y Huergo (2007). Elaboración propia.

Áreas prioritarias	% Presupuesto
1. Programas temáticos de Investigación y Desarrollo	79,2
Calidad de Vida y Recursos Vivos	17,6
Sociedad de la Información	26,3
Crecimiento Competitivo y Sostenible	19,7
Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	15,6
2. Cooperación con terceros países y organizaciones internacionales	15,4
Cooperación internacional	3,5
Innovación y Pymes	2,6
Mejora del potencial humano e investigación socioeconómica	9,3
3. Difusión y Evaluación de los Resultados	5,4
Actividades no nucleares del Centro Común de Investigación	5,4

- **VI Programa Marco (2002-2006)**

El VI PM se engloba dentro del Espacio Europeo de Investigación, que conforma uno de los pilares básicos de la Estrategia de Lisboa (Barajas. y Huergo, 2007). Se estructura en cuatro grandes bloques: integración del Espacio Europeo de Investigación (ERA), estructura del ERA, refuerzos de los fundamentos de ERA y EURATOM (Tabla 12).

Tabla 12. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del VI PM. Fuente: Barajas y Huergo (2007). Elaboración propia.

Áreas prioritarias		% Presupuesto
1. Integración y Fortalecimiento del Espacio Europeo de Investigación		82,1
Prioridades temáticas	Ciencias de la vida, Genómica y Biotecnología para la Salud	14,1
	Tecnología para la Sociedad de la Información	22,3
	Nanotecnologías, Materiales y Nuevos Procesos de Producción	8,0
	Aeronáutica y Espacio	6,6
	Calidad y Seguridad alimentaria	4,2
	Desarrollo Sostenible: Energía, Transporte, Cambio Global y Ecosistemas	13,0
	Ciudadanos y Gobernanza en la Sociedad del Conocimiento	1,4
	Apoyo a políticas de la UE y Necesidades Futuras en Ciencia y Tecnología	2,0
Actividades específicas	Ciencias y tecnologías emergentes (Programa NESTI)	1,3
	Actividades Horizontales para PYME	2,6
	Actividades de Cooperación Internacional	1,9
	Actividades de centros de investigación conjunta (JRC)	4,7
2. Estructuración del Espacio Europeo de investigación		16,0
Investigación e innovación		1,8
Recursos humanos y movilidad (Programa Marie Curie)		9,7
Infraestructuras de investigación		4,0
Ciencia y sociedad		0,5
3. Fortalecimiento de las bases del Espacio Europeo de Investigación		1,9

El presupuesto total adjudicado en este programa fue de 15.761 M€, de los cuales el retorno español fue 942,7 millones de euros y de esta cifra, el CDTI administró un 828,1 M€ (Tabla 13). Esta cifra representa un 6% del total y sitúa a España en sexto lugar de los países con mayor retorno, por detrás de Alemania (18%), Reino Unido (13,8%), Francia (12,7%), Italia (9,0%) y Holanda (6,6%)

Tabla 13. Presupuesto y retorno español por área prioritaria del VI PM.
Fuente: CDTI, 2007.

Área	Retorno Español			Presupuesto UE (Millones €)
	M €	%	Posición	
Ciencias de la vida	92,9	4,0	9	2340
Tec. Sociedad de la Información	249,2	6,4	5	3889
Nanotec., Materiales y Producción	111,0	7,4	5	1496
Aeronáutica y Espacio	75,5	6,5	5	1165
Calidad y Seguridad Alimentaria	48,0	6,4	7	748
Energía	59,2	6,6	5	898
Transporte	25,1	4,1	8	612
Cambio Global y Ecosistemas	38,3	5,1	6	755
Ciudadanos y Gobernanza	11,2	4,5	7	245
Apoyo a Políticas de la UE	20,4	5,3	7	386
Nec. Futuras en Ciencias y Tecnología	10,9	4,9	8	222
Act. Horizontales PYMES	51,5	11,2	3	461
Cooperación Internacional	11,2	4,3	5	262
Integración ERA	804,4	6,0	-	13479
Investigación e Innovación	23,7	8,9	5	266
Total gestión CDTI	828,1	6,0	-	13745

Según aparece en el informe CDTI (2007), los indicadores más significativos del V al VI PM indican una mayor tasa de proyectos aprobados y mayor cuantía de la subvención respecto al PM (Tabla 14). Sin embargo, se observó un menor número de proyectos/año que en PM V y según CDTI “... se duplicó el grado de dificultad sin que exista la certeza de mejora en el impacto de las actuaciones...”. En este programa se observó una mayor dificultad de acceso a nuevos grupos de investigación o empresas españolas pequeñas.

Tabla 14. Indicadores más significativos del V y VI PM. Fuente: CDTI, 2007.
Elaboración propia.

Programa Marco	V	VI
Tasa de aprobados (%)	21,3	22,6
Participantes/Proyectos	8,3	13,7
Subvención/Proyecto (M€)	1,8	4,0
Proyectos/Año	1093	817

Las empresas son las entidades con un mayor porcentaje de participación seguidos de las Universidades y los Centros Tecnológicos. Sin embargo, la mayor tasa de éxito es para los OPIS con un 27% de éxito (Tabla 15).

Tabla 15. Propuestas presentadas y aprobadas en el VI PM por entidades españolas.
Fuente: CDTI. Elaboración propia.

Tipo de entidad	Propuestas presentadas		Actividades aprobadas		Tasa de éxito (%)
	Nº	lideradas	Nº	Lideradas	
Empresas	5378	966	1079	136	20,0
PYME	4343	658	826	81	19,0
Centros tecnológicos	1848	362	362	52	19,6
Asociaciones	940	116	212	20	22,5
OPIS	1975	206	535	53	27,0
Universidades	4051	501	839	69	20,7

- **VII PM (2007-2013)**

Es el programa dotado de mayor financiación, 50.500 millones de euros. Un 41% más que el VI PM, por dos motivos, la duración del programa pasa de cinco a siete años y se refuerzan los proyectos de cooperación tecnológica y el Consejo Europeo de Investigación (tabla 16).

Tabla 16. Áreas prioritarias y porcentaje del presupuesto del VII PM.
Fuente: CDTI. Elaboración propia.

Áreas prioritarias	% Presupuesto
1. Cooperación	64,1
Salud	12,0
Alimentación, agricultura y pesca y biotecnología	3,8
Tecnologías de información y las comunicaciones	18,0
Nanociencias, nanotecnologías, materiales y nuevas tecnologías de producción	6,9
Energía	4,6
Medio ambiente	3,8
Trasporte	8,3
Ciencias socioeconómicas y humanidades	1,2
Espacio	2,8
Seguridad	2,7
2. Capacidades	8,3
Infraestructuras de investigación	3,7
Investigación para PYME	2,6
Regiones de conocimiento	0,2
Potencial de investigación	0,7
Ciencia y Sociedad	0,6
Cooperación internacional	0,4
Desarrollo coherentes de las políticas de investigación	0,1
IDEAS: Consejo Europeo de Investigación	14,8
3. Personas: Acciones Marie Curie	9,4
4. JRC: Centro Común de Investigación	3,5

1.5.5. *Biotecnología en los Programas Marco*

Hasta el VI Programa Marco, las actividades de I+D en Biotecnología venían normalmente incluidas bajo el epígrafe de Ciencias de la Vida. A partir del VI Programa Marco, la Biotecnología es reconocida como una de las siete líneas prioritarias de investigación del Programa y se le asigna financiación específica. Se denomina “Ciencias para la vida, Genómica y Biotecnología para la Salud” y el objetivo principal de esta área es la utilización de los avances conseguidos en la secuenciación del genoma humano y en medicina para la mejora de la salud y aumentar la competitividad de la industria biotecnológica española. Para esta área se destinaron un total de 2.255 millones de euros (2002-2006), lo que supuso alrededor de un 13% del presupuesto total del VI PM, que ascendió a unos 17.500 millones de euros. De hecho, las Ciencias de la Vida multiplicaron su presupuesto por tres en relación a las áreas equivalentes del V PM. Las otras seis líneas prioritarias del VI Programa Marco son: tecnologías para la sociedad de la información, las nanotecnologías, aeronáutica y espacio, seguridad, alimentos y salud, desarrollo sostenible y ciudadanos y gobernanza.

Además del área específica de Genómica y Biotecnología, existen proyectos en otras áreas que están relacionadas con la aplicación de la Biotecnología. Por ejemplo, en el campo de las nanotecnologías, materiales multifuncionales y nuevos procesos de producción, a los que se destinó un total de 1.300 millones de euros. Otras áreas que también contemplan proyectos de I+D de Biotecnología son: calidad de vida y seguridad alimentaria, desarrollo sostenible y ciudadanos y gobernanza. También se incluyen proyectos en las medidas específicas para Pymes, cooperación internacional y movilidad y formación de investigadores.

En el VII PM (2007-2013) se conceden un total de 50.521 millones de euros, de los que se destinan para la cooperación mediante proyectos de I+D, un total de 32.365 millones de euros. Esta cantidad, se reparte entre diez áreas prioritarias de investigación, entre las que destacan en el ámbito de la Biotecnología el área de la

Salud (6.050 millones de euros) y el de Biotecnología, Alimentación y Agricultura (1.935 millones de euros). Además, la Biotecnología puede recibir financiación en otras muy diversas áreas debido a su aplicabilidad transversal en un gran número de sectores como son las nanotecnologías, energía y medio ambiente.

1.6. Transferencia de tecnología y transferencia de conocimiento

1.6.1. *Fundamentos generales*

Una de las prioridades de las políticas nacionales de muchos gobiernos es mejorar los procesos productivos y competitivos de las industrias nacionales. Una de las maneras es mejorar la cooperación entre la industria y el sistema público de I+D del país. La mejora de estos vínculos pueden permitir mejorar la capacidad innovadora del sector productivo, la creación de nuevas empresas, etc.

El desarrollo y mejora de vínculos entre las universidades y organismos públicos de investigación y las empresas puede generar una serie de ventajas a los actores implicados. Para la empresa, las ventajas son el aumento del número de patentes, resolución de problemas en la investigación o en la producción, acceso a nuevos conocimientos, a redes de investigación, aumento de la productividad, acceso a fondos de investigación, acceso a profesionales especializados en una determinada técnica, etc. (Schartinger, 2001 y 2002; Santoro y Chakarbarti, 2002).

Dentro de las ventajas que la comunidad científica puede obtener de esta colaboración son la mejora de la calidad de la investigación o de la enseñanza universitaria, el desarrollo de nuevas teorías y sus aplicaciones, mejora al acceso de los fondos, generación de publicaciones, etc. (Ramos Vielba y col., 2009).

Un trabajo publicado por Craig Boardman (2009) mostró que los centros públicos de investigación muestran diferencias en cuanto a las interacciones entre la universidad-industria y que no se han caracterizado en la investigación previa. A pesar de que los centros universitarios de investigación pueden ser muy diferentes en los tipos de política de colaboración, estas diferencias no han sido objeto de análisis. Mientras que los análisis actuales indican que los programas estatales son importantes para promover mayores niveles de participación entre la industria y los investigadores académicos. La lección para los responsables políticos y administradores en las universidades y la industria es que la creación de herramientas para mejorar el nivel de colaboración de la industria con el Sistema Público de I+D son necesarias.

Un ejemplo de la capacidad de los Organismos Públicos de investigación para la creación de innovación es el Massachusetts Institute of Technology (MIT) de Estados Unidos. Un estudio reveló que el MIT, entre los años 1990-1997, patentó unas 100 innovaciones al año y sus investigadores fundaron alrededor de 60 empresas creando un valor de mercado de 2.500 millones de dólares y más de 2.000 empleados en empresas de alta tecnología (George y col, 2002).

Para las empresas basadas en ciencia, como es la industria biotecnológica, donde la innovación continua es una prioridad estratégica, las alianzas que se pueden producir entre el sector empresarial y el sector público son aún más importantes. Por norma general, las empresas biotecnológicas realizan muchos esfuerzos en la adquisición y protección de nuevas ventajas competitivas produciendo grandes costes de innovación (Lerner, 1994). Sin embargo, el desarrollo de vínculos con el Sistema Público de I+D puede ser estratégicamente ventajoso para las empresas al reducir los costes de I+D, permitir el acceso a nuevos fondos y aumentar la cartera de patentes facilitando la creación de vínculos con otras empresas (Stuart y col, 2007).

Las empresas tienen distintas opciones para adquirir el conocimiento tecnológico (figura 28). La primera opción es optar por la generación de conocimiento, a través del desarrollo interno de actividades de I+D, confiando en las capacidades propias de la organización (hacer I+D). La segunda opción es adquirir la tecnología externamente, mediante la incorporación del conocimiento en forma de bienes o activos, como bienes de capital, herramientas o “inputs” del proceso productivo, o mediante licencias de patentes o subcontratos con universidades o OPIs donde se adquiere el “producto” de la investigación (comprar I+D). La última opción es el establecimiento de acuerdos de colaboración entre las empresas y las instituciones públicas de investigación, en la que ambos actores desarrollan de forma conjunta un proyecto de investigación (cooperar en I+D) (Vega-Jurado y Gutiérrez-Gracia, 2009).

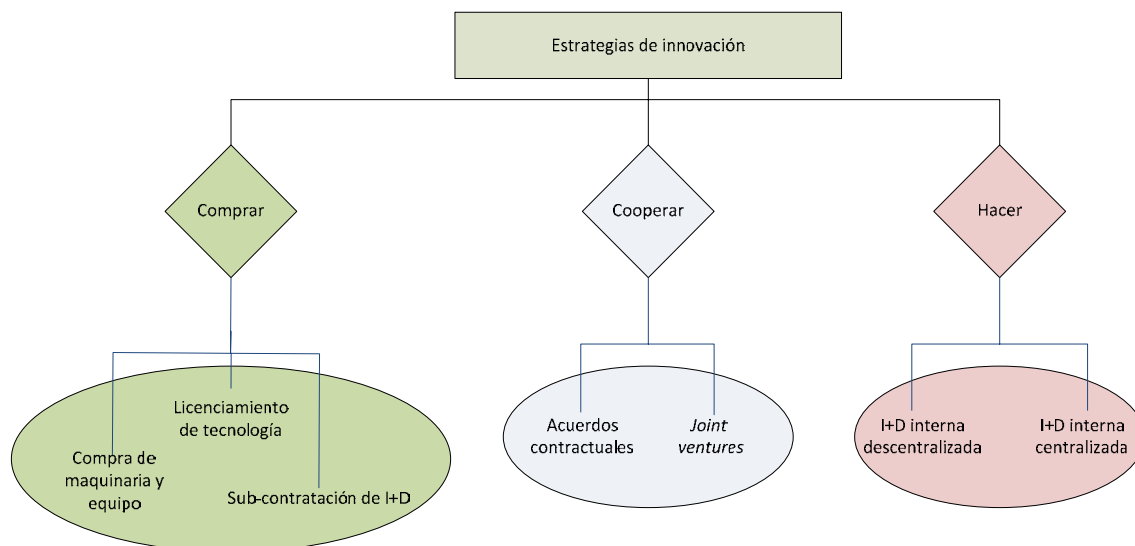


Figura 28. Estrategias de innovación de una empresa.

Fuente: Vega-Jurado y Gutiérrez-Gracia (2009).

A pesar de las ventajas que puede producir la cooperación entre las universidades y organismos públicos de investigación por una parte, y la industria por otra, para ambos actores, ésta ha de superar una serie de escollos. Entre los principales problemas que pueden surgir, están los derivados de las distintas culturas de ambos agentes, la empresa programa sus actividades para la obtención de beneficios mientras que la motivación de las universidades y OPIs se orienta fundamentalmente a la producción de conocimiento científico. Estas diferencias en la motivación afecta a la visión de otros factores como la difusión del conocimiento, a los objetivos de trabajo, escalas de tiempo etc. Las diferencias en la cultura en la difusión de conocimiento que se produce entre ambos actores viene determinada por la visión de libre difusión del conocimiento de Universidades y OPIs frente el secreto o protección industrial de las empresas (George y col., 2002). Las diferencias en los objetivos de trabajo en las empresas son debidas a que los objetivos vienen marcados por el mercado mientras que las universidades y OPIs funcionan por objetivos puramente científicos. Las escalas de tiempo también son distintas, las empresas necesitan desarrollar productos rápidamente para aventajar a los competidores mientras que las Universidades y OPIs no tienen esa presión.

En este tipo de colaboración, las oficinas de transferencia de tecnología (OTTs) juegan un papel muy importante al actuar de intermediario entre las dos partes,

facilitando la creación de contratos entre las empresas y los investigadores y realizando una labor de difusión de los resultados de investigación de universidades y OPIs a las empresas. Las oficinas de transferencia tiene las siguientes funciones (Molero, 2008):

- Realizar contratos de investigación entre los Organismos Públicos de I+D y las empresas, incluyendo la investigación básica e informes técnicos.
- Administración de la Propiedad Intelectual e Industrial. Incluye la gestión sobre explotación de las patentes.
- Contribución a crear empresas de base tecnológica (NEBT) que ponen en valor de forma directa un conocimiento científico-técnico.
- Otros instrumentos para fomentar la transferencia de conocimiento y transferencia de tecnología

Para evaluar esa interacción entre el Sistema Público de investigación y el Sistema productivo, los gobiernos y agencias de investigación necesitan distintos indicadores para la evaluación de los sectores y la toma de decisiones. Dentro de estos indicadores, están los indicadores de comercialización, los indicadores de producción científica y tecnológica, indicadores de personal o encuestas de innovación a las empresas. Sin embargo, un problema de estos indicadores es que se comportan de manera muy diferente en función de la industria a la cual sean aplicados (Ramos Vielba y col., 2009).

1.6.2. *Transferencia de tecnología y conocimientos en Biotecnología*

La generación y flujo de tecnología y conocimientos básicos de la biotecnología, desde las Universidades y centros públicos de investigación, hasta los sectores productivos han permitido un rápido auge de la industria biotecnológica. Este aspecto es crítico en el desarrollo y fortalecimiento de un sector muy intensivo en conocimiento, que requiere de forma continuada grandes esfuerzos en I+D+i.

La experiencia en el área de Biotecnología indica que la existencia de una investigación de calidad tanto en el área de la Biotecnología más básica perteneciente a Bioquímica o la Biología Molecular como en el sector más orientado, como la Microbiología Aplicada, no es suficiente para el desarrollo de una industria biotecnológica. Son necesarias políticas orientadas a facilitar la incorporación de tecnología y conocimiento científico desde el sector público de investigación al sector productivo, además de fomentar la capacidad investigadora de las empresas, y otras medidas financieras y legislativas.

El modelo conceptual de las relaciones de Ciencia e Industria propuesto por la Comisión Europea pone de manifiesto la necesidad e importancia de estructuras cuyo objetivo sea promover, potenciar y facilitar las relaciones entre las empresas y los organismos públicos de investigación (figura 29).

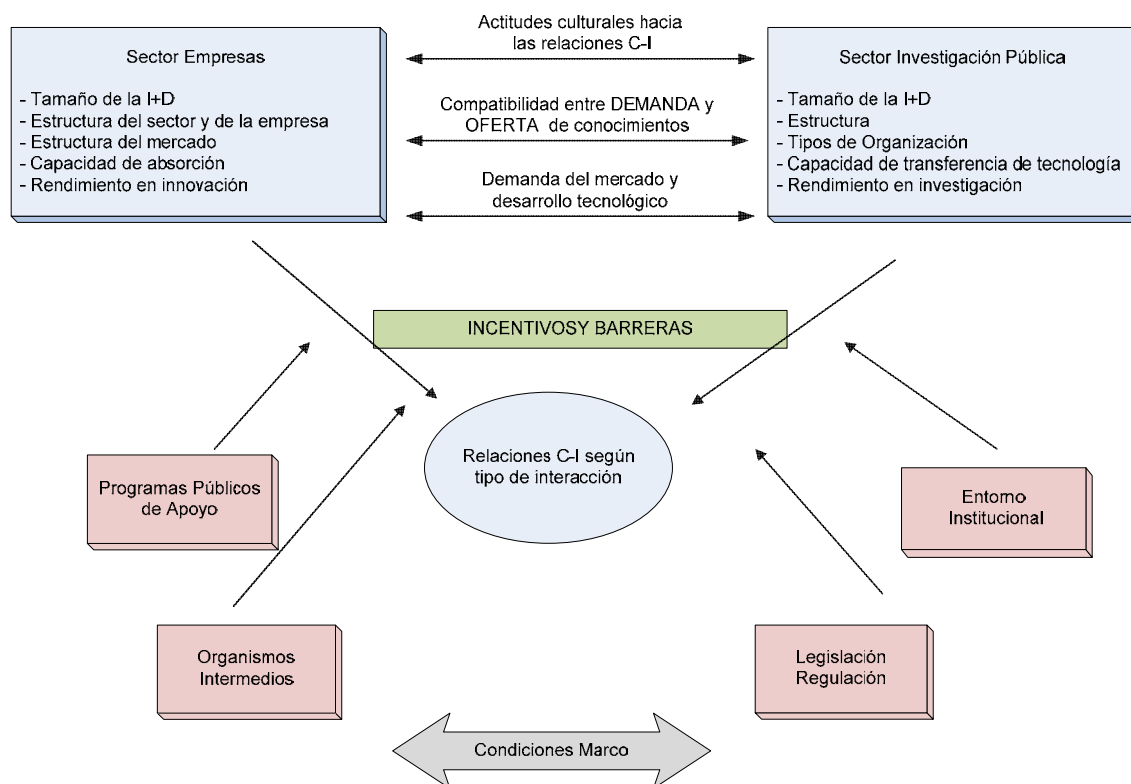


Figura 29. Modelo Conceptual de la relación Sistema Público de Investigación-Empresa. Fuente: Comisión Europea, 2002. Elaboración propia.

Estas estructuras de transferencia son:

- Oficinas para la transferencia de los resultados de la investigación (OTRIs). Son oficinas existentes en los organismos públicos de I+D o Universidades para poner en valor los resultados de la investigación propia, mediante la información y colaboración con las empresas.
- Plataformas tecnológicas. Son infraestructuras y servicios científicos y tecnológicos, vinculado a instalaciones grandes o medianas, del sector público que se ponen al servicio de la investigación en áreas relacionadas con las nuevas tecnologías, en las empresas o en el mismo sector público.
- Parques tecnológicos: Son infraestructuras vinculadas a Universidades y centros públicos de investigación con la finalidad de promover y apoyar la creación y agrupación de empresas basadas en el conocimiento.
- Redes de investigación e innovación tecnológica. La generación y financiación de redes por parte de las agencias financiadoras del Estado. Estas redes pretenden fomentar la colaboración de grupos de investigación y empresas innovadoras de un sector industrial determinado, mediante una serie de acciones que permitan conocer la demanda de I+D de las pequeñas empresas y medianas empresas. Este conocimiento conduce al diseño de las prioridades de investigación que deben ser cubiertas por el sector público con el fin de fomentar la competitividad y la creación de nuevas empresas de base tecnológica avanzada.

Estas estructuras de transferencia desarrollan una serie de funciones necesarias para que se lleven a cabo los procesos de innovación. Estas funciones son muy variadas. En la tabla 17 se recogen las funciones necesarias tal y como son descritas por Howells (2006).

Tabla 17. Funciones de los intermediarios en la relación entre el centros del Sistema Público de I+D y la industria. Fuente: Howell (2006)

Tipo	Función
Previsión y diagnóstico <ul style="list-style-type: none"> - Previsión tecnológica y pronóstico - Articulación de las necesidades y requerimientos 	Previsión, diagnóstico y hojas de ruta tecnológicas
Exploración y procesado de información <ul style="list-style-type: none"> - Exploración e inteligencia tecnológica - Oportunidades y filtrado 	Exploración de la información e inteligencia tecnológica. Selección y funciones de compensación Selección de socios
Procesado de conocimiento, generación y combinación <ul style="list-style-type: none"> - Combinatoria - Generación y recombinación 	Ayuda en la combinación entre dos o más socios.
Supervisión e intermediación <ul style="list-style-type: none"> - Propiciar e intermediar - Asesoramiento contractual 	Ayuda en la negociación de contratos Finalización de contratos
Ensayo, validación y formación <ul style="list-style-type: none"> - Ensayo, diagnóstico, análisis e inspección - Prototipado y recursos pilotos - Escalado - Validación - Formación 	
Acreditación y estándares	Especificación o la prestación de asesoramiento sobre normas Establecimiento formal de normas y verificación Regulación de facto de normas
Regulación y arbitraje <ul style="list-style-type: none"> - Regulación - Auto-regulación - Regulación informal y arbitraje 	Arbitraje informal entre diferentes grupos Regulación formal o cuasi-formal
Propiedad industrial: protección de resultados <ul style="list-style-type: none"> - Asesoramiento en derechos de propiedad industrial - Gestión de propiedad industrial 	Protección de los resultados de colaboración
Comercialización: Exploración de resultados <ul style="list-style-type: none"> - Marketing, el apoyo y la planificación - Red de ventas y venta - Búsqueda de capital de financiación potencial y organización de la financiación o la oferta 	Investigación de mercados y planificación de negocios Ayuda en la venta y comercialización de procesos Ayuda en la obtención de capital para las fases iniciales, capital riesgo u ofertas públicas
Evaluación y valoración <ul style="list-style-type: none"> - Valoración de tecnologías - Evaluación de tecnologías 	Evaluación general del desarrollo de las tecnologías Evaluación específica de productos y tecnologías en los mercados

Existen diferentes modelos de organización de transferencia posibles, determinados por el tipo de organización encargada de la transferencia (figura 30). Estas organizaciones pueden ser:

- Unidades o Departamentos especializados incluidos dentro de un centro público de investigación.
- Organizaciones subsidiarias ligadas a un centro público de Investigación.
- Estructuras de interfaz, independientes, públicas o privadas, que dan servicio a uno o más centros públicos de investigación.

Analizando en más detalle en los mecanismos de transferencia de tecnología en el sistema público de I+D, se pueden distinguir varios tipos de mecanismos de transferencia de tecnología desde el sector público de I+D a las empresas (Albert, 2002; OCDE, 2002).

- Investigación cooperativa del sector público de I+D con la empresa. En este tipo de transferencia se incluyen los contratos de colaboración, los servicios de consultoría y las cesiones de personal investigador.
- Gestión de la propiedad intelectual en el sistema público de I+D.
- Creación de nuevas empresas por las universidades u OPIs. Estas empresas son denominadas "*spin-off*" y se caracterizan por ser empresas nuevas que incluyen personal investigador de la institución del sector público para desarrollar o comercializar una invención.

Un informe de la Unión Europea que analiza los procesos de transferencia en varios países distintos durante un período de 30 años, identificó tres modelos de transferencia:

- Modelo de Ciencia Abierta, donde el conocimiento generado se difunde a través de publicaciones, congresos o reuniones científicas.
- Modelo de Licencia, donde los centros públicos de investigación protegen el conocimiento y transfieren los derechos de explotación a las empresas.
- Modelo de Innovación. Los centros públicos de investigación y las empresas realizan proyectos de investigación en colaboración o se crean "*spin-off*".

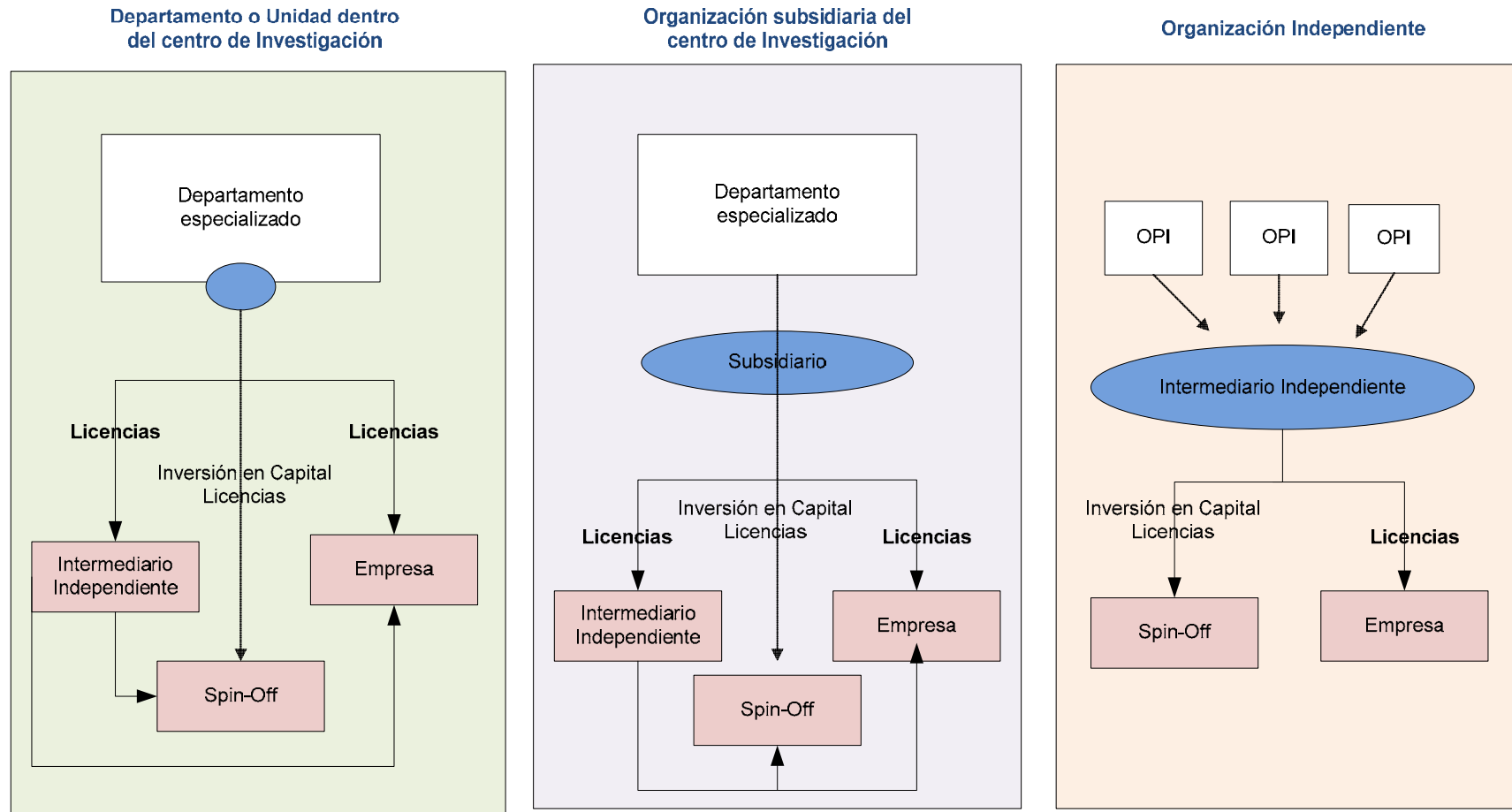


Figura 30. Tipos de organización en el proceso de transferencia de tecnología. Elaboración propia.

El modelo más común que siguen los organismos públicos de investigación y las empresas en el proceso de transferencia se basa generalmente en contratos de I+D, licencias de patentes, formación y consultoría, mediante un modelo de licencia (figura 31).

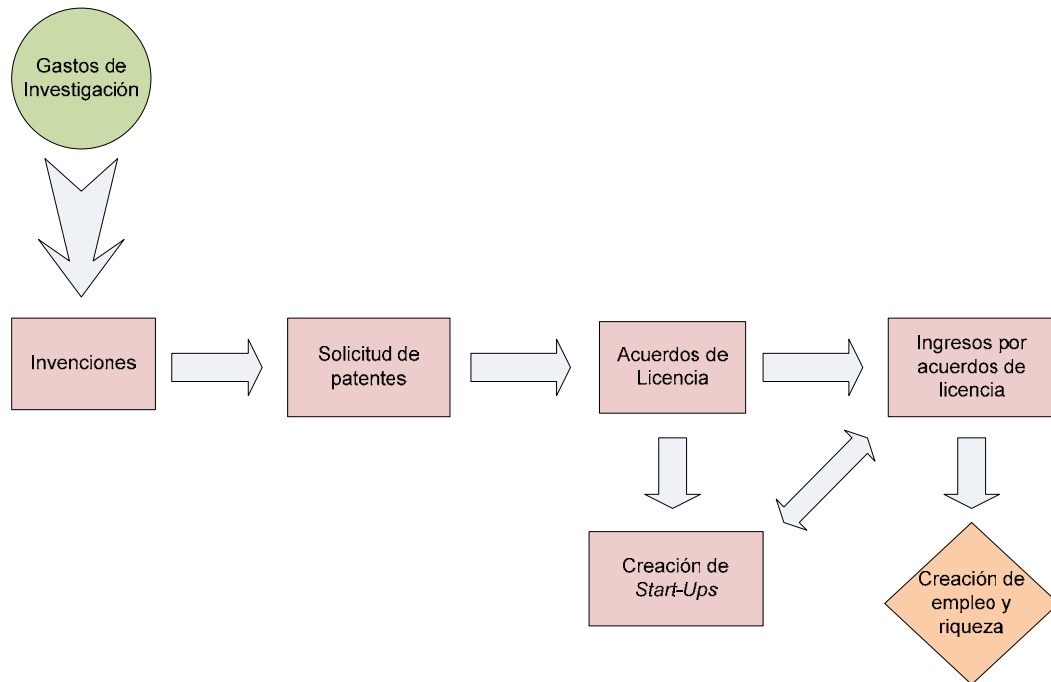


Figura 31. Modelo más habitual de organización en los procesos de transferencia mediante un modelo de licencia.

Aunque el más habitual es el modelo de licencia, poco a poco se va utilizando cada vez más el modelo de innovación basado en la creación de “spin-off”. De hecho, el número de “spin-off” biotecnológicas creadas por las universidades y OPIs españoles ha experimentado un fuerte crecimiento, pasando de sólo dos en el año 2001 a 76 en 2008, siguiendo una tendencia clara al incremento de unas 10-15 “spin-off” nuevas por año (figura 32).

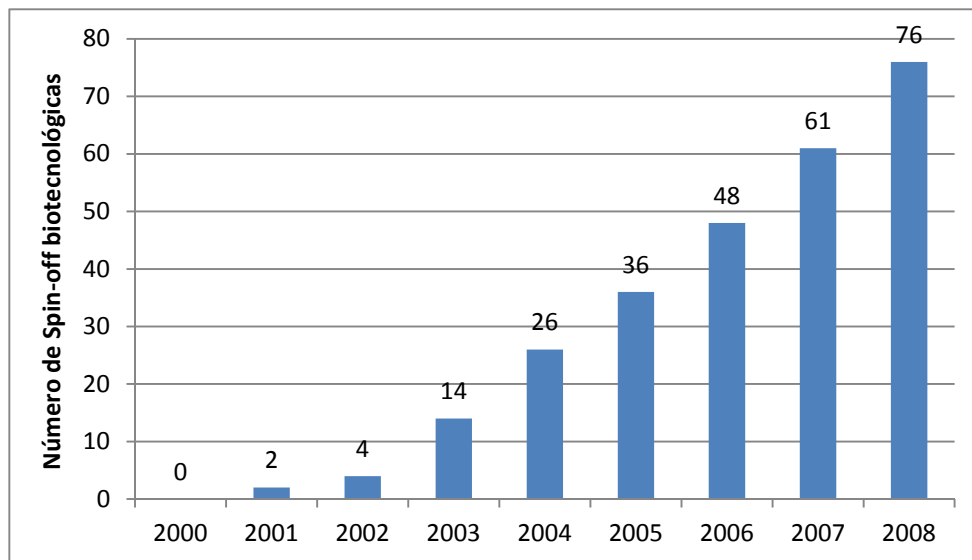


Figura 32. Número de “spin-off” biotecnológicas creadas por Universidades españolas.
Fuente: Genoma España, 2009.

También se ha observado un importante crecimiento en el número de contratos entre OPIS-empresas en Biotecnología durante el período 2000-2008 en España (figura 33). En concreto, el número de contratos del año 2008 es 2,5 veces mayor respecto al número de contratos en 2000 (de 24 contratos en 2000 a 61 contratos a 2008). Además, el valor económico de estos contratos ha aumentado hasta duplicarse, desde 895 millones de euros en 2000 hasta 1724 millones de euros en 2008.

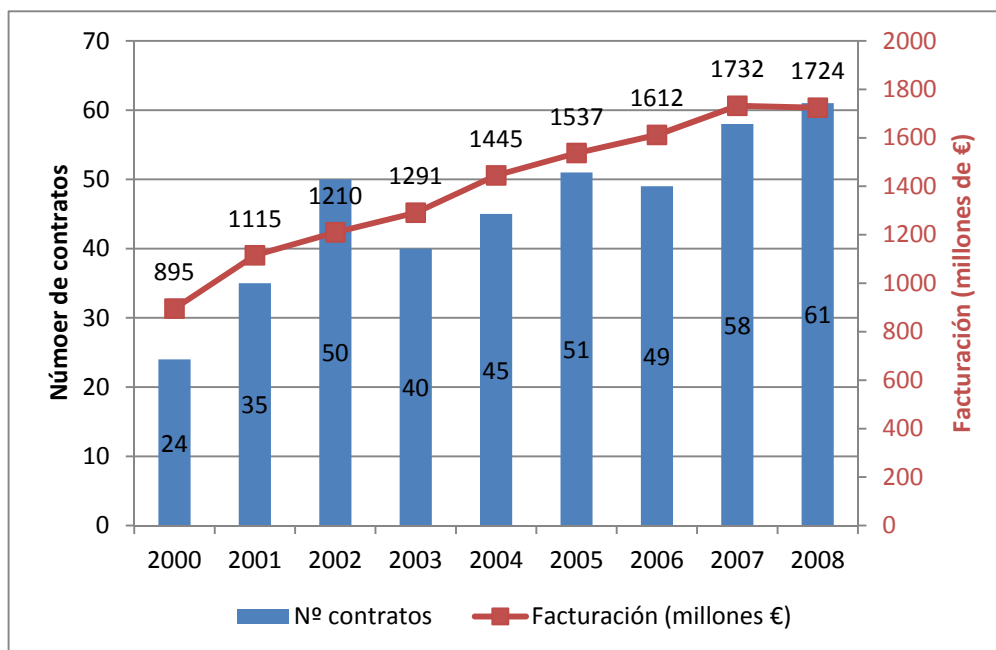


Figura 33. Número de licencias y facturación entre instituciones públicas de investigación y empresas y facturación. Fuente: Genoma España, 2009.

Por último, el modelo de ciencia abierta se utiliza, pero no suele conseguir que ocurra transferencia de tecnología a las empresas. Más bien sirve para darse a conocer a empresas y otros organismos pero los círculos no suelen ser tan abiertos como para que participen de forma activa las empresas interesadas, aunque sí se suele conseguir por ejemplo, en ferias.

Dentro de las instituciones que promueven la transferencia de tecnología en Biotecnología en España, y que son actores principales en el desarrollo y aplicación de nuevos conocimientos generados en el Sistema Público de I+D al tejido empresarial, son principalmente dos: la Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO) y la Fundación Genoma España. Más adelante se analiza en detalle cuáles son los objetivos de éstas y qué herramientas utilizan para impulsar el desarrollo biotecnológico en España. Además, se analizará su potencial como fuentes de información sobre el sector biotecnológico español.

1.7. Indicadores cienciométricos

En la sociedad actual está ampliamente aceptada la suposición de que la investigación científica está estrechamente relacionada con el desarrollo tecnológico y el crecimiento económico de un país. Hoy en día, en los países más desarrollados tienden a fundamentar sus economías en los avances del conocimiento científico y en el aprovechamiento del desarrollo tecnológico. Inevitablemente, esto provoca que se produzca una enorme presión sobre la investigación pública para conseguir una industria nacional más competitiva. En este sentido, es necesaria una evaluación de la investigación para una más eficaz asignación de los recursos y para estimular un incremento de los niveles de productividad científica y tecnológica en función de los recursos recibidos (Sancho, 1990).

Para poder evaluar la investigación son necesarios indicadores que permitan describir y analizar los distintos sistemas de I+D. Es necesario evaluar tanto la actividad científica como los resultados de investigación científica y el desarrollo científico. Por tanto hay que desarrollar indicadores que permitan medir cuánto y cómo se publica, como se transfiere el conocimiento, quiénes están involucrados en la generación del conocimiento científico, etc.

La cienciometría es una disciplina que permite estudiar el desarrollo de políticas científicas mediante el empleo de técnicas matemáticas y el análisis estadístico para investigar las características de la investigación científica. La cienciometría se aplica en una gran variedad de campos como son la historia de las ciencias, las ciencias sociales, la documentación y la biblioteconomía, la política científica y la industria de la información. Por otro lado, la cienciometría permite llevar a cabo macroanálisis, por ejemplo, de participación de un país determinado en la producción global de literatura científica durante un período específico y microanálisis, como por ejemplo, del papel de una institución dada en un campo de la ciencia altamente especializado. En combinación con otros indicadores, los estudios cienciométricos pueden ayudar a valorar el estado actual de la ciencia y apoyar la toma de decisiones y la dirección de la investigación (tabla 18).

Tabla 18. Tipología para la definición y clasificación de la bibliometría, la cuantitativa y la informetría.

Tipología	Bibliometría	Cuantitativa	Informetría
Objeto de estudio	Libros, documentos, revistas, artículos, autores y usuarios	Disciplinas, materias, Campos, esferas	Palabras, documentos, bases de datos
Variables	Números en circulación, citas, frecuencia de aparición de palabras, longitud de las oraciones, etc.	Aspectos que diferencian a las disciplinas y a las subdisciplinas. Revistas, autores, trabajos, forma en que se comunican los científicos	Difiere de la cuantitativa en los propósitos de las variables, por ejemplo, medir la recuperación, la relevancia, el recordatorio, etc.
Métodos	Clasificación, frecuencia, distribución	Análisis de conjunto y de correspondencia	Modelo rector-espacio, modelos booleanos de recuperación, modelos probabilísticos, lenguaje del procesamiento, enfoques basados en el conocimiento, tesauros
Objetivos	Asignar recursos, tiempo, dinero, etc.	Identificar esferas de interés; dónde se encuentran las materias; comprender cómo y con qué frecuencia se comunican los científicos	Aumentar la eficiencia de la recuperación

Para medir la productividad científica en función de los recursos recibidos, entendiendo como recurso la financiación recibida y los recursos humanos, existen dos aproximaciones fundamentales (Abramo, 2009a):

- Revisión por pares: Esta aproximación está basada en la opinión de expertos. En este caso se forma un panel de expertos encargados de juzgar las políticas o proyectos en función de parámetros como la originalidad, la relevancia, la calidad o el potencial socio-económico de los resultados de investigación. Esta técnica es la más usada por los gobiernos, sin embargo, no está exenta de limitaciones. Una de ellas es la subjetividad en las evaluaciones. Además la revisión por pares supone un gran gasto de tiempo y dinero.

- Técnicas bibliométricas: Estas técnicas están basada en el análisis de indicadores de producción científica, producción tecnológica, Indicadores de recursos humanos, etc. Esta evaluación presenta una serie de problemas como es la difícil asignación de los trabajos a los verdaderos autores o a las instituciones o la diferente representación de las disciplinas dentro de las bases de datos especializadas. Mientras que Ciencias Experimentales, como las Matemáticas, Biología o Química están bien representadas, las disciplinas englobadas dentro del área de las Ciencias Humanas y Sociales no lo están suficientemente.

La aproximación bibliométrica ofrece ventajas frente a la revisión por pares en el sentido de que es más económica y es fácil de implementar. Permite actualizar los datos y realizar comparaciones temporales. Algunos expertos (Abramo, 2009; Weingart, 2004) citan como las ventajas principales de las técnicas bibliométricas el ser más objetivas, ser capaces de examinar un gran número de datos dentro de un universo más amplio a estudiar y se adaptan bien a las comparaciones internacionales.

En este sentido, para suplir las limitaciones de las dos aproximaciones, Abramo, (2009) propone la integración de ambas aproximaciones:

- Las técnicas bibliométricas se pueden usar para le evaluación de la calidad y eficiencia de las actividades de investigación en las áreas donde la investigación científica está bien representada a nivel internacional.
- El uso de revisión por pares para la evaluación de resultados donde las publicaciones internacionales no proporcionan una representación real de los resultados de investigación, sobre todo a nivel internacional. También se ha de usar para la evaluación de los aspectos relacionados con la calidad de los resultados y el impacto socio-económico.

Además pueden ser de utilidad los indicadores econométricos, que relacionan los recursos administrados al sistema de ciencia y tecnología con los resultados de las actividades realizadas dentro del mismo. Sin embargo, este tipo de estudios presentan muchas dificultades en su aplicación, como por ejemplo, relacionar los fondos estatales o regionales para investigación recibidos por una institución o grupos con el

número de trabajos científicos o patentes producidos (Narin y Hamilton, 1996; Abramo, 2009b).

Sin embargo, sólo la aplicación conjunta de diferentes tipos de indicadores como los bibliométricos, los econométricos, etc. es la que puede ser útil en la evaluación de las actividades científicas y del desarrollo de un sector como el de la Biotecnología en España, con especial énfasis en sus relaciones con el sistema público de I+D. La evaluación de las actividades científicas requiere el uso de multitud de indicadores (Bordons y Zulueta, 1999). La utilización de uno sólo de estos indicadores no tienen en cuenta las complejas relaciones que se producen en un sistema de innovación, pudiendo llevar a conclusiones erróneas que afecten a las políticas de I+D de un país (Castro- Martínez y col., 2009). La complejidad del número de actores que intervienen y sus posibles interacciones necesitan, como se ha comentado anteriormente, de un conjunto de indicadores amplio y variado.

A nivel español existen varias aproximaciones de evaluación de determinadas sectores de actividad, los más habituales son los basados en Biomedicina y analizan los posibles indicadores que permiten medir tanto los “retornos” como el impacto económico de la investigación biomédica (Grant, 1999; Buxton, 2004; García-Romero, 2006). Se relacionan distintos indicadores bibliométricos con indicadores sociales relacionados con la investigación de prioridad nacional como las relacionadas con la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (Sanz-Casado y col., 2007), o la capacidad innovadora de una región (Fernández de Lucio, 2009, Lascurain-Sanchez y col., 2008) o de una institución (Gómez y col., 2009).

1.7.1. *Indicadores bibliométricos de producción científica*

Los principales indicadores para medir la producción científica son indicadores bibliométricos que proporcionan datos estadísticos de las distintas publicaciones científicas. La bibliometría puede ser definida como una disciplina científica cuyo objeto de estudio es el análisis, clasificación y evaluación de la producción y consumo de información científica por métodos cuantitativos y estadísticos (Sanz-Casado y col.,

2002). La bibliometría proporciona información cuantitativa y objetiva sobre los resultados de la actividad en el campo de la ciencia y tecnología, sobre su volumen, evolución o visibilidad.

En 1969 se introduce por primera vez el término bibliometría para referirse a la utilización de la bibliografía con fines estadísticos, para describir un campo de investigación mediante la aplicación de modelos matemáticos y estadísticos para determinar y cuantificar el proceso de la comunicación escrita (Russel y Rousseau, 2002). Los indicadores bibliométricos se vienen usando desde la primera mitad del siglo XX, pero es a partir de la década de los 70 cuando la bibliometría experimenta su mayor auge, y es cuando se introducen los términos de evaluación bibliométrica o evaluación de la investigación (“Research Evaluation”), donde las técnicas bibliométricas son usadas también para el estudio de las interacciones que se producen entre la ciencia y la tecnología, en la cartografía de las áreas científicas, en la identificación de nuevas disciplinas emergentes o en el desarrollo de nuevos indicadores para medir la competitividad o trazar planes estratégicos dentro de las políticas científicas (Hood y Wilson, 2001).

Por tanto, en función del tipo de estudio, la bibliometría puede ser de dos tipos:

- Bibliometría descriptiva: Se centra en la descripción de determinadas características de la actividad científica.
- Bibliometría evaluativa: Se centra en evaluar la actividad científica mediante la utilización de indicadores bibliométricos (Narin, 1974).

La evaluación bibliométrica puede tener distintas aplicaciones, en función del objetivo final:

- Medir la calidad de una colección periódica mediante el uso de citas.
- Medir la productividad y calidad de la actividad científica y tecnológica.
- Realización de perfiles de usuarios.

El análisis bibliométrico de la actividad científica está basado en la suposición que la realización de actividades científicas y la difusión de los resultados van siempre

juntos. El clásico modelo de “input”-“output” usado para describir el proceso de investigación científica sugiere que las publicaciones, como son los artículos o las monografías, pueden ser usadas para representar los resultados de la ciencia (Russel, y Rousseau, 2002). Por tanto, la producción científica, medida en número de publicaciones, puede ser cuantificada y analizada para determinar el tamaño y naturaleza de la actividad científica medida a nivel global, nacional o regional (nivel macro) o a nivel de instituciones o grupos de investigación (nivel micro).

En función de estas premisas, se pueden dividir los indicadores que miden la actividad científica en indicadores de “input” e indicadores de “output”.

Dentro de los indicadores de “input”, se encuentran los indicadores que proporcionan información sobre los recursos destinados al sistema de ciencia y tecnología. Dentro de estos indicadores están los indicadores de inversión en I+D, como la financiación pública a actividades de I+D y los indicadores de recursos humanos dedicados a la I+D.

Dentro de los indicadores de “output”, se encuentran los indicadores que miden los resultados de la investigación. Los indicadores más comunes para medir los resultados de la investigación son los indicadores de producción científica y tecnológica, que analizan las publicaciones científicas y el número de patentes generadas por un país, institución o investigador. Otro conjunto de indicadores son los de innovación tecnológica, que miden el desarrollo de nuevos productos, la generación de empresas, la creación de empleo, etc.

Con anterioridad a la aparición de las grandes bases de datos bibliográficas como *Web of Science*, el análisis de la literatura científica se debía realizar manualmente, directamente sobre el material publicado. Esto limitaba los estudios a una pequeña escala y hacía la metodología una labor tediosa y con muchos errores. Esto cambió con la aparición de las bases de datos antes mencionadas y el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación, permitiendo realizar estudios a gran escala, ya que estas bases permitían la descarga de referencias para su posterior tratamiento (Russe y Rousseau, 2002). Con el tiempo, tanto la plataforma *Web of Knowledge* primero, como *Scopus* después, elaboraron sus propios indicadores de citas

o de factor de impacto de las revistas. Además han ido evolucionando, de forma que proporcionan datos sobre producción por países o instituciones de maneras muy rápidas e incluso incluyen información sobre los autores más citados e incluso crean mapas de citación.

A pesar de estos avances, la mayoría de las bases de datos no fueron diseñadas para propósitos bibliométricos, y en algunos casos el acceso y control de la información, sobre todo en bases de datos muy especializadas, hace difícil su manejo. Además, existe una falta de estandarización en campos como la afiliación de los autores o el propio nombre del autor. En el caso de la afiliación de las instituciones o de los investigadores, algunos de los problemas más comunes es que este campo no está bien normalizado, o sólo aparece la afiliación del primer autor o, sencillamente, no se recoge (García-Zorita y col; 2006). En el caso del nombre de los autores, en muchos casos, sólo aparecen recogidos en la base de datos los tres primeros autores o existe problemas en su indización, sobre todos en aquellos nombres de habla no inglesa. Estos problemas hacen difícil el análisis por instituciones y provoca la asignación errónea de producción científica a instituciones o investigadores.

Existen dos tipos de indicadores bibliométricos: indicadores unidimensionales e indicadores multidimensionales.

Los indicadores unidimensionales son aquellos que estudian una sola característica de los documentos, sin tener en cuenta ningún tipo de vínculo que pueda existir entre los distintos indicadores (Sanz Casado, 1997). Dentro de estos indicadores se encuentran los indicadores de actividad científica, que analiza tanto la investigación producida como el “consumo” de artículos científicos, los indicadores de calidad, que miden el impacto y la calidad de los trabajos científicos mediante el análisis de citas, y los indicadores de innovación, que miden la capacidad tecnológica mediante el estudio de las patentes. Estos indicadores son:

- Número de publicaciones. Dan información sobre la producción científica de un país, institución o grupo investigador y sobre la tasa de crecimiento a lo largo de un período de tiempo.

- Tipología documental de las publicaciones. Indica qué tipo documental es más utilizado para la difusión del conocimiento, a saber: artículos, revisiones, cartas, editoriales, libros, capítulos, tesis, comunicaciones a congresos.
- Idioma de la publicación.
- Revista de publicación. Este indicador permite analizar la temática de la producción científica, la visibilidad internacional y el factor de impacto. También da información sobre la vida media y obsolescencia de esos artículos.
- Índices de actividad. Sitúa la producción científica de un colectivo o disciplina en un contexto determinado como en el contexto de la producción nacional o internacional.
- Indicadores de coautoría. Este indicador permite identificar el número de autores que firman un documento y analizar con qué instituciones nacionales o internacionales se realizan colaboraciones que conducen a publicaciones conjuntas. Permite conocer las colaboraciones dentro de temáticas determinadas o entre disciplinas y realizar mapas e identificar redes de colaboración.
- Tasa de coautoría. Es la proporción de documentos firmados por más de un autor.
- Tasa de colaboración. Es el porcentaje de documentos firmados por más de una institución. Se distingue entre la tasa de colaboración nacional y la tasa de colaboración internacional.
- Citas de las publicaciones. Las citas son medidas del impacto de una publicación de un investigador en el ámbito científico.
- Factor de impacto (FI). Es un índice del número de citas que reciben en promedio los trabajos publicados en una revista específica durante un determinado período de tiempo. Este indicador es calculado por *Thomson-Scientific* anualmente para todas las revistas que recogen las bases de datos “*Science Citation Index*” y “*Social Citation Index*” en el “*Journal of Citation Reports*”.

Respecto a los dos últimos indicadores nombrados, es necesario comentar que aunque el factor de impacto de una revista y las citas de las publicaciones son indicadores ampliamente aceptados para medir la calidad científica de un trabajo de investigación, presentan muchas limitaciones, ya que los motivos para citar un trabajo no siempre se ajusta a que sean trabajos de calidad (Van Raan, 2005).

Los indicadores multidimensionales permiten estudiar de manera conjunta varias características de los documentos, permitiendo establecer relaciones entre las mismas y realizar representaciones gráficas de las relaciones. Estos indicadores se basan en técnicas estadísticas multivariantes, como son el análisis de *clusters* y el escalado multidimensional. El análisis de *clusters* busca grupos o *clúster* similares para crear grupos homogéneos en función de las características observadas. El escalado multidimensional es una técnica diseñada para la elaboración de mapas con el fin de mostrar las relaciones existentes entre individuos o variables en función de las distancias entre ellas (Sanz Casado, 1997; Robert y col., 2009; Rafols y Meyer, 2010).

1.7.2. *Indicadores cuantitativos de producción tecnológica*

1.7.2.1. Generales

Los indicadores de producción tecnológica se basan principalmente en la información que ofrecen los documentos de patentes.

Una patente es un título que reconoce el derecho de explotar en exclusiva la invención patentada, impidiendo a otros su fabricación, venta o utilización sin consentimiento del titular. Como contrapartida, la patente se pone a disposición pública para su conocimiento general. El objeto de la patente puede ser un procedimiento, un aparato, producto, perfeccionamiento o mejora de los mismos. El derecho otorgado por una patentes no es tanto el de la fabricación, el ofrecimiento en el mercado y la utilización del objeto de la patente, sino “el derecho de excluir a otros” de la fabricación, utilización o introducción de un producto o procedimiento.

Los indicadores de patentes pueden ser tomados como una aproximación de la actividad tecnológica de un país, un instituto o una empresa, y ofrecer información

sobre como los actores del sistema de innovación se relacionan entre sí. Es un indicador ampliamente utilizado para la evaluación de la investigación, el diseño de políticas de investigación, etc. Las patentes suelen implicar una intención de comercialización de una innovación, ya que los costes de patentar son muy elevados.

En las primeras etapas del ciclo de vida tecnológico en áreas basadas en la actividad científica, como la Biotecnología, los centros públicos de I+D son muy importantes en la producción tecnológica de un país y actúan como directores de la actividad tecnológica (Schomoch, 2004). Esta contribución directa del sistema público de investigación puede ofrecer una mayor información del sistema nacional de innovación y ha de ser tenida en cuenta a la hora de evaluar un sistema de innovación a escala nacional.

Para Narin y col. (2004), la ausencia de evaluación tecnológica de las empresas es debido a una inadecuada información pública sobre las actividades de I+D de las mismas. La información disponible sobre las actividades de investigación y tecnológicas de las empresas son inadecuadas para estudiar las actividades de I+D e impacto de las actividades de innovación en el desarrollo de una empresa. Por un lado, algunas de las actividades de innovación son realizadas por empresas de pequeño tamaño. Por otro lado, aunque los gastos en I+D de las empresas puede ser un indicador de la naturaleza, calidad y beneficios esperados por las empresas, las empresas no revelan información sobre la naturaleza de sus actividades en innovación y además este indicador no ofrece información sobre la eficiencia de estas actividades.

Dada la escasez e inadecuados datos de I+D en las empresas, las patentes se han convertido en el objeto de análisis de muchos estudios. Desde este punto de vista, las patentes se pueden relacionar con la capacidad de innovación de una empresa o de un país. Solo un porcentaje pequeño de invenciones son patentadas y un porcentaje aún más pequeño, son utilizadas (figura 34). Este porcentaje puede variar en función del sector y del tiempo necesario de investigación para conseguir una invención (Basberg, 1987).

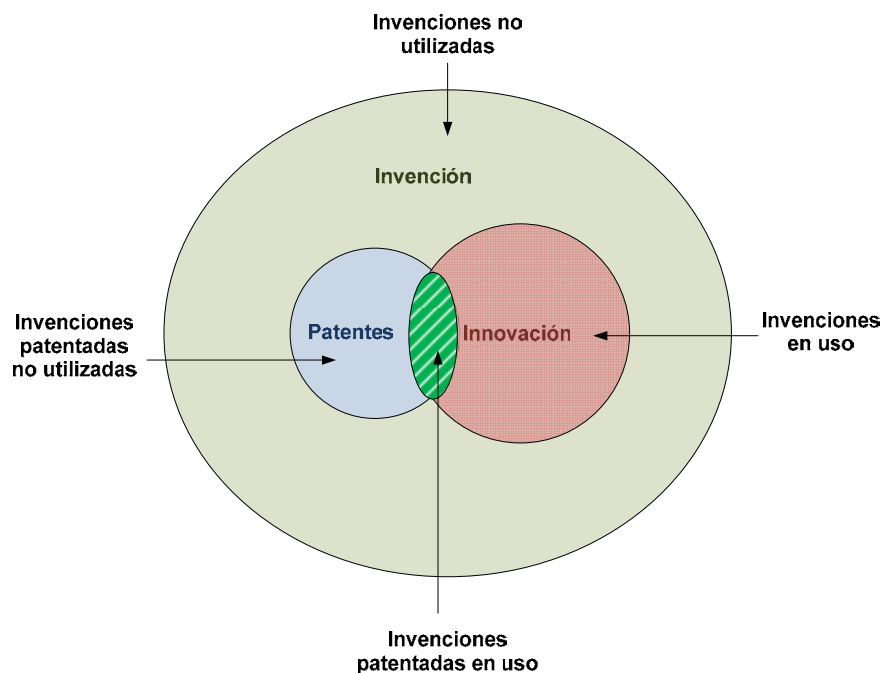


Figura 34. Relación entre actividad patentadora, invención e innovación. Fuente: Basberg (1987). Elaboración propia.

Para algunos autores, la calidad del capital intelectual de una empresa, es representada por su cartera de patentes, marcas, secretos industriales y otros activos no financieros. Cuanto más fuerte sea la capacidad tecnológica de una empresa tendrá un mayor desarrollo (Narin, y col., 1997), especialmente en aquellos sectores intensivos en conocimiento y nuevas tecnologías, como puede ser el sector biotecnológico. Las patentes son muy valoradas por las empresas desde el punto de vista comercial, tanto desde el punto de vista del desarrollo tecnológico de la empresa como desde el punto de vista de la generación de ingresos mediante licencias.

Existen distintos tipos de patente que implican diferentes condiciones de protección. Por ejemplo, un titular puede solicitar una patente nacional, una patente europea, una patente de Estados Unidos y una patente internacional o PCT. Por tanto, según el tipo de patente y la oficina de patentes encargada de tramitar la solicitud existen diferentes tasas y procedimientos de concesión, también existen diferencias en el valor económico de la patente, idiomas a los que debe ser traducido la solicitud, diferencias en el tiempo total de tramitación desde la solicitud a la concesión, etc.

Las diferentes patentes se pueden clasificar por la oficina de patentes que las tramita:

a) Patente Internacional PCT

No es una patente propiamente dicho, sino que es un documento que permite la solicitud de la patente en varios países al mismo tiempo, sin sustituir los procedimientos de concesión nacionales. Este procedimiento de solicitud de patente surge en 1978, con el Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (“Patent Cooperation Treaty”, PCT) y consta de dos fases:

- Fase internacional. Se lleva a cabo en una Oficina receptora. Durante esta fase se realiza un examen preliminar internacional. El objetivo de la búsqueda internacional es realizar un informe sobre el estado de la técnica para analizar si se cumplen los requisitos de novedad e innovación. Esta fase puede durar hasta 30 meses.
- Fase nacional. Tiene lugar en las oficinas nacionales de los estados designados, una vez finalizada la fase internacional.

b) Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO)

La Oficina de Patentes de Estados Unidos tiene dos procedimientos de concesión de patentes, la patente no provisional y la patente provisional:

- Solicitud de patente no provisional. Ese proceso tarda doce meses durante los cuales se produce el proceso de examen, más seis meses más dentro de los cuales se hace pública la solicitud.
- Solicitud de patente provisional. En este caso el inventor solicita la solicitud de patente provisional, para disponer de doce meses para realizar estudios de viabilidad del producto, estudios de mercado, etc. Este tipo de patente recibe una fecha de prioridad y un número de patente y es válida durante un año. Para mantener la prioridad debe presentarse una solicitud de patente definitiva antes de solicitar la patente no provisional. Otra ventaja de esta modalidad es que de esta manera se amplía la vigencia de la patente a 21 años.

c) Oficina de Patentes Europea (EPO)

La Oficina Europea de Patentes se crea en 1973 como resultado del Convenio de la Patente Europea (CPE), donde se crea un sistema centralizado de concesión de patentes abierto a todos los países europeos de cuya gestión se encarga la Oficina Europea de Patentes. Los países miembros de este convenio son 24 de los 25 miembros de la Unión Europea, más Suiza, Mónaco, Liechtenstein, Islandia, Turquía, Rumania, Bulgaria, Albania, Ex-República Yugoslavica de Macedonia, Croacia, Bosnia y Herzegovina, Serbia y Montenegro.

La obtención de la patente europea tiene tres etapas:

- Examen formal. En esta etapa se verifica que la solicitud de patente cumpla con las formalidades prescritas y se realiza el informe de búsqueda europeo para comprobar los criterios de novedad y actividad inventiva establecidos por el Convenio. Esta etapa tiene una duración aproximada de 18 meses.
- Publicación de la solicitud. En este momento se concede al solicitante la protección provisional de la patente.
- Procedimiento de examen. Este examen tiene como objetivo determinar si la invención es patentable. Esta etapa se realiza a petición del solicitante y debe realizarse durante los 6 meses posteriores a la publicación de informe de búsqueda o durante la solicitud.
- Fase de oposición. Se realiza dentro de los 9 meses posteriores a la concesión de la patente por una tercera persona. Si la Oficina Europea de Patentes considera que los motivos de la oposición son correctos, se retira la concesión de dicha patente.

d) Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM)

La Oficina Española de Patentes y Marcas depende del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y es la encargada de tramitar y conceder los diversos títulos de propiedad industrial, tras el examen de las solicitudes correspondientes.

Existen dos modalidades para solicitar la concesión de patentes, un procedimiento general y un procedimiento de concesión con examen previo:

- Procedimiento general. En este caso se elabora un Informe sobre el Estado de la Técnica (IET). En este procedimiento se concede la patente tras un plazo de 8 meses desde la publicación de la solicitud, independientemente del contenido del IET.
- Procedimiento de concesión con examen previo. En este caso, la concesión o denegación de la patente está condicionada por el resultado del examen previo.

El hecho de que una misma invención pueda ser registrada en más de una oficina de patentes da lugar al término “familia de patentes”, para referirse a todas aquellas patentes registradas en distintas oficinas de patentes nacionales que provienen de la misma invención. Las patentes registradas en Estados Unidos, Europa y Japón dan lugar a lo que suele denominarse “patentes triádicas” y son las patentes que presentan un mayor valor económico. Las empresas con un producto de alto valor tecnológico utilizan esta patente para obtener una mayor protección internacional.

La tabla 19 representa un ejemplo de una familia de patentes. La primera filiación se realizó por la vía PCT y se representa con las letras WO delante del número de patentes. Se puede observar que se ha designado la patente europea, representada por las letras EP y luego por separado Australia (AU), Japón (JP) y Estados Unidos (US).

Tabla 19. Ejemplo de familia de patente. Elaboración propia.

Publicación	CT	Fecha de publicación	Clase
WO9831356 A	Y	1998-07-23	A61K31/445
AU5495398 A	N	1998-08-07	
JP10259126 A	N	1998-09-29	

Hay tres formas posibles para referirse al tamaño de una familia de patentes (Sternitzke, 2009b):

- El tamaño de la familia es igual al número de estados designados en la solicitud de la patente.

- El tamaño de la familia es igual al número de estados designados en la solicitud de la patente más las patentes concedidas, de esas solicitudes por las oficinas nacionales o regionales una vez pagadas las tasas.
- Sólo las patentes concedidas son tenidas en cuenta para el tamaño de la familia de patentes.

A continuación se describen las características principales del documento de patentes, que sirven para definir qué tipo de información contienen, y por tanto, qué tipo de indicadores podrían utilizarle basados en la información que contienen. El documento de patente sigue tiene una clara estructura independientemente de la oficina de patente de la que provenga. Dicha estructura es la siguiente (Collins y Wyatt, 1988):

- Página de título e información bibliográfica. Contiene información referida al título de la invención, nombre y dirección de los titulares e inventores de la patentes, día de publicación de la solicitud o concesión de la patente, el número de la solicitud, número de la clasificación internacional de patentes, resumen de la invención, nombre del examinador e información sobre el proceso de examen.
- Texto que incluyen la descripción de la invención, con ejemplos detallados, dibujos o diagramas.
- Reivindicaciones sobre las que desean protección de la patente.

Es muy importante hacer notar la distinción entre inventores y titulares de la patente. Los titulares de la patente son aquellos que tienen la propiedad de aquello patentado y los que se encargarán de explotar la patente y los beneficios de dicha explotación serán suyos. Independientemente, los inventores que han llevado a cabo la invención, tienen el derecho (y puede ser exigido) de aparecer en la invención de la que son creadores, independientemente de que tengan derechos o no sobre la patente, como cuando por ejemplo, trabajan para una empresa y la empresa es la titular de las invenciones desarrolladas.

Los indicadores más habituales basados en los documentos de patentes son:

- Número de patentes. Mide la producción tecnológica en función del número de patentes concedidas.
- Crecimiento del número de patentes. Mide la tendencia en la capacidad tecnológica de una empresa.
- Porcentaje de éxito. Es el porcentaje de patentes concedidas sobre el total de solicitadas durante el período objeto de análisis.
- Índice de impacto (“current impact index”): Muestra el impacto de la patente sobre desarrollos tecnológicos posteriores. Se mide como las citas recibidas por una patente durante un período de cinco años posterior a su publicación.
- Ciclo de vida de la tecnología. Mide la rapidez de las actividades de innovación mediante la vida media de las patentes citadas por una patente.
- Vínculo con la ciencia. Se mide como el número de citas a trabajos científicos citados en una patente.

Uno de los indicadores más importantes es el número de familias de patentes de un país o institución registrados en las oficinas de patentes más importantes, la USPTO, la EPO y la Oficina de Patentes Japonesa. Tal y como se comentó anteriormente, estas patentes se conocen como patentes triádicas o triadas de patentes.

Al igual que ocurría con los indicadores de producción científica, uno de los problemas más comunes con los indicadores de patentes es la asignación de los lugares de trabajo de los inventores, por lo que existe un conjunto de patentes que no serán asignadas a los centros públicos correspondientes. Una manera de identificar un mayor número de inventores es mediante la utilización de *Science Citation Index* mediante la correlación entre autores e inventores (Scmoch, 2004).

1.7.2.2. Indicadores de citas de patentes

El manejo de la literatura científica, como se ha comentado en el apartado de indicadores de producción científica, se fundamentan en el hecho de que los procesos de generación de conocimiento científico y técnico pueden ser convertidos en un producto completo, generalmente una publicación (modelo lineal). Sin embargo, ese

conocimiento científico puede ser generado por las empresas o bien puede ser transferido de los organismos públicos de investigación hacia la empresa de manera intangible (modelo no lineal) (figura 35). De hecho, la confidencialidad en las investigaciones, el secreto industrial, es una de las principales exigencias de las empresas al trabajar con el sistema público de I+D.

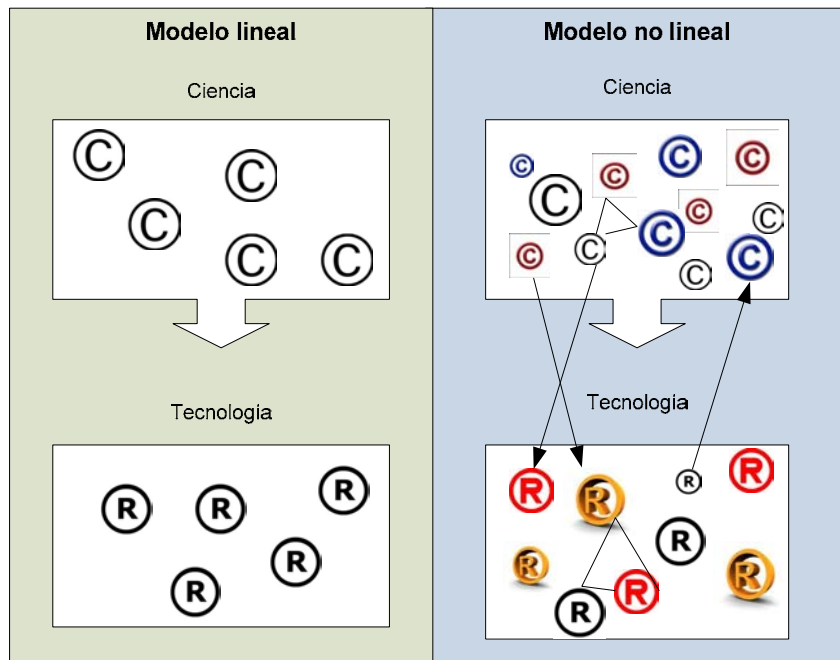


Figura 35. Modelo lineal y no lineal de la relaciones entre la ciencia y la tecnología.
 Fuente: Meyer, M (2000c). Elaboración propia.

En estos, caso el producto final del conocimiento no se transforma en un artículo científico. Esta transferencia de conocimiento es más difícil de medir que lo que sería la transferencia de conocimiento entre investigadores mediante la citas a trabajos científicos.

Una manera de medir esta transferencia de conocimiento entre las universidades/OPIs y las empresas es mediante las citas a artículos científicos que aparecen en la literatura recogidas en las patentes, como consecuencia de las búsquedas previas del propio inventor, en el que se fundamenta la invención, o bien en los informes sobre el estado de la técnica realizada por los examinadores de patentes donde se recogen las publicaciones más relevantes sobre este tema en el apartado de indicadores de patentes (Narin, 1994; Meyer, 2000c; Schmoch y col.,

1988; Tijssen, 2001; Michel y Bettels, 2001; Lo, 2010). Por tanto, el análisis bibliométrico de las relaciones que se producen entre el estudio de las referencias de los documentos de patentes pueden mostrar el grado de interacción entre la ciencia y la tecnología en áreas de alta especialización tecnológica.

La utilización de esta aproximación a las citas de patentes es relativamente reciente. Los primeros estudios fueron llevados a cabo por Francis Narin, a partir de mediados de 1980 (Narin y Noma, 1985; Narin, y col., 1997, Narin, y col., 1998; Hicks y col., 2001) donde estableció la relación entre las patentes y los artículos científicos citados en ellos.

El número de citas a trabajos científicos varía según el campo temático de la patente. Las patentes relacionadas con la Biología o la Medicina tienen un mayor de citas a trabajos científicos que otras patentes relacionadas con la Ingeniería (Michel y Bettels, 2001) (tabla 19). Por término medio, en las solicitudes europeas de patentes, un 12% de citas son a literatura no de patentes, fundamentalmente a artículos de revistas científicas. Sin embargo, en áreas científicas como las indicadas en la tabla 19, este porcentaje puede llegar a ser del 50-60% en áreas como la Bioquímica (microorganismos o enzimas y medidas o ensayos en los que están involucrados éstos) o la Química Orgánica en cuanto a péptidos. El trabajo de Lo, S. (2010), basado en patentes relacionadas con la Ingeniería Genética en la USPTO durante el período 1980-2004, demostró que un 89% de las citas presentes en la literatura no de patentes se realizaba a revistas científicas y que por tanto, había una estrecha relación entre la investigación científica y el desarrollo tecnológico, constatada también por otros autores (Bhattacharya y Meyer, 2003; Guan y Ying, 2007).

Las citas que aparecen en el estado de la técnica realizado por el examinador se clasifican con un código alfabético (X, Y, A) y muestra la relación existente entre la cita y la patente según los criterios de la tabla 20.

Tabla 20. Código alfabético de los documentos del Informe del estado de la técnica de las patentes. Elaboración propia.

Código	Significado
X	Documentos que ponen en cuestión la novedad o inventiva de la reivindicación de una patente
Y	Documento que junto a otro ponen en cuestión la inventiva de la reivindicación de una patente
A	Documentos relacionados con el estado de la técnica de la patente

Los documentos marcados con la letras X e Y están íntimamente relacionados con la patente y muestran un alto grado de relación con la patente. Estas referencias, aparte de ser indicativas de una relación entre el sistema productivo y el sistema científico, son de vital importancia ya que también pueden dar una indicación de la fortaleza de la patente. Si un documento de patente muestra en su Informe sobre la Técnica muchos documentos X e Y, indican que la novedad o inventiva de la patente es muy baja. En el caso de que la patente sea concedida, podría ser anulada, por ejemplo, por la denuncia de un competidor, por falta de novedad.

Otra manera de analizar la transferencia de conocimiento es mediante el estudio de citas de patentes. Esto también da información de cómo una patente puede influir dentro de la comunidad inventora, de manera semejante a las citas de artículos científicos. Estos estudios sobre las citas de patentes son relativamente recientes. Su auge comienza a partir de finales de la década de los 1990. Para Narin, F. y col. (2005) las patentes con un mayor número de citas pueden mostrar una un avance tecnológico de particular importancia para el sector tecnológico.

El estudio de Harhoff y col. (2002) relaciona las citas de patentes con el valor de la invención. En este estudio se realiza una encuesta para analizar la valoración económica de un conjunto de patentes previamente seleccionados. Esa valoración es relacionada con las citas recibidas por ese conjunto de patentes. Los resultados mostraron como las patentes de mayor valor económico recibían un mayor número de citas, lo cual es muy interesante de cara a su utilización como indicador.

1.8. Indicadores basados en análisis de redes sociales

La forma de definir la colaboración científica varía entre instituciones, campos del conocimiento, sectores y países. En términos generales, la colaboración se refiere a todo proceso en donde se involucre el trabajo de varias personas en conjunto, para alcanzar un fin común. El incremento en la colaboración científica tiene varias explicaciones (Russel y col., 2009):

- Problemas complejos cuya solución exige un enfoque inter y multidisciplinario.
- Aumento en la especialización de las disciplinas.
- Políticas de financiación que estimulan la formación de grupos de trabajo.
- Políticas para fomentar la colaboración intersectorial.
- Acuerdos de cooperación regionales.
- Tecnologías de la información que facilitan el trabajo a distancia.
- La globalización de la ciencia.

Las colaboraciones científicas se analizan a diferentes niveles empezando con la interacción entre dos científicos, pasando por la dinámica de grupos, departamentos, instituciones, sectores, y llegan a una colaboración entre países o regiones (Russel y col., 2009). Las bases de datos, las fuentes de información más usuales para los estudios bibliométricos, permiten identificar en cada registro del trabajo científico, elementos como: los nombres de los autores, afiliación institucional (institución, departamento) y dirección institucional (ciudad, país) de todos los autores, además del tema (palabras del título y del resumen, palabras clave), y en su caso, los artículos citantes y citados, todos éstos imprescindibles para el estudio de la colaboración científica.

El uso de métodos basados en datos sobre publicaciones científicas (frecuencia de co-ocurrencia de citas, autores, palabras, etc.) ayudan a conocer la estructura interna de una disciplina, relaciones entre investigadores o nuevas disciplinas emergentes. Las representaciones gráficas ayudan a visionar las relaciones estructurales. Una de estas representaciones gráficas son los mapas de la ciencia, que son representaciones en dos o tres dimensiones del conocimiento científico que

ayudan entender la estructura analizada mediante símbolos que reflejan categorías o aspectos del mundo real (Noyons, 2004). La posición relativa de los elementos y sus enlaces ofrecen una visión precisa y permite identificar áreas científicas centrales o periféricas dentro de una disciplina.

El proceso de generación de mapas basados en dominios científicos se puede esquematizar en seis pasos (Börner y col., 2003) (figura 36):

- Extracción de los datos.
- Definición de unidades de análisis.
- Selección de las medidas.
- Cálculo de la similitud entre unidades.
- Asignación de coordenadas a cada unidad.
- Uso de los resultados de visualización para el análisis e interpretación.

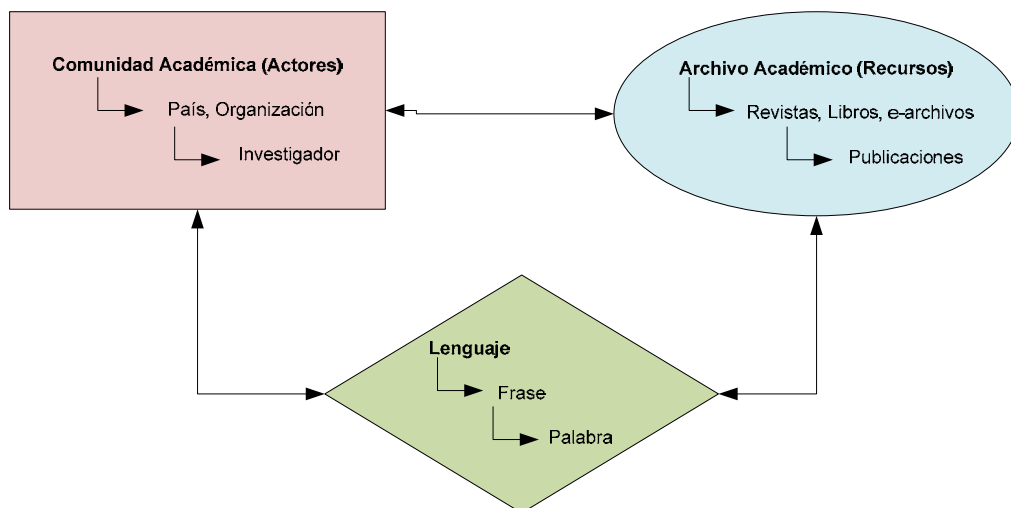


Figura 36. Unidades para la elaboración de mapas científicos. Fuente: Noyons (2004)

La utilización de autores como unidades de análisis es menos común y suele tener dos finalidades (Börner y col., 2003):

- La elaboración de mapas basados en co-citación usada para el análisis de la estructura intelectual de un área científica.
- La elaboración de mapas de co-autorías utilizada para el estudio de colaboraciones científicas.

Las medidas de análisis de los mapas científicos se pueden basar en:

- Medidas de similitud. Estas medidas pueden ser de dos tipos:
 - Enlace de citación. Esta medida se obtiene cuando se trabaja con datos derivados de bases de datos de citas como “Science Citation Index” o bases de datos de patentes.
 - Similitudes de co-ocurrencia. Dos de las medidas más comunes son el coseno simple y el índice de Jaccard.
- Modelo espacio vectorial. Este modelo es ampliamente utilizado para la indexación de documentos basados en frecuencia de términos y permite el cálculo de similitudes entre documentos basados en las coincidencias en las palabras. El modelo consiste en tres etapas:
 - Indexación del documento. Cada documento es representado como un vector en un espacio. La dimensionalidad es determinada por el número de los términos en el cuerpo del documento, aproximadamente un 40-50% de las palabras.
 - Ponderación del término. La ponderación de los términos sirve para indicar su importancia, en función del número de documentos en los que aparece.
 - Cálculo de los coeficientes de similitud. La similitud entre documentos puede ser determinada por la distancia entre los vectores. La medida más utilizada para medir la similitud es el coeficiente del coseno, que viene definido como el ángulo entre los dos vectores que representan a dos documentos.

Existen diversas técnicas para el análisis y visualización de mapas del conocimiento que pueden clasificarse en tres tipos: técnicas de reducción dimensional, análisis de grupos y configuración espacial:

- Técnicas de Reducción Dimensional. Estas técnicas se utilizan cuando se hay una gran cantidad de datos. Las técnicas más utilizadas dentro de este ámbito son:

- Descomposición de valor propio (*Eigenvalue/ Eigenvector Decomposition*). El objetivo es reducir la dimensionalidad de un espacio sin alterar la estructura interna. El eigenvalor es el valor escalar de una matriz de NxN datos. La covarianza de esta matriz revela la dimensión subyacente. Esta técnica está basada en el análisis de Componentes Principales y el Análisis Empírico Ortogonal.
- Análisis Factorial (*Factor Analysis*). El análisis factorial es una técnica multivariante exploratoria utilizada para el estudio de un amplio rango de datos, consiste principalmente en la reducción del número de variables y en la detección de relaciones entre variables.
- Escalamiento Multidimensional (*Multidimensional Scaling*). Esta técnica intenta encontrar estructuras en función de las medidas de proximidad entre objetos. El resultado es una representación de mínimos cuadrados de los datos, que son objeto del análisis, en un espacio más reducido. Esta técnica es una de las más utilizadas dentro de las ciencias de la información, especialmente en el análisis de co-citación, “cartografía” de la ciencia y evaluaciones del desempeño (Börner y col., 2003).
- Análisis Semántico Latente (*Latent Semantic Analysis*). Esta técnica consiste en extraer términos latentes, es decir, aquellos términos que representan nuevos conceptos, mediante la utilización de técnicas estadística avanzadas.
- Escalamiento de Red Pathfinder (*Pathfinder Network Scaling*). Es una técnica de modelado estructural que extrae patrones subyacentes de los datos. Estos patrones son representados mediante una clase de red denominada Red de Pathfinder (*Pathfinder Networks, PFnets*). La técnica está basada en el algoritmo de Pathfinder, que mediante la estimación de medidas de proximidad entre pares de objetos, define una red en la que están presente sólo los objetos más importantes.
- Mapas auto-organizados (*Self-organizing maps*). Es una técnica basada en redes neuronales que modifica el peso de los vectores para dar como resultado un mapa bi-dimensional de la mejor relación posible en función de los datos introducidos al sistema.

- Análisis de grupos (*cluster analysis*). El objetivo de esta técnica es dividir un gran conjunto de objetos, cada uno con sus propias medidas de similitud o funciones de distancias, en otro conjunto de sub-grupos (*cluster*) que den información de la estructura del conjunto original.
- Configuración espacial. Las técnicas de configuración espacial tienen como objetivo generar un mapa bi-dimensional en función de las medidas de distancia o similitud de un conjunto de datos. Las técnicas más representativas son:
 - Triangulación. Es una técnica de ordenación espacial partiendo de mapas de puntos unidimensionales. En este caso, la posición del primer objeto está determinada y la posición del segundo objeto depende de la distancia específica respecto al primer objeto.
 - Técnica de colocación dirigida a la fuerza (*Force Directed Placement*). Los objetos o nodos son considerados como objetos físicos y los bordes como “muelles” conectados a otros nodos, de tal manera que los nodos se mueven acordes a las fuerzas producidas entre ellos. Esta técnica ha sido recientemente utilizada para el tratamiento de gran número de datos bibliométricos, patentes o datos genómicos (Börner y col., 2003).

1.9. Indicadores en Biotecnología

Uno de los principales problemas a la hora de estudiar la Biotecnología es acotar qué se entiende por Biotecnología. El carácter multidisciplinar de la Biotecnología hace difícil dar una definición de la misma, que sería de gran ayuda para aplicar la bibliometría y otras técnicas de caracterización del sector. Por este motivo, la OCDE, en 2005, estableció la “definición estadística de Biotecnología” como “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 producir conocimientos, bienes y servicios”. El objeto de la OCDE era establecer una definición universal de la Biotecnología que permitiera realizar estudios sobre la evolución e impacto socio-económico de la Biotecnología. Para este propósito también estableció la metodología para medir los distintos indicadores de producción científica,

tecnológica y económica (OECD, 2005; Van Beuzekom y Arundel, 2009; Arundel y col., 2010). Esta metodología fue elaborada por el grupo de expertos nacionales sobre indicadores de Ciencia y Tecnología de la OCDE (*National Experts on Science and Technology Indicators*, NESTI) y se denominó “Marco para Estadísticas en Biotecnología” (A framework for Biotechnology Statistics. OECD, 2005). Este informe se encuadra dentro de los siguientes apartados:

- Información sobre conceptos, unidades y definiciones con propósitos estadísticos.
- Articulación de las necesidades de los usuarios.
- Guías para la toma de datos, incluido un modelo para la realización de encuestas sobre actividades de I+D en Biotecnología.

Todos estos apartados se organizan siguiendo un modelo conceptual sobre las actividades biotecnológicas, que cubre las actividades científicas e innovadoras. En este modelo se divide las técnicas biotecnológicas en siete, según la definición de la OCDE para la biotecnología, y recogen las principales actividades biotecnológicas en investigación y producción. En función de esas actividades se proponen los posibles indicadores para medir esas actividades. Sin embargo, los productos finales que originan las actividades biotecnológicas quedan fuera de los objetivos de este modelo.

En la tabla 21 se recogen ejemplos sobre técnicas de biotecnología, sus aplicaciones y usos finales.

Los indicadores sobre Biotecnología se dividen en varias categorías en función de la actividad biotecnológica, de esta manera se dividen en:

- Indicadores sobre Investigación en Biotecnología.
- Indicadores sobre transferencia del conocimiento.
- Indicadores de comercialización y aplicación o usos de la Biotecnología.

La tabla 22 recoge información sobre el tipo de indicador utilizado para cada categoría, su disponibilidad para los países miembros de la OCDE y el principal recurso donde obtener estos datos.

Tabla 21. Técnicas biotecnológicas, aplicaciones y usos finales. Elaboración propia.

Técnicas Biotecnológicas	Producción/aplicación	Productos y usos finales
Mejora del desarrollo genético o modificación de microorganismos para la producción de enzimas	Producir enzimas, como proteasas, lipasas y amilasas	Enzimas para el uso como abrillantadores y agentes de limpieza en detergentes
Mejora del desarrollo genético de microorganismos para la producción de enzimas	Producir enzimas que degrade selectivamente lignina y rompan la pared celular de la madera durante el proceso de pulpado	Enzimas para el blanqueo del papel
Mejora del desarrollo genético de organismos para producir enzimas	Enzimas que conviertan residuos de cultivos (tallos, hojas, paja y raíces) en azúcares para convertirlos en etanol	Combustible a base de etanol para el uso en transporte
Uso de biomarcadores y otras biotecnología para identificar genes en variedades silvestres que confieran características mejoradas y sus usos en programas convencionales de cultivo	Desarrollo de resistencia a fungicidas en variedades de plantas de tomates, resistencia a sequías y enfermedades en arroz de zonas de crecimiento del oeste africano.	Mejora de variedades de semillas para su uso en agricultura
Uso de tecnología de rRNA para transferir genes de unas especies a otras	Desarrollo de resistencia a pesticidas en algodón y soja que contienen genes de la toxina producida por <i>Bacillus Thuringiensis</i> .	Mejora de variedades de semillas para su uso en agricultura
Uso de tecnología de rRNA para producir grandes moléculas para fármacos	Producción de algucerasa rRNA para tratar el síndrome de Gaucher, proteína humana C para tratar la trombosis venosa, etc.	Medicinas con nuevo modos de acción para su uso en pacientes
Técnicas de lípidos para la mejora del transporte de fármacos	Modificación del Interferón para reducir las reacciones de vacunas y la frecuencia de las mismas	Medicinas con una mejora en la vida medica y reducción de los efectos secundarios para su uso en pacientes
Identificación y modificación genética de genes de plantas para aumentar la tolerancia a contaminantes como metales pesados	Desarrollo de variedades de plantas que puedan absorber contaminantes sólidos o acuosos como el cadmio o el zinc	Uso de variedades de plantas en fitorremediación para limpiar suelos contaminados

Tabla 22. Posibles indicadores para medir la actividad del sector biotecnológico según la OCDE. Fuente: OCDE.

Indicador	Investigación Biotecnológica	Transferencia Conocimiento	Comercialización	Aplicación o uso	Impacto	Disponibilidad por país	Principal fuente de datos
Patentes concedidas	√	√			?	Alto	GOV
Solicitudes de patentes	√	√			?	Alto	GOV
Porcentaje de patentes respecto al porcentaje mundial						Alto	GOV
Tasa de crecimiento de patentes	√	√				Alto	GOV
Porcentaje de citas respecto a las citas mundiales						Alto	OAC/PRI
Impacto de las citas		√				Alto	OAC/PRI
Inversión en capital riesgo	√		√			Alto	ONS/PRI
Gasto total en I+D en Biotecnología	√					Alto	ONS
Campos de ensayo					√	Alto	GOV
Gastos totales en I+D biotecnológico público						Medio	ONS
Número de empresas biotecnológicas por sector		√		?		Medio	ONS
Alianzas biotecnológicas		√	?			Medio	ONS/OACI
Obstáculos para la comercialización			√			Medio	ONS

Indicador	Investigación Biotecnológica	Transferencia Conocimiento	Comercialización	Aplicación o uso	Impacto	Disponibilidad por país	Principal fuente de datos
Áreas de cultivo de OMG				√		Medio	GOV
Áreas de Cultivo de OMG por tratamiento				√	√	Medio	GOV
Financiación pública por área	√					Medio	GOV
Financiación privada por área	√					Medio	NSO/PRI/OAC
Número de empresas biotecnológicas por tamaño			?			Medio	NSO/PRI
Ventas/Beneficios en Biotecnología			√	√	?	Medio	ONS
Empleados en Biotecnología	√		√		?	Medio	ONS
Tipo de Biotecnologías usadas por las empresas	√			√	√	Medio	ONS
Fuentes de financiación de las empresas	√		√			Medio	ONS
Comercio en Biotecnología/Exportaciones			√	√	?	Medio	ONS
Licencias tecnológicas	?	√	√			Medio	ONS
Nuevos productos para la salud aprobados				√	√	Medio	GOV
Empleados en Biotecnología por cualificación	√	?	?			Bajo	ONS
Número de institutos	?					Bajo	GOV

Indicador	Investigación Biotecnológica	Transferencia Conocimiento	Comercialización	Aplicación o uso	Impacto	Disponibilidad por país	Principal fuente de datos
Biotecnológicos públicos							
Co-patentes o co-publicaciones		√				Bajo	OAC

√: Indicador relevante para el área correspondiente. ?: Indicador de menor valor que puede ofrecer información adicional junto con los indicadores principales.

1.10. Fuentes de Información sobre Biotecnología en España

1.10.1. *Instituto Nacional de Estadística*

El Instituto Nacional de Estadística publica anualmente los datos de la Encuesta sobre el uso de la Biotecnología desde 2004. Esta encuesta recoge datos sobre recursos humanos o recursos económicos dedicados a la investigación en Biotecnología. La encuesta está basada en las indicaciones de la OCDE para la obtención de indicadores sobre el sector biotecnológico.

La *Encuesta sobre el uso de Biotecnología* tiene una periodicidad anual. La última encuesta disponible es del año 2009, editada en CD-ROM en Junio de 2010.

Objetivos y ámbito de aplicación de la Encuesta sobre el uso de Biotecnología

De acuerdo con la metodología de la encuesta del uso de la biotecnología para el año 2007, los objetivos de esta encuesta es la “medición del esfuerzo nacional en actividades relacionadas con la biotecnología, de manera que pueda suministrar la información necesaria para la toma adecuada de decisiones en política científica-tecnológica”. Para cumplir con este objetivo, es necesario conocer:

- El tipo de actividades relacionadas con la biotecnología que se llevan a cabo en cada uno de los sectores en los que se ha dividido la economía.
- Las áreas de aplicación final de los productos obtenidos mediante el desarrollo de biotecnología.
- Los recursos económicos y humanos destinados a la actividad productiva e investigadora relacionada con la biotecnología en España.

Para conocer los recursos financieros se calcula el agregado *Gasto Interior en Actividades de I+D en Biotecnología*, que está formado por el conjunto de gastos ejecutados en I+D en biotecnología en España por cada uno de los sectores en que se ha dividido la economía, cualquiera que sea el origen de los fondos y la nacionalidad del financiador. Dentro de los gastos se analizan la estructura y la formación del capital. Para conocer el potencial humano se obtiene el *Personal* (investigadores y otro

personal) *dedicado a actividades de I+D en biotecnología* en equivalencia a jornada completa.

Otro de los objetivos es conocer el número de empresas que hacen biotecnología en España y el beneficio generado por las ventas de productos biotecnológicos. Así, para el sector empresas, además de los agregados anteriores, se calculan: *Gasto en Actividades relacionadas con la Biotecnología* ejecutado en España y *Personal dedicado a las mismas*, en equivalencia a jornada completa.

El ámbito poblacional al que hace referencia esta encuesta son las empresas, organismos públicos, universidades e instituciones privadas sin fines de lucro que realizan actividades de biotecnología y que están ubicadas en el territorio nacional. El ámbito territorial se extiende a todo el territorio español y el ámbito temporal se refiere al año inmediatamente anterior al de recogida de los datos.

También tienen importancia para el sector biotecnológico, diferentes encuestas relacionadas con la investigación y el desarrollo tecnológico:

- Estadística sobre actividades de I+D.
 - Objetivo: proporcionar información de los recursos económicos y humanos destinados a investigación por todos los sectores económicos del país, con el fin de conocer el esfuerzo nacional en investigación.
 - Variables estudiadas: gasto y personal dedicado a I+D por tipo de sector: Empresas, Administración Pública, Instituciones Privadas sin Fines de Lucro y Enseñanza Superior. Gasto en I+D por disciplina científica y por rama de actividad en el Sector Empresas.
 - Se realiza desde 1964. Periodicidad anual. La última versión disponible es la del año 2009, publicada en CD-ROM en enero de 2010.
- Encuesta sobre innovación tecnológica en empresas.
 - Objetivo: proporcionar información sobre la estructura del proceso de innovación y mostrar las relaciones entre dicho proceso y la estrategia

tecnológica de las empresas, los factores que influyen en su capacidad para innovar y el rendimiento económico de las empresas.

- Variables estudiadas: gasto destinado a actividades innovadoras por rama de actividad y tamaño de las empresas, resultado de la innovación e impacto económico.
- Se realiza desde 1994. Periodicidad anual desde 2002. La última edición disponible corresponde al año 2009 y fue publicada en CD-ROM en enero de 2010.
- Indicadores de alta tecnología.
 - Objetivo: proporcionar información sobre sectores y productos considerados "de alta tecnología" (sectores industriales o de servicios).
 - Variables estudiadas: por ramas de actividad: indicadores de I+D, indicadores de innovación, ocupados, valor de la producción, valor añadido y número de empresas. Por productos: valor de la producción, valor de las importaciones y valor de las exportaciones.
 - Se realiza desde 2000. Periodicidad anual.
- Encuesta sobre recursos humanos en ciencia y tecnología.
 - Objetivo: cuantificar el nivel de investigación de los doctores en España, la actividad profesional que desarrollan y la movilidad nacional e internacional de los mismos.
 - Variables estudiadas: doctores según edad, sexo, situación laboral, campo del doctorado, fuente de financiación, tipo y sector de empleo, movilidad internacional y nacional, etc.
 - Se realiza desde 2006. Periodicidad anual.
- Estadísticas de propiedad industrial:

- Objetivo: difundir información tecnológica relativa a las diferentes solicitudes de protección jurídica de propiedad industrial.
- La información más actualizada y completa se encuentra disponible en la Oficina Española de Patentes y Marcas (www.oepm.es.)

1.10.2. OCDE

A nivel internacional la OCDE publica anualmente “*OCDE Biotechnology Statistics Framework*” que da información sobre indicadores del sector biotecnológico dividido en cuatro grandes grupos:

- Desarrollo de la Biotecnología.
- Aplicación y uso de la Biotecnología.
- Impacto económico.
- Impacto de la Biotecnología en la salud y el medio ambiente, así como su percepción pública.

La OCDE publica manuales para recopilar y analizar indicadores sobre ciencia y tecnología, el primero fue “*The Measurement of Scientific and Technological Activities: Using Patent Data as Science and Technology Indicators*” publicado en 1994. El último manual editado por la OCDE fue “*OECD Patent Statistics Manual*” ,en el año 2005, con indicaciones para la medida, recopilación e interpretación de indicadores de patentes. Dentro de este manual se especifican maneras sobre la recopilación de patentes Biotecnológicas.

1.10.3. *Fundación Española para el Desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica (Genoma España)*

Genoma España es una fundación del sector público estatal que impulsa el desarrollo tecnológico, la transferencia de conocimiento y la innovación, principalmente en el sector biotecnológico. Sus principales objetivos son (figura 38):

- Desarrollar programas y políticas activas a favor de la innovación.
- Contribuir a la internacionalización de los sectores tecnológicos adscritos a las áreas estratégicas del Plan Nacional de I+D+i, con especial relevancia en Biotecnología.
- Mejorar los procesos de transferencia de tecnología y conocimiento desde las universidades, centros públicos de investigación y centros tecnológicos hacia las empresas y centros públicos de investigación hacia las empresas.
- Fomentar la colaboración público-privada para garantizar el cumplimiento de los objetivos anteriores.

Tiene participación mayoritaria del Ministerio de Ciencia e Innovación. También forman parte del Patronato los Ministerios de Sanidad y Política Social (socio cofundador), de Industria, Turismo y Comercio, de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y las Comunidades Autónomas de Navarra y Andalucía.

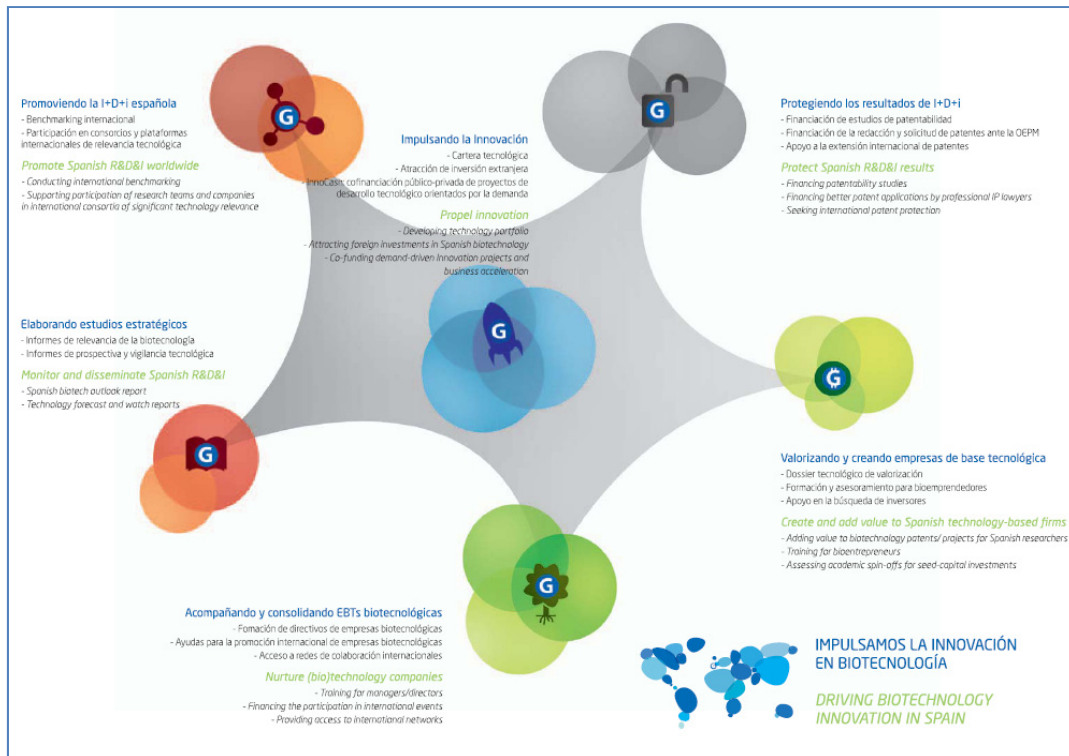


Figura 37. Actividades de la Fundación Genoma España. Fuente: Genoma España. www.gen-es.org/[Consultado : 1 Junio 2010]

Publicaciones:

- Informes de relevancia de la Biotecnología. Evolución y estado del sector biotecnológico en España. Perspectivas de futuro.
- Estudios e informes nacionales e internacionales. Análisis de la situación actual y tendencias de la I+D en Biotecnología en el ámbito regional e internacional:
- Prospectiva tecnológica. Son previsiones tecnológicas, económicas y sociales de las distintas áreas biotecnológicas.
- Vigilancia tecnología. Análisis científico-tecnológico sobre nuevos descubrimientos, invenciones, aplicaciones y tendencias de áreas emergentes biotecnológicas.
- Guías y otros estudios. Procedimientos, estrategias y guías para la formación y divulgación en el sector biotecnológico.

En la tabla 23 se recogen las publicaciones elaboradas hasta este momento por la Fundación Genoma España, de libre acceso a través de su página web (www.gen-es.org).

Tabla 23. Publicaciones elaboradas por la Fundación Genoma España, disponibles a través de su página web (www.gen-es.es).

Informes de relevancia de la Biotecnología	<ul style="list-style-type: none"> - Relevancia de la Biotecnología en España (2009). - Relevancia de la Biotecnología en España (2007). - Capital riesgo y Biotecnología (2007). - La Biotecnología española: impacto económico, evolución y perspectivas (2005). - La Biotecnología española (2005): I+D en el sistema público español, perspectivas económicas, cultura biotecnológica en España, capital riesgo, parques científicos, transferencia tecnológica, fomento de la participación privada en I+D+i, fomento para la creación de empresas y políticas de innovación y promoción. - Avance del estudio estratégico de la Biotecnología en España: descripción e indicadores (2004).
Estudios e informes nacionales e internacionales	<ul style="list-style-type: none"> - Perspectivas de la Biotecnología en Andalucía (2005). - Perspectivas de la Biotecnología en Madrid (2005). - La Biotecnología en México (2006). - La Biotecnología en Argentina (2006). - La Biotecnología en Chile (2006). - La Biotecnología en Cuba (2006). - La Biotecnología en Brasil (2006).
Prospectiva tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> - Farmacogenómica: medicina personalizada y predictiva (2009). - Impacto de la Biotecnología en los sectores industrial y energético (2006). - Impacto de la Biotecnología en los sectores agrícola, ganadero y forestal (2004). - Impacto de la Biotecnología en el sector sanitario (2003). - Biomarcadores para uso clínico (2010). - Biorrefinerías (2009).
Vigilancia tecnología	<ul style="list-style-type: none"> - Fomento del uso de tecnologías críticas (2009). - Medicina regenerativa y terapia celular (2008). - Anticuerpos monoclonales terapéuticos (2007). - Biología de sistemas (2007). - Biología sintética (2006). - Aplicaciones de los <i>microarrays</i> y biochips en salud humana (2006).

Guías y otros estudios

- Genotipado en la salud humana (2005).
 - Biotecnología aplicada a la identificación y validación de dianas terapéuticas (2005).
 - Plantas biofactoría (2005).
 - Vacunas humanas de nueva generación (2004).
 - Genómica de especies piscícolas (2003).
 - Tecnologías moleculares de trazabilidad alimentaria (2003).
 - Microarrays y biochips de DNA (2002).
 - Cultura biotecnológica en España (2010).
 - Casos de éxito de la Biotecnología, la Genómica en Medicina, alimentación, agricultura y sectores industriales (2008).
 - Biotecnología en el Sector Alimentario (2005).
 - Aplicaciones de la Biotecnología en seguridad alimentaria.
 - Guía para periodistas y divulgadores, científicos y tecnológicos, bioempresarios y bioemprendedores (2004).
 - Guía de procedimientos y estrategias para la solicitud de patentes en Biotecnología (2004).
 - Genoma y medicina (2004).
 - El desarrollo de la Biotecnología en España a través de la gestión del capital humano (2004).
-

La publicación más importante que produce la Fundación Genoma España es el Informe sobre la Relevancia de la Biotecnología en España, normalmente cada dos años. Dicho informe presenta multitud de indicadores para conocer el estado del sector biotecnológico en España. El último informe publicado es la “Relevancia de la Biotecnología en España 2009”, disponible on-line a través de su página web, con un total de 94 páginas. Uno de los capítulos, de interés para esta tesis doctoral, es el capítulo dedicado a la relevancia científica y tecnológica del sector, basado en el “Estudio sobre la Biotecnología en el sistema público de I+D. Indicadores de actividad básica y de transferencia de tecnología” elaborado por el IEDCYT-CSIC. A continuación se describe la estructura de este informe y cuáles son el tipo de información contenida en cada uno de los apartados de que consta (Tabla 24).

Tabla 24. Estructura e información disponible en el informe de “Relevancia de la Biotecnología en España 2009” de la Fundación Genoma España.

Informe Relevancia de la Biotecnología en España 2009, Genoma España

Resumen Ejecutivo

Capítulo 1: Relevancia científica y tecnológica

Recoge una serie de indicadores científicos y tecnológicos, entre los que destacan:

- Producción científica (número de artículos en Biotecnología y Biología Molecular).
- Impacto de la producción científica (índice de calidad basado en el número de citas de dichos artículos).
- Personal científico y tecnológico dedicado.
- Solicitudes y concesiones de patentes nacionales e internacionales.
- Contratos universidad-empresa para I+D+i.
- Número de empresas de base biotecnológica (spin-off/start-up) creadas.

Parte de los indicadores han sido obtenidos por encargo de Genoma España al Instituto de Estudios Documentales en Ciencia y Tecnología del CSIC.

Capítulo 2: Subvención y crédito público

Se recogen las subvenciones y el crédito público dedicado a la investigación, el desarrollo y la innovación en Biotecnología, distinguiendo por sectores de aplicación, por regiones (Comunidades Autónomas), creación de infraestructuras, etc.

Capítulo 3: Relevancia empresarial y financiera

Se analiza la evolución de las empresas españolas con actividades en Biotecnología, tanto empresas de Biotecnología (EB) propiamente dichas, como aquellas empresas industriales, de servicios y comerciales (EIB) con intereses, desarrollos y productos en Biotecnología. En este estudio se identifican y analizan (facturación, empleo, inversión, etc.) un total de 669 empresas: 275 EB y 394 EIB.

Capítulo 4: Comparativa internacional e impacto económico

Se analiza la relación existente entre los recursos destinados (“inputs”) y los resultados que se generan (“outputs”). Se han utilizado como referencia, para comparar con España, los siguientes países: Estados Unidos, Canadá, Alemania y UE-15.

Indicadores de recursos (“input”) analizados:

- Inversión pública en I+D.
- Gasto privado en I+D.
- Inversión de capital riesgo.
- Número de empleados.
- Doctores en ciencias de la vida.

Indicadores de resultados (“outputs”) analizados:

- Producción científica.
 - Número de empresas.
 - Patentes PCT solicitadas.
 - Patentes europeas concedidas.
 - Patentes americanas concedidas.
 - Facturación de las empresas.
-

Capítulo 5: Percepción social y relevancia clínica

Informe de encuestas sobre la percepción pública de la Biotecnología en España 2008. Estudio sobre la percepción y el conocimiento público que sobre la Biotecnología tiene la sociedad española. Para ello, se ha llevado a cabo un conjunto de encuestas en las que se pregunta acerca de cuestiones de conocimiento y percepción de la Biotecnología a 2.500 ciudadanos españoles.

Aspectos clínicos de la Biotecnología en España: enfermedades y pacientes tratados. Se analiza la relevancia de la Biotecnología en una de las primeras prioridades de la sociedad española, la asistencia sanitaria. Se analiza la utilización de fármacos biotecnológicos en el tratamiento de enfermedades en un espectro de hospitales públicos del Sistema Nacional de Salud.

Capítulo 6: Conclusiones

1.10.4. Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO)

La Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO) agrupa a empresas, asociaciones, fundaciones, universidades, centros tecnológicos y de investigación que desarrollan sus actividades de manera directa o indirecta en relación con la Biotecnología en España.

ASEBIO actúa desde 1999 como plataforma de encuentro y promoción de aquellas organizaciones interesadas en el desarrollo del escenario biotecnológico nacional. Para ello, colabora estrechamente con las administraciones regionales, nacionales y europeas, así como con todas aquellas organizaciones sociales interesadas en el uso de la biotecnología para la mejora de la calidad de vida, el medio ambiente y la generación de empleo cualificado.

ASEBIO pertenece y cuenta con el apoyo de EUROPABIO, la Federación Europea de la Industria Biotecnológica, y está integrada en la Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE).

ASEBIO ofrece diferentes servicios a sus asociados a través de su secretaría general. Actualmente, su cartera de servicios engloba:

- Participación libre en 8 grupos de trabajo.
- Documentación e información.
- Marketing y promoción.
- “Networking”.
- Asesorías gratuitas.
- Representación institucional.
- Uso de espacios y recursos.

El Informe ASEBIO se publica anualmente desde 1999 y es un documento de referencia del sector biotecnológico español. Sus contenidos abarcan aspectos de mercado, científicos, políticos, regulatorios y sociales. Estos informes son públicamente accesibles (desde 2003) en la página web de ASEBIO: <http://www.asebio.com/publicaciones/>

La estructura de este informe es muy similar año tras año, por lo que a continuación se describe en detalle el último informe ASEBIO, correspondiente a 2010, publicado en

junio de 2010, con el fin de determinar qué tipo de información biotecnológica recoge (Tabla 25).

Tabla 25. Estructura e información disponible en el “Informe ASEBIO 2010”.

Informe ASEBIO 2010

Presentación, Introducción, Resumen Ejecutivo

Capítulo 1: ASEBIO: 10 en Biotecnología

Entrevista a los fundadores de ASEBIO con motivo del décimo aniversario de la fundación de ASEBIO

Capítulo 2: Temperatura del sector (Índice ASEBIO)

El índice ASEBIO se utiliza para valorar la “temperatura” del sector, a través de unos indicadores que reflejan la percepción del sector sobre diferentes factores que condicionan y conducen la evolución y desarrollo de la Biotecnología en España.

Estos indicadores se clasifican en cinco áreas y valoran diferentes barreras y apoyos que influyen en el estado y desarrollo del sector: investigación y desarrollo, formación, situación económica y financiera, legislación y políticas públicas y aspectos de carácter social.

El valor final del índice se calcula ponderando por igual veintiocho factores (catorce facilitadores o “fortalezas sectoriales” y catorce inhibidores o “debilidades sectoriales”) y se define como un balance entre las circunstancias que favorecen o dificultan el crecimiento del sector.

Capítulo 3: Magnitudes económicas

En este capítulo se presentan públicamente algunos de los resultados correspondientes a la encuesta del sector biotecnológico del INE, que lleva haciendo desde 2004.

Las principales magnitudes recogidas son: empresas que usan Biotecnología, empleo total, cifra de negocio, personal de I+D en Biotecnología, gasto interno privado en I+D en Biotecnología, % de empresas que han solicitado patentes biotecnológicas, número de patentes solicitadas, porcentaje de empresas según el área de aplicación final de la utilización de Biotecnología, etc. Además, parte de esta información se encuentra desagregada por regiones.

Capítulo 4: Generación conocimiento y propiedad intelectual

Propiedad industrial generada por el sector biotecnológico español. El Parque

Científico de Madrid ha realizado un informe para ASEBIO sobre el número de patentes y solicitudes tramitadas por empresas asociadas a ASEBIO en función del alcance de la protección (patentes españolas, europeas, estadounidenses o PCT). Para su elaboración se ha realizado una búsqueda de patentes consultando diversas bases de datos privadas (QUESTEL, ORBIT y AUREKA) y públicas (OEPM, EPO, USPTO y WIPO).

Se analizan solamente el número total de invenciones y el número de invenciones por empresa realizadas por empresas españolas asociadas a ASEBIO en las diferentes oficinas de patente, y se recoge una lista de las tramitaciones de patentes durante el último año (2008) en la que se indica el titular, si ha sido una solicitud o concesión, el número de patente, indicando la oficina correspondiente, y el título de esa familia de patentes.

Producción científica en empresas biotecnológicas. ASEBIO analiza las publicaciones que realizan las empresas biotecnológicas españolas o los laboratorios de investigación multinacionales con sede en España, en revistas científicas de impacto. No se incluyen las comunicaciones o póster en congresos o ferias ni los capítulos de libros. Tampoco se incluyen aquellas publicaciones firmadas por centros de investigación o universidades en las que no se cita la relación con estudios para proyectos empresariales. Se recoge una tabla donde se incluyen las empresas y los autores de cada una de las publicaciones llevadas a cabo durante el 2008. Como indicativo, decir que se han contabilizado un total de 140 registros realizados por 22 empresas españolas.

Capítulo 5: Situación del mercado y tendencias empresariales

En este capítulo se describe la situación del mercado en los diferentes tipos de biotecnología, a saber: roja o sanitaria, verde o agroalimentaria y blanca o industrial. Lanzamientos de productos al mercado, "pipeline" de medicamentos en desarrollo, "pipeline" de productos, procesos y tecnologías, actividad de alianzas y desarrollo de negocio, creación de nuevas empresas, etc.

Capítulo 6: Entorno financiero

Actividad financiera de origen público, actividad del capital riesgo, fusiones, adquisiciones y otras inversiones industriales y otras operaciones.

Capítulo 7: Internacionalización

Comercio exterior, España en el contexto internacional, Ejemplos de la presencia de las empresas biotecnológicas españolas a nivel internacional.

Anexo 1: Memoria de la Asociación, BioSpain 2008, "La Biotecnología como vector de competitividad en sectores tradicionales" (Proyecto Innoempresa) y Nuevos Socios.

Anexo 2: Visiones del Consejo Científico

Anexo 3: ¿Quién es quién? Junta directiva, Grupos de trabajo, Socios de ASEBIO y Patrocinadores

Aparte del Informe Anual, se hacen boletines mensuales, y otras publicaciones, también disponibles en su página web. Algunos ejemplos son:

- “Pipeline” de la Biotecnología Roja española.
- Guía de creación de Bioempresas.
- Guía de comunicación de la Biotecnología para empresarios y emprendedores.
- Guía de comunicación de la Biotecnología para científicos y tecnólogos.
- Guía de comunicación de la Biotecnología para periodistas y divulgadores.

HIPOTESIS DE PARTIDA Y DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

2. HIPÓTESIS DE PARTIDA Y DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

2.1. Hipótesis de partida

Las hipótesis de partida de esta tesis doctoral son las siguientes:

- El sector biotecnológico tiene gran importancia estratégica para la economía nacional. Sin embargo, la importancia del sector biotecnológico español respecto a otros países de la Unión Europea es muy pequeña, a pesar de la gran calidad de la investigación realizada.
- El desarrollo del sector biotecnológico requiere de grandes esfuerzos en investigación y desarrollo, tanto de entidades públicas como privadas.
- Los programas nacionales e internacionales de apoyo a la investigación contribuyen a la investigación biotecnológica en España. Sin embargo, aunque se ha podido constatar una evolución positiva en los últimos años, siguen habiendo grandes diferencias respecto a otros países europeos más avanzados.
- Un aumento en la producción científica y en la transferencia de tecnología debe contribuir a fortalecer el sector biotecnológico español. A estos objetivos se pueden contribuir de forma fundamental con los adecuados programas de investigación. El análisis de los programas de investigación ya finalizados y la evaluación de los resultados conseguidos debe permitir proponer nuevas fórmulas que permitan una mayor eficacia del gasto en I+D.

2.2. Objetivos del estudio

De acuerdo a las hipótesis de partida, los objetivos del presente estudio se enumeran a continuación:

- Cuantificar y analizar la producción científica española en Biotecnología durante el período 1990-2009 y analizar la autoría y temática de los trabajos y contextualizar .
- Cuantificar y analizar la producción tecnológica en Biotecnología de investigadores españoles y empresas españolas.
- Contextualizar la producción científica y tecnológica española en Biotecnología, analizando esta producción en biotecnología a escala europea.
- Determinar el flujo de conocimiento entre el sector público español de I+D - sector empresarial en el ámbito de la biotecnología así como identificar y analizar las variables que influyen en él.
- Identificar y cuantificar el número de grupos de investigación españoles dedicados a la Biotecnología su evolución durante el período 2000-2009 así como la temática de sus investigaciones.
- Analizar la participación de grupos de investigación y empresas españoles en el Programa Marco en líneas relacionadas con la Biotecnología, comparando esta participación con otros países europeos, y analizando su impacto en la evolución del sector biotecnológico español.
- Analizar las fortalezas y debilidades del sector de biotecnológico español para que sirva en la planificación de futuros programas de I+D destinados a fortalecer y promover el sector.

Aunque existen otros estudios parciales que aportan indicadores el sector biotecnológico, la novedad de este trabajo radica en una mejora de la toma de indicadores, así como un estudio más completo tanto a nivel de las instituciones públicas como del sector privado. También se realiza un estudio histórico sobre el sector biotecnológico y su producción científica y tecnológica a través de los distintos

planes nacionales de investigación, y se aporta una visión sobre cuáles han sido las medidas más efectivas. Además, al comparar la situación del sector biotecnológico español respecto a la situación internacional, puede ayudar a proponer nuevos instrumentos (adaptados al caso español) para aumentar la fortaleza de dicho sector.

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología empleada para la elaboración de los indicadores utilizados para el análisis llevado a cabo en este estudio, así como las fuentes de información utilizadas para la obtención de los resultados en esta tesis doctoral.

Se describen las bases de datos bibliográficas (*Web of Knowledge* y *Scopus*) y las bases de datos de patentes (*USPTO*, *EPO*, *WIPO*) utilizadas para la elaboración de los indicadores producción científica y tecnológica del sector biotecnológico español, incluyendo también el análisis a citas de patentes. También se describen las herramientas informáticas utilizadas en el tratamiento, análisis y visualización de datos.

3.1. Bases de datos bibliográficas

3.1.1. *Web of Science (WoS)*

Web of Science es una base de datos de referencias bibliográficas a publicaciones en revistas internacionales en los ámbitos de las Ciencias, Ciencias Sociales, Artes y Humanidades, que permite consultar información desde 1945, aunque cubre algunas revistas desde 1900. Esta base de datos fue creada por Eugene Garfield y desarrollada por el *Institute for Scientific Information (ISI)*, y actualmente se distribuye por Thompson-ISI.

El acceso a esta base de datos se realiza mediante suscripción. En España, este servicio es ofrecido por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) que facilita el acceso desde las instituciones públicas de investigación.

A través de la plataforma on-line de WoS se puede acceder a tres bases de datos diferentes: *Science Citation Index-Expanded (SCI)*, *Social Science Citation Index (SSCI)* y *Arts and Humanities Citation Index (A&HCI)*, correspondientes a los tres grandes campos científicos cubiertos por WoS:

- a) *Science Citation Index Expanded (SCI)*: Es una base de datos que recoge las referencias bibliográficas correspondientes a las publicaciones en revistas científicas y técnicas de Ciencias Experimentales a nivel mundial, desde 1945. Cubre aproximadamente 6.125 revistas activas en más de 150 disciplinas científicas.
- b) *Social Science Citation Index (SSCI)*: Esta base de datos recoge publicaciones desde 1956 de revistas del ámbito de las Ciencias Sociales. Recoge aproximadamente 1.810 revistas activas de más de 50 disciplinas.
- c) *Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)*: Recoge publicaciones de más de 1.130 revistas especializadas en Arte y Humanidades de todo el mundo desde 1975.

Ventajas

Una de las principales ventajas de WoS es la información sobre las referencias bibliográficas o citas de los documentos que indiza, que permiten analizar aquellos documentos más citados por otros investigadores o el denominado factor de impacto de una revista. Esto hace de WoS la herramienta más utilizada para análisis bibliométricos orientados a la evaluación de la Ciencia a diferentes escalas.

WoS proporciona una serie de herramientas para facilitar este tipo de análisis:

- *Essential Science Indicators*: Es una herramienta que ofrece una recopilación estadística del rendimiento científico de países, instituciones o empresas en distintos campos científicos. Incluyen datos tales como número de publicaciones y citas recibidas.
- *Journal of Citation Reports (JCR)*: Es una herramienta que proporciona datos estadísticos de citas recibidas por un determinado número de revistas de distintas áreas temáticas. Abarca datos desde 1997 hasta la actualidad. Aporta información sobre los factores de impacto de las revistas, índice de proximidad y número total de artículos publicados, entre otros.

Otras ventajas de WoS son la inclusión nominal de todos los autores firmantes de los documentos así como de sus correspondientes instituciones de origen. Además,

la selección de las revistas se realiza en función de su calidad e impacto en la comunidad científica. Las revistas se agrupan atendiendo a un elaborado esquema de clasificación por disciplinas científicas. Estas características de WoS permiten realizar análisis exhaustivos y obtener resultados de producción científica de calidad, lo que permite obtener una visión de la situación científica de un país o una determinada institución, tanto a nivel de la Ciencia en general, o disciplinares.

Limitaciones

A pesar de su amplia cobertura, la WoS presenta una serie de limitaciones como son el hecho de recoger únicamente producción en revistas científicas en detrimento de monografías, informes o tesis doctorales. Además, existen sesgos idiomáticos y regionales, ya que las revistas del área anglosajona están sobre-representados respecto a las de otras áreas (Braun, T. y col., 2000). También se ha comprobado que existe un sesgo temático, al dar mejor cobertura a disciplinas de Ciencias Básicas respecto a otras (Gómez, I. y Bordons, M., 1996).

En el ámbito documental también existen algunas desventajas, tales como: la falta de normalización de los nombres de los autores, de las instituciones o la imposibilidad de descargar más de 500 registros en cada búsqueda, lo que dificulta la recogida de datos cuando se llevan a cabo estudios a nivel agregado (nacional, grandes áreas geográficas, mundial o disciplinar).

3.1.2. *Scopus*

Scopus es una base de datos bibliográfica multidisciplinar distribuida por Elsevier. Contiene referencias bibliográficas de documentos pertenecientes a áreas científicas, tecnológicas y salud y también del ámbito de las ciencias sociales. Tiene cobertura completa desde 1996, de unas 15.000 revistas internacionales.

Scopus, además, permite la búsqueda de patentes a través de las cinco oficinas más importantes de patentes:

- Oficina Internacional de Propiedad Intelectual (WIPO).
- Oficina de Patentes Europea (EPO).
- Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO).
- Oficina de Patentes Japonesa (JPO).
- Oficina de Propiedad Intelectual Inglesa (BPO).

3.1.3. *Semejanzas y diferencias entre Web of Knowledge y Scopus*

La tabla 26 recoge las características más importantes comparadas entre las dos bases bibliográficas utilizadas en este trabajo.

Una de las diferencias más importantes es que Scopus presenta una mayor cobertura en términos de número de revistas que la WoS, casi un 50% más de revistas, debido a la inclusión de un mayor número de revistas de lengua no inglesa. Scopus incluye un mayor espectro de revistas de Pubmed que WoS, y su análisis de citas es más rápido e incluye más artículos que el análisis de citas de WoS. Por otro lado, el análisis de citas de WoS ofrece mejores gráficos y es más detallado que Scopus, probablemente porque WoS fue diseñado con la intención de satisfacer a usuarios en el análisis de citas (Falagas y col., 2008).

En términos de distribución de temáticas, Scopus está claramente orientada hacia la Salud y las Ciencias de la Vida, llegando a cubrir el 51% de todas las revistas de estas temáticas, al contrario que en WoS, donde la estrategia es más multidisciplinar. Respecto al factor de impacto de las publicaciones, el estudio de Bar Ilan (2008b) relevó que el factor de impacto generado por Scopus era superior que el de WoS, con un 10% más de citas. Sin embargo, eran similares, como venía evidenciado por el coeficiente de correlación de Pearson (0.96).

Tabla 26.- Características comparadas de Web of Knowledge y Scopus.

Características	Web of Science	Scopus
Fecha oficial de inauguración	2004 ²	2004
Número de revistas cubiertas	8700	12850 (500 acceso abierto)
Lenguas	Inglés (más otras 45 lenguas)	Inglés (más otras 30 lenguas)
Campos cubiertos	Ciencia, Tecnología, Ciencias Sociales, Arte y Humanidades	Ciencias Físicas, Ciencias de la Salud, Ciencias de la Vida y Ciencias Sociales
Periodo cubierto	1900-al presente	1966 al presente
Bases de datos cubiertas	“Science Citation Index expanded”, “Social Sciences Citation index”, “Arts and Humanities Citation Index”, “Index Chemistry”, “Current “Chemical Reactions”	“Medline”, “Embase”, “Compendex”, “World Textile Index”, “Fluidex”, “Geobase”, “Biobase”
Nº de palabras clave permitidas	15	30
Resúmenes	Sí	Sí
Autores	Sí	Sí
Citas	Sí	Sí
Patentes	Sí	Sí
Usos	Enlaces a texto completo y Enlaces a trabajos relacionados	Enlaces a texto completo y otros recursos bibliotecarios
Actualización	Semanal	1-2 veces por semana
Desarrollador/Propietario	Thomson Scientific and Health Care Corporation (Estados Unidos)	Elsevier (Holanda)
Análisis de citas	Número total de artículos citados por área o por autores citados en otros artículos	Número total de artículos citados por área o por autor individual

² Fecha en la que es accesible vía Internet.

Desde el punto de vista de las áreas/revistas cubiertas, WoS lo fundamenta en el cuerpo de la aplicación práctica de la Ley de Bradford para detectar las principales revistas científicas, y Scopus en las revistas comercializadas por Elsevier y de EMBASE, también propiedad de Elsevier (Torres-Salinas, y col., 2009; Ball y Tunger, 2006).

El 54% de las revistas de Scopus y un 84% de las revistas de WoS están indexadas en ambas bases de datos (Gavel e Iselid, 2008). A pesar de que WoS y Scopus son diferentes en términos de cobertura, volumen de datos y políticas de cobertura, los resultados y los impactos, en términos de citas de los países analizados desde las dos bases de datos están extremadamente correlacionados, incluso a niveles de especialidades (Archambault y col., 2009).

Scopus permite realizar descargas de registros de hasta 2.000 documentos, frente al máximo de 500 registros que permite la Web of Science, lo cual facilita la obtención de registros cuando se llevan a cabo estudios agregados.

Se han obtenido indicadores de producción en ambas bases de datos y se han observado las mismas tendencias en los indicadores tanto de Scopus y WoS, ya que el 63% de las revistas recogidas en Scopus también se encuentran recogidas en WoS. Por este motivo, para evitar duplicidad en los indicadores y simplificar los resultados en este estudio, sólo figuran los datos correspondientes a WoS.

3.2. Bases de datos de patentes

3.2.1. *Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO)*

La base de datos USPTO es de libre acceso desde la página web: <http://www.uspto.gov/>. Contiene dos bases de datos de patentes:

- Base de datos de patentes concedidas, que incluye más de cuatro millones de patentes, concedidas desde 1976.
- Base de patentes de solicitudes de patentes. Sólo contiene datos de documentos de patentes solicitadas a partir de 2001

Las búsquedas en la USPTO han sido realizadas mediante la utilización del software "*Matheo Patent®*" (Matheo Software, Francia), diseñado para la búsqueda y análisis de patentes recogidas en esta base de datos y la europea (EPO). Las estrategias de búsqueda se han realizado utilizando la opción de búsqueda avanzada ofrecida por la USPTO, en la que se introduce el código de dos letras para cada país en el campo ICN (*Inventor Country Name*) y ACN (*Assignee Country Name*). La búsqueda se ha llevado a cabo a lo largo del período 1990-2009 para el caso de las patentes de la EPO y del período 1990-2009 para las patentes de la USPTO. Los países estudiados han sido: Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Finlandia, Grecia, Holanda, Italia, Irlanda, Japón, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza. Es decir, los países miembros de la UE-15, Noruega, Suiza, Canadá, Estados Unidos y Japón.

Sólo han sido consideradas aquellas patentes englobadas en alguna de los grupos de la clasificación que la USPTO utiliza para el área de Biotecnología (Haupt, 2007). La USPTO, además de incluir en todos los registros los códigos correspondientes a la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), incluye además unos códigos propios que, en el caso de las patentes biotecnológicas, presenta ciertas ventajas para la recuperación de información y por tanto, se han utilizado en las búsquedas en esta base de datos. Esta clasificación está formada por los grupos recogidos en la tabla 27.

Tabla 27.- Códigos utilizados por la USPTO para las patentes biotecnológicas. Elaboración propia.

Código	Descripción
424 y 514	Fármacos y tratamientos
435	Química: Biología Molecular y Microbiología
436	Química, test analíticos e inmunológicos
530	Química, resinas, péptidos y proteínas, ligninas y sus derivados
536	Compuestos orgánicos
800	Organismos multicelulares y partes modificadas
930	Secuencias de péptidos o proteínas

3.2.2. Oficina de Patentes Europea (EPO)

A través de la EPO se puede acceder a patentes publicadas en todo el mundo, incluida la base de datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), la base de datos de patentes japonesa (desde 1976) y de la propia EPO. Esta última contiene más de 50 millones de documentos de patentes.

La búsqueda de patentes en la base de datos de la EPO ha sido realizada a través de una suscripción a la misma en formato DVD-ROM que contiene los datos bibliográficos de las patentes registradas en la EPO, tanto solicitadas como concedidas, desde diciembre de 1978, desde la EP 00000001 hasta la EP 20071871, denominado *Espace© Bulletin Volume 2009/001*.

En este estudio se ha prestado un cuidado especial a la hora de seleccionar los códigos de patentes. La búsqueda de patentes se realiza en función del código de dos letras para cada país inventor o titular de las patentes así como con los códigos de patentes biotecnológicas establecidos por la CIP y que la OCDE señala como de especial interés en el ámbito de la Biotecnología. Se ha tratado de adecuar las búsquedas a los diferentes contenidos temáticos incluidos en la definición de Biotecnología de la OCDE; una definición básicamente científica y en la que

lógicamente no cabe encontrar correspondencias directas con los intereses de mercado que representan los códigos de patentes (tabla 28).

Tabla 28.- Lista de técnicas biotecnológicas en las que se basa la definición de Biotecnología según la OCDE. Fuente: OCDE. 2005

Lista de técnicas	Descripción
DNA/ARN	Genómica, farmacogenómica, sondas de genes, ingeniería genética, secuenciación/síntesis/amplificación de DNA/RNA, perfil de la expresión génica y uso de la tecnología anti-sentido.
Proteínas y otras moléculas	Secuenciación/síntesis/ingeniería de proteínas y péptidos (incluyendo hormonas), fármacos, proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, transmisores de señales, identificación de receptores celulares
Cultivos e ingeniería celular y de tejidos	Cultivo de células/tejidos, ingeniería de tejidos, hibridación, fusión celular, vacunas/estimulantes de inmunidad, manipulación de embriones
Biotecnología de procesos	Biorreactores, fermentación, bioprocesos, biolixiviación, bioproducción de pasta de papel, bioblanqueo, biodesulfuración, biorremediación y biofiltración
Organismos subcelulares	Terapia génica, vectores virales
Bioinformática	Construcción de bases de datos de genomas, secuencias de proteínas y modelización de procesos biológicos complejos, incluyendo biología de sistemas
Nanobiotecnología	Aplicaciones de herramientas y procesos de nano/microfabricación a la construcción de dispositivos para estudiar biosistemas y aplicaciones en liberación de fármacos, diagnósticos, etc.

Fuente: Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea (BIOTECH ALA-2005-017-350-C2). Dirección: M. Albornoz. 2008. Disponible en: http://docs.bioteconsur.org/informes/es/inventario/1_manual_indicadores.pdf

3.2.3. *Diferencias entre las bases de datos de las oficinas de patentes estadounidense (USPTO) y europea (EPO)*

Existen diferencias entre las patentes registradas en la USPTO y en la EPO en cuanto a las citas recogidas en las mismas, debido a las diferentes políticas empleadas. En los EEUU no existen unas normas tan restrictivas como en Europa a la hora de exigir al solicitante de una patente no haber hecho público previamente, bajo ningún medio o procedimiento de comunicación, las invenciones para las que se solicita protección y además exige citar toda la información relevante para la patente. Por este motivo, las patentes registradas en la USPTO muestran, por lo general, un mayor número de citas y una mayor diversidad de conexiones temáticas. Por el contrario, en las patentes tramitadas a través de la EPO las citas muestran un menor número de conexiones entre campos del conocimiento, aunque puede atribuirse a éstas un mayor grado de interrelación. A lo anterior, hay que añadir que las citas en patentes de EEUU. corresponden, en un elevado porcentaje, a las aportadas por el solicitante, si bien esta información es también confirmada y contemplada por el examinador, lo que da mayor credibilidad, en cuanto a relevancia y exhaustividad, a esta información (Plaza y col., 2004).

3.3. Tratamiento y análisis de datos mediante herramientas informáticas

3.3.1. *Matheo Patent® software*

Como ya se ha señalado, el programa Matheo Patent está diseñado para la búsqueda, recuperación y análisis de patentes en las bases de datos USPTO y EPO, esta última a través de Espacenet. El programa elabora una base de datos que contiene los principales datos de las patentes, como el título, titulares e inventores, resumen, códigos de clasificación entre otros. También permite la obtención de información sobre el status de la patente a través de la conexión a INPADOC.

Este programa también permite el análisis estadístico de las patentes y la elaboración de matrices, tanto simétricas como asimétricas, para permitir el análisis de redes, para analizar por ejemplo, la colaboración entre titulares o inventores de diferentes nacionalidades, o entre distintas empresas.

Este programa permite exportar datos a Excel para su posterior análisis.

Sin embargo, este programa tiene limitaciones en cuanto a las búsquedas realizadas en Espacenet. Cuando se accede a Espacenet desde su web oficial, la pantalla de búsqueda permite la búsqueda en la Oficina Europea de patentes y en cada una de las oficinas nacionales adscritas a esta base de datos, por separado, sin embargo este programa sólo permite la búsqueda a nivel mundial. Por otro lado, tampoco permite la búsqueda por código de país, que sí se puede realizar desde la web. Por este motivo, las búsquedas de patentes registradas en la EPO se han realizado a través de una base de datos de suscripción editada por la EPO Espace© Bulletin Volume .

La figura 38 muestra el interfaz para la realización de las estrategias de búsqueda, donde se incluyen los códigos ACN/ para la búsqueda de titulares e ICN/ para la búsqueda de inventores, y los códigos (CCL) utilizados para biotecnología.



Figura 38. Interfaz para la realización de búsquedas en el programa Matheo Patent Software.

Una vez realizada la búsqueda, el programa elabora una base de datos y muestra en pantalla los datos de cada una de las patentes. Además permite visionar las patentes por distintos campos, cómo por la nacionalidad de titulares e inventores o por el código temático (figura 39)

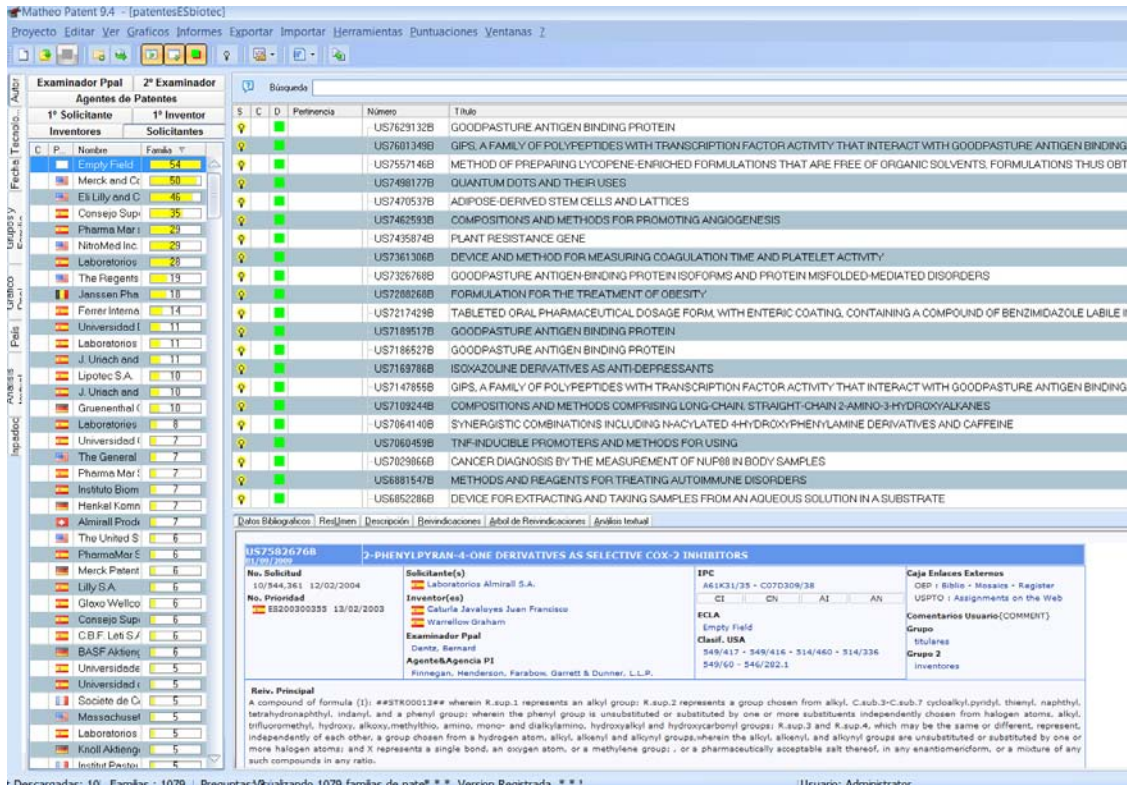


Figura 39. Datos mostrados por el programa Matheo Patent tras la realización de la búsqueda de patentes y elaboración de la base de datos.

Este programa también permite el análisis de citas recibidas por otras patentes y el realizado a otras patentes. Además permite el análisis de la literatura de patentes citada en las patentes. Para realizar estos análisis en profundidad, se exportan los datos a una tabla de Excel, donde sólo se dejan los campos referentes número de patente, título de patente, año, titular, inventores, patentes citadas, patentes citantes y literatura no de patentes

Para el análisis de citas de investigadores en patentes biotecnológicas se ha seleccionado un número determinado de investigadores españoles, seleccionados por ser aquellos que tienen una mayor producción en revistas internacionales de reconocido prestigio en la base de datos *Web of Science*, en las áreas de *Biología y Microbiología Aplicada y Bioquímica y Biología Molecular*. En concreto, la muestra de investigadores analizados es de 245, que son los investigadores que han publicado 7 ó más artículos científicos durante el período 2000-2008. En esta muestra se ha analizado el número de veces que han sido citados y en qué sectores biotecnológicos, según la OCDE, se han citado. En el análisis de antigüedad de las citas se han analizado

las referencias bibliográficas contenidas en las patentes biotecnológicas que citan trabajos de investigadores españoles, y así como, las citas realizadas al resto de trabajos no españoles.

3.3.2. UCINET

UCINET es un paquete estadístico para el análisis de datos de redes sociales. Este software es capaz de leer multitud de diferentes formatos, tanto de archivos de texto como archivos de Excel. Puede manejar un máximo de 32767 nodos.

Los métodos de análisis de redes sociales incluyen medidas de centralidad, identificación de subgrupos, análisis de roles, teoría elemental de grafos, permutaciones basadas en análisis estadístico y análisis de matrices algebraicas y estadísticas multivariable.

En el software UCINET está integrado el programa NetDraw que permite la visualización de redes sociales. Al mismo tiempo, permite la exportación de datos para su tratamiento en el programa de visualización Pajek desarrollado por Vladimir Batagelj del Instituto de matemáticas de la Universidad de Ljubljana y por Andrej Mrvar de la facultad de Ciencias Sociales también de la Universidad de Ljubljana.

UCINET permite introducir datos de dos formas, mediante un fichero de texto o directamente en una hoja de datos. Para el análisis de colaboración en artículos científicos se utiliza una matriz simétrica donde A tiene relación con B y B tiene relación con A.

Los datos de las matrices de las publicaciones científicas son obtenidos a través de los resultados del programa Bibexcel.

3.3.3. *Bibexcel*.

Bibexcel es un programa desarrollado por Olle Persson del Departamento de Sociología de la Universidad de Umea (Suecia) que permite el análisis de registros bibliográficos con formato de texto (figura 40). Es muy útil para el análisis de datos descargados de las bases de datos WoS y Scopus.

Permite la elaboración de matrices de colaboración y de co-citación y exportar los resultados a programas estadísticos como SPSS, UCINET o a Pajek para el análisis de redes.

Para la elaboración de las matrices es necesario crear varios archivos. Se comienza transformando los archivos de partida a formato DIALOG. Esto proporciona un archivo con la extensión *.doc*, de word. A continuación se elige el campo que se quiere tratar, por ejemplo el campo Autores, para el análisis de la co-autoría. Este campo viene definido con las letras AU en los archivos descargados desde la base de datos WoS. Esta selección produce un archivo con la extensión *.out*. A continuación se eliminan los nombres de los autores repetidos y se realiza un conteo de todos los resultantes. Las dificultades que surgen ocasionalmente para identificar autores diferentes con el mismo nombre o bien el mismo autor, que aparece con nombres ligeramente diferentes, han podido ser superadas mediante el tratamiento manual de los nombres dudosos comprobando el lugar de trabajo de estos autores.

El conteo de los autores da lugar a un archivo con la extensión *.cit*. Este archivo se combina con el archivo *.out* para obtener un archivo *.coc* que contiene las relaciones entre los autores. Este archivo se prepara para ser leído por otros programas, como UCINET, para su posterior análisis.

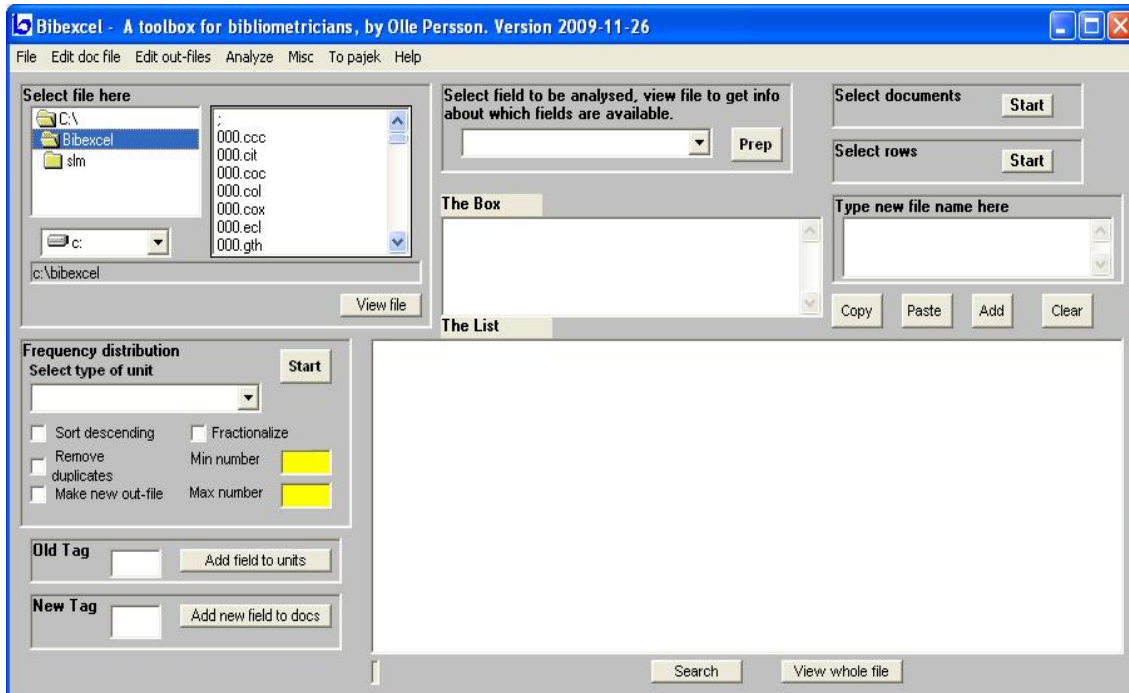


Figura 40. Interfaz del programa Bibexcel para el análisis de registros bibliográficos.

3.4. Obtención de indicadores de producción científica y tecnológica

3.4.1. Análisis de producción científica en Web of Science

Se han elaborado y analizado los indicadores de producción científica correspondientes al período 1990-2009. Estos indicadores se han obtenido a partir de consultas en la base de datos “Web of Science” con el fin de recuperar los artículos y revisiones publicados por investigadores españoles en revistas incluidas en las categorías de *Bioquímica y Biología Molecular* y *Biología Molecular y Biología Aplicada*, tal y como se definen en el “Journal Citation Report” (JCR). Esta selección se ha hecho de esta manera porque la Biología es un ámbito multidisciplinar, y si sólo se escogiera la categoría de *Biología Molecular y Biología Aplicada* se daría una visión incompleta de la producción científica. Por este motivo se ha escogido también la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular*, tal y como se ha llevado a cabo en otros estudios sobre el sector (Fundación Genoma España, 2007, 2008 y 2009). El análisis de ambas categorías permite obtener una visión global de la producción científica en Biología, al contener revistas no sólo de Biología (investigación

más aplicada) sino también de Bioquímica, Biología o Genética entre otras disciplinas, que representan la investigación más básica.

En la estrategia de búsqueda se ha utilizado el campo “Address” para España, el campo de búsqueda “Year published” para cada año estudiado, desde 1990 a 2009, y el campo “Document Type” donde se han elegido los tipos documentales artículo y revisión (figura 41).

Servicio proporcionado por la FECYT y el MICINN

ISI Web of KnowledgeSM

All Databases | Select a Database | Web of Science | Additional Resources

Search | Cited Reference Search | Structure Search | Advanced Search | Search History | Marked List (0)

Web of Science® – now with Conference Proceedings

Search for:

Spain in Address
Example: Yale Univ SAME hosp (view abbreviations list)

AND 2007-2008 in Year Published
Example: 2001 or 1997-1999

AND All document types in Document Type
Article
Art Exhibit Review
Bibliography
Select one or more from the list above.

Add Another Field >>

Search Clear

Current Limits: [Hide Limits and Settings] (To save these permanently, sign in or register.)

Timespan:
 All Years (updated 2010-02-10)
 From 1900-1914 to 2010 (default is all years)

Citation Databases:
 Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)–1899-present
 Social Sciences Citation Index (SSCI)–1956-present

Figura 41.- Pantalla de búsqueda en la WoS.

La base de datos muestra los resultados, y se redefine la búsqueda escogiendo las categorías de *Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada*. A continuación se descargan los registros, eligiendo el formato con todos los campos que proporciona WoS.

Una vez descargados los registros se elabora una base de datos en el programa Access para su posterior análisis.

La tarea de descarga de registros sólo se realizó únicamente para la correspondientes a autores adscritos a centros españoles, para el resto de países se ha

elaborado una única base de datos con los resultados numéricos de las búsquedas correspondientes a cada país analizado.

3.4.2. Análisis de producción científica en Scopus.

Para la obtención de indicadores de producción científica de la base de datos Scopus se utiliza la búsqueda avanzada (figura 42). En la pregunta utilizada se utiliza los códigos de campo:

AFFILCOUNTRY: Para la búsqueda por países. Se utiliza el nombre completo del país.

PUBYEAR: aft 1989, para obtener todos los resultados posteriores a 1989.

DOC TYPE: ar or rev. Para obtener todos los resultados que contengan artículos y revisiones.

SUBJ: Agri, Bioc or Inmu. Con esta pregunta se obtienen los resultados correspondientes a las categorías de Agricultura y Ciencias Biológicas, Bioquímica, Genética y Biología Molecular e Inmunología y Microbiología.

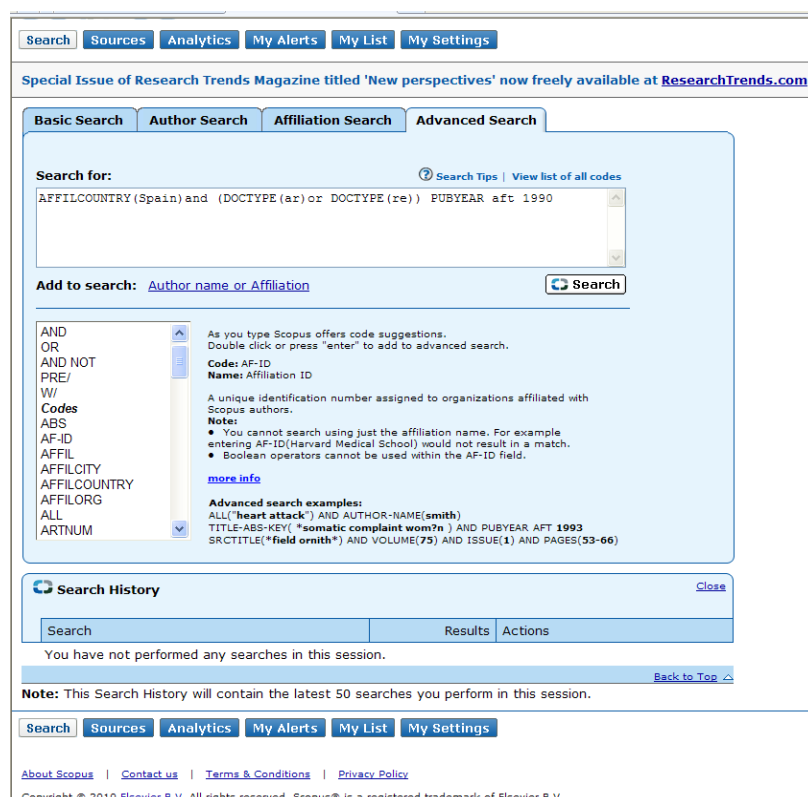


Figura 42.- Pantalla de búsqueda en Scopus.

3.5. Análisis de redes sociales

Las matrices resultantes del tratamiento de los datos bibliográficos obtenidos en WoS por el programa Bibexcel, fueron tratadas por el programa UCINET que permite tanto el manejo de las matrices como su análisis estadístico. Para la visualización se utilizó el programa NetDraw suministrado junto con el programa UCINET.

Este programa permite el estudio de varios indicadores utilizados en el estudio de redes sociales (tabla 29). Estos indicadores son:

Tabla 29. Tipo de indicadores utilizados en el análisis de redes sociales.

Tipo de indicador	Descripción
Densidad	Da un valor que hace referencia a la alta o baja conectividad de la red
Centralización	Da información sobre el número de actores a los que está unido un actor determinado
Intermediación	Da información sobre los nodos o actores puente que ejercen de intermediarios en la red, y la capacidad de un actor de influir en los demás.
Cercanía	Da información sobre la capacidad de influencia de un actor sobre la red.

Para la identificación de grupos se utilizó el análisis de factores que está basado en el análisis de componentes principales. También se ha utilizado el análisis multivariable mediante “*Multidimensional Scaling (MDS)*”. Este análisis permite la identificación de grupos de investigación mediante el análisis de las similitudes y distancias entre variables.

3.6. Encuestas de interacción entre las empresas y el sistema público de I+D

En el marco de este estudio se ha realizado una encuesta dirigida a empresas biotecnológicas españolas, a fin de obtener información sobre los perfiles científicos de las mismas y sobre los factores que definen sus relaciones con los investigadores y centros del Sistema Público Español de I+D.

Esta encuesta pretende dar respuesta a algunos de los interrogantes que se ciernen sobre la realidad de la cooperación entre el sistema público de I+D y el ámbito empresarial, así como sobre el flujo y transferencia de conocimientos.

El formulario se ha realizado siguiendo las recomendaciones de la OCDE, para el estudio de actividades Biotecnológicas (ver anexo I).

Previamente se ha elaborado una base de datos con las empresas con actividades en I+D, obtenidas de los listados de empresas de la "Guía de empresas" publicada por Genoma España y del listado de socios de ASEBIO.

La encuesta se envió vía e-mail a las direcciones electrónicas de cada empresa y con los resultados se elaboró otra base de datos para el análisis de los resultados.

La encuesta estaba estructurada en dos partes diferenciadas, una para el estudio de las características de las empresas que realizan actividades en I+D en Biotecnología y otra dirigida al estudio de la colaboración entre las empresas y el sistema público de I+D.

La parte relacionada con las características de las empresas se divide en tres apartados:

El objetivo de la primera parte es obtener una descripción de las empresas, con preguntas sobre el tipo de biotecnología que realizaba la empresa, según la definición de la OCDE, especificando si investigan o utilizan esa tecnología y si realizan actividades de producción. También se recoge información sobre el tamaño de las empresas y personal dedicado únicamente a actividades de I+D en biotecnología.

El segundo apartado está dirigida a obtener información específica sobre la actividad de las empresas. Hay una pregunta (pregunta 4) que recoge variables sobre qué tipo de actividad de empresas según la definición de la OCDE, y sobre el sector de aplicación, es decir, si realizan actividades I+D en biotecnología, si realizan actividades de producción o comercialización de productos biotecnológicos y si realizan actividades de adquisición o “input” de productos biotecnológicos. Las preguntas recogen información sobre la importancia estratégica de la actividad biotecnológica en las empresas y el impacto en distintos aspectos (preguntas 6 y 7).

La encuesta recoge variables de financiación pública de las empresas con actividad en el sector biotecnológico y variables que describen las dificultades u obstáculos que estas empresas han tenido para desarrollar su actividad en los distintos sectores de aplicación (I+D, producción/comercialización o adquisición).

La segunda parte de la encuesta está destinada a obtener información sobre las variables que intervienen en la colaboración entre las empresas y el sistema público de investigación. Hay una variable sobre si se ha establecido o no algún tipo de colaboración y en qué forma se ha realizado. Luego se ha recogido información sobre el grado de satisfacción de esta colaboración y variables sobre los obstáculos encontrados por las empresas para desarrollar esta misma colaboración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Producción científica española en el área de Biotecnología.

El objetivo de este capítulo es cuantificar y analizar la producción científica española en Biotecnología durante el período 1990-2009 y contextualizar la producción científica en el marco europeo. Mediante el análisis de la producción científica como del factor de impacto de la misma, se ha podido determinar la evolución del sector científico biotecnológico español durante el período estudiado. Los resultados de producción científica española se han enmarcado dentro del ámbito europeo para obtener una idea de la fortaleza del sector biotecnológico nacional en el contexto internacional.

4.1.1. Producción recogida en la base de datos WoS en Biotecnología y Microbiología Aplicada y Bioquímica y Biología Molecular durante el período 1990-2009

El número de publicaciones correspondientes a investigadores españoles durante el periodo analizado, en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, es de 9.202 y en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular* es de 22.432, con una producción media anual de 460 trabajos para el área de Biotecnología y 1.122 trabajos para el área de Bioquímica. Estos datos representan un 2,2% en el caso de la Biotecnología, y un 3,5% en el caso de Bioquímica, del total de publicaciones españolas recogida en la base de datos WoS durante el período analizado. Durante todo el período analizado se observa un mayor número de publicaciones en el área de *Bioquímica y Biología Molecular* que en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* (figura 43). Sin embargo, si se estudia el crecimiento acumulado del número de publicaciones teniendo como referencia el año 1990, se observa que las publicaciones englobadas en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* han experimentado un crecimiento mucho mayor que en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular*, de acuerdo al desarrollo que se ha observado a nivel mundial, comparado con un ámbito disciplinar más tradicional y consolidado como el

constituido por la *Bioquímica y la Biología Molecular*. En el período 1990-2009, el número de publicaciones en Biotecnología se ha multiplicado por un factor de 6, desde aproximadamente 125 trabajos hasta 736, mientras que en la categoría de Biología Molecular se ha pasado de 606 publicaciones a 1406, algo más del doble (figura 44). Estos datos evidencian un crecimiento en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* tres veces superior al experimentado en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular*. El análisis del número de documentos en estos ámbitos respecto a la producción total española revela que el porcentaje de publicaciones englobadas en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular* va decreciendo a lo largo de los años mientras que el porcentaje de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* se mantiene estable, en torno al 2-2,5% en los últimos 15 años (figura 45).

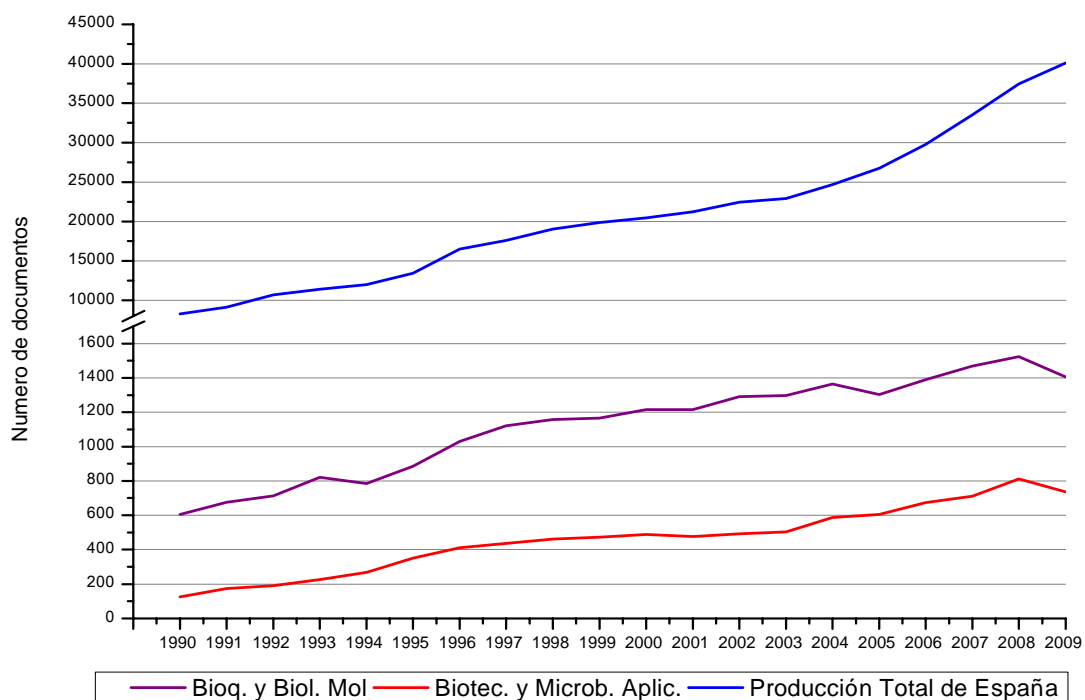


Figura 43. Evolución de las publicaciones españolas, recogidas en WoS, en las categorías de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* y *Bioquímica y Biología Molecular* durante el período 1990-2009.

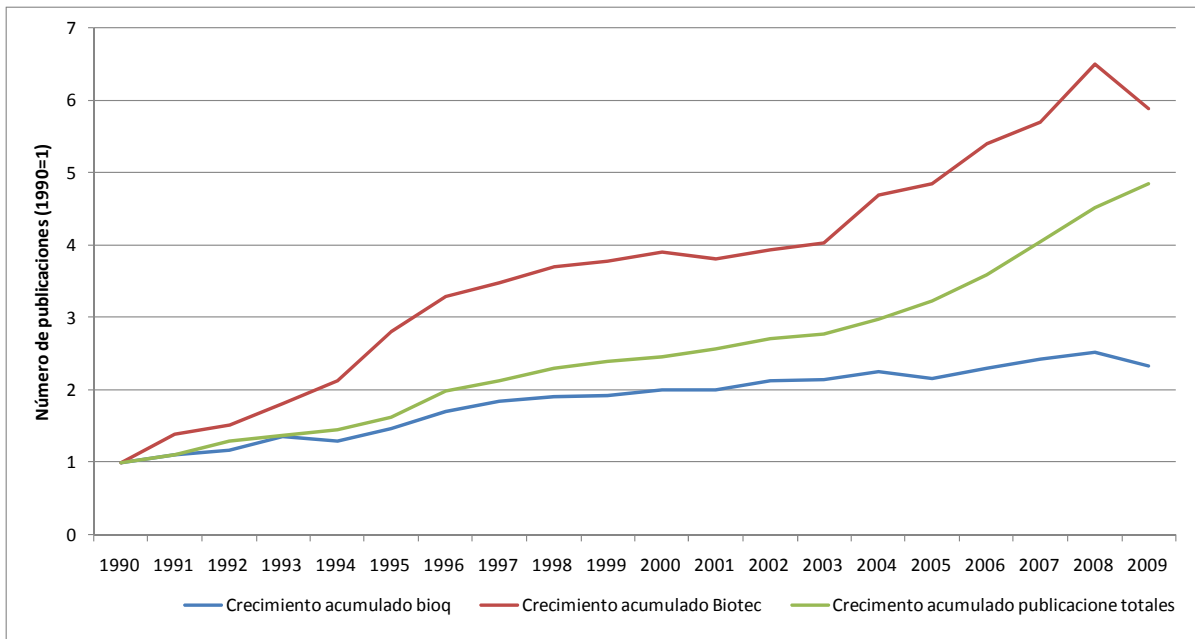


Figura 44. Crecimiento acumulado en tanto por uno (1990=1) del número de publicaciones españolas recogidas en WoS en las áreas de *Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada* durante el período 1990-2009.

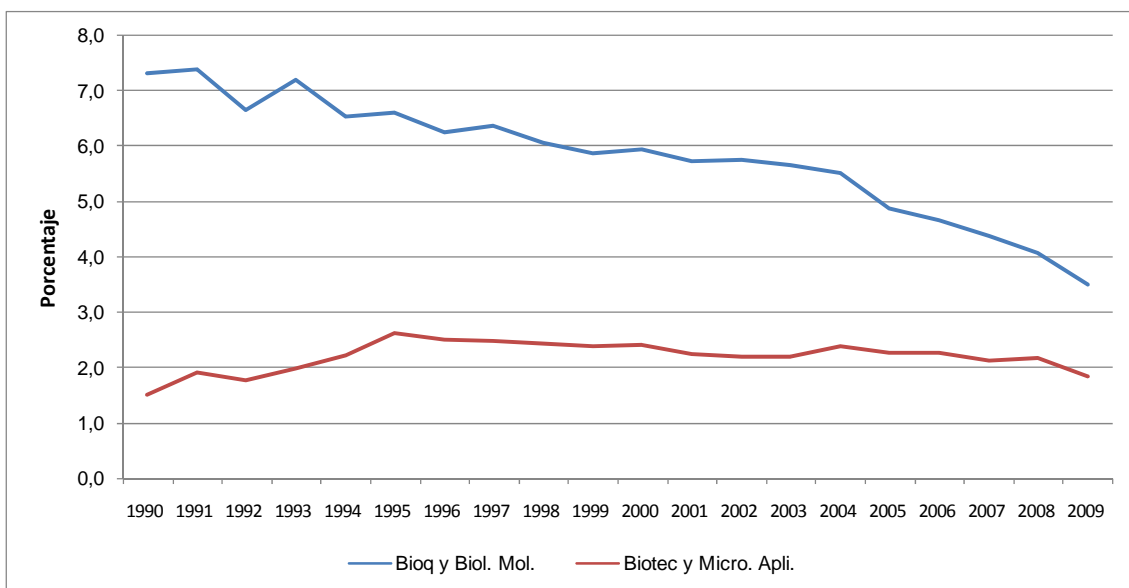


Figura 45. Porcentaje de documentos en *Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada* respecto a la producción total española durante el período 1990-2009.

La producción española en el área de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* respecto a la producción mundial representa un 5%, mientras que en el área de *Bioquímica y Biología Molecular* un 3%.

En el caso de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* la producción española representa un 12% de la producción europea total, aunque en el caso de *Bioquímica y Biología Molecular* este porcentaje es de 7%. La producción española en *Bioquímica y Biología Molecular* muestra una evolución similar a la evolución de la producción mundial, europea o estadounidense (figura 46).

La evolución del número de publicaciones en *Bioquímica y Microbiología Molecular*, recogidas por WoS, a nivel mundial muestra dos etapas bien diferenciadas. Entre 1990-1998 muestra una tendencia positiva, con un incremento en el número de publicaciones del 60% respecto a 1990. A partir de 1999, comienza una etapa de decrecimiento lento y constante en el número de publicaciones, desde 40.354 en 1999 a 30.992 en 2008, lo que significa una disminución en el número de registros del 23% en el período abarcado desde 1999-2008. En 2009, se observa un repunte del número de publicaciones.

A nivel europeo, la evolución en el número de publicaciones de la UE-15 muestra un crecimiento constante, pasando de 11.274 documentos en 1990 a 19.152 documentos. EEUU muestra prácticamente la misma evolución positiva, desde 11.350 publicaciones en 1990 a 22.992 publicaciones en 2008. Aunque en 2009 se observa un decrecimiento en el número de publicaciones, a 13.887, lo que supone un 40% menos que en 2008.

En general, la diferencia entre el número de publicaciones de UE-15 y el número de publicaciones de EEUU en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular*, es pequeño. Hasta el año 1997 esta diferencia no llega a superar el 7%. A partir de este año y hasta 1999, esta diferencia crece hasta valores cercanos al 15%, siendo UE-15 la región que publica un mayor número de artículos. Desde el año 1990 hasta el 2008, EEUU publica más que UE-15, con diferencias que oscilan entre el 17% en 2001 hasta apenas un 1,5% más en 2007. El máximo incremento se alcanza en 2009, cuando UE-15 publica un 38% más que EEUU.

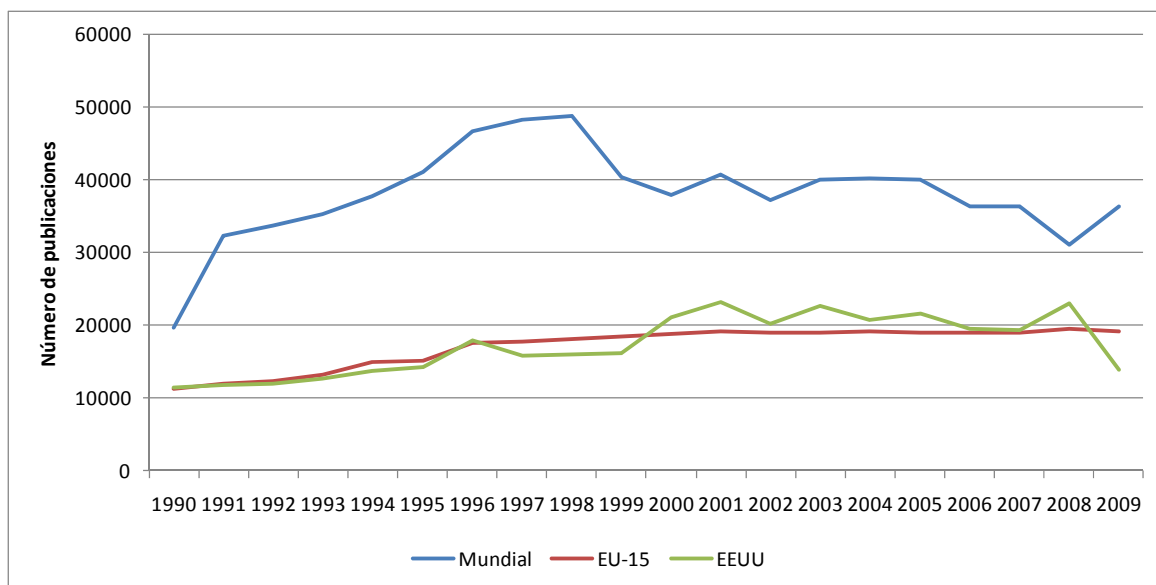


Figura 46. Evolución del número de publicaciones en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular* en UE-15, EEUU y mundial durante el período 1990-2009.

En la categoría de *Biología Molecular y Microbiología Aplicada*, España muestra una evolución parecida tanto respecto a la evolución mundial como a las estadounidense y europea (figura 47). La producción mundial muestra un crecimiento continuo durante todo el período, pasando de 4.834 publicaciones en 1990 a 16.576 en 2009. Estos valores suponen un incremento del 71% en el número de publicaciones respecto a 1990, con una tasa de crecimiento anual del 7,4%. La evolución de la UE-15 muestra también un crecimiento constante del 7,6% anual, a lo largo del todo el período, pasando de 2.013 publicaciones en 1990 a 7.604 en 2009, lo que supone un incremento del 74% en el número de publicaciones.

La evolución de Estados Unidos es parecida a la evolución mundial y europea, y muestra un crecimiento continuo hasta 2007, donde se observa un brusco descenso en el número de publicaciones, también observado en la evolución mundial. El incremento en el número de publicaciones en 2009, es del 60% respecto al número de publicaciones en 1990, una cifra menor a lo observado a escala mundial y europea, aunque muestra un crecimiento anual superior, del 10%.

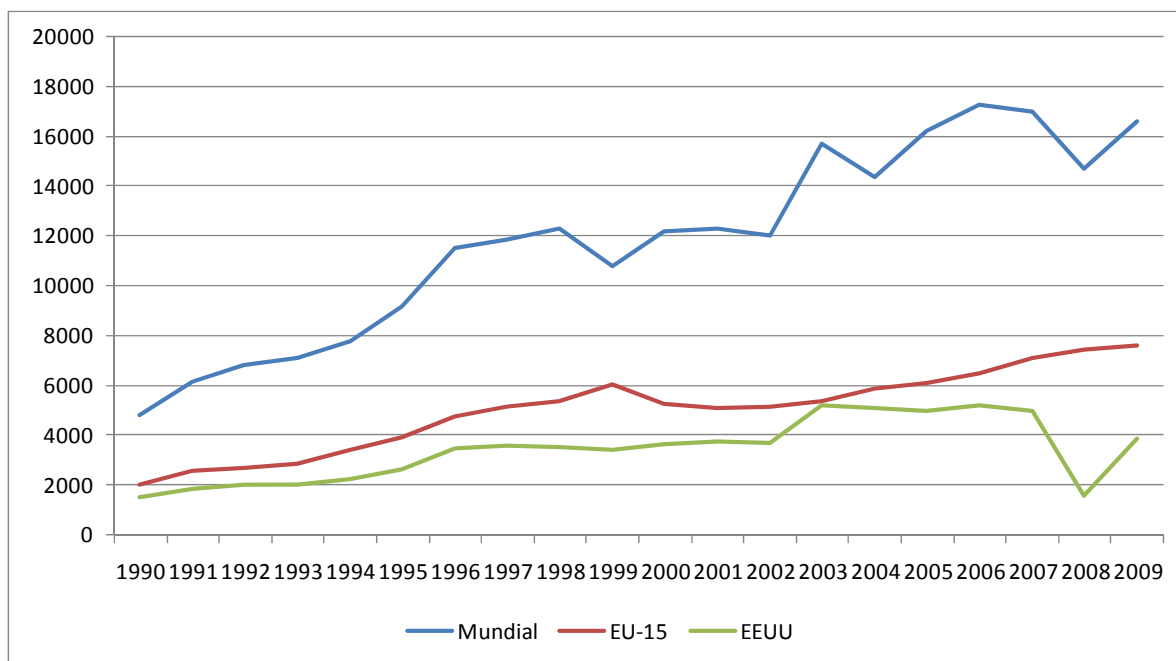


Figura 47. Evolución del número de publicaciones en la categoría de *Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada* en UE-15, EEUU y mundial durante el período 1990-2009.

4.1.2. Análisis de las publicaciones españolas en las áreas de Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología y Microbiología Aplicada en función del Factor de Impacto.

El factor de impacto se considera como una medida de la calidad de las publicaciones y se calcula habitualmente para cada revista científica. Considerando este indicador, España muestra una evolución positiva en la evolución de las publicaciones en revistas de factor de impacto. El factor de impacto medio de las revistas en las que los investigadores españoles han publicado artículos relacionados con la Biotecnología se ha incrementado en la última década significativamente, desde 3,1 en el año 1998 a más de 3,7 en el año 2008 (figura 48). Esto indicaría un aumento importante del impacto de los trabajos científicos españoles en el área en la última década. Sin embargo, es necesario contextualizar todos estos datos respecto a la evolución del factor de impacto de las revistas en la WoS, porque el factor de impacto de las revistas relacionadas con la Biotecnología también ha crecido de forma importante en la última década (figura 49).

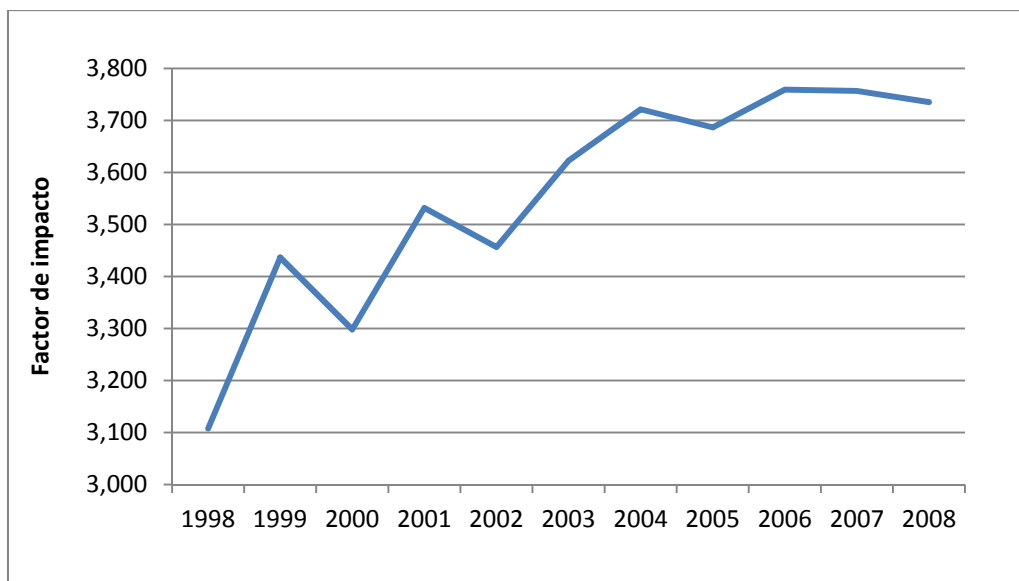


Figura 48. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas relacionadas con la Biotecnología recogidas por WoS.

Para analizar esta situación, se compara en la figura 50 la evolución del factor de impacto medio de las revistas relacionadas con la Biotecnología y el factor de impacto medio de los artículos publicados por investigadores españoles en esas revistas, tomando como base 1990. Como puede observarse, el factor de impacto medio de las revistas del área ha crecido aproximadamente un 35% en la última década, mientras que el factor medio correspondiente a los artículos de investigadores españoles sólo ha crecido un 20%. La evolución fue muy similar durante el período 1998-2003, sin embargo, a partir de 2004 se produce un estancamiento del FI medio de las publicaciones españolas. Consecuentemente, aunque el factor de impacto medio de las publicaciones españolas se ha incrementado en los últimos años, esto no ha implicado una significativa mejora de la calidad de las publicaciones, pues ha crecido en menor medida que el factor de impacto medio de las revistas de esa área.

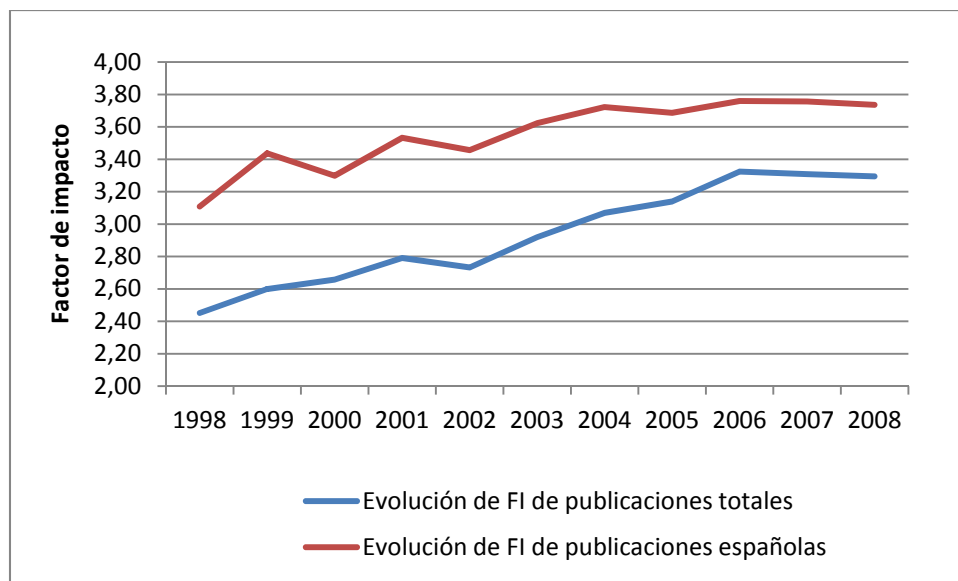


Figura 49. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas relacionadas con la Biotecnología recogidas por WoS.

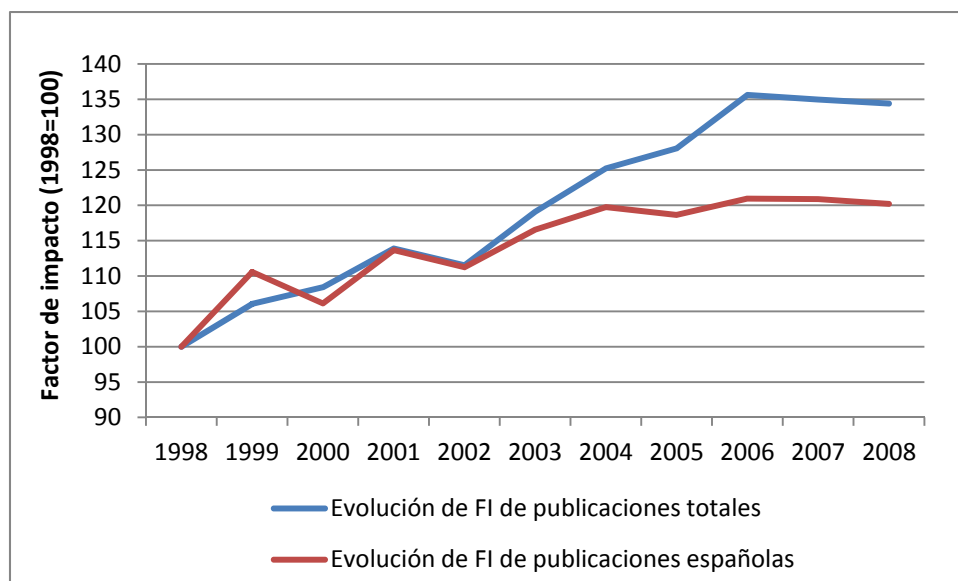


Figura 50. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas relacionadas con la Biotecnología recogidas por WoS. 1998=100.

También se ha analizado la evolución del porcentaje de publicaciones (en ambas áreas) por intervalos de factor de impacto (figura 51). En este caso también se observan evidencias de una mejora de la visibilidad de las publicaciones españolas, debido fundamentalmente al crecimiento del porcentaje de documentos de

publicaciones en revistas con FI de 2,5 a 5 y, en menor medida, en revistas con FI entre 5,0 y 7,5.

El porcentaje de artículos publicados en revistas con FI comprendido entre 2,5 y 5 ha aumentado en la última década desde el 32% hasta el 50%, y en las revistas con FI entre 5 y 7,5, aumentó desde un 12% a un 17%. Este crecimiento ha conllevado una disminución importante en el porcentaje de documentos publicados en revistas con factor de impacto más bajo (0,0-2,5), desde un 52% en 1998 a un 30% en 2008. El porcentaje de documentos en revistas con el FI más alto que se ha mantenido prácticamente constante durante todo el período, entre un 2% y un 3%, sin ninguna tendencia definida durante el período.

En la figura 52 se representa el porcentaje de publicaciones españolas relacionadas con la Biotecnología en los diferentes cuartiles de FI definidos por el FI de las revistas incluidas en las áreas relacionadas. De esta forma se tiene la posición relativa de las revistas en las que publican artículos los investigadores más que el valor absoluto de FI. Al inicio de la década, la mayoría de las publicaciones españolas estaban en las revistas que ocupaban el cuartil con FI más bajos de las revistas relacionadas con la Biotecnología. Sin embargo, la proporción de publicaciones en el último cuartil, se ha visto reducida desde un 47% a un 39% en la última década. Este descenso ha sido compensado por el aumento en el porcentaje de publicaciones en revistas del tercer cuartil, que creció desde un 22% a un 34%. El porcentaje de artículos publicados en revistas situadas en el segundo cuartil se ha mantenido prácticamente constante, aunque con una ligera tendencia al decrecimiento, pasando del 21% del total de artículos a un 18%. Por último, el porcentaje de artículos publicados en las revistas que ocupan el primer cuartil, con los FI más altos, se ha mantenido constante a lo largo de la última década, con un valor medio del 8,5%.

Estos datos confirman que los investigadores publican mayoritariamente en revistas que están situadas por su factor de impacto en el tercer y cuarto cuartil de forma mayoritaria (un 73% en el año 2008). Sin embargo, se ha observado que ocurre un desplazamiento de publicaciones importante desde revistas del cuarto al tercer cuartil, lo cual indicaría una ligera mejoría en el impacto de los trabajos españoles

publicados en el área. Este hecho corrobora el hecho anterior de que el FI medio de los trabajos de investigadores españoles ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo respecto al FI de medio de las revistas del área.

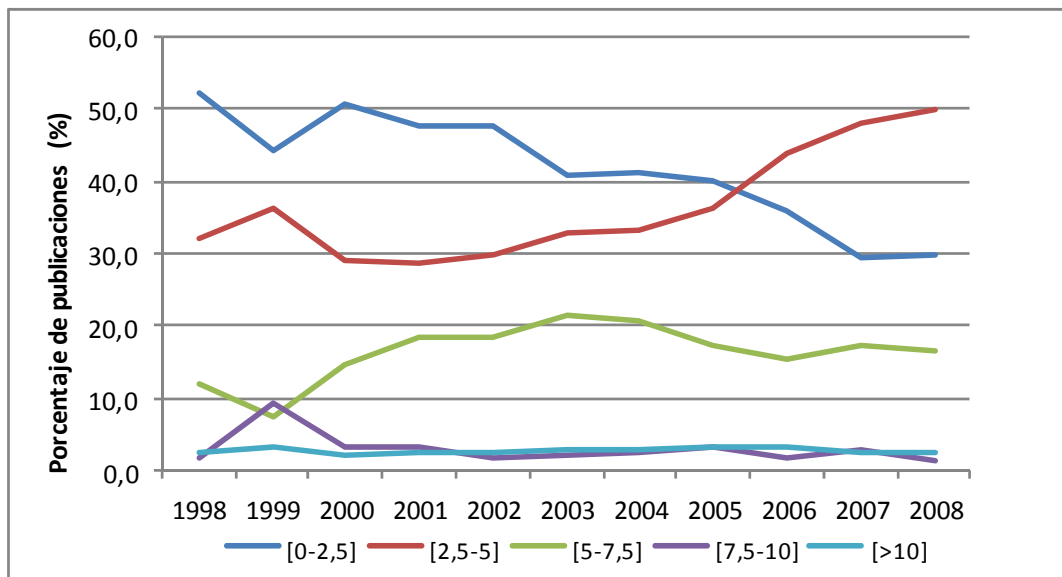


Figura 51. Evolución de las publicaciones relacionadas con biotecnología por intervalos de factor de impacto.

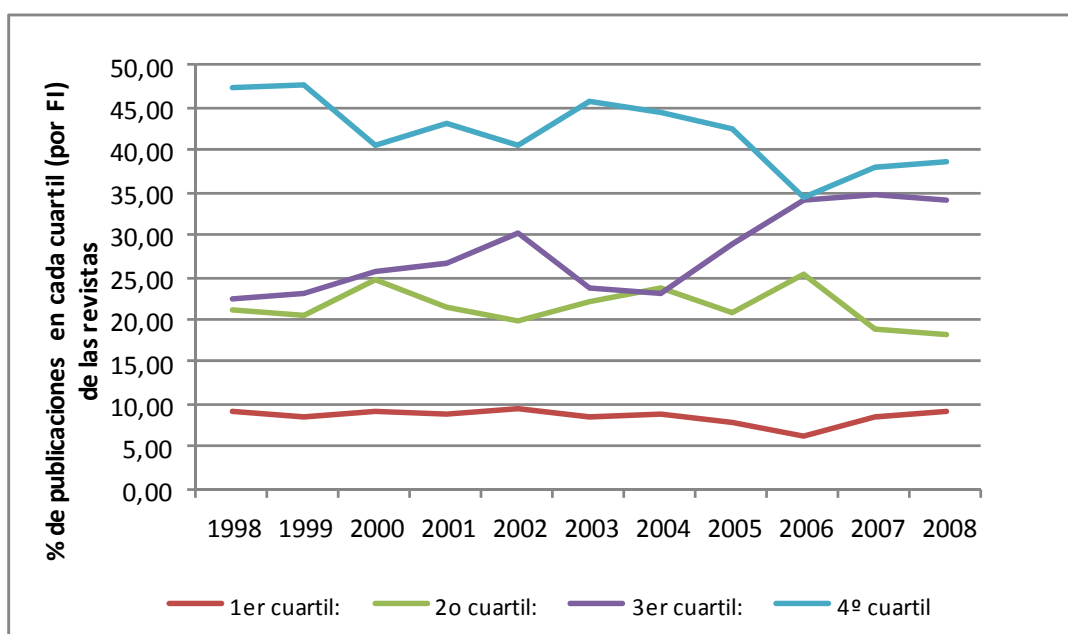


Figura 52. Evolución de las publicaciones relacionadas con biotecnología por cuartiles de factor de impacto de las revistas del área.

Este mismo estudio de la evolución del FI de los artículos publicados por investigadores españoles durante la última década también se ha llevado a cabo de forma separada en las dos categorías que se están considerando a lo largo de este trabajo como relacionadas con la Biotecnología, de acuerdo a la clasificación temática de WoS: *Bioquímica y Biología Molecular* y *Biotecnología y Microbiología Aplicada*.

Respecto al FI medio de las revistas en estas áreas, se puede observar que las revistas del área de *Bioquímica y Biología Molecular* tienen un factor de impacto muy superior al del área de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* (figura 53). El FI medio de revistas del área de la Biotecnología, que engloba a ambos, tiene un valor intermedio, aunque más cercano al de la *Bioquímica y Biología Molecular* debido a que el número de revistas en esa área es mayor que en el de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, 275 frente a 144 (en el año 2008).

Si tomamos como base 1990, se observa cómo ha evolucionado cada una de estas áreas (figura 54). Como puede observarse, el FI medio de las revistas en Biotecnología ha experimentado un crecimiento mucho más importante que el de las de Bioquímica, una disciplina más tradicional. Mientras que el factor de impacto medio de las revistas en Biotecnología ha aumentado un 80% en la última década, sólo lo ha hecho un 25% en el área de *Bioquímica y Biología Molecular*.

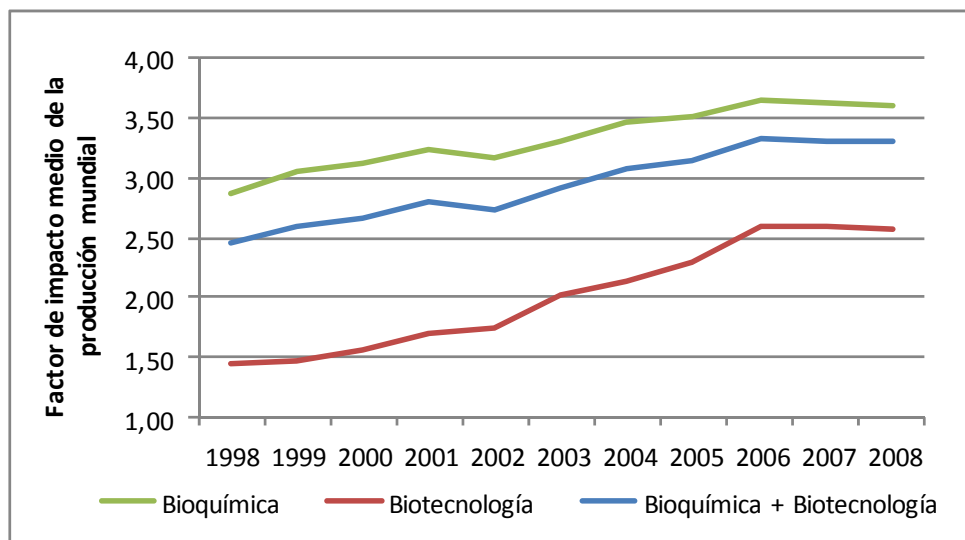


Figura 53. Evolución del factor de impacto medio de las revistas del área de *Bioquímica y Biología Molecular* y *Biotecnología y Microbiología Aplicada* y del conjunto de ambas.

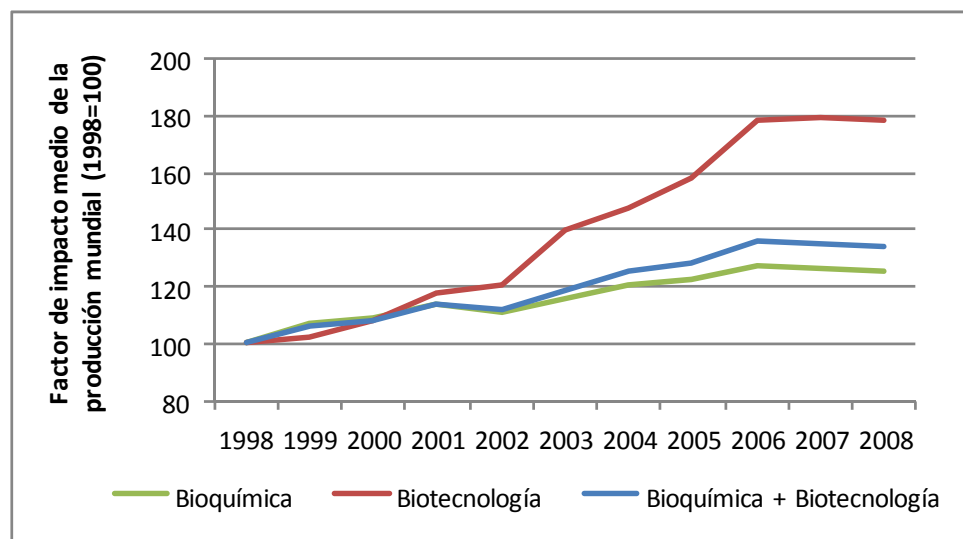


Figura 54. Evolución del factor de impacto medio de las revistas del área de *Bioquímica y Biología Molecular* y *Biotecnología y Microbiología Aplicada* y del conjunto de ambas. 1998=100.

Cuando se compara la evolución del factor de impacto de las revistas donde los investigadores españoles han publicado respecto al crecimiento del FI de las revistas de esa área, para determinar si verdaderamente ha habido un incremento de la visibilidad, se observa unas tendencias ligeramente diferentes en el área de la *Bioquímica y la Biología Molecular* (figura 55) que en la *Biotecnología y Microbiología Aplicada* (figura 56).

En el caso de la *Bioquímica y la Biología Molecular*, el factor de impacto medio en las revistas del área ha crecido un 39% mientras que el factor de impacto medio de las publicaciones de investigadores españoles ha crecido un 32%. En los primeros años, el crecimiento en el factor medio de las publicaciones españolas crecía por encima de la media de las revistas del área pero a partir del año 2004, la tendencia se ha invertido y su situación ha ido empeorando ligeramente.

En el caso de la *Biotecnología y la Microbiología Aplicada*, el crecimiento medio de los FI de las revistas es comparable al de las publicaciones de los investigadores españoles en esa área. Al contrario de lo que ocurría en el área de la *Bioquímica y la Biología Molecular*, el crecimiento del FI de las publicaciones de investigadores españoles había estado por detrás del crecimiento del FI medio de las revistas durante

casi todo el período analizado, y ha sido en los últimos dos años, cuando definitivamente se han igualado, lo que indica el gran esfuerzo llevado a cabo en 2007 y 2008 en cuanto a producción científica en Biotecnología.

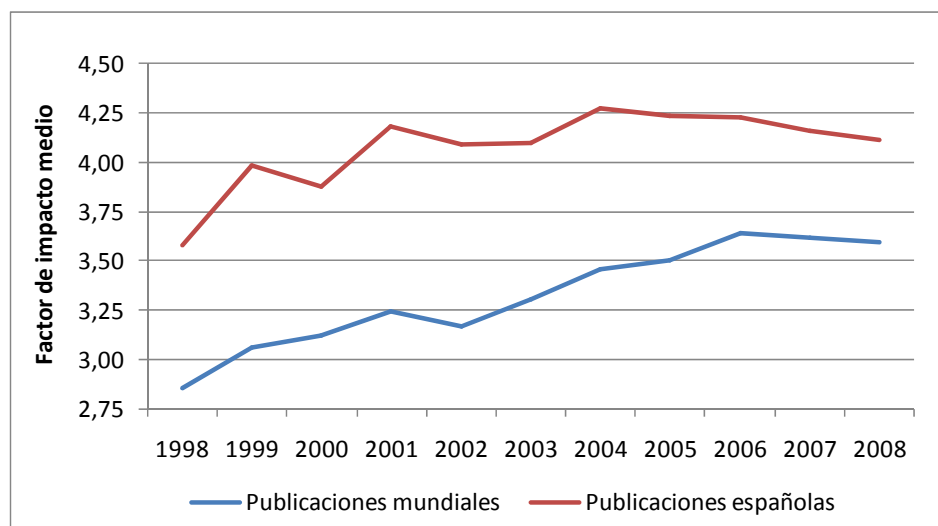


Figura 55. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas en el área de la *Bioquímica y la Biología Molecular* recogida por WoS. 1998=100.

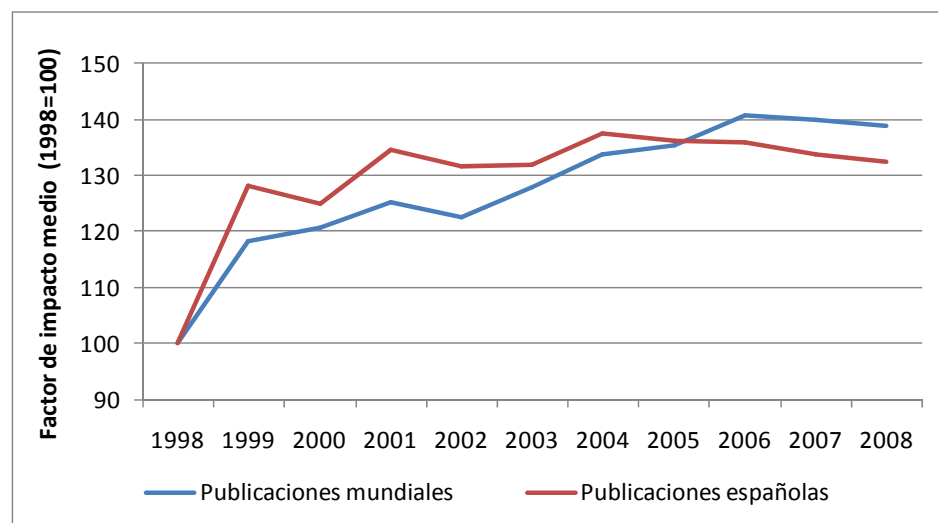


Figura 56. Evolución del Factor de impacto de las publicaciones españolas en el área de la *Bioquímica y Biología Molecular* recogida por WoS. 1998=100.

Al igual que se analizó anteriormente, también se ha estudiado el porcentaje de publicaciones respecto al FI, en valor absoluto y por diferentes intervalos, así como respecto al FI de los diferentes cuartiles de revistas de esas áreas. En el caso de la

Bioquímica y la Biología Molecular, estos resultados se muestran en las figuras 57 y 58, y en el caso de Biotecnología y Microbiología Aplicada en las figura 59 y 60.

En el caso de la *Bioquímica y la Biología Molecular*, se observan incrementos significativos en el porcentaje de publicaciones en revistas de FI entre 2,5 y 5 y entre 5 y 7,5, asociados a una disminución importante en el porcentaje de artículos publicados en revistas con FI entre 0 y 2,5 (figura 57). Esto podría indicar una clara mejoría de la calidad de los trabajos publicados en esta área. El análisis de los porcentajes de trabajos por cuartiles de FI (figura 58) muestra un ligero aumento en el impacto de los trabajos científicos publicados por investigadores españoles, porque el porcentaje de trabajos publicados en revistas del cuarto cuartil (FI: 0 – 2,588) han disminuido desde un 48% a un 38% en la última década, que se ha visto traducido en un incremento en el número de artículos publicados en revistas del tercer cuartil (FI:1,643-2,852), desde un 28% a un 37%, mientras que el resto de publicaciones en el primer (FI:4,628-28,626) y el segundo cuartil (FI:2,780-6,482) se ha mantenido prácticamente constante.

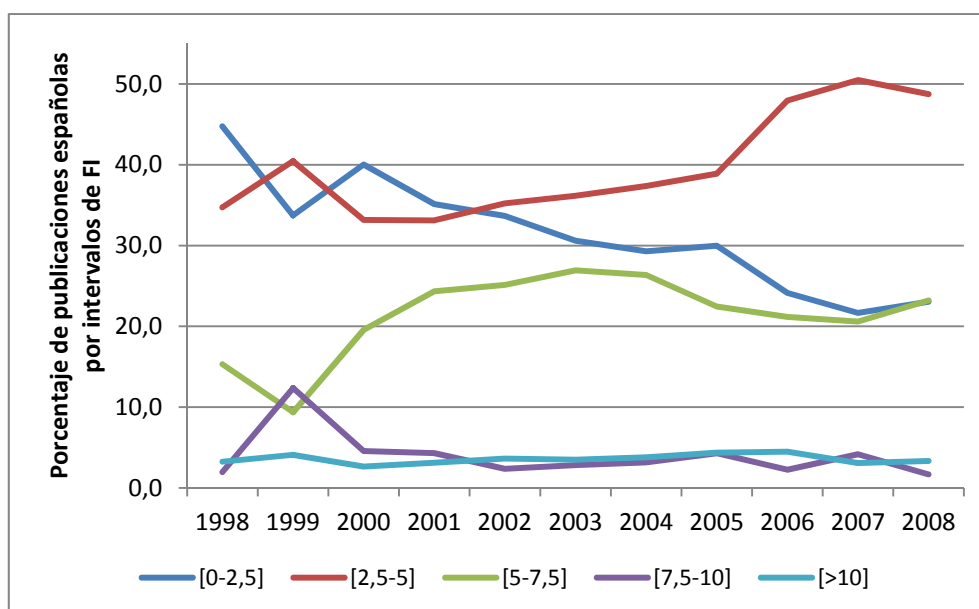


Figura 57. Evolución de las publicaciones en el área de *Bioquímica y Biología Molecular* por intervalos de factor de impacto.

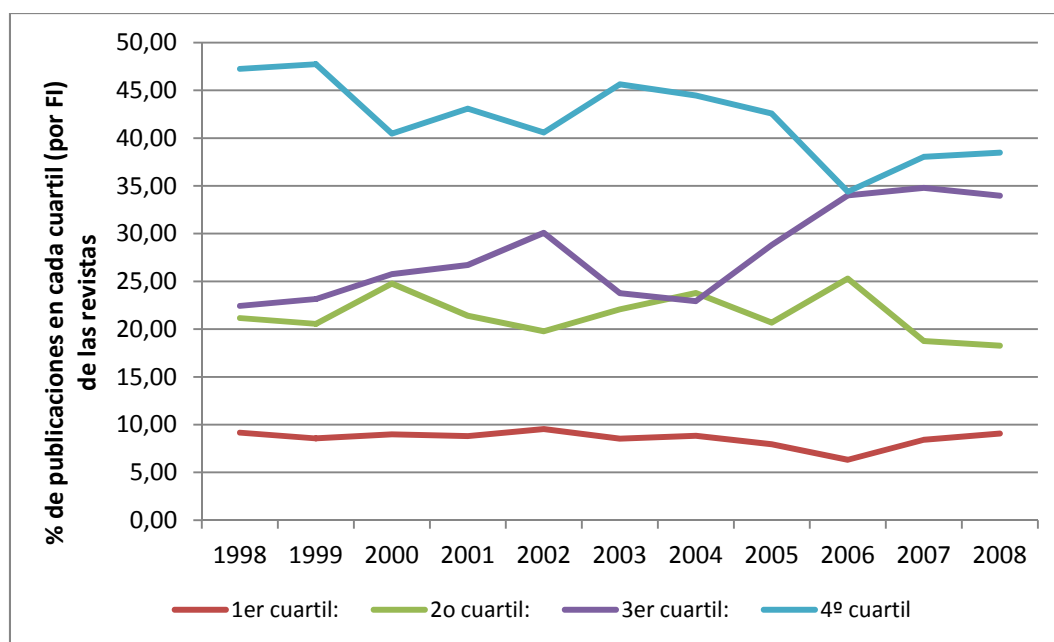


Figura 58. Evolución de las publicaciones en el área de *Bioquímica y Biología Molecular* por cuartiles de factor de impacto de las revistas del área.

En el caso de la *Biología y la Microbiología Aplicada* ocurre lo contrario. El estudio de porcentaje de publicaciones por intervalos de factor de impacto vuelve a mostrar una mejora significativa de la calidad científica de las publicaciones porque el porcentaje de publicaciones en revistas con FI entre 0 y 2,5 disminuyó de un 74% a un 44%, provocando un aumento fundamentalmente en el porcentaje de revistas con FI entre 2,5 y 5, desde un 23% a un 50% y, en menor medida, en el de revistas de factor de impacto entre 5 y 7,5, que pasó de un 2% a un 4% (figura 59). Pero en este caso, esta primera hipótesis se verifica con el estudio de porcentaje de publicaciones por cuartiles de FI de las revistas del área. El porcentaje de publicaciones españolas se distribuye en el segundo, tercer y cuarto cuartil ordenados por FI. Y si analizamos la evolución durante la última década podemos observar que el número de publicaciones en el cuarto cuartil (FI:0-1,889) de revistas (ordenadas por FI) se ha incrementado desde un 37% a un 42%, como también lo ha hecho, aunque en menor medida, el porcentaje de publicaciones en el tercer cuartil (FI:0,797-2,622), desde un 29% a un 31%. Estos incrementos han sido a costa de que el número de publicaciones en el segundo cuartil (FI:1,329-4,059) de FI de revistas ha descendido desde un 31% a un 20%. Sin embargo, tampoco hay que despreciar que se está produciendo un aumento

en el número de publicaciones en revistas del primer cuartil (FI:2,037- 22,355), desde casi un 3% a un 7%. En este caso, sí que se puede afirmar que el FI de las publicaciones españolas ha ido aumentando significativamente en los últimos años, sobre todo hacia publicaciones del cuarto cuartil de revistas, que son las de mayor calidad.

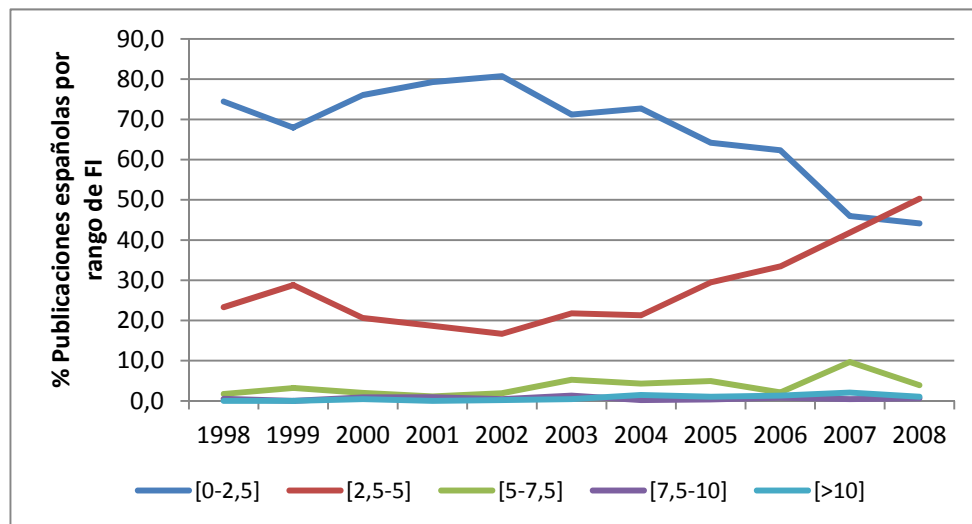


Figura 59. Evolución de las publicaciones en el área de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* por intervalos de factor de impacto.

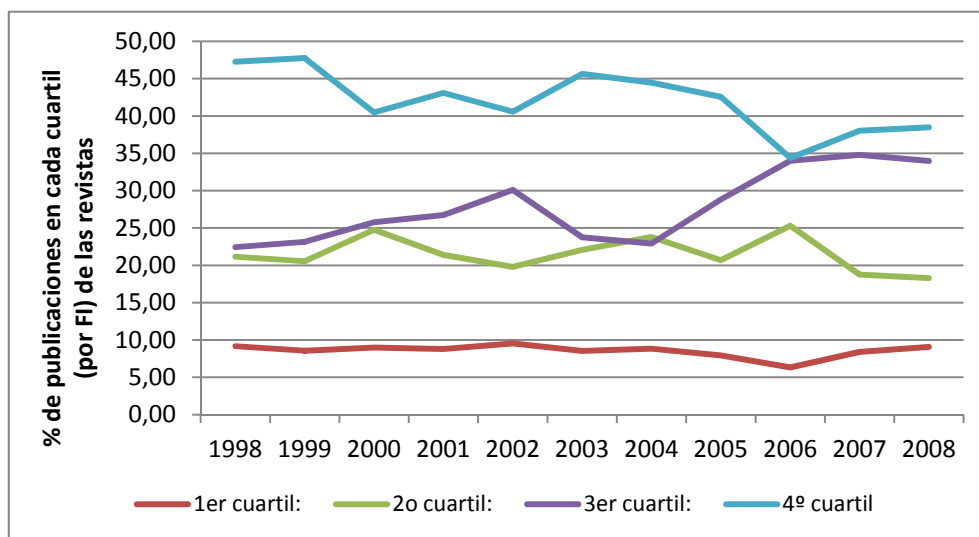


Figura 60. Evolución de las publicaciones en el área de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* por cuartiles de factor de impacto de las revistas del área.

A modo de conclusión, la *Biotecnología y Microbiología Aplicada* ha evolucionado de forma favorable respecto a una mejora de la calidad de sus

publicaciones mientras que la calidad de las publicaciones en el área de *Bioquímica y Biología Molecular* ha disminuido ligeramente. El comportamiento medio en las áreas relacionadas con la Biotecnología, muestra un ligero descenso en la calidad de las publicaciones, esto es debido a que la mayor parte de las publicaciones están recogidas en la categoría de la *Bioquímica y Biología Molecular*.

4.1.3. Producción científica en WoS. Marco europeo.

El crecimiento medio de los países miembros de la UE-15, durante el período analizado (1990-2009) se sitúa en el 325% en el caso de *Bioquímica y Biología Molecular* y es menor en el caso de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, 110% (figura 61). España ocupa la cuarta posición, en términos de crecimiento, en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* por detrás de Portugal, Grecia y Austria. En el caso de *Bioquímica y Biología Molecular*, España ocupa la quinta por detrás de Portugal, Italia, Grecia y Austria. En ambas categorías, España se sitúa por encima de la media europea y ha llegado a alcanzar tasas de producción semejante a la de los países más desarrollados en este área. El gran crecimiento experimentado por Luxemburgo, Portugal y Grecia es debido a la escasa producción científica de estos países en los primeros años del período analizado.

El estudio de la evolución del crecimiento desagregado por décadas muestra que en la década 1990-1999 se observa un crecimiento en el porcentaje del número de documentos de *Bioquímica y Biología Molecular* en todos los países. El crecimiento medio anual de la UE-15 es del 9%. España se sitúa en cuarta posición, por detrás de Luxemburgo, Portugal, Austria y Grecia (figura 62). En el siguiente período, comprendido entre 2000-2009, se observa como el crecimiento de la UE-15 es menos acusado, con un 1,9% de media. España desciende a la octava posición, con una tasa de crecimiento del 1,7%, por debajo de la media europea, ya que en este segundo período ha alcanzado tasas de producción muy significativas y cercanas a las tasas de países científicamente más desarrollados como Alemania y Francia. Esto hace que el crecimiento, aunque sigue siendo positivo, es menor porque está cerca de las cifras que son esperables para un país con un nivel de desarrollo científico como el de

España. Luxemburgo continúa manteniendo la primera posición por delante de Portugal, Irlanda y Grecia. Estos países mantienen una tasa de crecimiento por encima del 5% (figura 63), debido a la pequeña producción científica en el área de la Biotecnología. Los países con una mayor producción científica, como Alemania, Reino Unido o Francia ocupan las últimas posiciones, con crecimientos negativos de hasta el -1,5%.

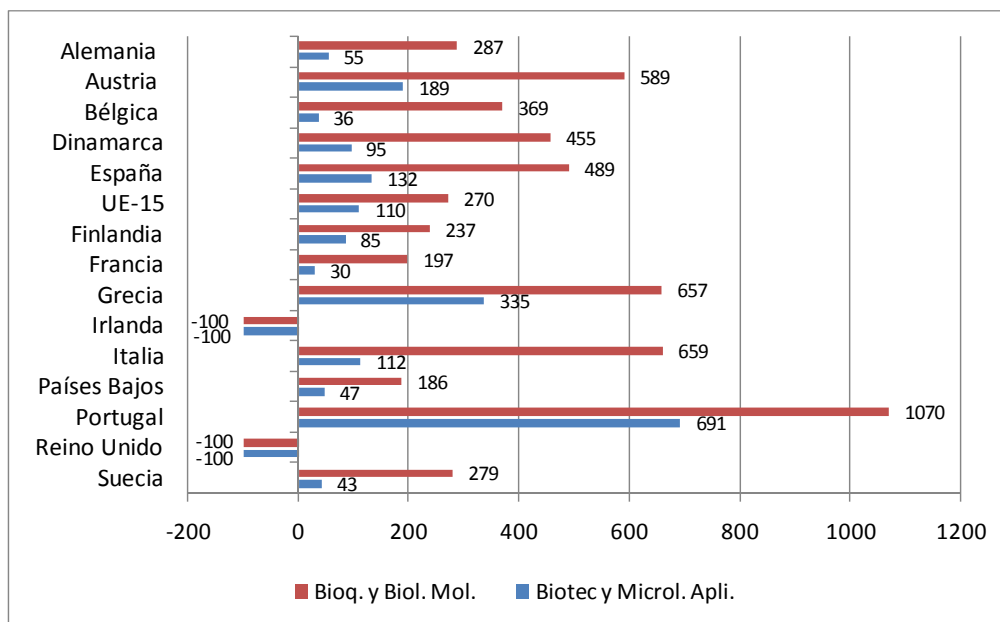


Figura 61. Tasa de crecimiento para los distintos países durante el período 1990-2009.

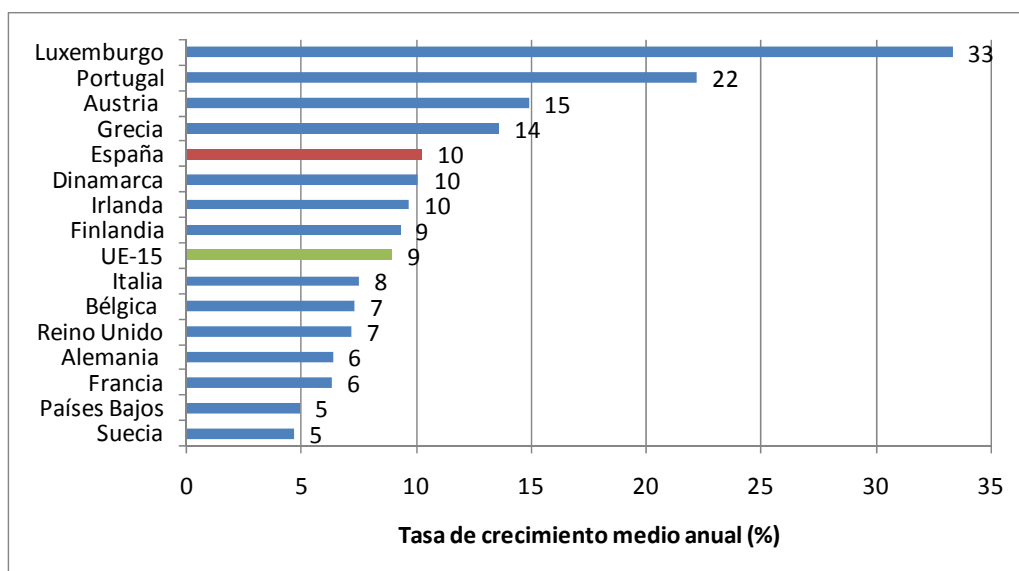


Figura 62. Tasa de crecimiento de *Bioquímica y Biología Molecular* durante el período 1990-1999.

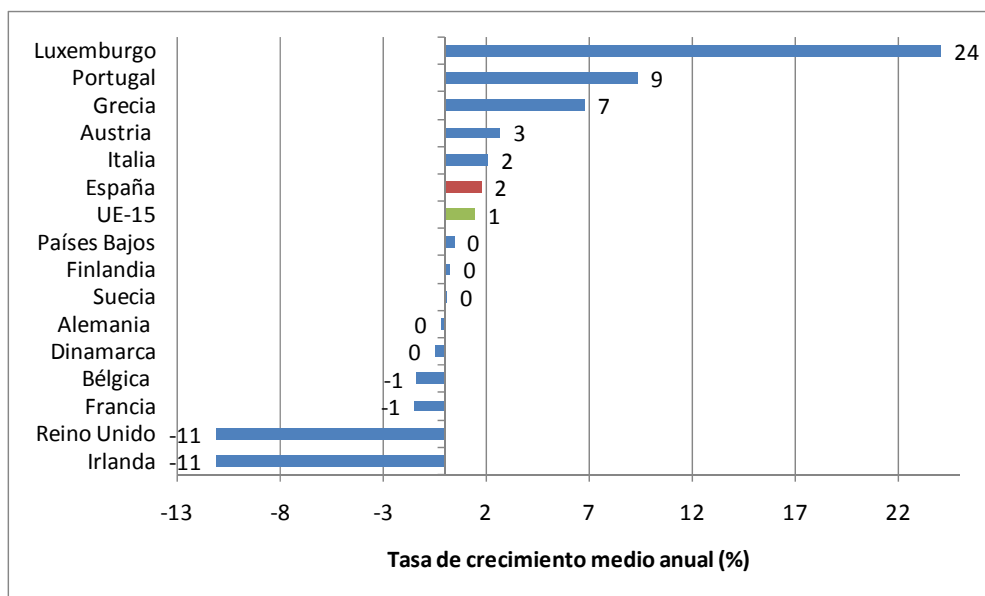


Figura 63. Tasa de crecimiento de *Bioquímica y Biología Molecular* durante el período 2000-2009.

En caso de *Biología y Microbiología Aplicada*, se observa durante la primera década, un crecimiento muy acusado en la producción científica de todos los países (figura 64). El crecimiento medio de la Unión Europea se sitúa en el 1,6 %. España ocupa la cuarta posición, por detrás de Portugal, Italia y Suiza. Estos países muestran un crecimiento importante, al igual que ocurría en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular*. En la segunda mitad del período, abarcado por los años 2000-2009, apenas se observa un crecimiento en la producción científica dentro de esta área. La media de la UE-15 alcanza el 7,5%. España desciende a la octava posición, con un crecimiento, del 5,6%, por debajo de la media europea. Todos los países muestran un incremento del número de publicaciones que varía desde el 2% de Reino Unido al 15,3% de Grecia (figura 65).

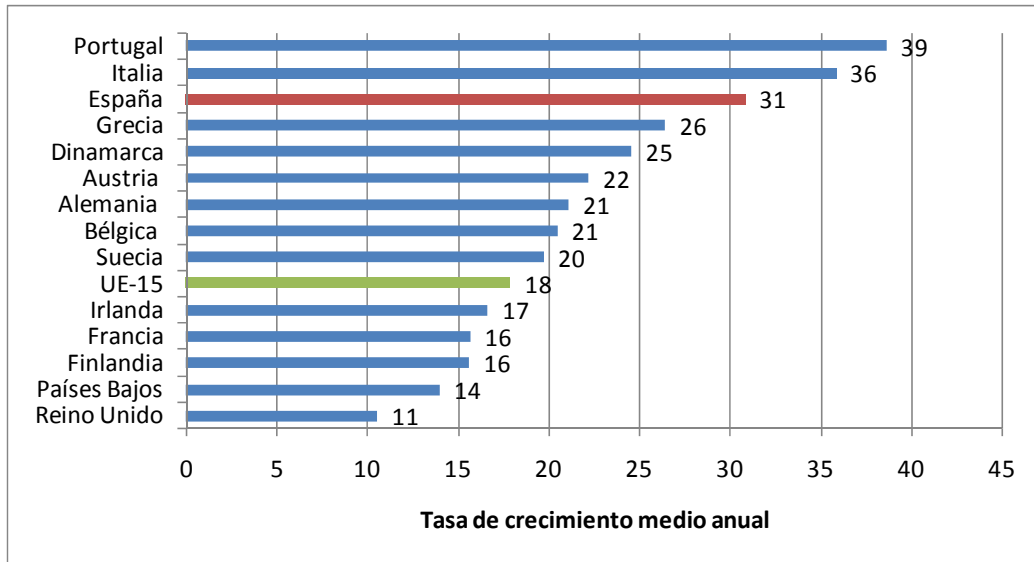


Figura 64. Tasa de crecimiento de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* durante el período 1990-1999.

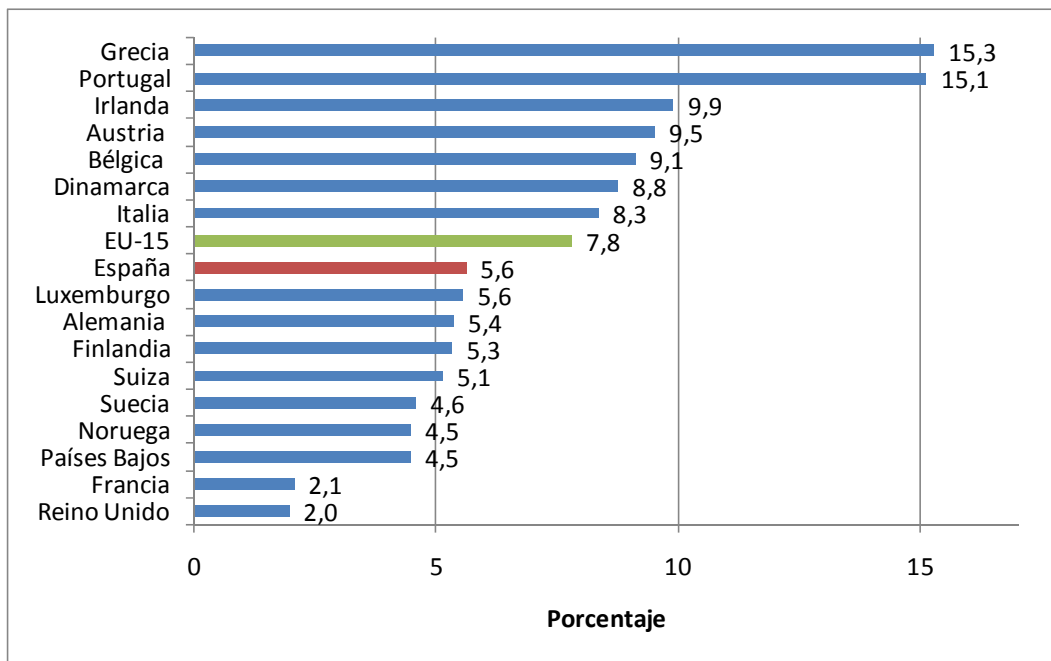


Figura 65. Tasa de crecimiento de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* durante el período 2000-2009.

Quando se analiza la posición de España en el contexto europeo y la producción científica por cuartil de factor de impacto se observa que España ocupa una buena posición, justo por detrás de los países más productivos. En el caso de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, España siempre se encuentra por encima de la producción

científica media europea sobre todo en los cuartiles de mayor factor de impacto (figuras 66-69), aunque por detrás de Alemania, Reino Unido y Francia. Esta misma tendencia se observa también para el ámbito de *Bioquímica y Biología Molecular* donde España siempre se mantiene por encima de la media europea (figuras 71-73), con la excepción de la producción en cuarto cuartil donde España está por debajo de dicha media. Sin embargo, España es uno de los países con mayor crecimiento en el cuartil con mayor FI durante el período 2000-2010, muy por encima de la media y de los países con mayor producción en los ámbitos estudiados (figura 70 y 71).

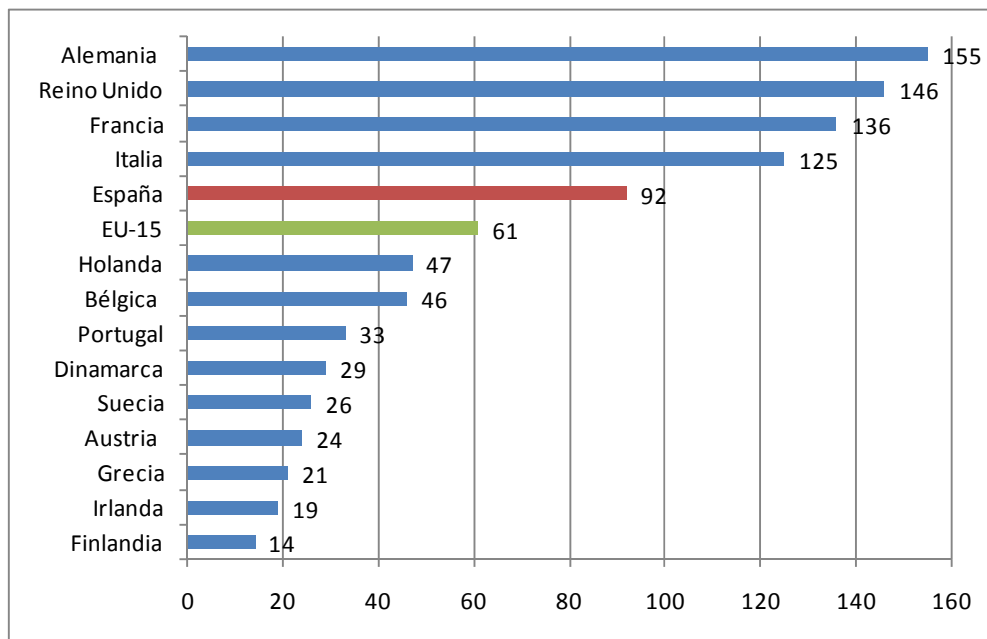


Figura 66. Producción científica Europea en Biotecnología y Microbiología Aplicada en el primer cuartil de FI (FI más bajos) durante el período 2000-2009.

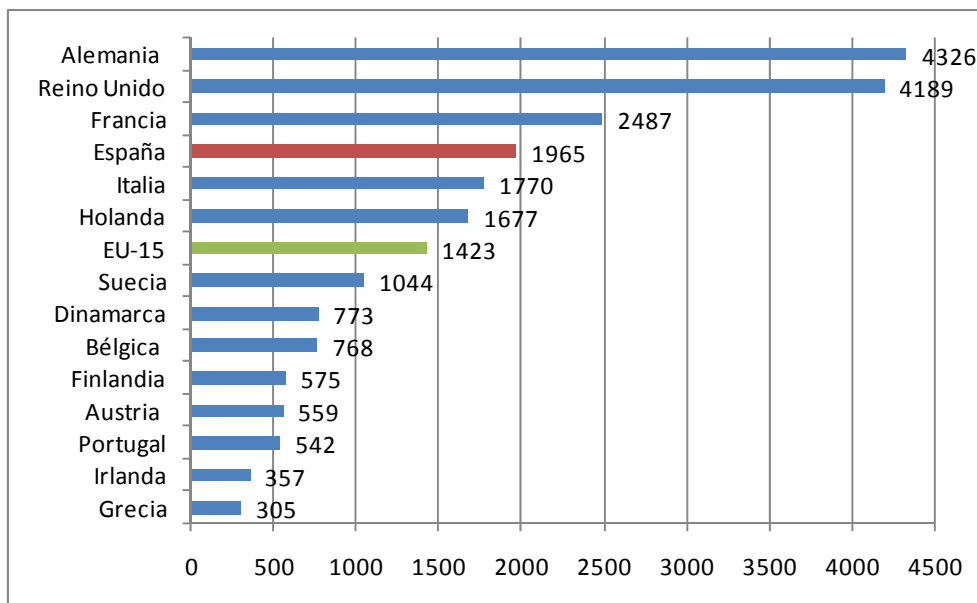


Figura 67. Producción científica Europea en la categoría de Biotecnología y Microbiología Molecular en el segundo cuartil de FI (FI medio-bajos) durante el período 2000-2010.

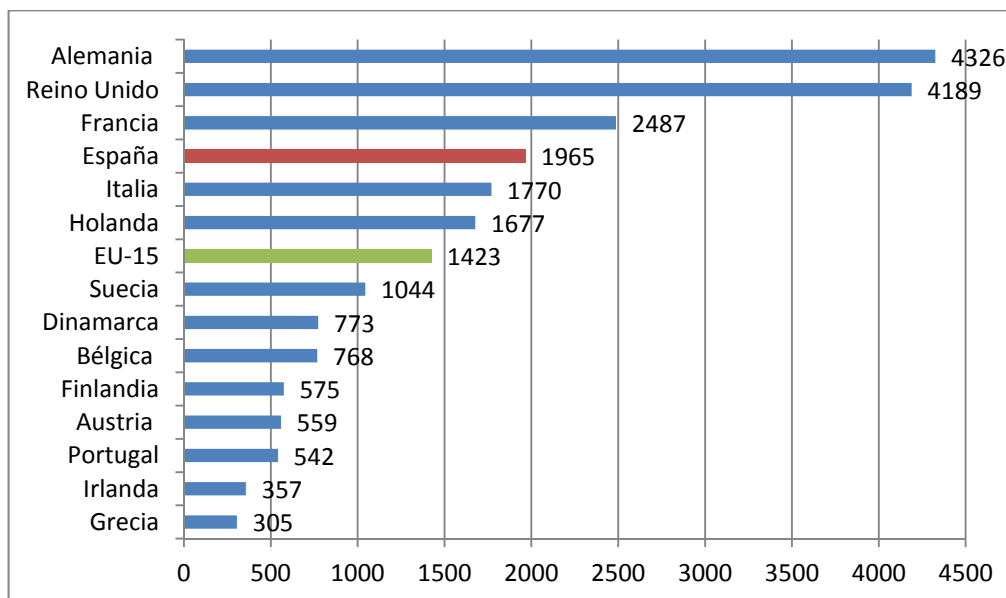


Figura 68. Producción científica Europea en la categoría de Biotecnología y Microbiología Aplicada en el tercer cuartil de FI (FI medio-altos) durante el período 2000-2010.

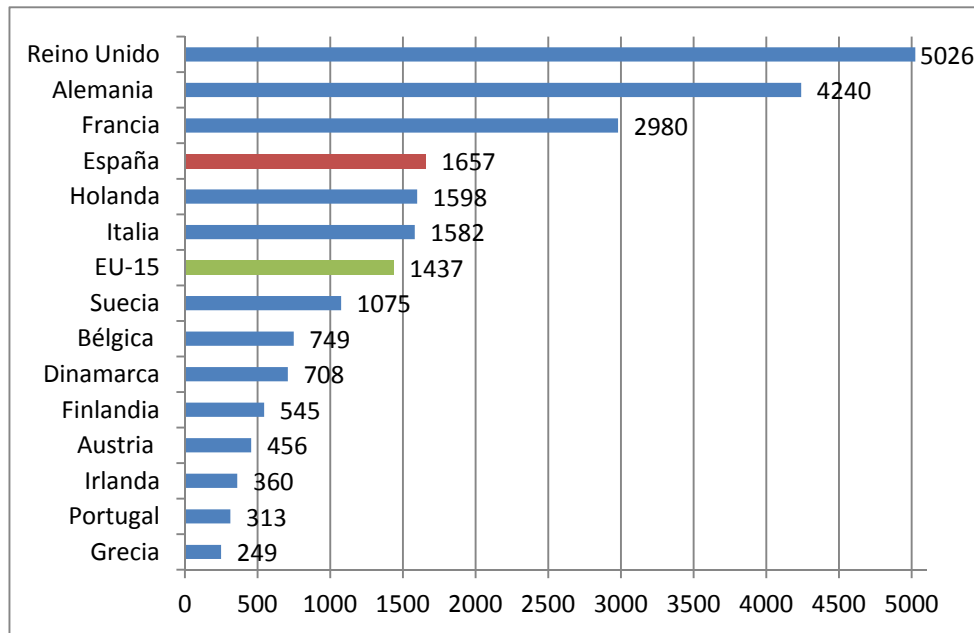


Figura 69. Producción científica Europea en la categoría de Biotecnología y Microbiología Aplicada en el cuarto cuartil de FI (FI más altos) durante el período 2000-2010.

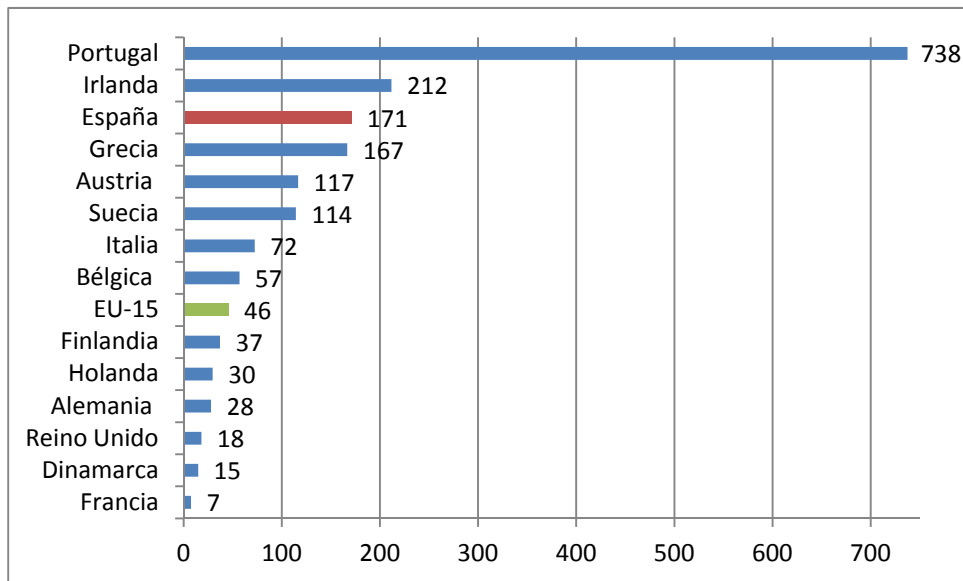


Figura 70. Tasa de crecimiento acumulado de la producción científica europea en Biotecnología y Microbiología Aplicada en el cuarto cuartil de FI (FI más altos) durante el período 2000-2010

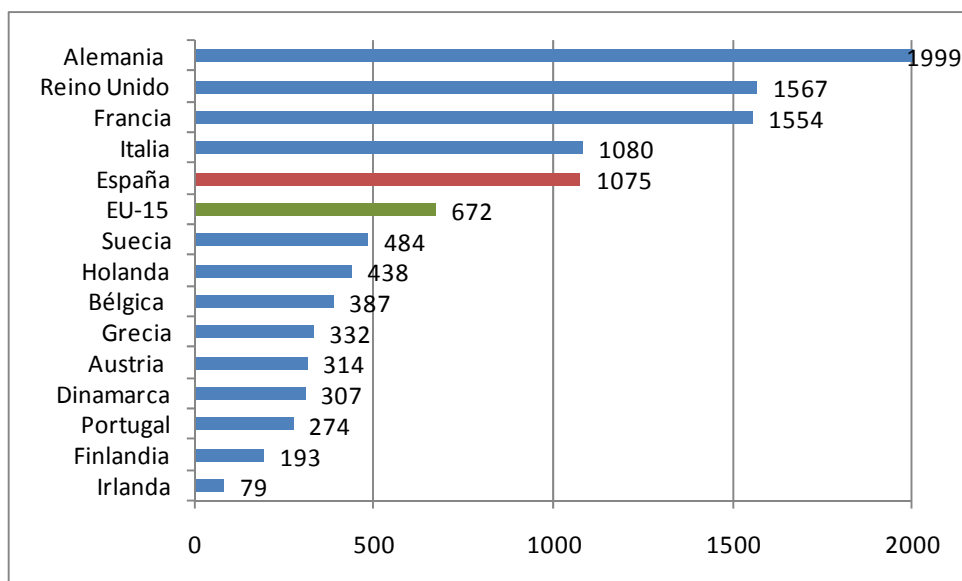


Figura 71. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el primer cuartil de FI (FI más bajos) durante el período 2000-2010.

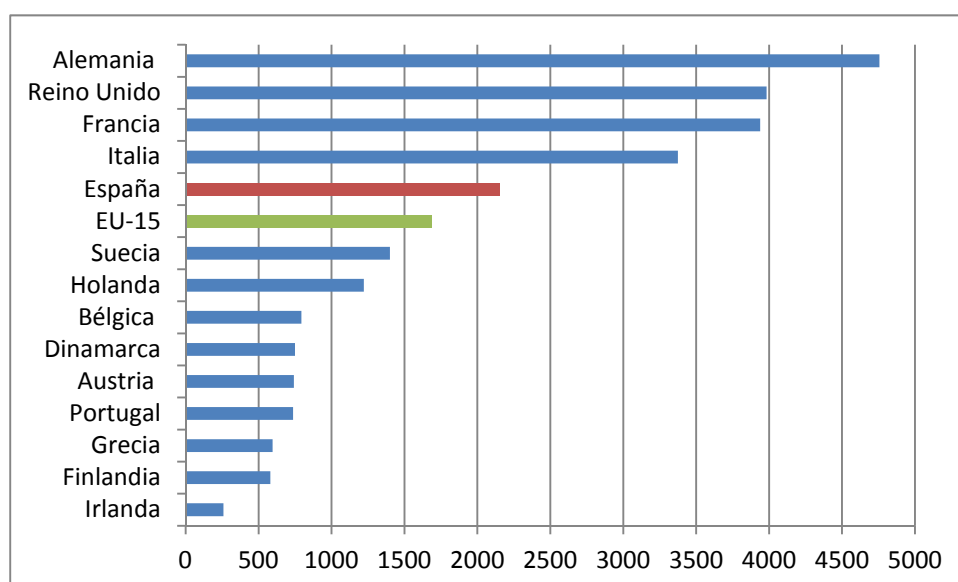


Figura 72. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el segundo cuartil de FI (FI medio-bajos) durante el período 2000-2010.

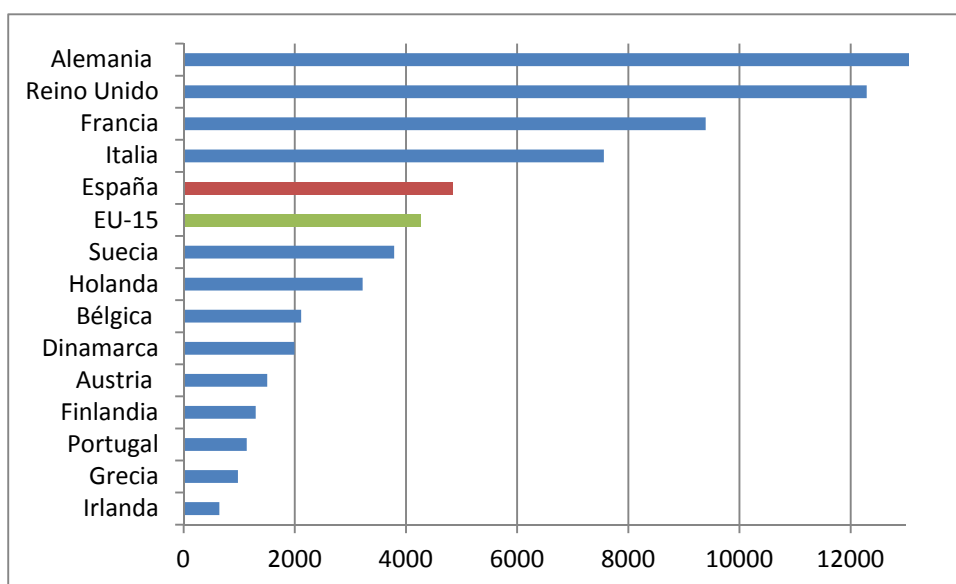


Figura 73. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el tercer cuartil de FI (FI medio-altos) durante el período 2000-2010.

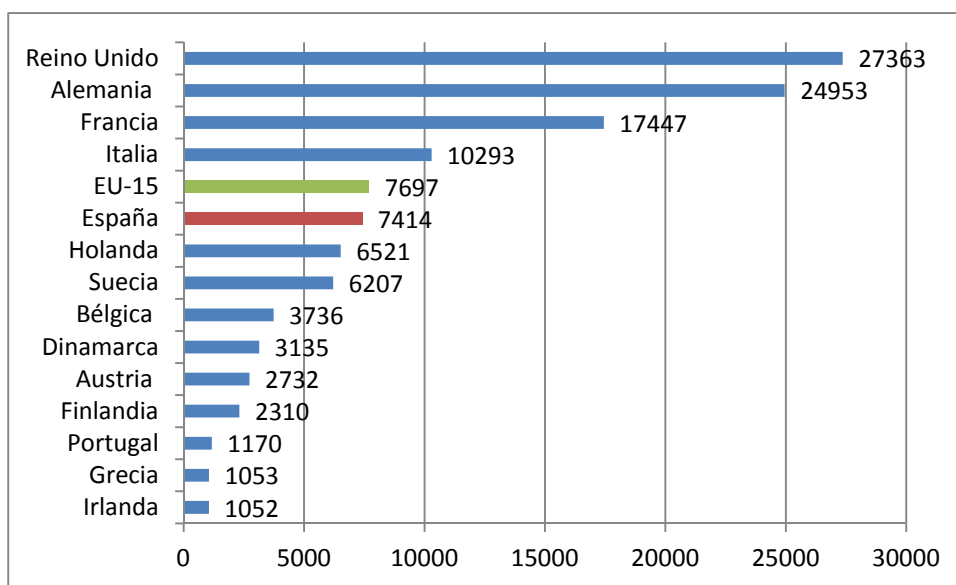


Figura 74. Producción científica europea en la categoría de Bioquímica y Biología molecular en el primer cuartil de FI (FI altos) durante el período 2000-2010.

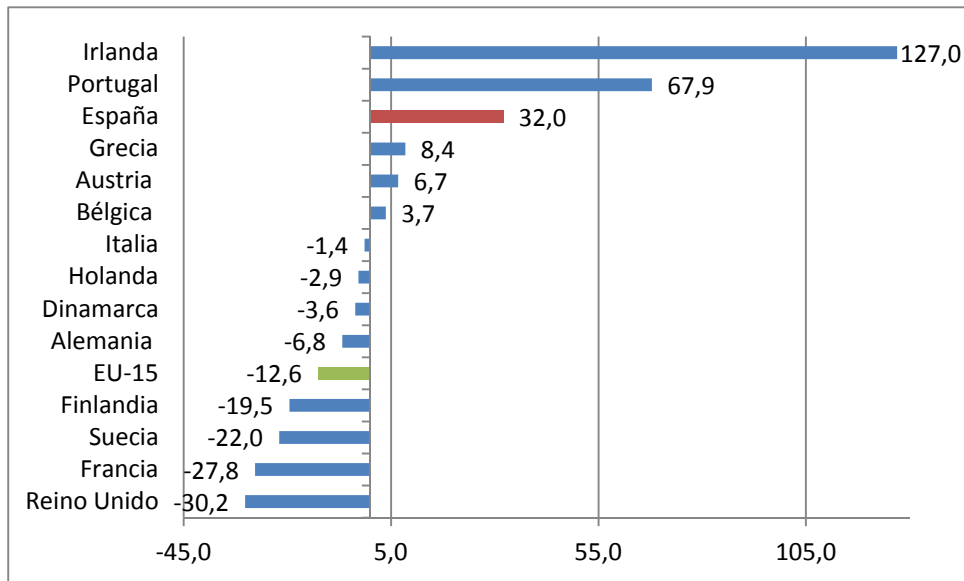


Figura 75. Tasa de crecimiento acumulado de la producción científica europea en Bioquímica y Biología Molecular en el cuarto cuartil de FI (FI más altos) durante el período 2000-2010

4.1.4. Principales hallazgos del capítulo

Los principales hallazgos observados del estudio de la producción científica en Biotecnología son:

- España muestra un crecimiento significativo en la producción científica en *Biotecnología y Microbiología Aplicada* y *Bioquímica y Biología Molecular* durante el período 1990-2009. *Biotecnología y Microbiología Aplicada* es la categoría que ha experimentado un crecimiento más destacado, tres veces superior a *Bioquímica y Biología Molecular*.
- La evolución del número de publicaciones en España en la categoría de *Bioquímica y Biología Molecular* es similar a la observada a nivel mundial y a nivel europeo. En todos los casos se ha observado un aumento de la producción durante el período comprendido entre 1990-1999, más acusado a nivel mundial. A partir del año 2000 se observa una estabilización en el número de publicaciones, manteniéndose prácticamente constante a ambos niveles estudiados.
- En el caso de la producción científica en *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, España también muestra la misma tendencia que la observada a nivel mundial y europea. En este caso se observa un crecimiento continuado durante todo el período analizado (1990-2009).
- España contribuye con un 5% a las publicaciones mundiales en *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, y con un 3% respecto a la producción mundial en *Bioquímica y Biología Molecular*. En el contexto europeo, España representa un 12% de las publicaciones de la UE-15 en *Biotecnología y Microbiología Aplicada* europea y un 7% en el caso de *Bioquímica y Biología Molecular*.
- A pesar del crecimiento en el número de publicaciones en ambas categorías durante todo el período, la evolución como porcentaje del número total de publicaciones españolas sigue una evolución distinta. En el caso de *Bioquímica y Biología Molecular* este porcentaje decrece a lo largo de todo el período pasando de un 7% en 1990 a representar un 3,5% de la producción científica total española en 2009. La contribución científica de la categoría de

Biotecnología y Microbiología Aplicada al total español experimenta un crecimiento desde 1990 hasta 1996. A partir de ese año, la contribución se mantiene constante con valores que oscilan alrededor del 2% respecto al total español.

- El factor de impacto medio de las revistas con publicaciones españolas aumenta para las dos categorías estudiadas durante todo el período considerado (1998-2008). De esta forma, aumenta el número de publicaciones en revistas de alto factor de impacto, incluso por encima de la media europea, y disminuyendo el porcentaje de publicaciones en revistas de bajo factor de impacto.

4.2. Identificación de grupos de investigación

En este apartado se analiza la evolución de los grupos de investigación mediante técnicas de análisis de redes sociales, utilizando registros de WoS. Como se ha mencionado en el apartado de metodología se ha aplicado este análisis a los años 1990, 2000 y 2009. Este análisis permite identificar la evolución de recursos humanos destinados a investigación biotecnológica, considerando el número y tamaño de los grupos de investigación con mayor potencial para realizar tareas de transferencia de conocimiento al sistema productivo, así como la “cooperación científica”, medida a través de análisis de redes.

Se ha utilizado para este análisis la categoría de Biotecnología y Microbiología Aplicada como el más representativo del sector biotecnológico y por ser metodológicamente más abordable, por tener un menor número de investigadores identificados durante el período estudiado.

El análisis de la red de autores de 1990, que tiene un tamaño de 1.001 actores, muestra que es una red muy poco cohesionada con una densidad del 0,00021 y con una desviación estándar de 0,0578. La densidad es muy baja, e indica que sólo un 0,021% de los actores están presentes en la red.

La tabla 30 recoge los estadísticos descriptivos que hacen referencia a datos de centralidad de la red. La media indica el número de interacciones entre actores, en este caso es de 3,93 relaciones entre actores. La desviación estándar hace referencia a la media de relaciones. En este caso la desviación estándar está muy cercano al valor de la media, lo que indica que existe una gran dispersión en los datos. La suma hace referencia a la suma de todas las relaciones, en este caso 3934 relaciones. Los valores mínimo y máximo hacen referencia al valor mínimo y máximo de relaciones en un nodo. En este caso, el valor máximo de relaciones que establece un nodo de la red es 22 relaciones, y el número mínimo 0, lo que indica que hay investigadores en la red que no han colaborado con nadie en 1990.

El grado de centralización de la red es del 0,30%, mostrando una red en la que prácticamente no hay ningún actor destacado que ocupe una posición central.

Tabla 30. Descriptivos generales de centralidad de la red de autores de artículos científicos del año 1990.

	Grado	Grado normalizado	%
Media	3,9	0,07	0,001
Desviación estándar	3,4	0,06	0,001
Suma	3934	65,6	1,0
Varianza	11,8	0,003	0,0
Mínimo	0,0	0,0	0,0
Máximo	22	0,4	0,006
Casos observados	1001	1001	1001

Los valores estadísticos descriptivos del grado de intermediación (tabla 31) muestran que la red tiene una media de 1,82 relaciones entre actores, es decir, un actor se relaciona con 1,82 actores de media. En total se establecen 1.822 relaciones entre 1.001 actores de la red. El valor mínimo en el grado de intermediación indica que hay actores que no establecen relaciones, es decir, están “aislados”.

Tabla 31. Descriptivos generales del grado de intermediación de la red de autores de artículos científicos del año 1990.

	Grado de intermediación	Grado de intermediación normalizado
Media	1,8	0,0
Desviación Estándar	8,02	0,001
Suma	1822	0,2
Varianza	64,3	0,0
Mínimo	0,0	0,0
Máximo	112	0,01
Casos observados	1001	1001

La tabla 32 recoge los estadísticos generales para el grado de cercanía. Este valor nos indica la capacidad de un actor de llegar o influir en el resto de los actores de la red. En esta red el grado de cercanía medio es de 0,100. El valor mínimo y máximo del grado de cercanía son muy parecidos. Todos estos valores de cercanía también indican que los actores o investigadores que forman la red están muy aislados, y los grupos de investigadores apenas se relacionan entre sí.

Tabla 32. Descriptivos generales del grado de cercanía de la red de autores de trabajos científicos del año 1990.

	Grado de cercanía
Media	0,1
Desviación estándar	0,0
Suma	100,3
Varianza	0,0
Mínimo	0,1
Máximo	0,1
Casos observados	1001

Se ha realizado un análisis de componentes principales de los datos contenidos en la matriz que contiene el número de relaciones entre los autores de trabajos científicos relacionados con la Biotecnología en 1990. Este análisis muestra 33 grupos de investigadores (figura 76). Estos grupos son pequeños, la mayoría con menos de cuatro investigadores. El tamaño de los nodos indica el número de trabajos publicados en 1990.

Los valores de la estadística univariante de la red de investigadores autores de trabajos científicos relacionados con el área de la Biotecnología muestra que conforman un red muy poco densa, al igual que ocurría con la red de autores de 1990 (tabla 33). La media de todas las relaciones posibles de 0,003, es decir sólo están presentes en la red un 0,3% de las relaciones posibles en la red. La desviación estándar es mayor que la media, esto indica que hay una gran variabilidad en los datos. La densidad de la red es 0,0026 con una desviación estándar del 0,0685.

Tabla 33. Datos de estadísticos univariantes de la red de autores de artículos científicos del año 2000.

	Valor estadístico
Media	0,003
Desviación estándar	0,07
Suma	4249
Varianza	0,005
Mínimo	0,0
Máximo	7
Casos observados	1.267

La media del grado de centralidad muestra un total de 6,1 relaciones entre los actores, aunque es un valor más alto que la red de 1990, sólo representan un 0,001% de toda la red (tabla 34). En este caso la desviación estándar es más algo más pequeña que la media, indicando un poco menos de variabilidad en las relaciones. En total se producen 7.758 relaciones entre 1.267 investigadores miembros de la red, con un máximo de 37.

Tabla 34. Descriptivos generales de centralidad de la red de autores de artículos científico del año 2000.

	Grado	Grado normalizado	%
Media	6,1	0,07	0,001
Desviación estándar	4,7	0,05	0,001
Suma	7758	87,5	1,0
Varianza	22,09	0,003	0,0
Mínimo	0,0	0,0	0,0
Máximo	37	0,4	0,005
Casos observados	1267	1267	1267

El porcentaje de centralización de la red es de 0,35%, prácticamente igual que en la red de 1990.

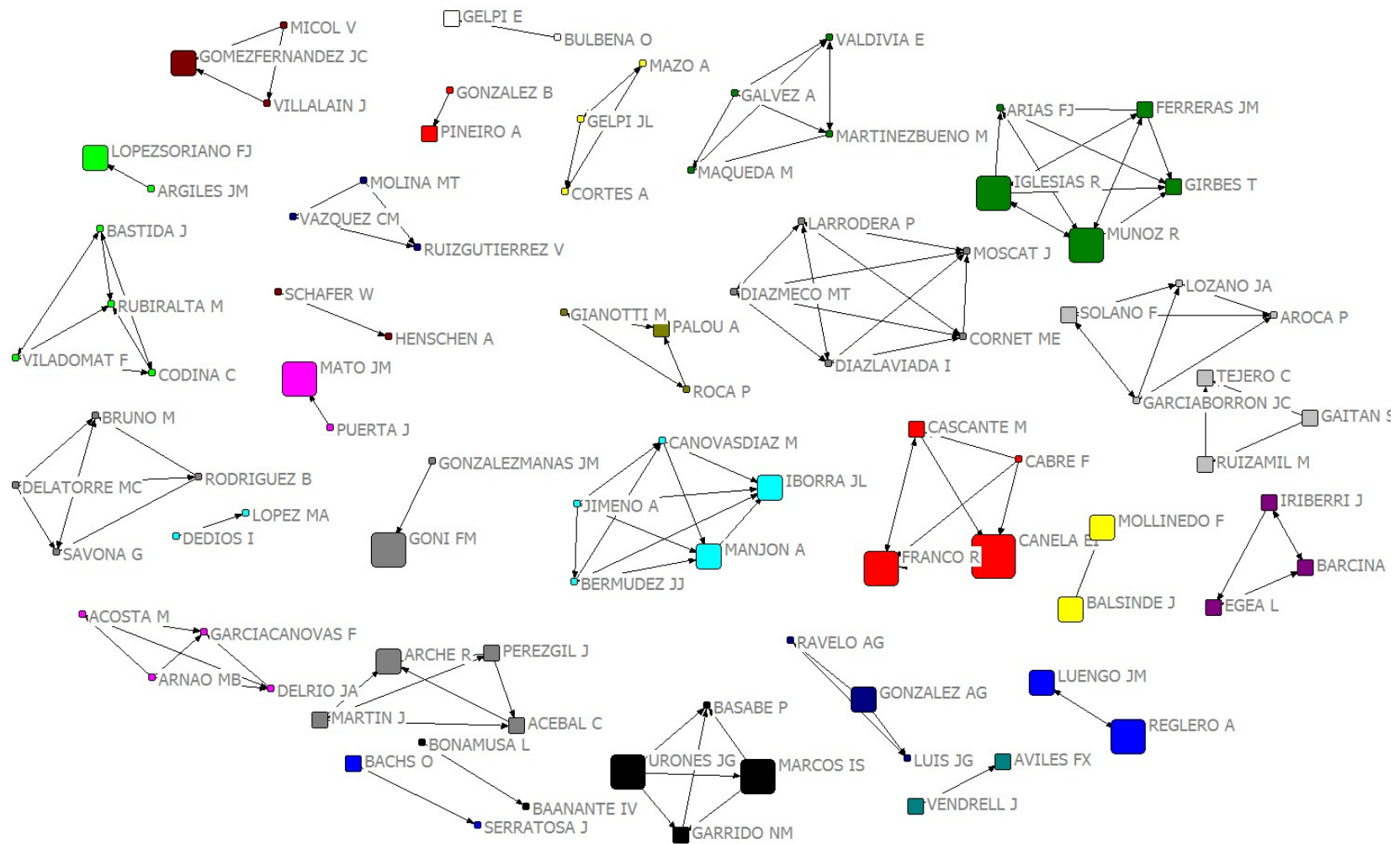


Figura 76. Red de Componentes Principales de la red de autores de trabajos científicos relacionados con la Biotecnología en 1990.

El grado de intermediación de la red del año 2000 es más alto que el del año 1990, muestra una media de 83 es decir un actor puede relacionarse con otros 83 actores, con una alta variabilidad, ya que la desviación estándar es muy superior a la media (tabla 35). El número máximo de relaciones de un actor es 7.382. El grado de concentración de la red es de 0,46%, lo que confirma la baja densidad de la red.

Tabla 35. Descriptivos generales del grado de intermediación de la red de autores de artículos científicos del año 2000.

	Grado de intermediación	Grado de intermediación normalizado
Media	83	0,005
Desviación estándar	416	0,03
Suma	105200	6,6
Varianza	173516	0,001
Mínimo	0,0	0,0
Máximo	7382	0,5
Casos observados	1267	1267

El grado de cercanía o influencia de un investigador sobre el resto de investigadores de la red es de 0,08. Este valor es muy pequeño, más aún que el dato de 1990 (tabla 36). La capacidad de influencia de unos actores de la red sobre otro es muy pequeña, este dato confirma de nuevo el aislamiento de los grupos en una red muy dispersa.

Tabla 36. Descriptivos generales del grado de cercanía de la red de autores de artículos científicos del año 2000.

	Grado de cercanía
Media	0,08
Desviación estándar	0,003
Suma	101,5
Varianza	0,0
Mínimo	0,08
Máximo	0,09
Casos observados	1267

El análisis de componentes principales de la red de 2000 muestra un total de 66 grupos, lo que representa un 50% superior al valor de 1990. En general, los grupos son de pequeño tamaño, con menos de cuatro nodos o investigadores por grupo. Existen 9 grupos con cuatro o más nodos (figura 77). Estos grupos albergan a los investigadores

más productivos, junto con dos grupos más pequeños que contienen a los dos investigadores más productivos de 2000.

La red de autores de trabajos científicos españoles relacionados con la biotecnología sólo muestra un 0,3% de todas las relaciones posibles (tabla 37). La densidad de esta red, al igual que ocurría con los casos anteriores también es muy pequeña, con una densidad del 0,03% y una desviación estándar de 7%. El número de casos observados es 1.080 con un número de relaciones total de 3.486 y un número de relaciones máximo por actor de 8.

Tabla 37. Datos estadísticos univariantes de la red a autores de artículos científicos del año 2009.

	Valor estadístico
Media	0,003
Desviación estándar	0,07
Suma	3486
Varianza	0,005
Mínimo	0,0
Máximo	8,0
Casos observados	1.080

El grado de centralidad de la red muestra una media de 6 relaciones para un total de 1.080 nodos o investigadores que conforman la red, con un máximo de 49 relaciones (tabla 38). La suma total de relaciones es de 6.480. La desviación estándar y la varianza indican una menor variabilidad que en el año 1990. El porcentaje de centralización de la red es de 0,50%, más alto que los años anteriores.

Tabla 38. Descriptivos generales de centralidad de la red de autores de artículos científico del año 2009.

	Grado	Grado normalizado	%
Media	6,0	0,07	0,001
Desviación estándar	4,9	0,06	0,001
Suma	6480	75,07	1,0
Varianza	23,7	0,003	0,0
Mínimo	0,0	0,0	0,0
Máximo	49	0,6	0,008
Casos observados	1080	1080	1080

El grado de intermediación muestra una media de relaciones por actor de 14,970 con un máximo de 1.114 relaciones y un total de 16.168 relaciones en total. El grado de concentración, de 0,09% muestra una red muy poco compacta (tabla 39).

Tabla 39. Descriptivos generales del grado de intermediación de la red de autores de artículos científicos del año 2009

	Grado de intermediación	Grado de intermediación normalizado
Media	14,9	0,001
Desviación estándar	67,4	0,006
Suma	16168	1,4
Varianza	4548	1,4
Mínimo	0,0	0,0
Máximo	1114,5	0,1
Casos observados	1080	1080

El grado de cercanía o el grado de influencia de los actores muestra una media de 0,093 por actor (tabla 40).

Tabla 40. Descriptivos generales del grado de cercanía de la red de autores de artículos científicos del año 2009.

	Grado de cercanía
Media	0,09
Desviación estándar	0,001
Suma	100,7
Varianza	0,0
Mínimo	0,09
Máximo	0,1
Casos observados	1080

El análisis de componentes principales de la red muestra un total de 38 grupos, en este caso el número de grupos es un 43% menor al del año 2000 y algo superior al del año 1990 (figura 78). En la red de componentes principales se puede observar 6 grupos con más de cuatro investigadores. Estos grupos, sin embargo, tienen un mayor número de nodos que el resto de grupos observados en los años anteriores.

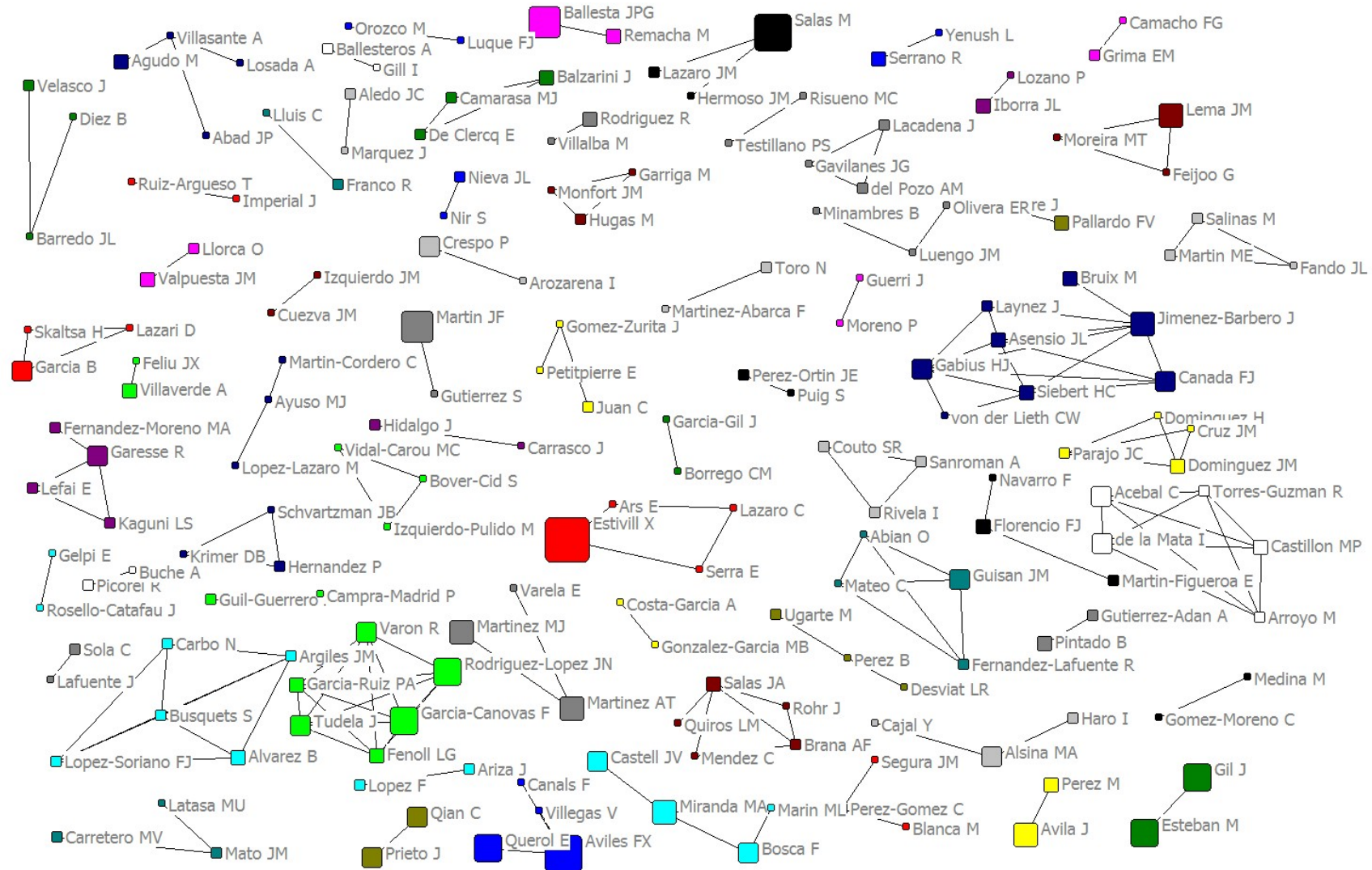


Figura 77. Red de componentes principales de la red de autores de trabajos científicos relacionados con la Biotecnología en 2000.

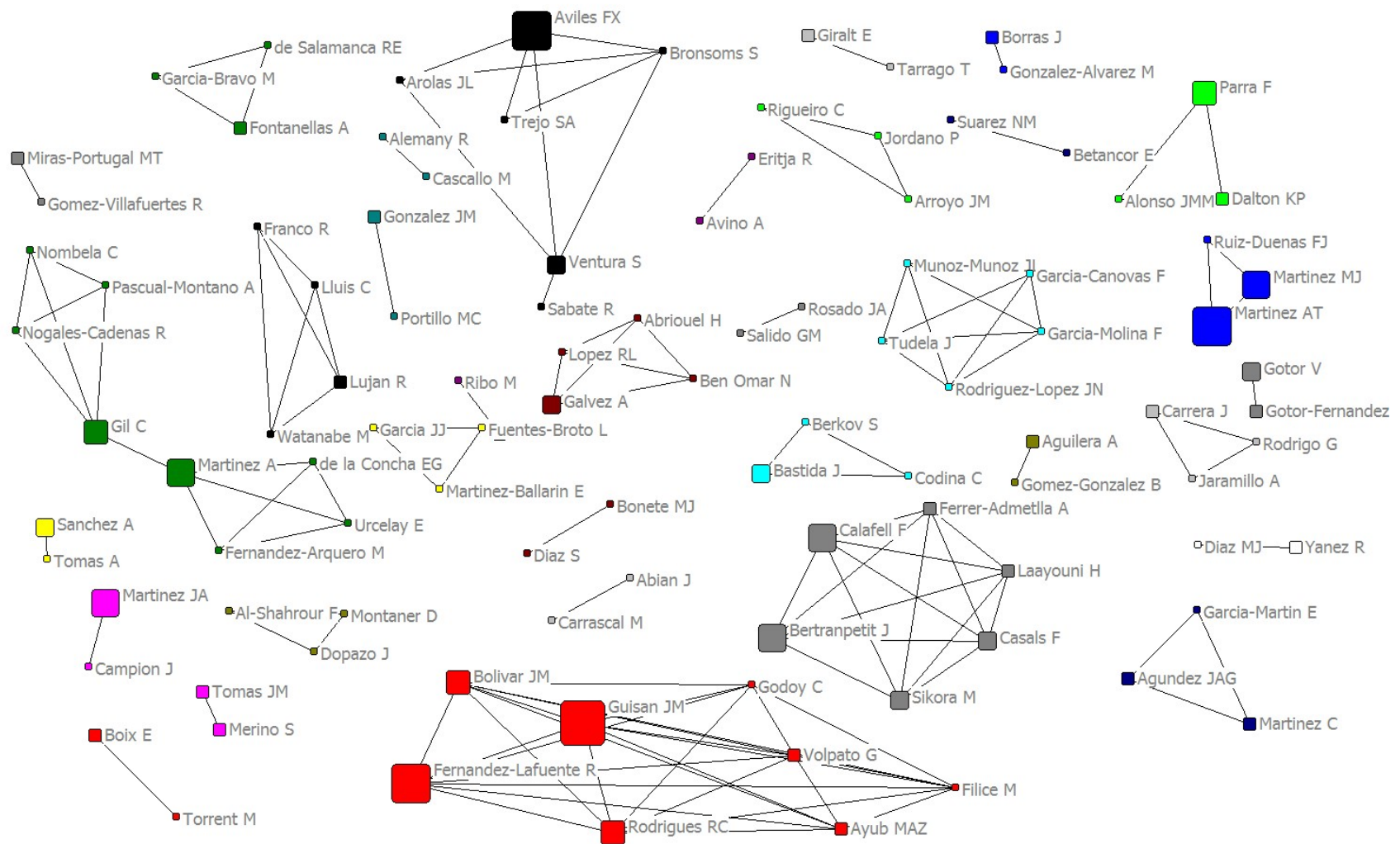


Figura 78. Red de componentes principales de la red de autores de trabajos científicos relacionados con la Biotecnología en 2009.

4.2.1. **Caso detallado de la identificación de grupos de investigación en la categoría de Biotecnología y Microbiología Aplicada.**

La identificación de grupos de investigación se basa en la utilización de técnicas de análisis de redes sociales (ver metodología). En este apartado se consideran los autores de artículos científicos recogidos en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* durante el período 2007-2008. Para la realización de la matriz de colaboración se han tenido en cuenta aquellos autores con más de dos artículos durante el período analizado. El resultado es un mapa de colaboración formado por 505 nodos. En la figura 79 se muestra un mapa donde se representa los grupos de investigadores que han publicado más de 3 artículos durante el período estudiado para simplificar la visualización. En total se observan 53 grupos en una red muy poco cohesionada.

El programa *NetDraw* hace posible el análisis multivariable mediante Escalado Multidimensional (“Multidimensional Scaling” (MDS)). Este análisis permite la identificación grupos de investigación mediante el análisis de las similitudes y distancias producidas entre variables. La figura 79 muestra el resultado del análisis MDS. El color de los nodos o investigador representan el grupo de investigación al que pertenecen y el tamaño de los nodos representa el número de publicaciones de cada investigador. El análisis MSD muestra un total de 28 grupos de investigación con un alto número de publicaciones científicas durante 2007-2008.

En este estudio también se realiza un análisis factorial para la identificación de grupos (figura 80). El análisis factorial permite reducir el número de variables y detectar una estructura en función de sus relaciones. El color del nodo indica al grupo al que pertenece el investigador y el tamaño del nodo indica el número de relaciones que mantiene con otros actores o nodos de la red. En total se han identificado 31 grupos de investigación dentro de la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* durante el período 2007-2008 (tabla 41).

Tabla 41. Factores calculados para las relaciones entre autores de trabajos durante el período 20007-2008 en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*.

Grupo	Factores propios	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)	Ratio
1	650,4	60,0	60,0	0,02
2	30,6	2,8	62,9	0,30
3	17,5	1,6	64,5	0,10
4	15,2	1,4	65,9	0,07
5	13,0	1,2	67,1	0,05
6	12,8	1,2	68,3	0,05
7	9,9	0,9	69,2	0,03
8	9,4	0,9	70	0,03
9	8,9	0,8	70,9	0,03
10	8,5	0,8	71,7	0,02
11	8,1	0,8	72,4	0,02
12	7,8	0,7	73,1	0,02
13	7,2	0,7	73,8	0,02
14	7,0	0,6	74,4	0,02
15	6,8	0,6	75,1	0,02
16	6,4	0,6	75,7	0,01
17	6,2	0,6	76,2	0,01
18	6,2	0,6	76,8	0,01
19	5,5	0,5	77,3	0,01
20	5,3	0,5	77,8	0,01
21	5,2	0,5	78,3	0,01
22	5,0	0,5	78,7	0,01
23	4,8	0,4	79,2	0,01
24	4,7	0,4	79,6	0,01
25	4,5	0,4	80	0,01
26	4,5	0,4	80,4	0,01
27	4,1	0,4	80,8	0,01
28	4,0	0,4	81,2	0,01
29	4,0	0,4	81,6	0,01
30	3,9	0,4	81,9	0,01
31	3,9	0,4	82,3	0,01

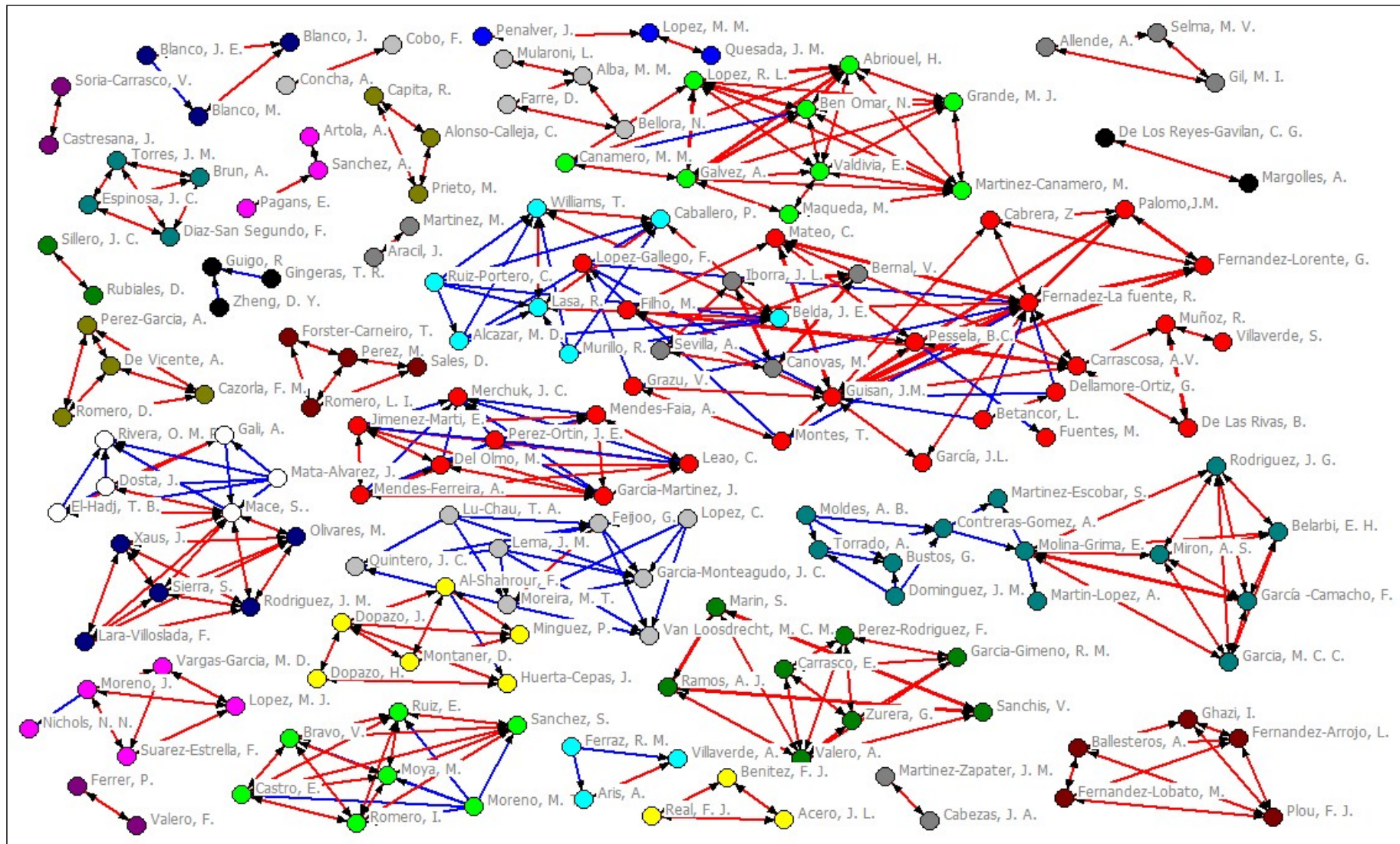


Figura 79. Mapa de colaboración de investigadores en el área de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* durante el período 2007-2008.

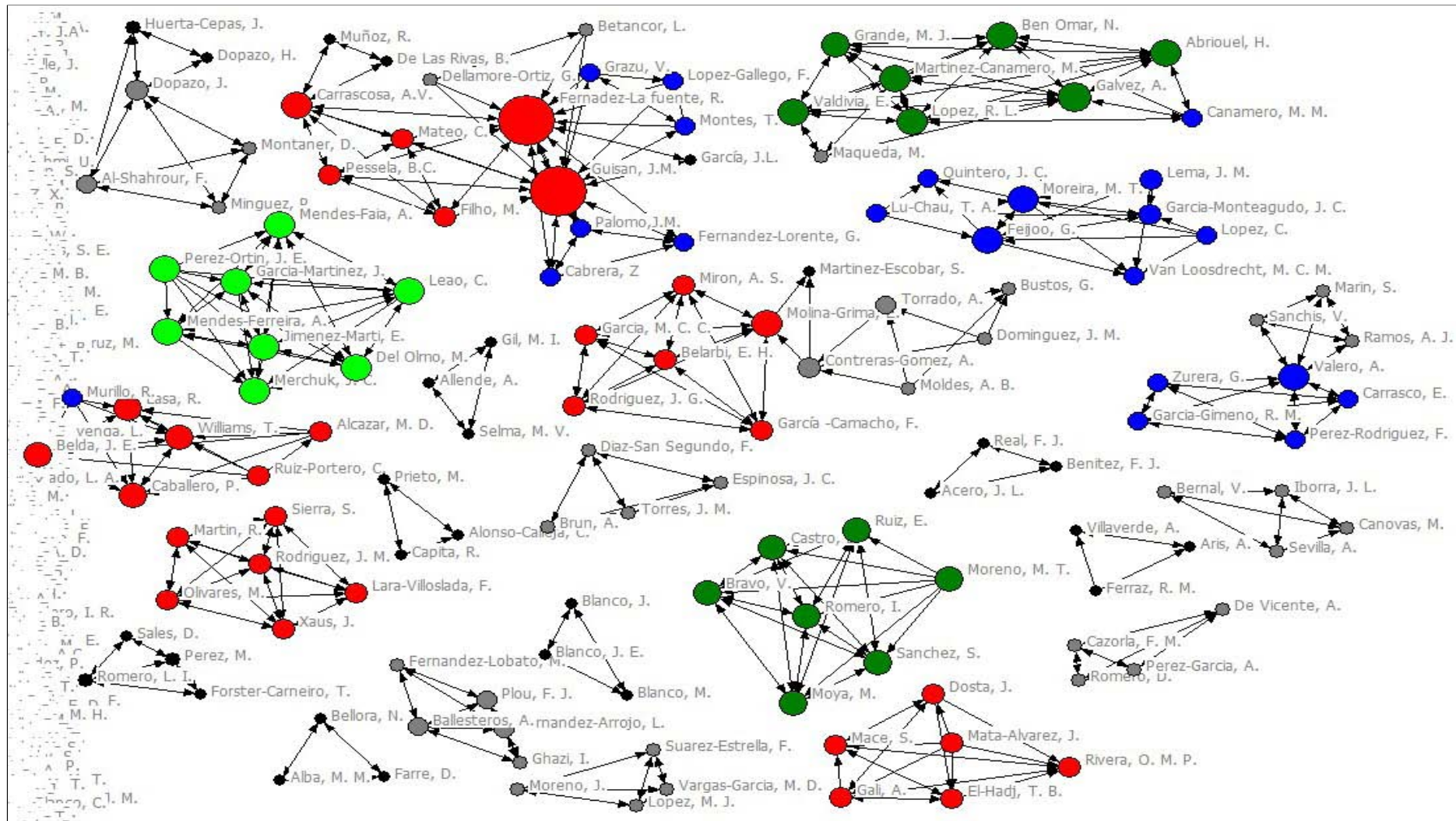


Figura 80. Mapa resultante del análisis MDS entre investigadores en el área de Biotecnología y Microbiología Aplicada (2007-2008).

4.2.2. *Detalle de los principales grupos de investigación resultantes del análisis factorial basado en la producción científica recogida en WoS*

El análisis factorial realizado a partir de la producción científica recogida en WoS durante el período 2007-2008 muestra 31 grupos distintos identificados por un calor distinto según el valor “*K-cores*”, que permite identificar distintos sub-grupos de actores dentro de una red. El grupo de mayor tamaño dentro de los 31 identificados, está formado por 89 nodos o investigadores (figura 80). Este gran grupo se puede dividir en 12 sub-grupos distintos. El sub-grupo de mayor tamaño, identificado con color rojo, está representado por 25 investigadores que pertenecen a cuatro grupos distintos del CSIC (figura 81). Dentro de estos grupos del CSIC, el grupo con mayor número de investigadores (14 investigadores) es el de *Ingeniería enzimática del Departamento de Biocatálisis del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica* del CSIC y en él grupo se encuentran representados los autores con mayor productividad científica durante el período 2007-2008. Además, es el grupo con mayor número de colaboraciones tanto con entidades nacionales como con instituciones extranjeras. El mayor número de colaboraciones se produce con otros institutos del CSIC, como el *grupo de Fisiología y Tecnología de Productos Vegetales del Instituto de la Grasa*, con el *grupo de Estructura de Macromoléculas de Centro de Investigaciones Biológicas* y con el *Departamento de Microbiología del Instituto de Fermentaciones Industriales*. Todas estas relaciones con otros grupos del CSIC conforman el mayor grupo de colaboración del estudio formado por un total de 30 investigadores, debido fundamentalmente a que todos pertenecen a la misma institución, el CSIC, y que alguno de los actores son investigadores en dos grupos distintos. Además todos ellos trabajan en temáticas similares relacionadas con bio-catálisis, siendo el tema central de la investigación las enzimas inmovilizadas.

Otro grupo importante consta de 45 nodos, constituido a su vez por 5 subgrupos (figura 82). Dentro de estos subgrupos, el mayor en cuanto a número de trabajos publicados (color rojo), está formado por 10 investigadores adscritos al grupo de *Biología de Microalgas Marinas del Departamento de Ingeniería Genética de la Universidad de Almería*. Durante el período estudiado, se han identificado colaboraciones con al menos con cuatro grupos más: el grupo de *Biología*

Alimentaria del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de Orense, el grupo de Biotecnología Ambiental del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Barcelona, el grupo de Ingeniería Química del Instituto de Tecnología de la Universidad de Santiago e Ingeniería Química de la Escuela de Ingenierías de la Universidad de Santiago y con el grupo de la Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Valencia.

El siguiente grupo con mayor número de investigadores identificado mediante el análisis de factores está formado por 33 investigadores (figura 83). Dentro de éste se observan tres sub-grupos relacionados entre sí por un investigador perteneciente al *Centro de Biología Molecular Severo Ochoa* del CSIC y que se relaciona con otro grupo del *Instituto de Biología Molecular* de Barcelona y con un investigador de una unidad asociada del CSIC perteneciente al *Centro de Genética Médica y Molecular de Cataluña*. Nuevamente se observa una mayor interacción entre centros pertenecientes a la misma institución aunque estén situados en comunidades distintas.

El último grupo con un elevado número de investigadores está constituido por 27 nodos (figura 84). Por número de trabajos publicados en el período estudiado dos investigadores del *Grupo de control genético y molecular del desarrollo reproductivo de plantas del Centro Nacional de Biotecnología* (CNB). Este grupo es bastante atípico pues aparece un sub-grupo bastante grande formado por 8 nodos pertenecientes a investigadores en institutos del extranjero. También se ha podido observar una colaboración de estos mismos investigadores con el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (INIA). Esta colaboración se produce porque uno de los investigadores del CNB perteneció anteriormente a este grupo del INIA.

Cabe señalar que aunque estos datos constituyen a una imagen estática focalizada en el año 2008, su proximidad en el tiempo y la información obtenida, permite señalar hacia una significativa escasez de interrelaciones entre los distintos grupos. Hecho que se evidencia a escala interinstitucional e incluso intrainstitucional.

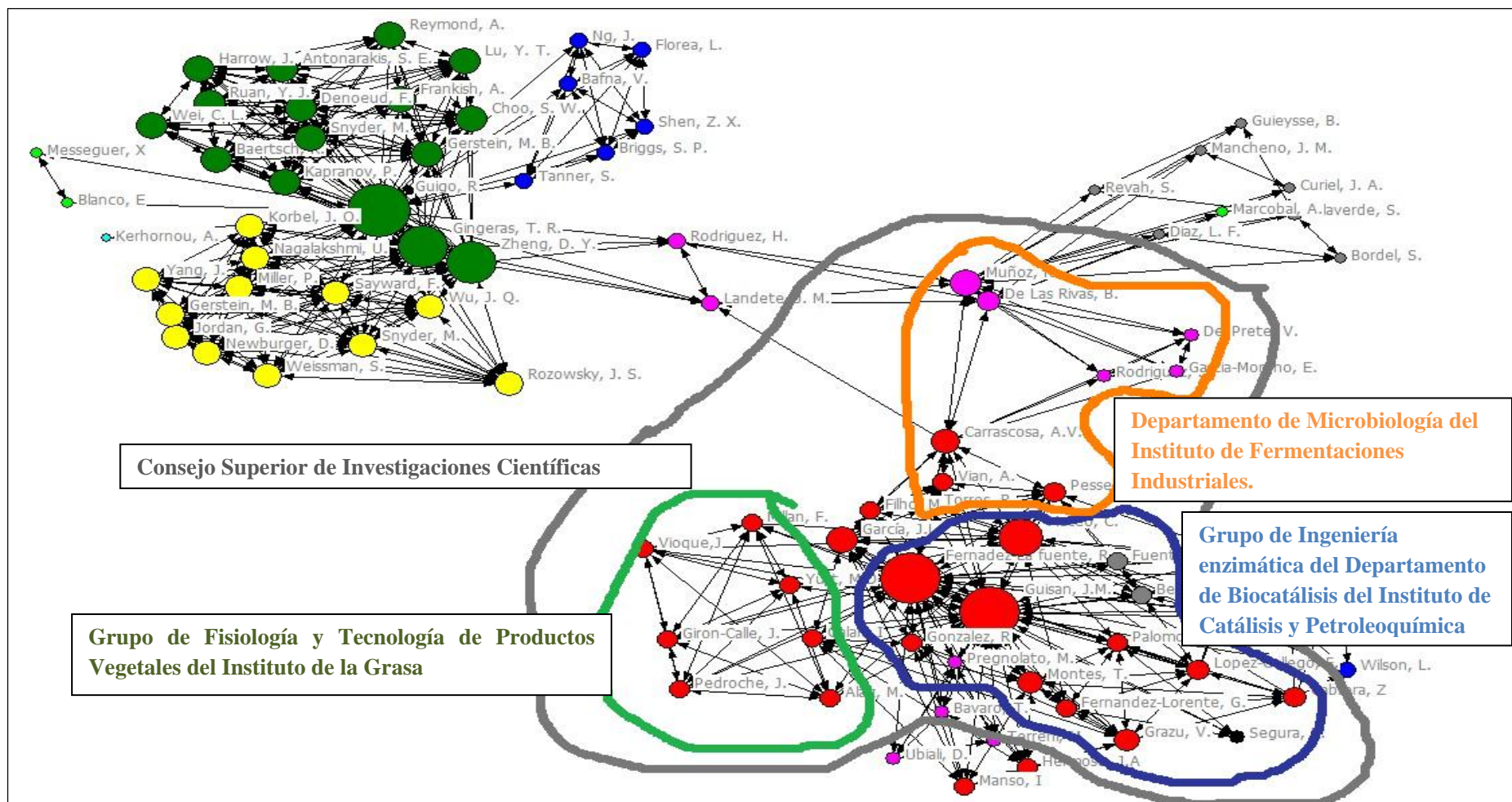


Figura 81. Detalle del grupo número resultante del análisis factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de *Biología y Microbiología Aplicada* del ISI-Thompson.

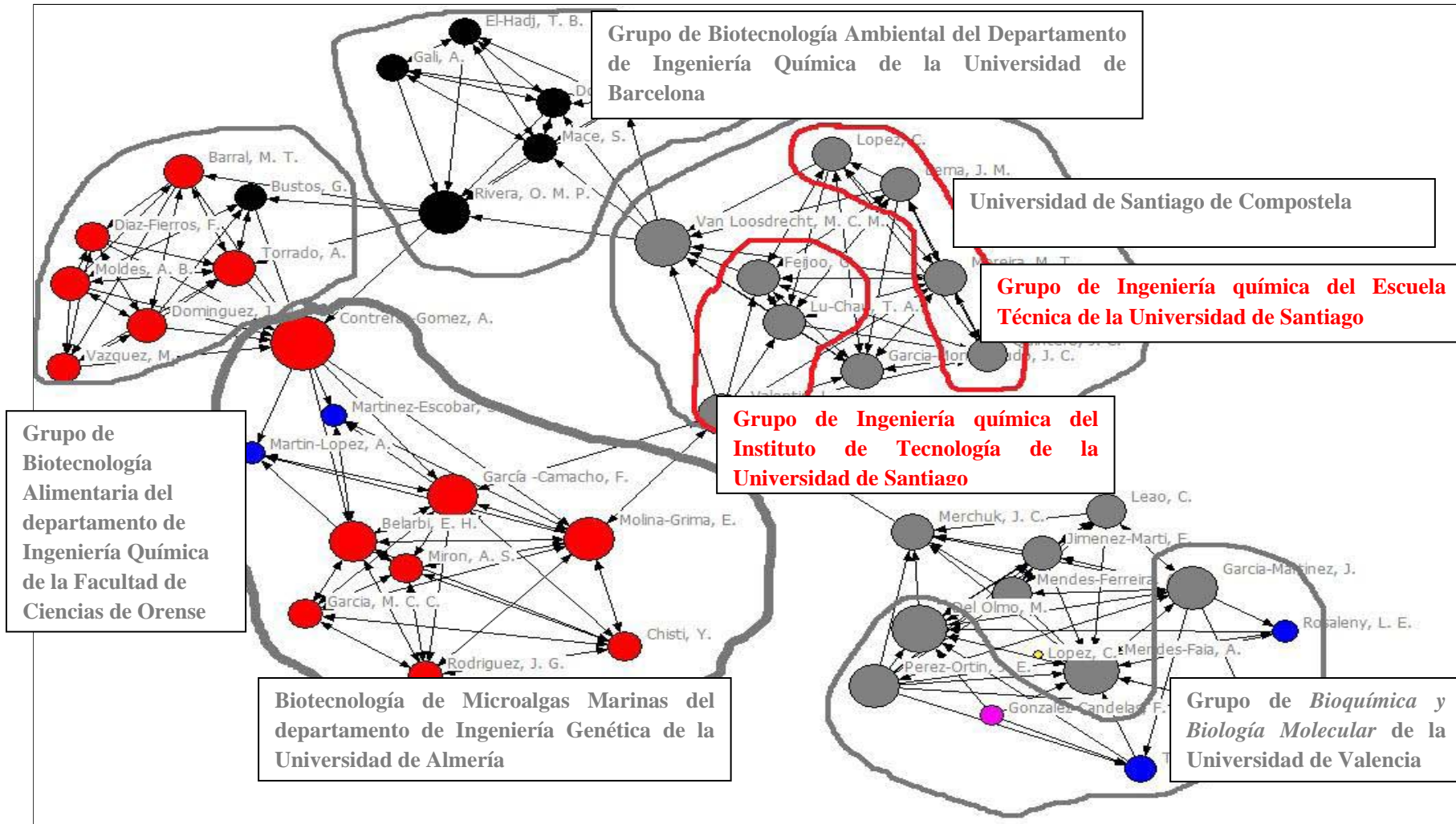


Figura 82. Detalle del grupo número resultante del análisis de factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada* del ISI-Thompson.

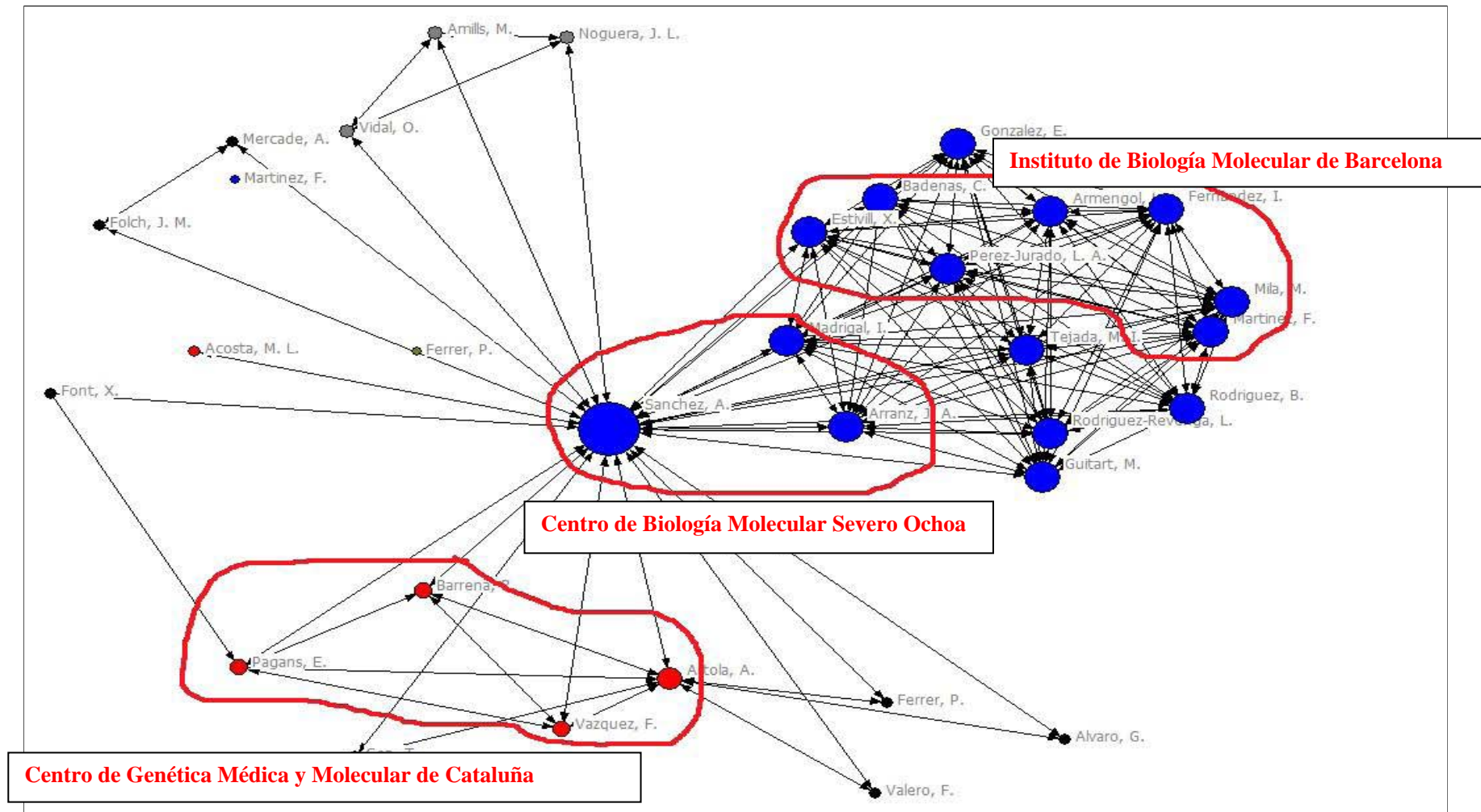


Figura 83. Detalle del grupo número resultante del análisis de factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de *Biología y Microbiología Aplicada* del ISI-Thompson.

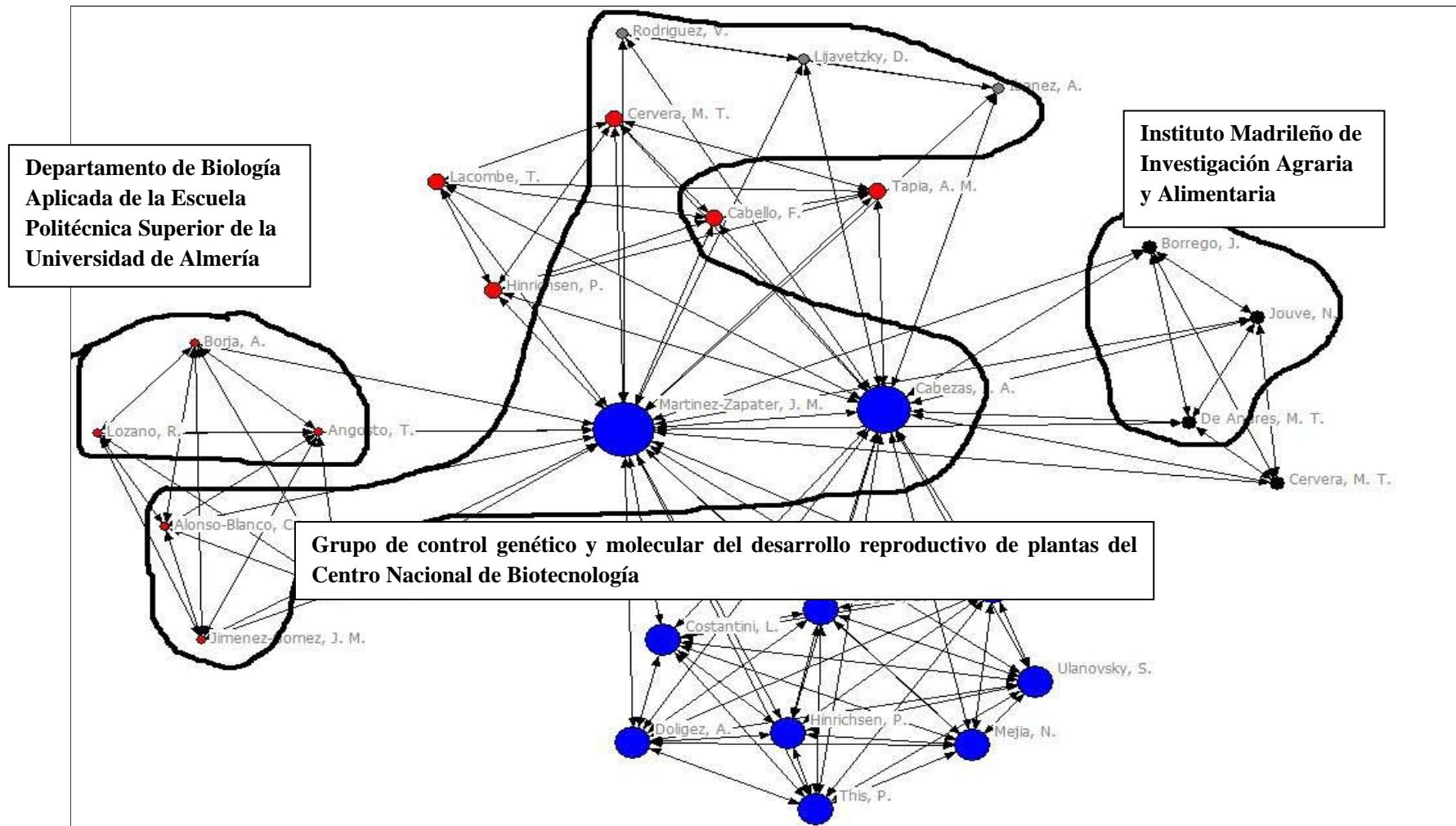


Figura 84. Detalle del grupo número resultante del análisis de factorial de las colaboraciones entre autores de artículos publicados durante el período 2007-2008 en la categoría de *Biología y Microbiología Aplicada* del ISI-Thompson.

4.2.3. Principales hallazgos del capítulo

En análisis factorial realizado sobre los investigadores con mayor número de publicaciones durante el período estudiado ha mostrado que:

- Los grupos son de reducido número de investigadores.
- Los grupos son altamente especializados, desde el punto de vista disciplinar.
- El número de relaciones científicas detectadas a través de los trabajos en coautoría es bajo. Fundamentalmente este responde a la elevada especialización disciplinar de los grupos, que pese a utilizar metodologías y técnicas de investigación equiparables, ocupan “nichos científicos” significativamente diferenciados
- Desde el punto de vista temporal se ha observado un moderado incremento en el número de grupos de investigación, así como del tamaño de los mismos. Las interrelaciones no presentan oscilaciones significativas en el período estudiado.

4.3. Análisis de la producción tecnológica durante el período 1990-2009.

El objetivo de este capítulo es analizar la producción tecnológica española correspondientes al sector biotecnológico durante el período 1990-2009, así como su contextualización dentro del ámbito europeo. Este análisis pretende también valorar el impacto de la producción científica española en la generación de patentes biotecnológicas, valoración que se lleva a cabo a partir del estudio de los artículos científicos citados en las patentes.

Como se ha detallado en la sección de metodología, a continuación se recoge el análisis de las patentes biotecnológicas por nacionalidad de los titulares y de los inventores de las patentes. En primer lugar se detallan los resultados obtenidos en la oficina de patentes USPTO y en segundo lugar se detallan los resultados obtenidos en la oficina de patentes EPO.

4.3.1. *Patentes biotecnológicas españolas concedidas por la USPTO.*

Durante el período analizado (1990-2009) se han registrado en la base de datos USPTO un total de 454 patentes concedidas de titularidad española y 802 patentes concedidas con inventores españoles, lo que representa una media anual de 22 patentes con titularidad española y 40 patentes con inventores españoles. La evolución temporal del número de patentes registradas muestra un comportamiento irregular, con períodos crecientes y decrecientes repetidos a intervalos (figura 85). Se observan dos tramos con una tendencia de crecimiento en el número de patentes tanto con titulares como con inventores españoles, durante los períodos 1990-1999 y el período 2000-2002. Entre 1998 y 2000 se observa un drástico descenso en el número de patentes, llegando a 2000 a alcanzar una tasa de crecimiento del -53% en el número de patentes biotecnológicas con titulares españoles y un 38% en el caso del número de patentes con inventores españoles (figura 86). A partir del año 2002 se observa otro período de decrecimiento del número de patentes registradas en la base de datos USPTO, hasta alcanzar un mínimo relativo en el año 2005. Este fenómeno ha sido también observado tanto en el resto de países miembros de la UE como para EEUU, Japón y Canadá. Cabe entender que esta disminución ha sido provocada por

varios factores, tales como la finalización del proyecto Genoma Humano en 1998 que repercutió en una disminución de patentes relacionadas con DNA a partir de 2001, una crisis económica que afectó a la industria biotecnológica de Estados Unidos en 2000 y un cambio en la legislación sobre patentes de DNA que hizo más restrictivo patentar en este área. A partir del año 2003 la evolución del número de patentes se hace más estable, con un intervalo que oscila entre -25% y el 40%. Además, en el 2006 se observa un crecimiento que continúa el año 2009, donde se alcanza una tasa de crecimiento del 45% para el número de patentes biotecnológicas con titulares españoles y un 11% para el número de patentes biotecnológicas con inventores españoles.

Se han analizado un total de 231 patentes con titularidad española registradas en la USPTO. Los resultados muestran un total de 77 entidades titulares diferentes: 56 empresas, 13 universidades, el CSIC, 2 Organismos Públicos de Investigación y un titular privado. El análisis de la titularidad de las patentes (figura 87) pone de manifiesto que un 68% de las patentes con titularidad española son propiedad de empresas españolas, siendo el número de empresas titulares de una o más patentes biotecnológicas igual a 56. Las Universidades y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) representan casi el 30% restante de las patentes biotecnológicas con titularidad española. Universidades y el CSIC tienen un peso equivalente en este contexto, ya que son titulares de 32 y 31 patentes biotecnológicas respectivamente. El número total de organismos con titularidad no se corresponde con el número total de patentes ya que hay patentes de titularidad compartida, que hacen que el número de titularidades analizadas sea ligeramente superior (236) que el número de patentes (231).

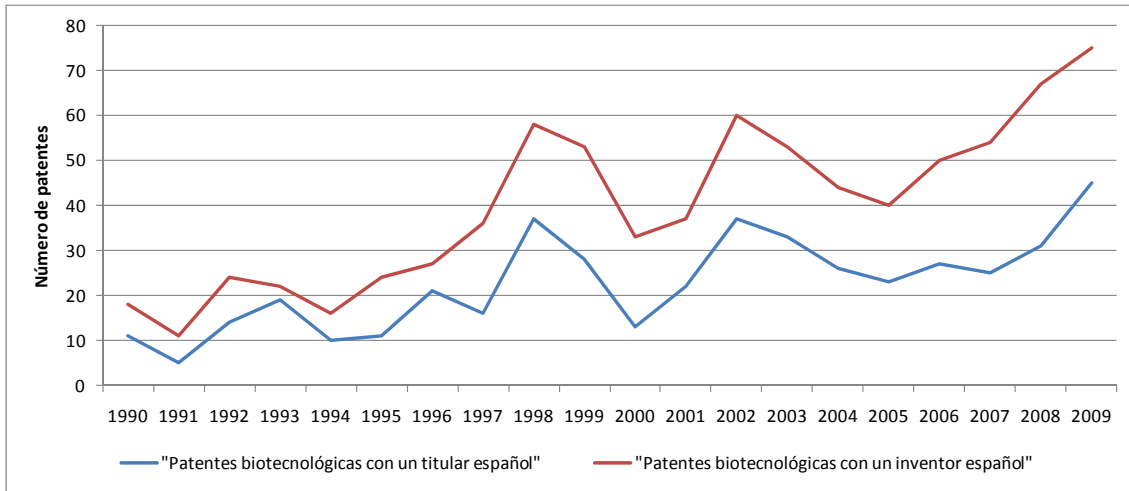


Figura 85. Evolución del número de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares e inventores españoles durante el período 1990-2009.

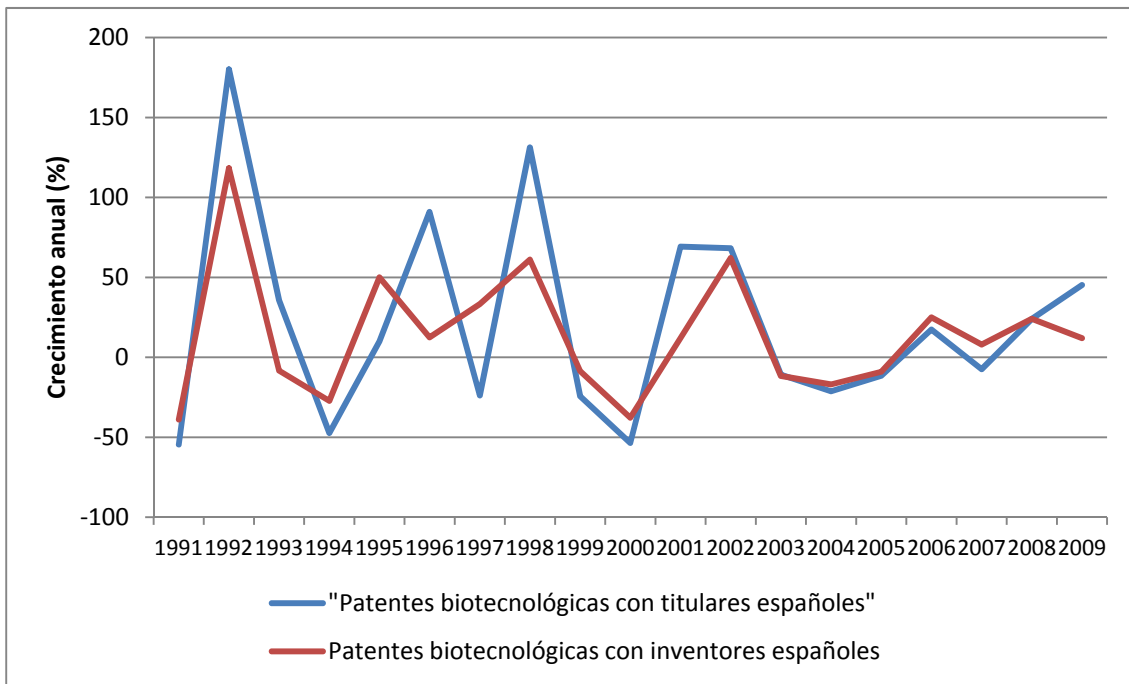


Figura 86. Crecimiento anual en el número de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares e inventores españoles durante el período 1990-2009.

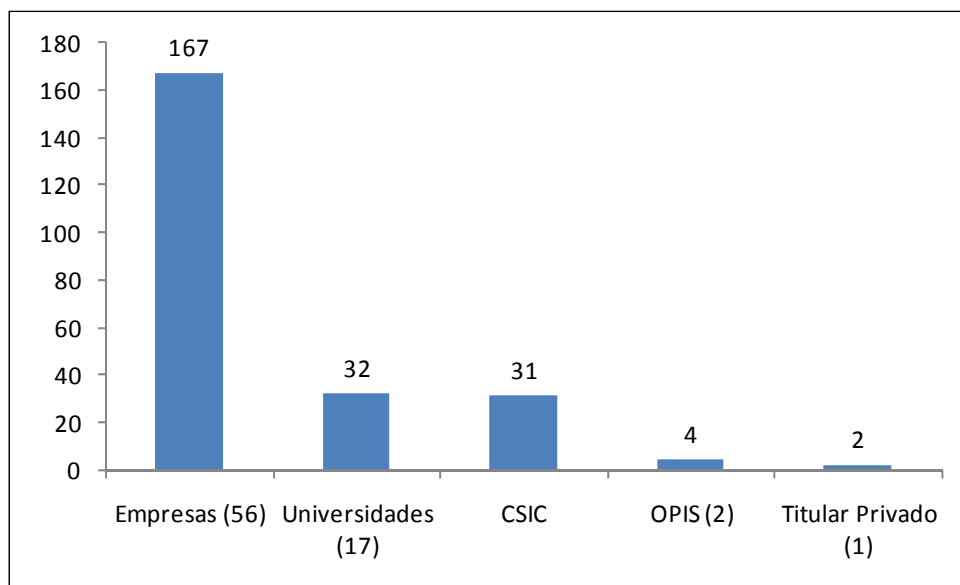


Figura 87. Organismos titulares de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares españoles durante el período 1990-2009 (El número de entidades titulares se indica entre paréntesis).

El sector farmacéutico es titular del mayor número de patentes biotecnológicas, con un 33% de las patentes analizadas. Un 19% de las patentes analizadas con titulares españoles son propiedad de tres empresas de este sector, mientras que otras cinco empresas farmacéuticas son titulares de otro 14% del total (tabla 42). Las tres primeras empresas con mayor porcentaje de patentes ocupan nichos muy distintos del sector farmacéutico: en el caso de *Laboratorios del Dr. Esteve SA*, el 52% de sus patentes tienen como objeto de invención fármacos destinados al tratamiento de patologías del sistema nervioso central. En el caso de *PharmaMar S.A* se ha observado una especialización en fármacos antimorales, con un 85% de sus patentes dedicadas a este ámbito. *Antibióticos S.A.* se dedica principalmente a la producción de antibióticos, en concreto un 90% de sus patentes protegen productos con actividad anti-bacteriana.

Tabla 42. Principales empresas españolas titulares de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO y EPO durante el período 1990-2009.

Nombre empresa	Patentes USPTO	Patentes EPO
Laboratorios del Dr. Esteve	21	50
PharmaMar SA	13	42
Antibióticos SA	10	12
Laboratorios Almirall SA	8	13
J Uriach and Cia SA	7	27
Lipotec SA	6	11
Instituto Biomar	6	7

Se ha llevado a cabo un análisis de los documentos de patentes registradas en la base de patentes USPTO durante el período 2000-2009. Dicho análisis muestra que un 68% de las patentes biotecnológicas de titularidad española y un 75% en el caso de patentes con inventores españoles se engloban dentro del ámbito de la salud (figura 88). Si se analizan las patentes según la clasificación establecida por la OCDE para Biotecnología se obtiene que un 65% de las patentes con inventores españoles y un 67% de las patentes con titulares españoles están relacionadas con tecnología de proteínas (figura 89). Los porcentajes entre las patentes con inventores españoles y patentes con titulares españoles son muy similares. En ambos casos destacan las patentes relacionadas con la salud y con proteínas.

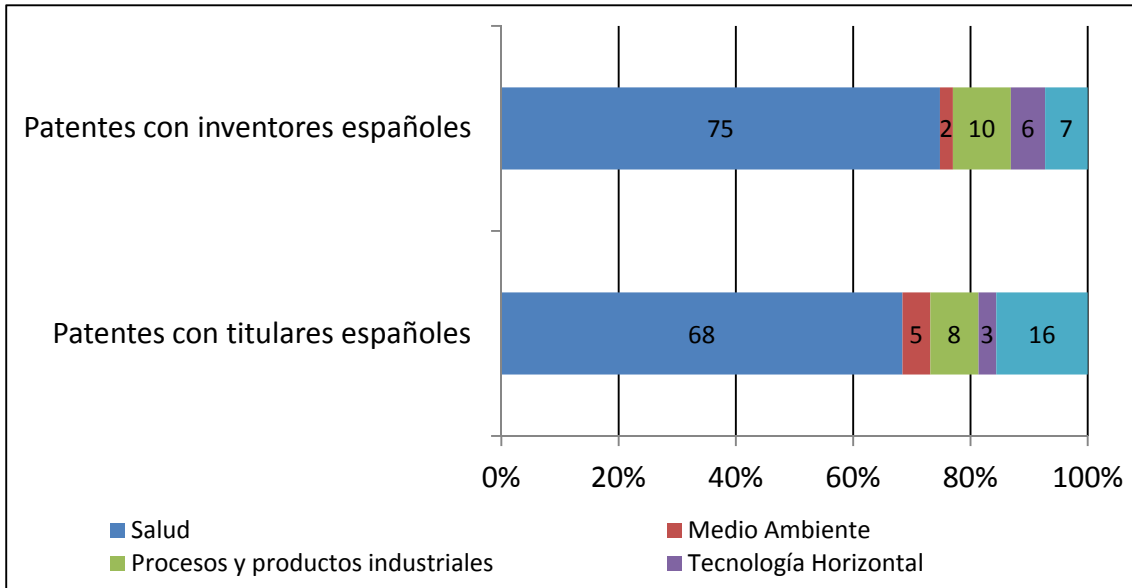


Figura 88. Clasificación temática de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titularidad española durante el período 2000-2008.

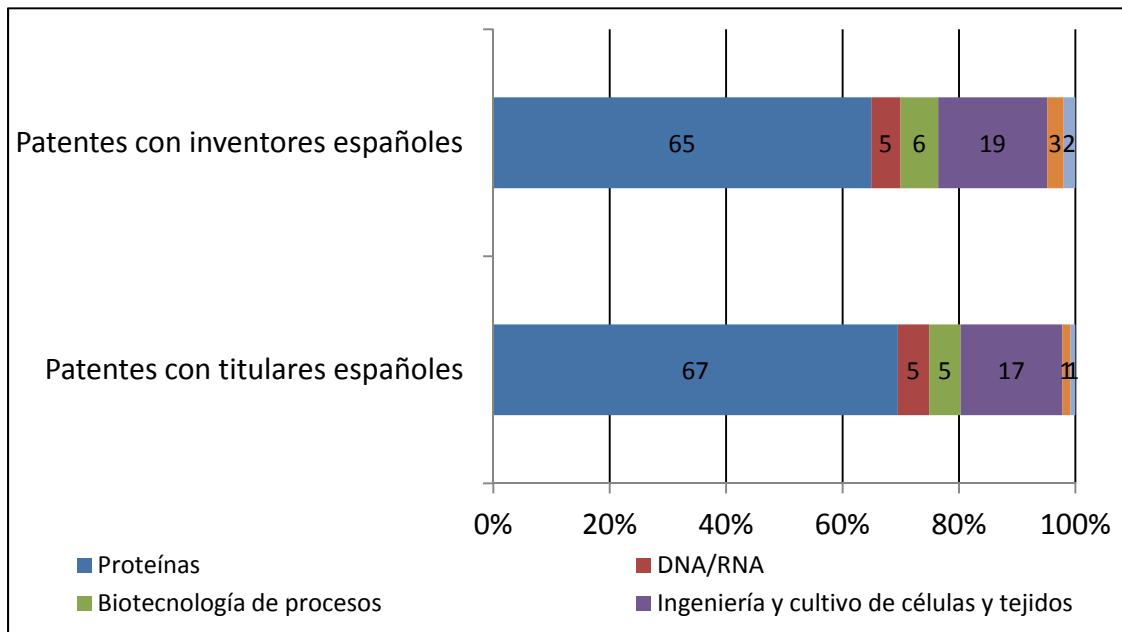


Figura 89. Clasificación de patentes biotecnológicas con titulares o inventores españoles concedidas en la USPTO durante el período 2000-2008 según la clasificación de la OCDE para la Biotecnología.

Si se analizan en detalle las patentes correspondientes al sector de la salud humana, se observa que un 17% corresponden a fármacos antitumorales y un 13% a

fármacos para el tratamiento de enfermedades del sistema nervioso central, principalmente Alzheimer y algunos tipos de demencia (figura 90). El elevado porcentaje de personas afectadas por algún tipo de cáncer o por enfermedades neurodegenerativas en la Unión Europea hace que las empresas encuentren un importante nicho de negocio y por tanto que haya un importante número de patentes de fármacos para el tratamiento de estas patologías.

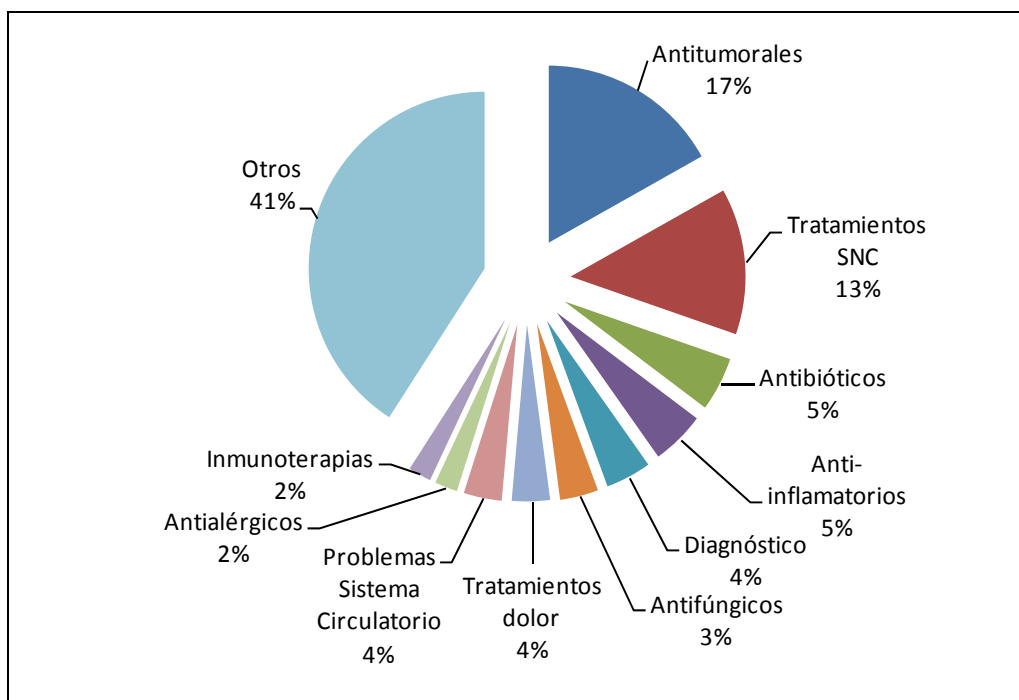


Figura 90. Clasificación de patentes concedidas por la USPTO con titulares españoles englobadas dentro del ámbito de la salud durante el período 2000-2008.

El análisis de la titularidad de las patentes biotecnológicas con inventores españoles muestra que sólo un 47% de las patentes tienen titularidad española mientras que un 53% de las patentes tienen titularidad extranjera (figura 91). Entre las patentes con titularidad extranjera, Estados Unidos es el país titular de un mayor número de patentes con inventores españoles, con 28% de las mismas. Un 22% de las patentes tiene como titulares a algún país miembro de la UE-15, siendo Alemania el país con mayor número de patentes con inventores españoles, con un 6% de las mismas. Estos datos indican un bajo aprovechamiento del potencial inventivo español, al haber una baja relación entre las patentes biotecnológicas con titulares españoles y las patentes biotecnológicas con inventores españoles.

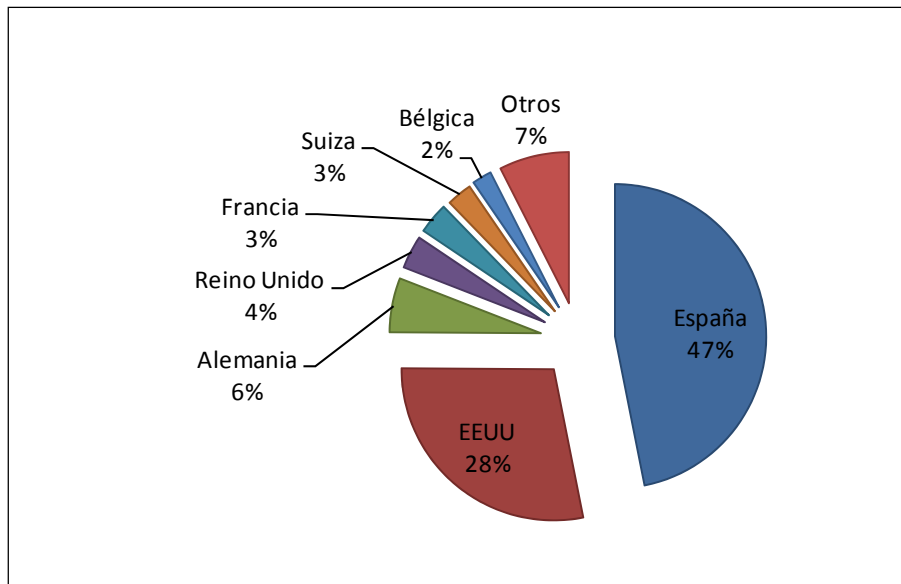


Figura 91. Titularidad de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores españoles. Período 2000-2008.

El estudio del análisis del tipo de entidades extranjeras propietarias de patentes con inventores españoles muestra que un 63% son empresas, mientras que un 20% son universidades y un 16% son OPIs (figura 92).

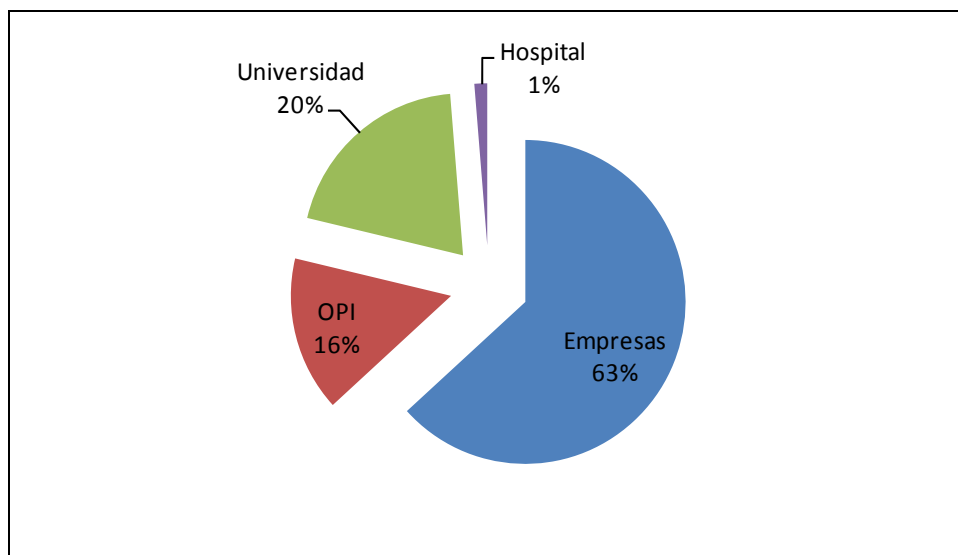


Figura 92. Entidades extranjeras titulares de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores españoles durante el período 2000-2008.

4.3.1.1. *Análisis de las patentes biotecnológicas españolas registradas en USPTO dentro del marco europeo.*

El número de patentes biotecnológicas, tanto de titularidad española (figura 93) como con inventores españoles (figura 94), muestra que España ocupa el duodécimo lugar a nivel europeo, en ambos casos. La posición es muy baja comparado con los resultados obtenidos en los indicadores de producción científica, donde España ocupaba posiciones entre la 3ª y 5ª posición. Los indicadores de número de patentes biotecnológicas con titularidad española y patentes biotecnológicas con inventores españoles muestran diferencias muy grandes con los países europeos con mayor número de patentes. Alemania, Francia o Reino Unido representan más de la mitad de las patentes biotecnológicas con titular europeo, con un 32%, 20% y un 13% respectivamente y un 29%, 24% y 16% respectivamente de las patentes biotecnológicas con inventores europeos. Es importante destacar el papel de Suiza, cuarto país con mayor número de patentes biotecnológicas, tanto como titular como inventor, con un 12% y un 8% respectivamente. La diferencia entre los datos de España como titular de patentes biotecnológicas y como inventor en patentes biotecnológicas es muy significativa, mostrando una diferencia del 38% del número de patentes

biotecnológicas con inventores españoles respecto a las patentes biotecnológicas con titulares españoles, siguiendo la misma tendencia observada a nivel europeo. Dentro de la UE-15, se observa que el número de patentes con titularidad europea es significativamente distinto al número de patentes con inventores europeos, 42.234 patentes frente a 56.712 patentes respectivamente lo que representa una diferencia del 34%. El número de patentes con inventores españoles (802, un 1,5% del total UE-15) es mayor que el número de patentes de titularidad española (494, un 1,3% del total UE-15). Este hecho indica que la capacidad de los inventores españoles no se aprovecha suficientemente por las empresas españolas. Tal y como se constató anteriormente, sólo un 62% de las patentes con inventores españoles, son de titularidad española.

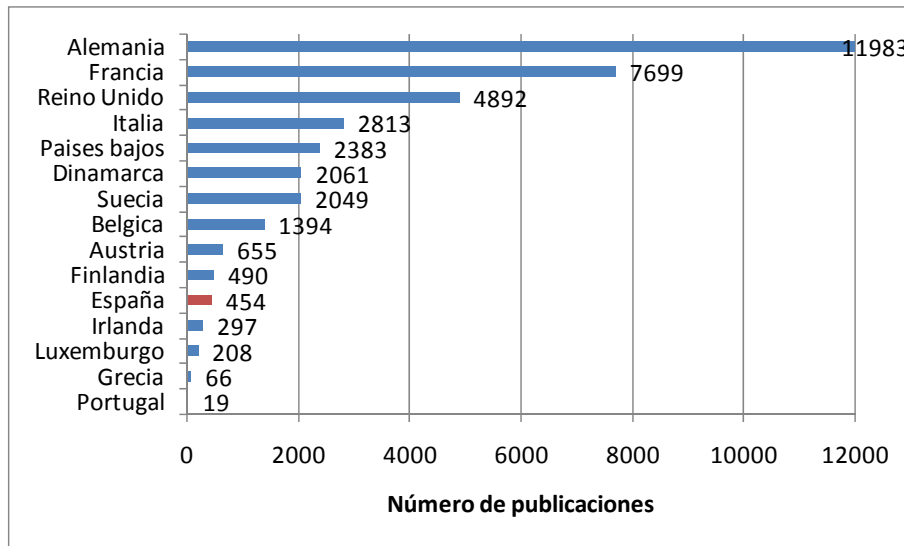


Figura 93. Número de patentes biotecnológicas por la USPTO con titularidad de países UE-15 recogidas por la USPTO durante el período 1990-2009.

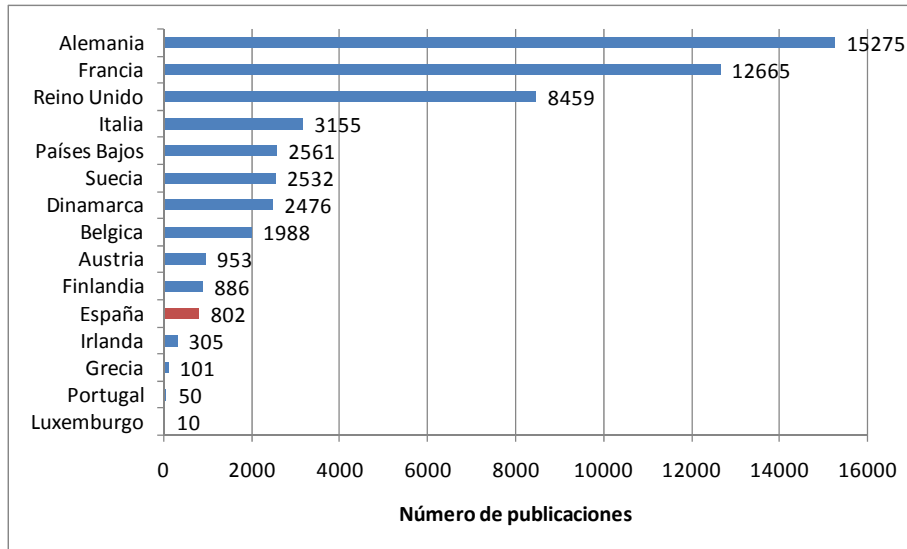


Figura 94. Número de patentes con inventores de países UE-15 concedidas por la USPTO durante el período 1990-2009.

Si se analizan los datos de las tasas de crecimiento medio anual de cada uno de estos países se observan diferencias respecto a lo mencionado anteriormente (figuras 95 y 96). Reino Unido encabezaría la lista, con la mayor tasa de crecimiento, un 50% respecto a las patentes biotecnológicas con titulares de Reino Unido y un 43% respecto a las patentes biotecnológicas con inventores de Reino Unido. Mientras, Alemania y Francia ocupan los últimos puestos con porcentajes menores a 10%. España ocupa la séptima posición en cuanto a patentes biotecnológicas como titular, con una tasa de crecimiento medio anual del 16%, y la quinta posición respecto a las patentes biotecnológicas con inventores españoles, con una tasa de crecimiento medio anual del 17%.

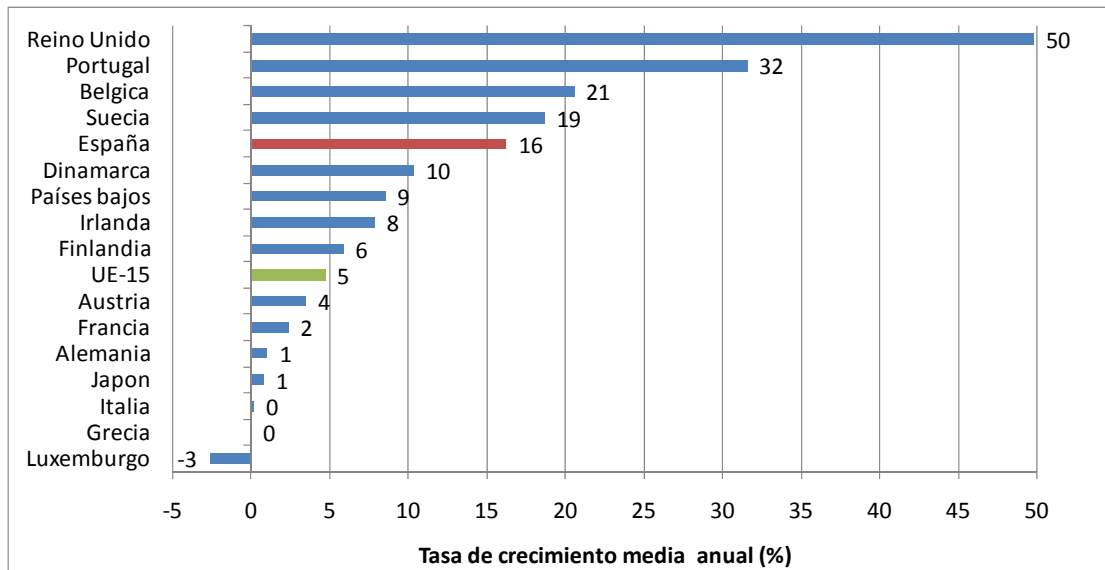


Figura 95. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con titulares de países europeos durante el período 1990-2009

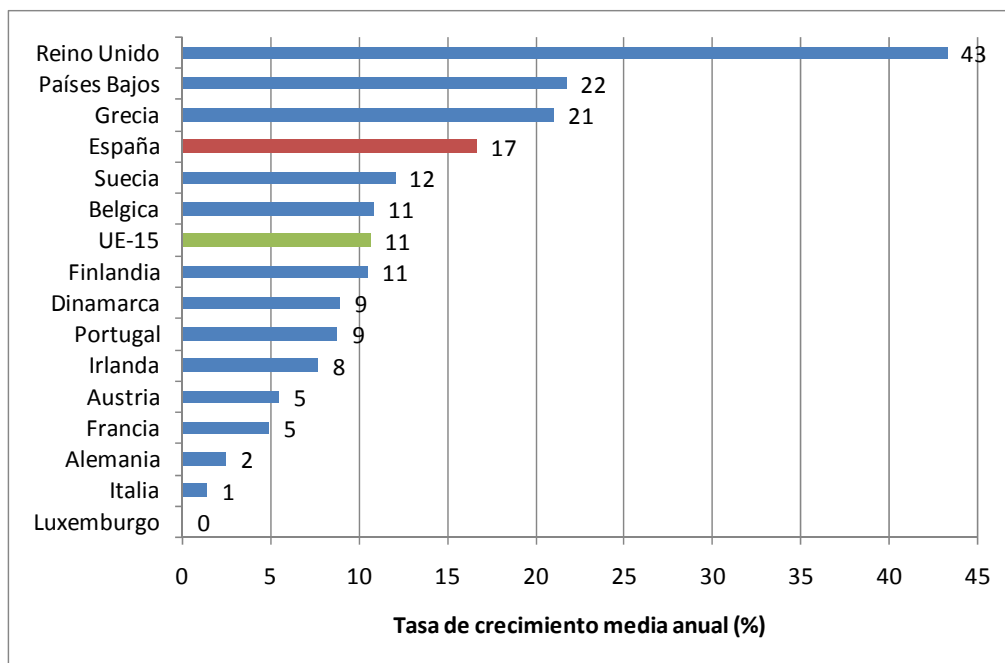


Figura 96. Tasa de crecimiento media anual de patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores de países europeos durante el período 1990-2009.

Sin embargo, si se analiza la tasa de crecimiento en dos períodos distintos 1990-1999 y 2000-2009, se obtiene una visión más completa de la evolución del número de patentes biotecnológicas europeas. En el caso de patentes con titulares europeos, se observa que las tasas anuales de crecimiento entre el período 1990-1999

son negativas, como en los casos de Bélgica, Italia o Suecia (figura 97). En Alemania y Francia, las tasas de crecimiento son pequeñas, comparadas con otros países con un menor número de patentes, aunque superiores a la media Europea, que se sitúa en -4,6%. En el período 2000-2009 se observa una ralentización generalizada en el crecimiento de patentes de todos los países europeos, y sólo siete países muestran un crecimiento positivo en ese período (figura 98). Los países de mayor peso económico, como Alemania, Francia y Reino Unido, que en el período anterior mostraban tasas de crecimiento positivas, pasan a tener tasas de crecimiento negativas. Grecia, que mostraba el mayor crecimiento durante el período 1990-1999 pasa a tener la tasa de crecimiento más negativa, superando el -10%, en el período 2000-2009. Hay que destacar la posición de España que muestra una evolución superior a la UE-15, situándose siempre por encima de la media Europea y manteniendo un crecimiento en el número de patentes biotecnológicas. En el período 1990-1999 muestra una tasa de crecimiento acumulada positiva del 156%. Esta tasa tan elevada se reduce en el siguiente periodo pero sigue siendo positiva y sitúa a España en segunda posición con una tasa de crecimiento acumulada del 27%, por detrás de Portugal que también muestra la misma evolución en la tasa de crecimiento que España.

Las tasas de crecimiento de las patentes biotecnológicas con inventores europeos muestran una tendencia distinta a las patentes biotecnológicas con titulares europeos. En el período 1990-1999 todos los países tienen tasas de crecimiento positivas, aunque menores que las mostradas como titulares (figura 99). Reino Unido es el país con mayor tasa de crecimiento durante ese periodo, llegando a alcanzar casi el 100%, muy superior al de resto de países analizados. Durante el período 2000-2009, la tendencia en el crecimiento cambió significativamente (figura 100). La mayoría de los países muestran crecimiento negativo y el resto de países con crecimiento positivo muestran tasas menores al período 1990-1999. Reino Unido pasa de la primera posición a la posición 12ª tras Alemania y por debajo de la media europea.

España pasa de la posición 8 en el período 1990-1999, hasta la segunda posición en 2000-2009, nuevamente por detrás de Portugal. Ambos países siguen la misma evolución que las patentes biotecnológicas con titulares de países europeos.

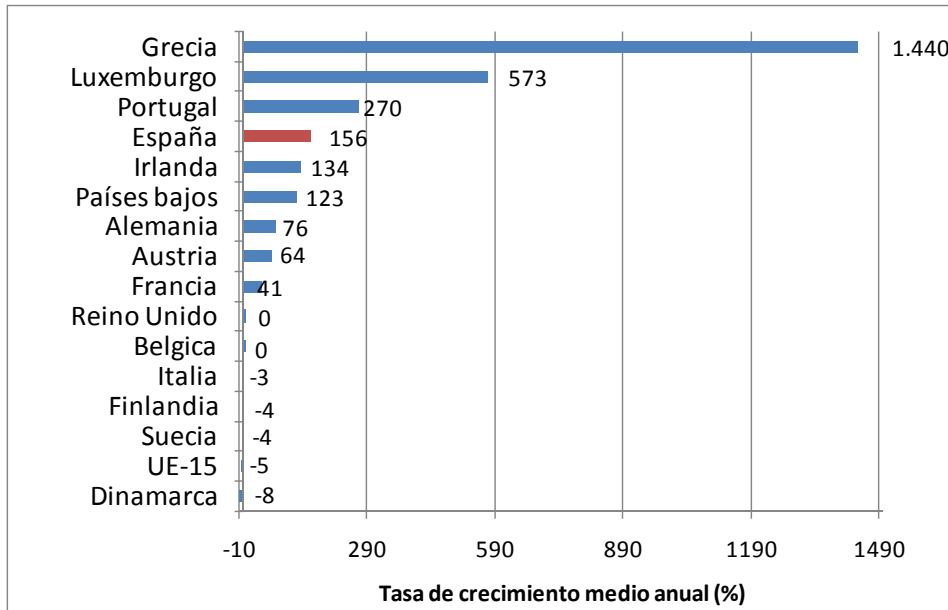


Figura 97. Tasa de crecimiento acumulada de las patentes biotecnológica concedidas por la USPTO con titulares de países europeos durante el período 1990-1999.

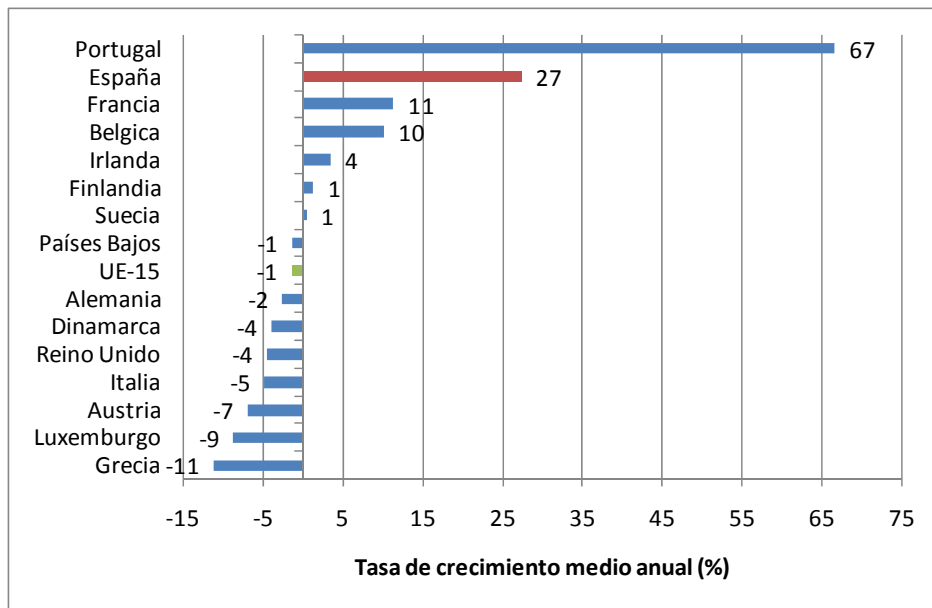


Figura 98. Tasa de crecimiento acumulada de las patentes biotecnológica concedidas por la USPTO con titulares de países europeos durante el período 2000-2009.

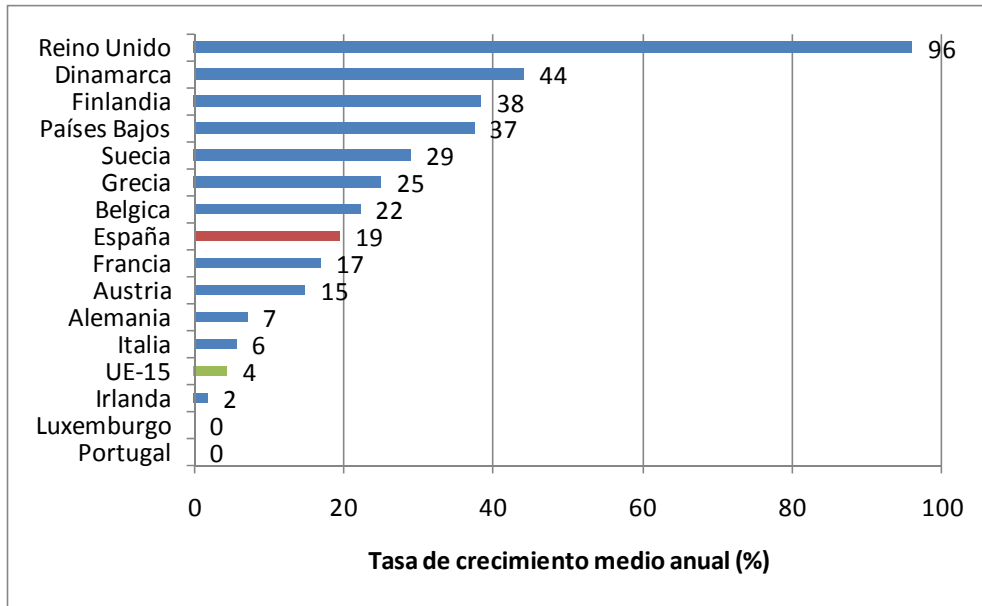


Figura 99. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores de países europeos durante el período 1990-1999.

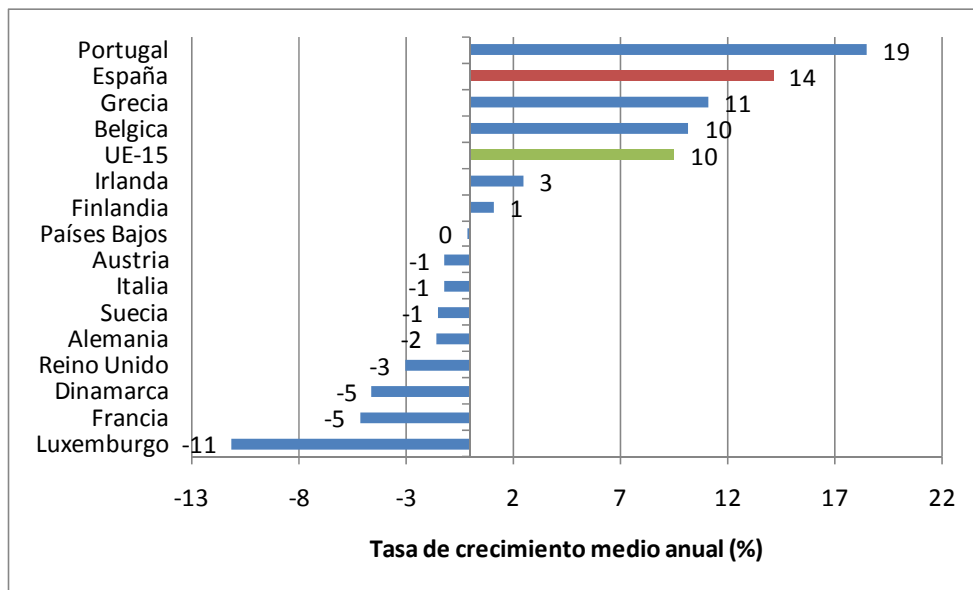


Figura 100. Tasa de crecimiento acumulada de las patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO con inventores de países europeos durante el período 2000-2009.

4.3.2. Patentes biotecnológicas españolas registradas en la base de datos EPO.

El número de patentes biotecnológicas registradas en la EPO varía de 10 documentos de patentes con titulares españoles en 1990 a 49 en 2009 (Figura 101). En

el caso de las patentes con inventores españoles, varía desde 7 en 1990 a 35 en 2009. El número medio de patentes anuales es de 15 en el caso de patentes con titulares españoles y 11 en el caso de patentes con inventores españoles. La evolución del número de patentes biotecnológicas españolas registradas en la EPO muestra un crecimiento irregular, al igual que ocurría con las patentes registradas en la USPTO (figura 102). A partir del año 2000, en el que se observa un valor máximo, se observa una disminución en el número de patentes biotecnológicas, hasta alcanzar los valores más bajos del todo el período analizado, posiblemente por las mismas causas que ocurría con las patentes de la USPTO. El crecimiento anual muestra una evolución irregular alrededor de un pequeño intervalo, entre 1 y -1. En el año 2000, se observa un crecimiento mayor que decrece rápidamente en el año 2001 hasta el 2005.

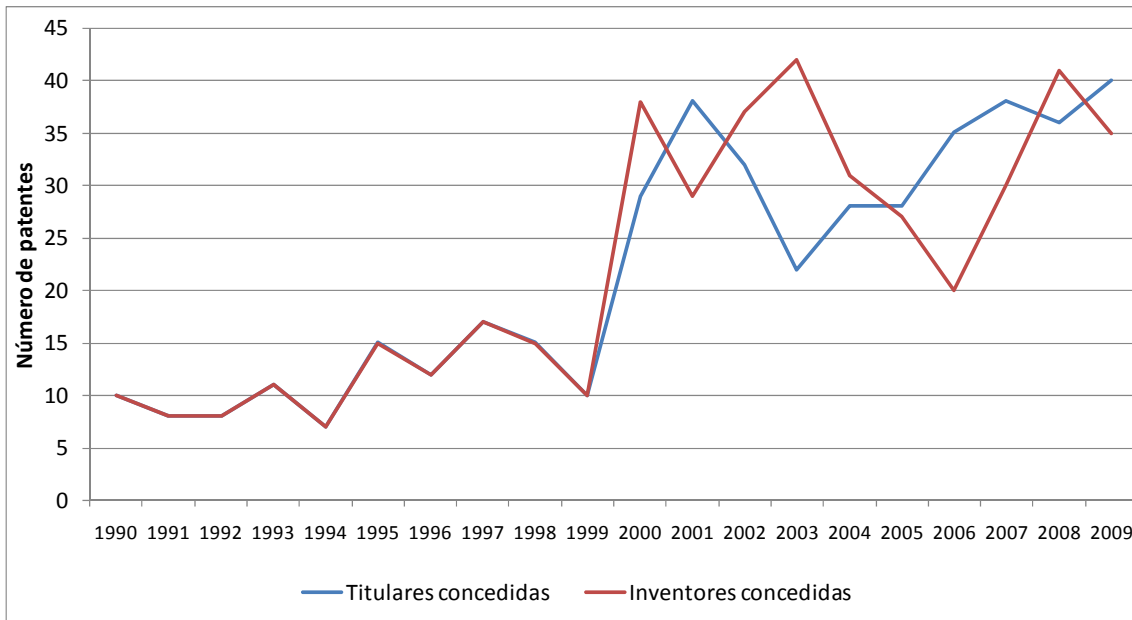


Figura 101. Evolución del número de patentes biotecnológicas con titulares e inventores españoles concedidas por la EPO durante el período 1990-2009.

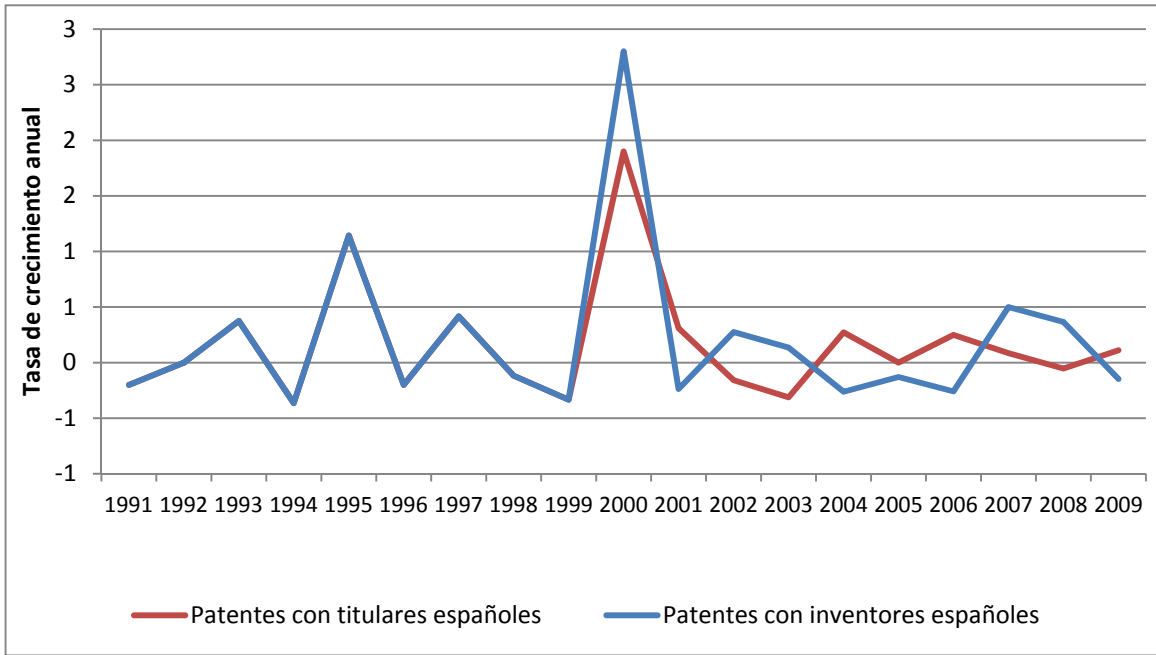


Figura 102. Crecimiento anual en el número de patente biotecnológicas con titulares e inventores españoles concedidas en EPO durante el período 1990-2009.

En el caso de las patentes registradas en la EPO, las empresas son las organizaciones con mayor número de patentes (650), después el CSIC y las universidades con 154 y 150 documentos respectivamente, tienen una importancia similar a la observada al analizar las patentes registradas en la USPTO (figura 103).

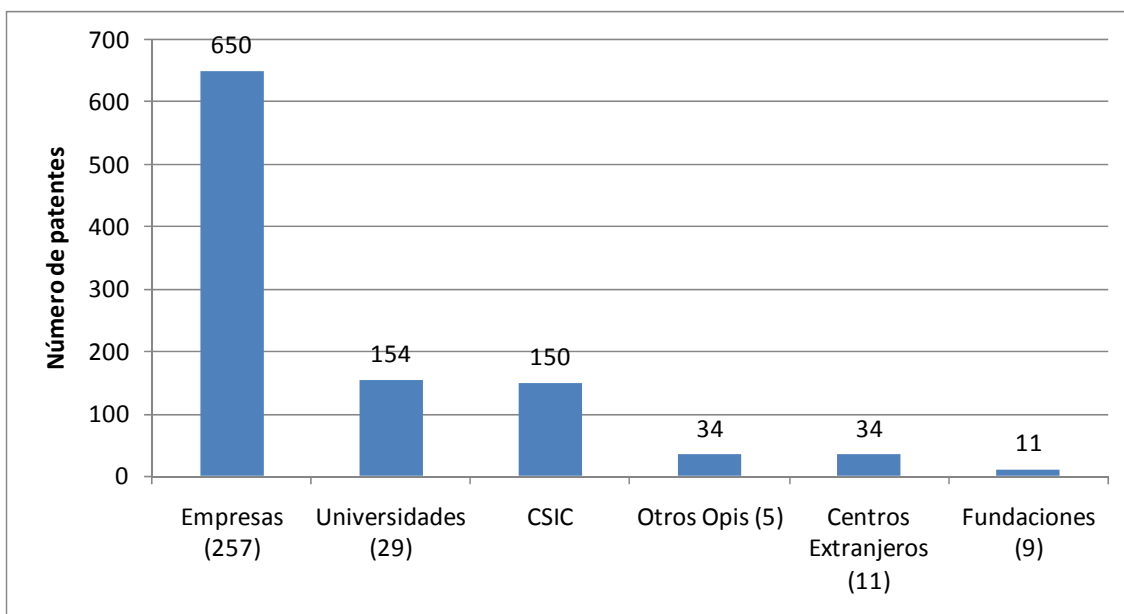


Figura 103. Organismos titulares de patentes biotecnológicas con titulares españoles concedidas por la EPO durante el período 1990-2009 (el número de entidades titulares se indica entre paréntesis)

El análisis de patentes biotecnológicas con titulares españoles ha aumentado durante el período 1999-2009. La evolución del crecimiento muestra la misma tendencia, con dos intervalos de claro crecimiento, de 2002 a 2004 y de 2005 a 2007.

4.3.2.1. *Patentes biotecnológicas españolas registradas en EPO: Análisis en el contexto europeo.*

Los indicadores de producción tecnológica recogida por la base de patentes EPO muestran que España ocupa la undécima posición dentro de los países miembros de la UE-15 (figura 104), con un total de 443 patentes concedidas con titulares españoles durante el período 1990-2009. El país que ocupa la primera posición es Alemania con un 31% de las patentes concedidas EPO con titulares de la UE-15 (figura 105). Junto con Francia y Reino Unido representa el 62,1% de las patentes biotecnológicas con titulares europeos. España mantiene la misma posición, con un 1,7% de las patentes biotecnológicas concedidas con inventores europeos (figura 106). Alemania, al igual que ocurría con las patentes biotecnológicas con titulares europeos, es el país con mayor número de patentes con inventores europeos. Junto con Reino

Unido y Francia representan el 68% de las patentes concedidas con inventores europeos durante el período analizado.

El análisis del crecimiento total durante todo el período analizado, tanto para patentes biotecnológicas con titulares europeos, como para patentes con inventores europeos, muestra un crecimiento que oscila entre el 1% y el 63% en el caso de patentes con inventores europeos. España es el país titular con mayor crecimiento, en caso de patentes con inventores europeos y de los países con mayor crecimiento en el caso de patentes con titulares europeos (figura 108 y 109). En ambos casos, España está por encima de la media europea.

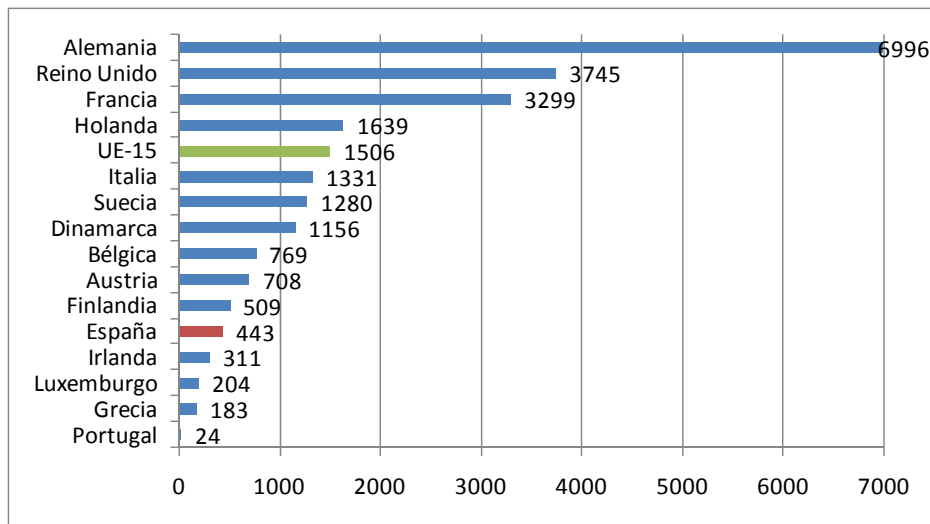


Figura 104. Número de patentes biotecnológicas con titulares europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009.

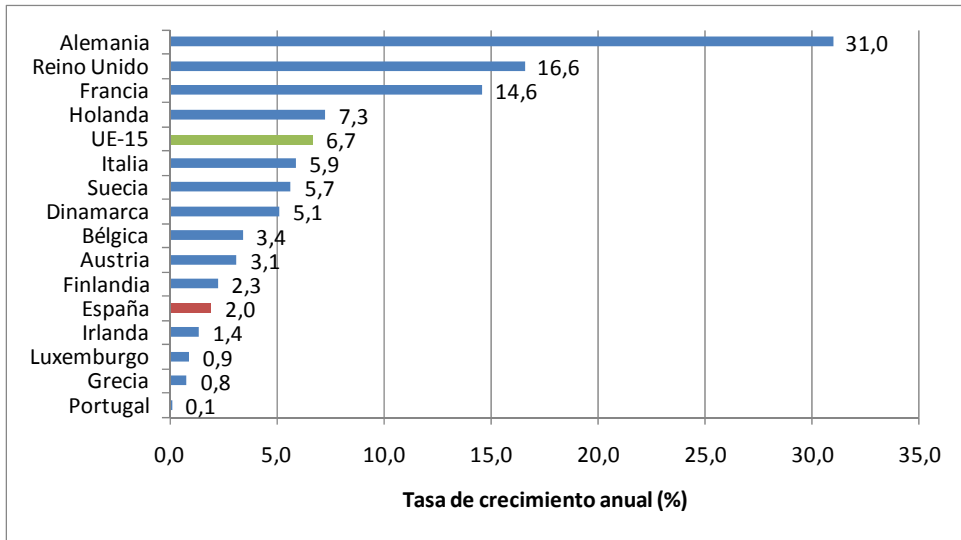


Figura 105. Porcentaje de patentes biotecnológicas con titulares europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009.

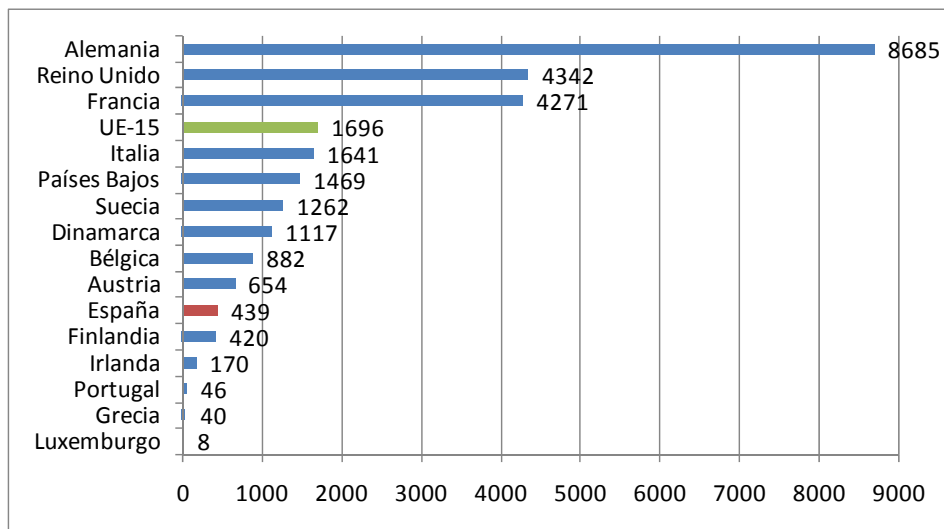


Figura 106. Número de patentes biotecnológicas con inventores europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009.

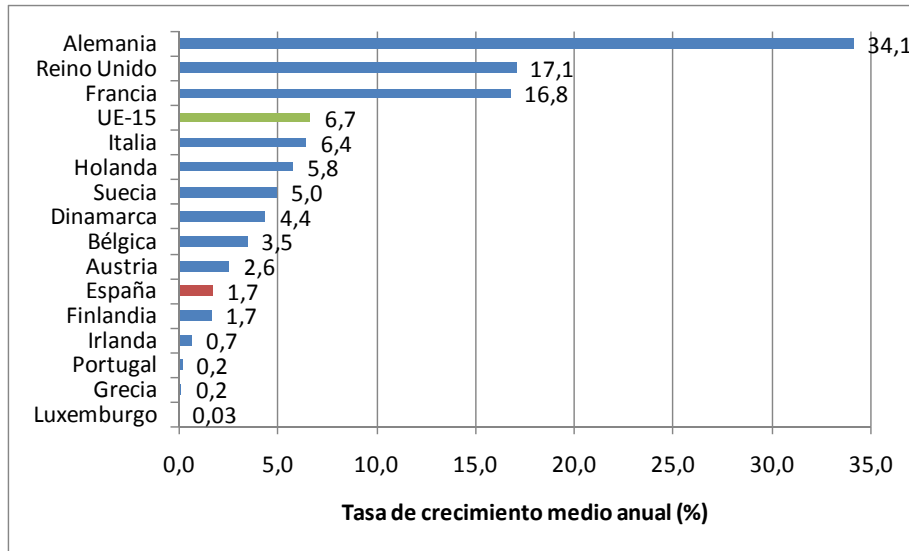


Figura 107. Porcentaje de patentes biotecnológicas con inventores europeos concedidas por la EPO durante el periodo 1990-2009

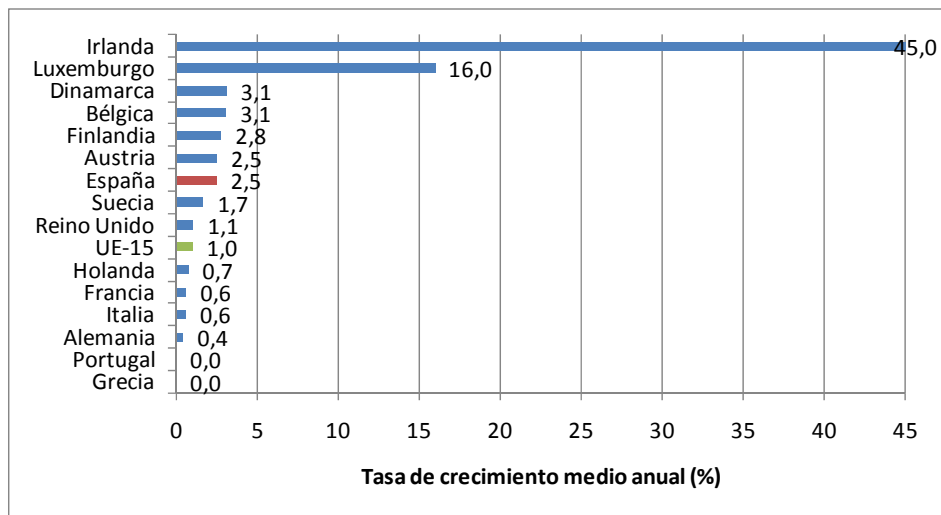


Figura 108. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con titulares de países europeos durante el período 1990-2009.

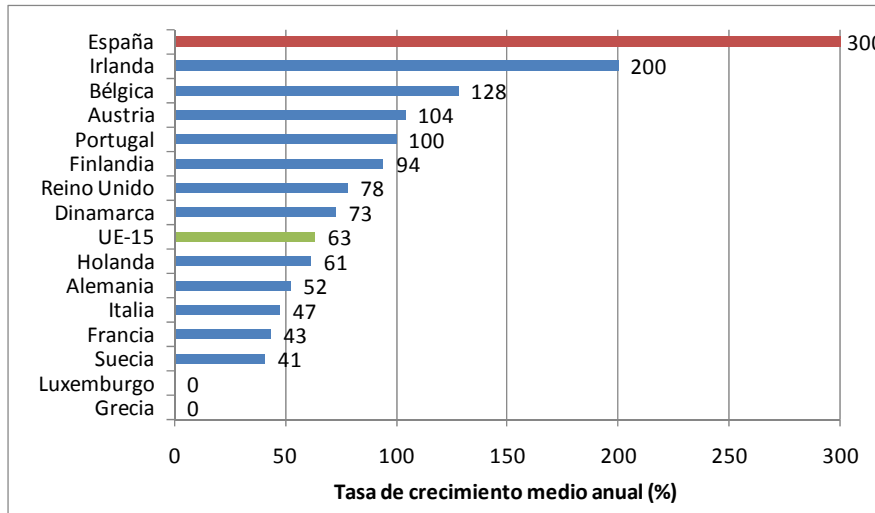


Figura 109. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con inventores de países europeos durante el período 1990-2009.

Las tasas de crecimiento desagregadas entre 1990-1999 y 2000-2005 permiten un análisis más detallado de la evolución. Entre 1990 y 1999, Irlanda es el país que experimenta un mayor crecimiento, con un incremento en el número de patentes con titulares irlandeses del 78% (Figura 110). España ocupa la séptima posición con un 3% de crecimiento. La media europea muestra un incremento del 2% en el número de patentes con titulares europeos. Japón, Italia, Suiza y Holanda muestran un crecimiento negativo en este período. En el siguiente período la media de los países europeos apenas experimenta un crecimiento del 2%. Destaca la posición de Irlanda, que experimenta un crecimiento del 78%. España experimenta un decrecimiento del 5%, por debajo de la media Europea y de los países más consolidados (figura 111).

La tasas de crecimiento de las patentes con inventores europeos entre 1990 y 1999, muestra que todos los países presentan un incremento en el número de patentes, excepto Italia que muestra un decrecimiento del 2% (figura 112). Irlanda vuelve a ser el país con mayor tasa de crecimiento, del 17%. La tasa media europea se sitúa en el 2%. España ocupa la novena posición, con una tasa del 2%. En la siguiente etapa, hay unas mayores tasas de crecimiento, sobre todo de Bélgica (figura 113). La tasa media europea se sitúa en 70%. España se sitúa por debajo de la media europea con 3%.

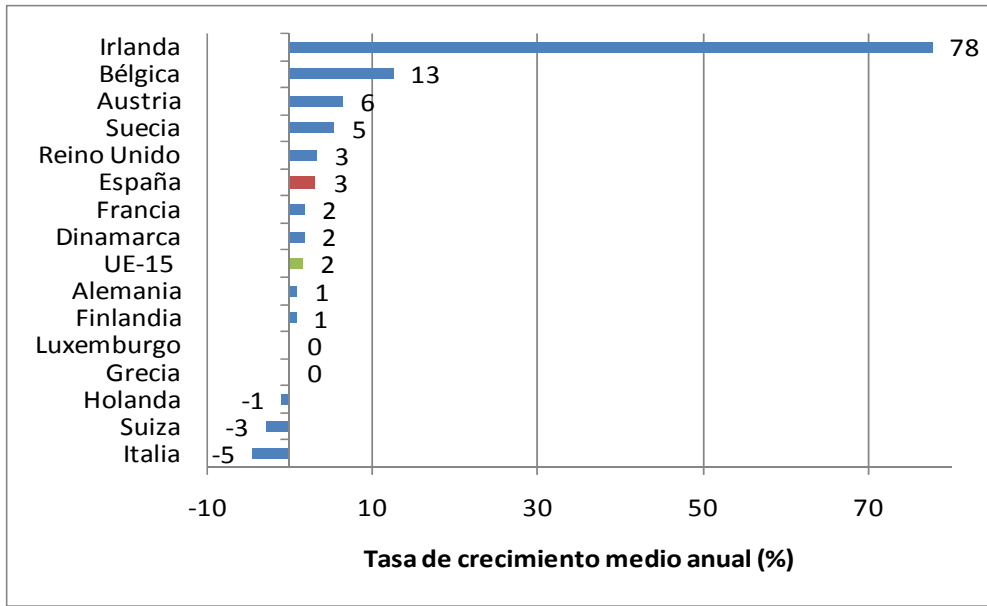


Figura 110. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológicas concedidas por la EPO con titulares de países europeos durante el período 1990-1999.

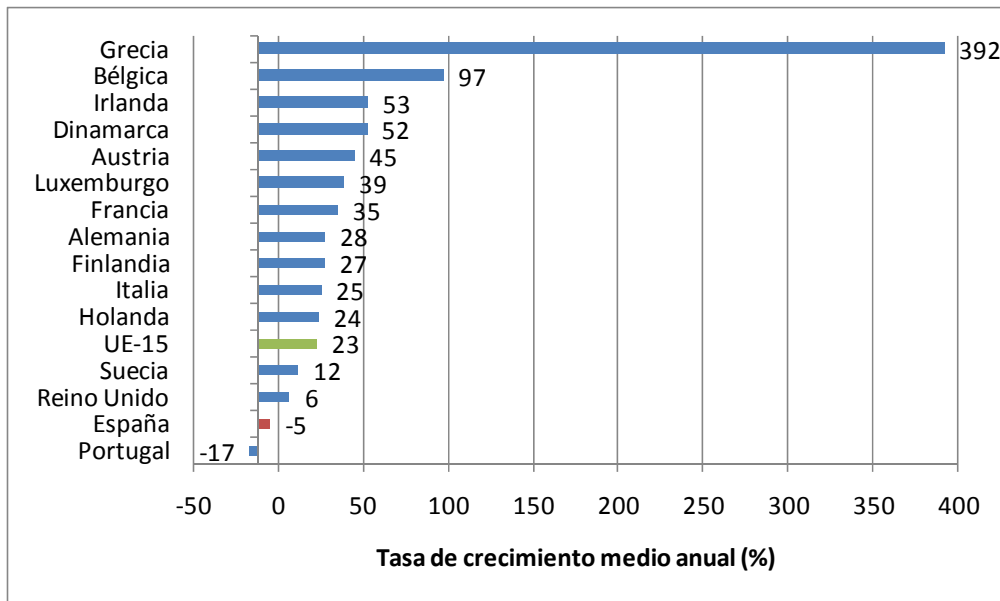


Figura 111. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológicas concedidas por la EPO con titulares de países europeos durante el período 2000-2005.

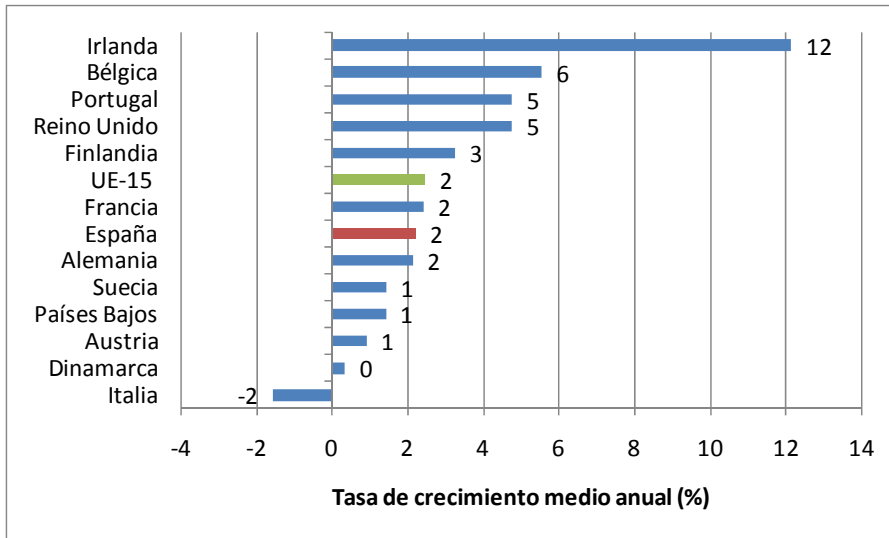


Figura 112. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con inventores de países europeos durante el período 1990-1999.

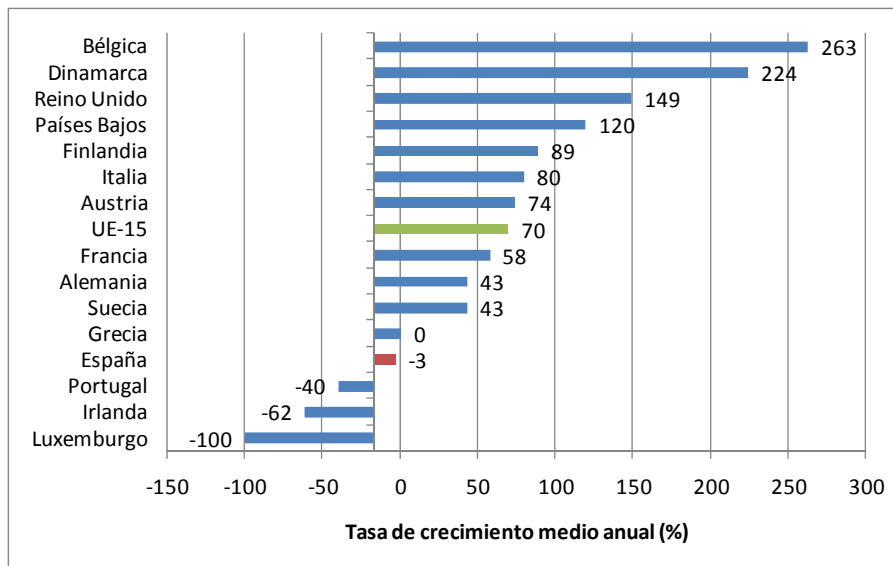


Figura 113. Tasa de crecimiento anual de las patentes biotecnológica concedidas por la EPO con inventores de países europeos durante el período 2000-2005.

En la tabla 43 se comparan los datos relativos a número de patentes con inventores y titulares de cada país UE-15, lo que permite identificar aquellos que producen tecnología y aquellos que mayoritariamente incorporan tecnología. Esto sugiere la existencia de estrategias que aprovechan además de la capacidad inventora propia, la de otros países. Esto ocurre de manera especialmente evidente en el caso de Luxemburgo, Austria y Francia, con un número muy alto de patentes con inventores

extranjeros, en concreto presentan un 98%, 67% y 60% respectivamente, de patentes con titulares nacionales e inventores extranjeros. Por el contrario otros países con muy alta producción científica, como Alemania o Reino Unido no recurren a esta estrategia de una forma tan significativa. España sólo tiene un 1% de patentes con inventores extranjeros lo que indica una falta de capacidad para absorber recursos humanos generadores de tecnología de otros países.

Tabla 43. Estudio comparativo de la relación entre la nacionalidad de los titulares e inventores de las patentes concedidas registradas en USPTO por países de la UE-15.

País	Patentes domésticas (titular nacional)	Patentes con inventores domésticos	Patentes con inventores extranjero	Patentes con titular extranjero
Alemania	11983	15275	988	3292
Austria	655	953	30	298
Bélgica	1394	1988	238	594
Dinamarca	2061	2476	184	415
España	514	875	22	361
Finlandia	490	886	28	396
Francia	7699	12665	609	4966
Grecia	66	101	1	35
Holanda	2383	2561	839	178
Irlanda	297	305	144	8
Italia	2813	3155	94	342
Luxemburgo	208	10	203	0
Portugal	19	50	5	31
Suecia	2049	2532	556	483
Suiza	4342	3964	1405	
Reino Unido	4892	8459	979	3567

Tabla 44. Estudio comparativo de la relación entre la nacionalidad de los titulares e inventores de patentes registradas EPO por países miembros de la UE-15

País	Patentes domésticas	Patentes con inventores domésticos	Patentes con inventores extranjero	patentes con titular extranjero
Alemania	58194	67271	977	9077
Austria	3172	4665	325	1493
Bélgica	1303	1628	167	325
Dinamarca	1779	1878	161	99
España	593	589	11	4
Finlandia	280	570	15	290
Francia	3946	5025	224	1079
Grecia	36	84	1	48
Holanda	2595	2589	416	
Irlanda	223	277	93	54
Italia	1426	1999	26	573
Luxemburgo	35	13	30	22
Portugal	50	77	10	27
Suecia	1341	1500	291	159
Suiza	3259	2252	1677	
Reino Unido	5253	6468	651	1215

4.3.3. *Patentes triádicas relacionadas con la biotecnológicas registradas en USPTO, EP y JPO*

Este apartado recoge el número de patentes triádicas concedidas, registradas en las oficinas de patentes USPTO, EPO y JPO (Oficina de patentes japonesa, durante el período 2000-2010. El número de patentes triádicas muestra una evolución positiva aunque con periodos de decrecimiento (figura 114). El número de patentes triádicas biotecnológicas con inventores españoles durante el período 2000-2010 (174 patentes) representa un 21,3% de las patentes con inventores españoles registradas en la USPTO y un 39,6% de estas mismas patentes registradas en la EPO.

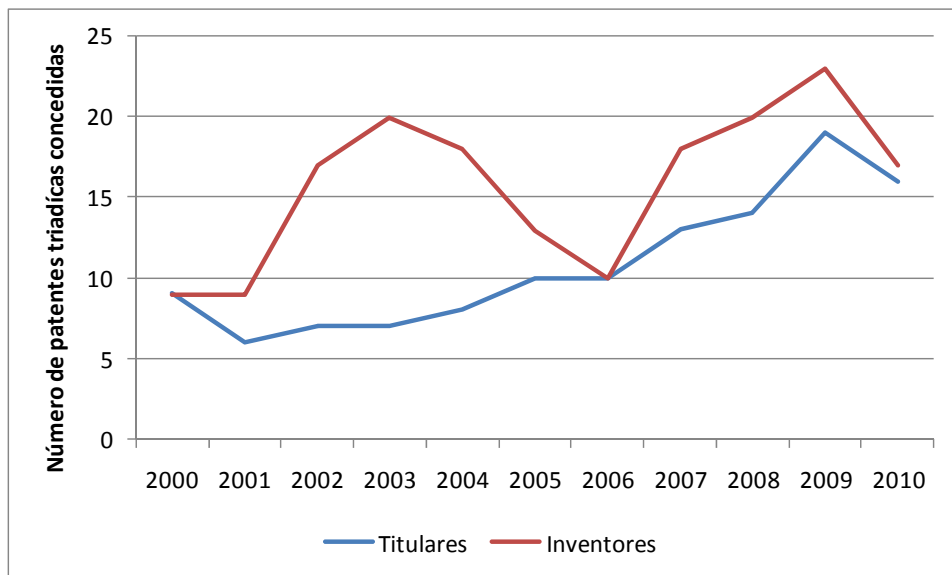


Figura 114. Evolución del número de patentes triádicas relacionadas con la biotecnología con titulares e inventores españoles concedidas durante el período 2000-2010.

El crecimiento en el número de patentes muestra una evolución irregular con períodos de crecimiento y períodos de decrecimiento durante todo el período analizado, más patente en las patentes con inventores españoles con dos máximos en el número de patentes en el 2002 y el 2007 y dos mínimos en 2005 y 2010 (figura 115). En el caso de las patentes triádicas con titulares españoles también se observa un período de decrecimiento a partir del 2009 que continua en el 2010. Este último

periodo de decrecimiento puede ser debido a los tiempos en los trámites de concesión de patentes de las distintas oficinas de patentes.

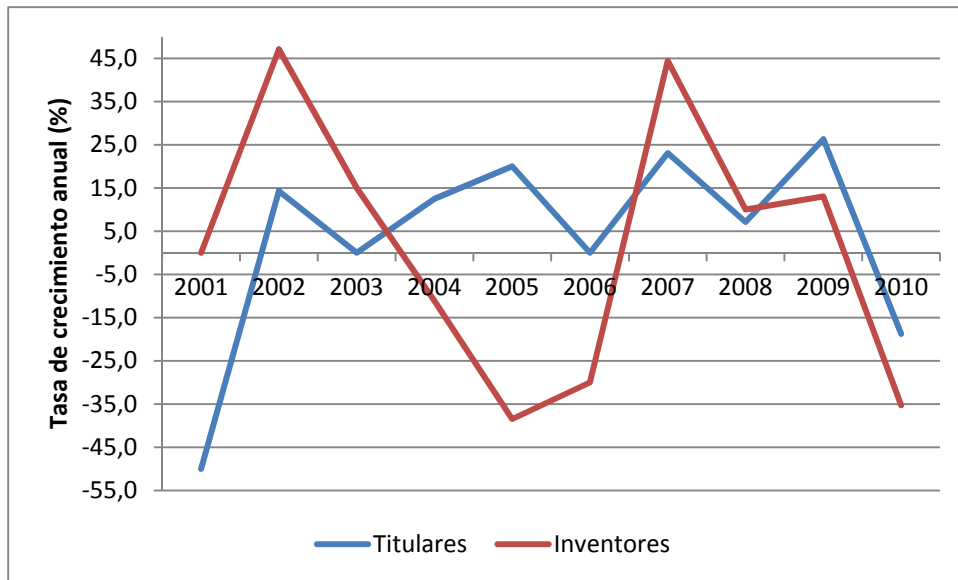


Figura 115. Crecimiento anual en el número de patente biotecnológicas concedidas con titulares españoles registradas en WIPO durante el período 2000-2009.

4.3.3.1. Análisis de las patentes triádicas relacionadas con la biotecnológicas registradas en USPTO, EP y JPO

A nivel europeo España, por número de patentes triádicas relacionadas con la biotecnología, ocupa la decima de posición entre los países miembros de la UE-15. Alemania, Reino Unido y Francia son los países europeos con mayor número de patentes triádicas relacionadas con la Biotecnología (figura 116 y 118). Estos tres países suman más del 50% de las patentes europeas triádicas estudiadas, y en total engloban un 63,3% (figura 117) y un 71,8% (figura 119) de las patentes con inventores de la EU-15. España representa un 1% de las patentes triádicas europeas, tanto con titulares como con inventores de la EU-15.

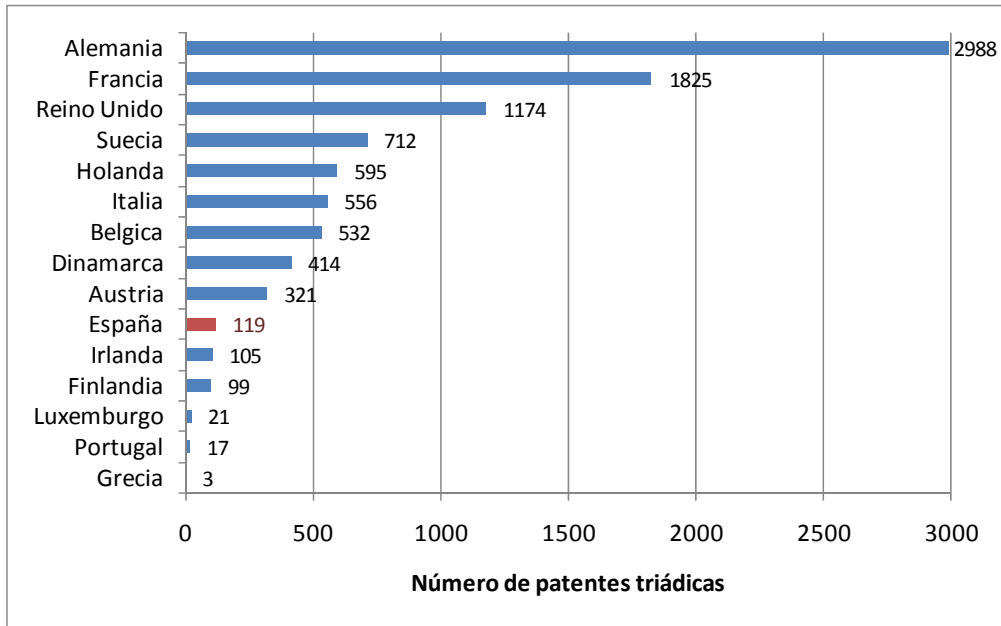


Figura 116. Número de patentes triádicas concedidas relacionadas con la biotecnología con titulares de países miembros de la UE-15 durante el período 2000-2010.

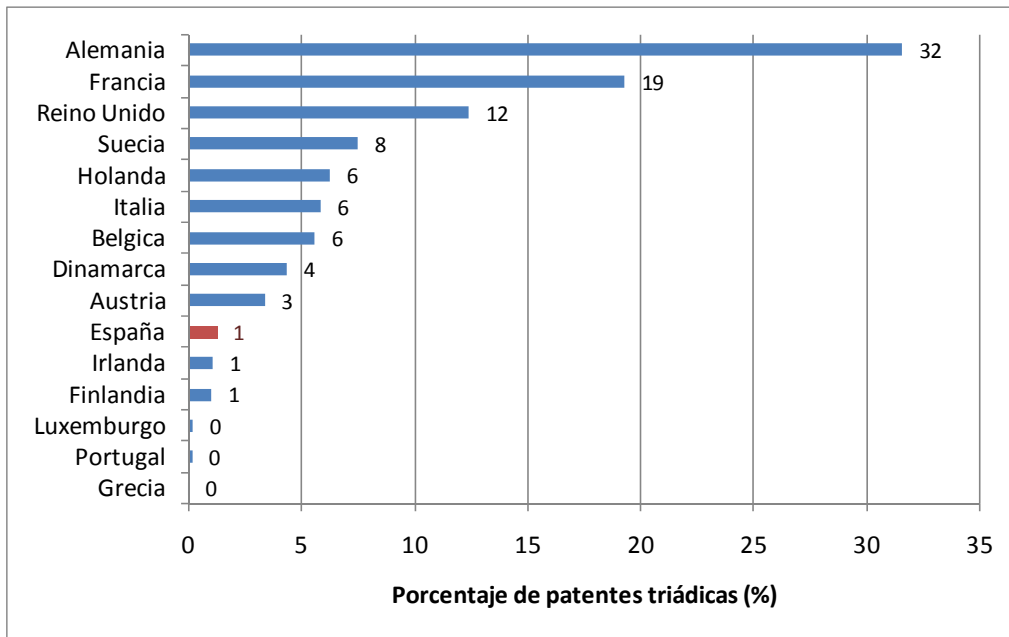


Figura 117. Porcentaje de patentes triádicas concedidas con titulares de países miembros de la UE-15 respecto al total de patentes triádicas de la UE-15 relacionadas con la biotecnología durante el período 2000-2010.

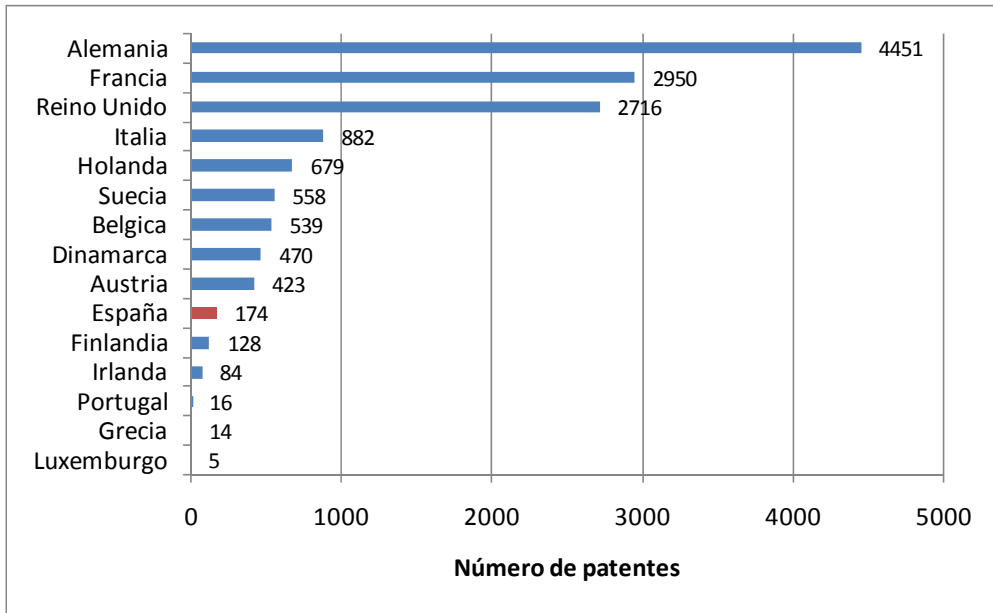


Figura 118. Número de patentes tradicionales concedidas relacionadas con la biotecnología con inventores de países miembros de la UE-15 durante el período 2000-2010

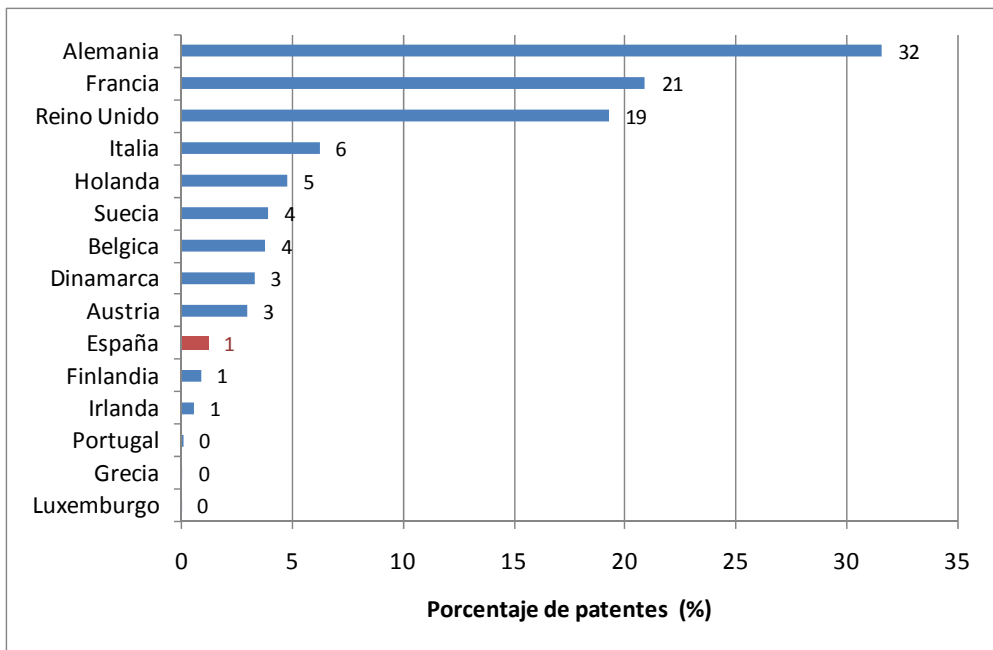


Figura 119. Porcentaje de patentes tradicionales concedidas con inventores de países miembros de la UE-15 respecto al total de patentes tradicionales de la UE-15 relacionadas con la biotecnología durante el período 2000-2010.

4.3.4. Principales hallazgos.

- El número de patentes concedidas por la USPTO y por la EPO, tanto con titulares como con inventores españoles, crece a lo largo del 1990-2009, si bien, este crecimiento es más acusado en las patentes concedidas por la USPTO con una tasa de crecimiento medio anual del 16% frente a la tasa de crecimiento medio anual del 2% de las patentes concedidas por la EPO. Sin embargo, En la evolución del número de patentes concedidas por la USPTO se observan dos etapas de crecimiento comprendidas entre el período 1900-1998 y 2000-2002, y otras dos etapas de decrecimiento, una entre 1999-2000, donde se observa un drástico descenso en el número de patentes hasta cifras correspondientes a niveles de 1996. La etapa de decrecimiento en el número de patentes que aunque menos drástico es más continuado en el tiempo abarca el período 2002-2006, y es también observado en la patentes concedidas por la EPO. Este último descenso es debido a un cambio en la legislación estadounidense sobre patentes relacionadas con el DNA.
- Las empresas farmacéuticas son las principales titulares de patentes españolas concedidas por la USPTO y por la EPO. Entre las instituciones públicas, el CSIC tiene un porcentaje de patentes en biotecnología muy elevado.
- Las patentes biotecnológicas españolas están fundamentalmente orientadas al ámbito de la salud, en concreto a la utilización de las proteínas en tratamientos. Un gran porcentaje de estas patentes corresponden a fármacos antitumorales o para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas.
- A pesar de esta posición tan desfavorable de España dentro de la UE-15 en cuanto a producción tecnológica, España es uno de los países que muestran una mayor tasa de crecimiento anual a lo largo de todo el período. Este crecimiento es más relevante en el período 2000-2009, donde España es el segundo país con mayor crecimiento por encima de la media UE-15 y de países más consolidados como Alemania, Francia y Reino Unido (que muestran tasas de crecimiento negativas).
- Pese a los esfuerzos dedicados en España por fortalecer el desarrollo tecnológico, sigue siendo evidente una acusada brecha entre los resultados

alcanzados en cuanto a producción científica y el muy escaso desarrollo de las tecnologías, al menos en lo que a producción de patentes se refiere.

- A diferencia de otros países europeos, en la generación de patentes biotecnológicas de titularidad española, apenas ha contribuido inventores de otros países. Este hecho, pone de manifiesto la muy limitada capacidad de captación de recursos humanos más allá de nuestras fronteras.

4.4. Análisis de citas de patentes biotecnológicas con titulares españoles registradas en la base de datos USPTO.

Desde el punto de vista cuantitativo, el impacto tecnológico de una patente puede medirse por el número de citas recibidas por otras patentes. Este impacto tecnológico puede aportar información sobre la fortaleza tecnológica de un país.

En este sentido, el análisis de las patentes biotecnológicas españolas registradas en la base de datos USPTO, durante el período 1990-2009, revela que las patentes con de empresas reciben un mayor número de citas por patente que las patentes con titularidad de una institución pública (tabla 45 y 46).

De las 421 patentes propiedad de empresas españolas, 143 son citadas por otras patentes, un 34%. Las empresas con mayor número de patentes citadas son *Laboratorios Dr. Esteve* y *Pharma Mar*, con 22 y 7 patentes citadas respectivamente. Estas 29 patentes representan el 20% de las patentes biotecnológicas de empresas españolas citadas por otras patentes (tabla 45). Cabe destacar que las empresas con el ratio, número de citas por patente, más alto son aquellas con menor número de patentes, *Esteve Química S.A.*, *Futura Medical S.A.*, *Ethypharma* y *Unión Industrial y Agroganadera S.A.*

Las instituciones españolas son titulares de 103 patentes, de ellas 23 patentes (22%) son citadas. El CSIC es la institución con mayor número patentes citadas, en total un 25% (10 patentes). Por otro lado, el CSIC es la institución con mayor número de citas recibidas.

Tabla 45. Principales empresas con patentes biotecnológicas con mayor número de citas de otras patentes durante el período 1990-2009.

Empresa	Citas recibidas	Patentes citadas	Citas/patentes
Laboratorios Dr. Esteve S.A.	129	48	3
J Uriach and Cia S.A.	114	27	4
Esteve Química S.A.	53	2	27
Futura Medical S.A.	53	1	53
Ethypharm	48	2	24
Unión Industrial y Agro-Ganadera S.A.	41	1	41
Grupo Grifols S.A.	37	5	7
Laboratorios Cusi S.A.	37	5	7
Pharma Mar s.a.	33	42	1
Otros	578	288	2
Total	1123	421	3

El escaso número de citas recibidas por las patentes de empresas e instituciones públicas españolas es un indicador que apunta hacia una limitada competitividad de nuestro sector biotecnológico. En el contexto de esta situación desfavorable, llama la atención que una institución de investigación, como es el CSIC, sea una entidad que además de generar un número significativo de patentes biotecnológicas, éstas sean también citadas con cierta intensidad.

Aunque hay que destacar, que una institución pública como el CSIC tiene varias de sus patentes con un número de citas mayor a 10, desde 11 a 63, lo que evidencia su capacidad para desarrollar tecnologías interesantes para los sectores productivos.

Tabla 46. Principales instituciones con patentes biotecnológicas con mayor número de citas de otras patentes durante el período 1990-2009.

Institución Pública	patentes	Patentes	Citas/patentes
----------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------

	citantes	citadas	
CSIC	130	40	3,3
Universidad de Sevilla	51	4	12,8
Universidad de Santiago de Compostela	34	6	5,7
Universidad De Salamanca	6	11	0,5
INIA	4	3	1,3
Universidad Complutense de Madrid	2	7	0,3
Universidad Politécnica de Madrid	2	2	1,0
Total	232	75	3,1

Una manera de medir la relación del sector productivo con el sistema público de I+D es mediante el análisis de los trabajos científicos citados en las patentes de las empresas. Además, la edad media de estos trabajos citados indica la rapidez de las empresas en utilizar conocimiento científico de reciente generación. Las patentes de las empresas biotecnológicas españolas citan una media de 10,4 trabajos científicos con una edad media de 24 años (tabla 47). La edad media de los trabajos varía desde trabajos con 50 años de antigüedad a trabajos muy recientes publicados un año antes de la patente estudiada. Existe mucha variación entre el número de trabajos citados en las patentes, varía desde 102 trabajos en una misma patente hasta no citar ningún trabajo científico. De estos trabajos, el valor promedio de trabajos españoles es 1, en este caso la variación en el número de trabajos españoles citados es muy pequeña, varía desde 0 a 10 trabajos citados en una misma patente.

Estos valores indican dos cosas, por un lado, el conocimiento científico utilizado por las empresas españolas es antiguo, sólo 32 patentes (8% del total de patentes) citan trabajos con menos de cinco años de antigüedad. Por otro lado existe una enorme desvinculación entre el sector productivo y el sector público de investigación, en cuanto al número de trabajos españoles citados se refiere. Las empresas citan mayoritariamente trabajos de investigadores extranjeros. De las 328 patentes de empresas españolas estudiadas, un 25% de las patentes (106) citan trabajos de científicos españoles. *Pharma Mar* es la empresa que cita un mayor número de trabajos, 19 de las 50 patentes de esta empresa (45%) citan trabajos españoles.

Tabla 47. Número de referencias citadas por las empresas españolas con mayor número de patentes biotecnológicas durante el período 1990-2009

Empresa	Patentes	Promedio referencias citadas	Antigüedad promedio (años) citas	Promedio trabajos españoles citados
Laboratorios Dr. Esteve S.A.	50	9	11,9	1
Pharma Mar S.A.	42	24	13,5	2
J Uriach and Cia S.A.	27	6	12,4	0
Almirall-Prodesfarma S.A.	16	16	20,1	1
Ferrer Internacional S.A.	14	4	14,7	1
Laboratorios Almirall S.A.	13	17	12,5	1
Antibióticos S. A.	12	11	10,7	2
Lipotec S.A.	11	9	11,4	1
Instituto Biomar S.A.	7	7	13,9	0
C.B.F. Leti S.A.	6	2	10,1	0
Glaxo Wellcome S.A.	6	2	13,0	0
Total	328	10	24	1

4.4.1. Principales hallazgos del capítulo

- Las patentes biotecnológicas españolas, son escasamente citadas en otras patentes posteriores.
- Pese a la desfavorable situación de la actividad patentadora española, llama la atención el impacto relativo que alcanzan las patentes de algunas instituciones públicas, en particular el CSIC. Esto indica la capacidad del CSIC para producir conocimiento utilizable por el sector productivo
- Se ha constatado el escaso número de citas a trabajos de investigación de centros españoles por parte de las patentes registradas por las empresas españolas. Hecho que contrasta, por una parte con una producción científica de cierta calidad y con las citas que los trabajos de investigadores españoles reciben de patentes de titularidad extranjera (como se verá en el capítulo 4.5).

4.5. Análisis de citas de investigadores españoles en el área de Biotecnología en patentes biotecnológicas USPTO.

El análisis de las referencias bibliográficas citadas en documentos de patentes, permite obtener una serie de indicadores de I+D. Cuando las referencias citadas corresponden a trabajos de investigación científica, los indicadores construidos a partir de esta información son, en realidad, una forma de medir y valorar la transferencia de conocimientos científicos desde el ámbito de la investigación al ámbito tecnológico.

Entre estos indicadores de transferencia tienen especial importancia aquellos que se calculan a partir del número de trabajos de investigación que, citados en las patentes, corresponden a una determinada comunidad de investigadores, a una determinada institución o a un país o región.

En este estudio se parte de una cuidada selección de nombres de investigadores españoles que destacan por una significativa producción científica en el ámbito de la biotecnología. Establecida la relación de investigadores se analiza la bibliografía científica citada en patentes biotecnológicas concedidas por la USPTO a fin de identificar trabajos correspondientes a estos autores.

Se ha utilizado la base de datos USPTO por permitir la búsqueda de los artículos o patentes citados en la bibliografía para relatar el estado del arte que da lugar a esa invención. Esas citas se denominan citas no de patentes o *No patent literature*. Por otro lado, las citas recogidas en patentes registradas en USPTO permiten evaluar el impacto de los trabajos españoles sobre patentes con un alto valor estratégico. Sin embargo, la USPTO presenta la limitación de que sólo aparece o bien el primer firmante del trabajo o bien los primeros firmantes, con lo que hay un alto número de artículos españoles que no son detectados.

Debido a la gran cantidad de investigadores identificados en el apartado de producción científica de este estudio, este número se ha reducido en una muestra formada por los 245 investigadores con mayor producción científica (más de 7 artículos durante 2000-2007) dentro de la categoría de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*, según la base de datos WoS, por considerar esta área más aplicada y sus

trabajos científicos más susceptibles de ser citados. Se ha reducido también el período a 2000-2007. El número de investigadores españoles que publicaron algún artículo científico en revistas de *Biotecnología y Microbiología Aplicada*.

De los 245 investigadores analizados, 77 (31,4%) aparecen citados en algún documento de patente como primer firmante (figura 120). De estos 77 investigadores citados, 51 (62%) aparecen citados en más de una patente. El total de citas recibidas por estos 77 investigadores citados es de 357, lo que implica aproximadamente 4,6 citas en patentes por cada investigador.

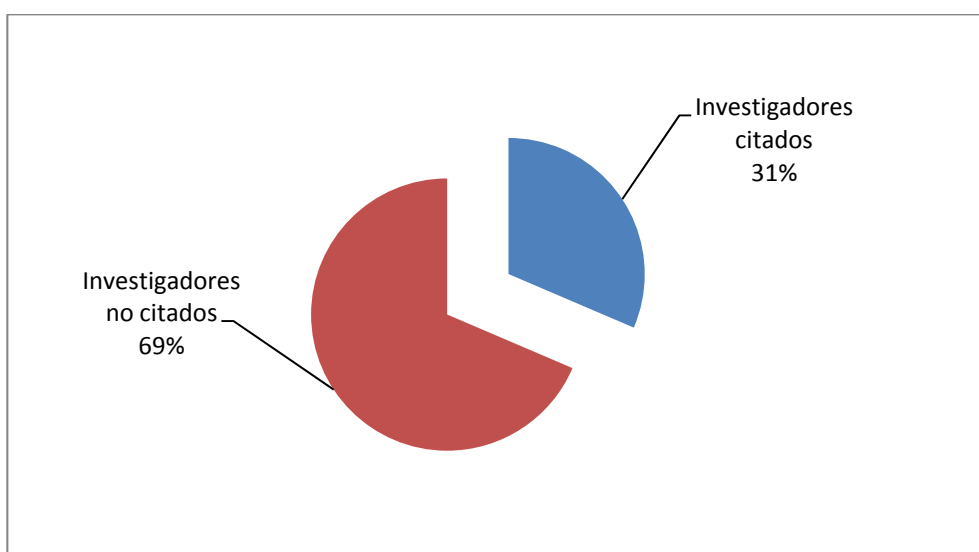


Figura 120. Número de investigadores españoles citados en patentes biotecnológicas recogidas en la USPTO en Biotecnología y Microbiología Aplicada durante el período 2000-2007.

En total, el número de patentes que citan artículos de investigadores españoles es de 335. Estas 335 patentes se distribuyen en 33 categorías temáticas diferentes, pero un 41,9% de las patentes corresponden al sector de la Biotecnología. En la tabla 48 se recogen las 10 primeras categorías en cuanto a número de patentes en las que se citan a investigadores españoles.

Tabla 48. Clasificación de las patentes citantes recogidas en la USPTO a investigadores españoles durante el período 2000-2007.

Código clasificación USPTO	Título de la clasificación	Nº patentes	%
435	Química: Biología molecular y microbiología	147	43,9
424	Medicamentos: Composición para tratamiento corporales.	65	19,4
800	Organismos multicelulares, parte de ellos o procesos relacionados.	37	11,0
514	Medicamentos: Composición para tratamiento corporales. Contenido en ingredientes orgánicos activos	24	7,2
536	Compuestos orgánicos.	16	4,8
530	Química: Resinas naturales o derivados; péptidos o proteínas; ligninas o productos relacionados.	14	4,2
426	Alimentos o productos comestibles: procesos, composición y productos.	8	2,4
600	Cirugía. Test de diagnósticos	5	1,5
210	Purificación de líquidos o separación	5	1,5
606	Cirugía. Instrumentos.	4	

Las 335 patentes de la USPTO que citan trabajos de investigadores españoles del área de Biotecnología Aplicada han sido clasificadas temáticamente conforme a un doble criterio, por una parte atendiendo al esquema de clasificación de la Biotecnología establecido por la OCDE y, por otra, conforme a los sectores de aplicación (Salud, Agroalimentación, Medio Ambiente, Procesos y productos industriales y Tecnologías de carácter horizontal). Al igual que ocurría en el caso de patentes con titularidad española o con inventores españoles, más de la mitad de las patentes que citan a investigadores relacionados con el ámbito de la Biotecnología están englobadas dentro del sector Salud (figura 121), y relacionadas con el uso de proteínas y DNA/RNA (figura 122).

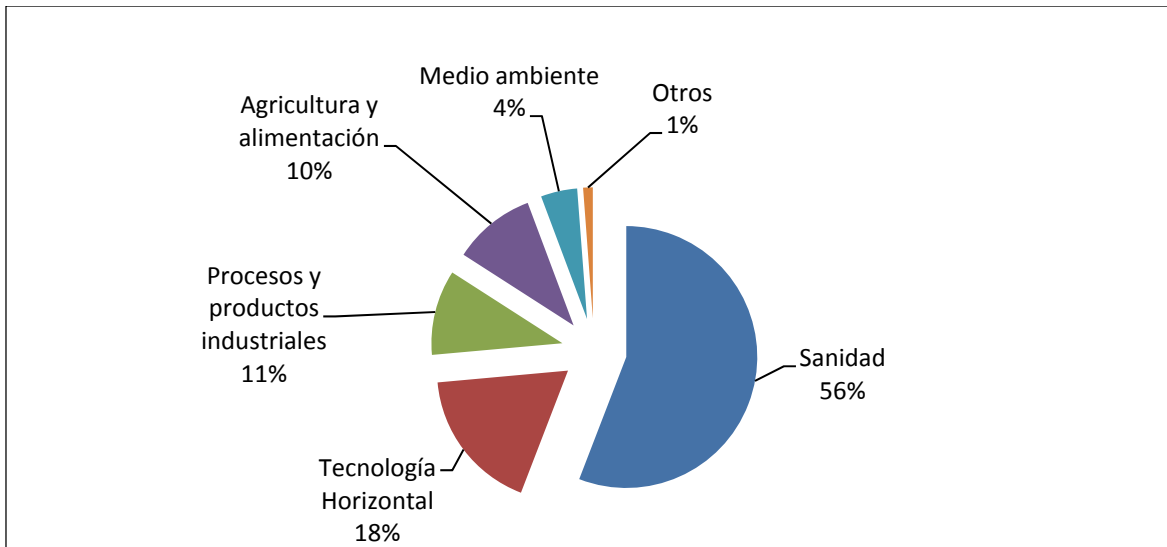


Figura 121. Clasificación de patentes que citan trabajos de investigadores españoles relacionados con la Biotecnología de acuerdo a los sectores de aplicación.

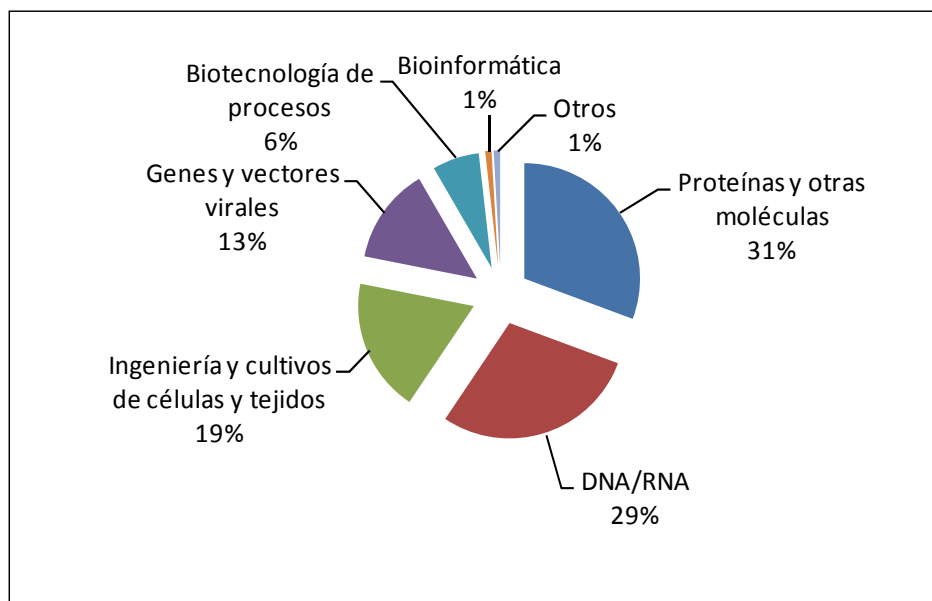


Figura 122. Clasificación de patentes que citan trabajos de investigadores españoles relacionados con la Biotecnología según la clasificación de la OCDE.

4.5.1. *Vida media de las citas a artículos de investigadores españoles en Biotecnología.*

El tiempo transcurrido desde la fecha de publicación de un artículo científico hasta que el mismo es citado en una patente permite conocer la velocidad con la que

el conocimiento científico es incorporado por el sector productivo generador de nuevas tecnologías. Existen varias formas de analizar este aspecto del proceso de transferencia de conocimientos, siendo una de las más utilizadas aquella que se basa en la obtención de indicadores que relacionan la fecha de publicación de la literatura científica citada en patentes con la fecha de publicación de las solicitudes de dichas patentes.

Con esta finalidad se han analizado las referencias bibliográficas contenidas en las patentes biotecnológicas USPTO que citan trabajos de investigadores españoles y, por otra, las citas realizadas al resto de trabajos no españoles. El procedimiento seguido para este análisis consiste en clasificar, por intervalos de tres años de antigüedad, las referencias a trabajos de científicos citados en las patentes respecto a la fecha de publicación de la solicitud de las mismas (tabla 49). Como puede observarse, más del 80% de las referencias citadas en las patentes tienen una antigüedad menor de 8 años. Las referencias de menos de dos años de antigüedad, de 3 a 5 años y de 6 a 8 años presentan frecuencias muy similares

Tabla 49. Análisis de antigüedad de citas a trabajos españoles comparado con las citas a otros trabajos.

Años de antigüedad	Citas a trabajos españoles	Citas a otros trabajos	% Citas trabajos españoles (FCE)	% Citas autores de otros trabajos (FCT)
0 a 2	100	3271	25,67	11,10
3 a 5	110	6392	28,57	21,69

6 a 8	100	7368	25,97	25,01
9 a 11	45	5394	11,69	18,31
12 a 14	16	2852	4,16	9,68
15 a 17	4	1665	1,04	5,65
18 a 20	0	918	0,00	3,12
21 a 23	3	514	0,78	1,74
24 a 26	3	333	0,78	1,13
27 a 29	1	199	0,26	0,68
Más de 30	3	559	0,78	1,90
Total	385	29.465	100	100

La comparación de las curvas correspondientes a ambas colecciones de registros permite saber si las citas a trabajos de autores españoles en patentes biotecnológicas corresponden a trabajos publicados recientemente y si la velocidad de incorporación al ámbito tecnológico es más o menos rápida que la observada para el conjunto de la literatura citada (figura 123). Se puede observar como el patrón de incorporación de trabajos españoles en las patentes es significativamente superior que la incorporación de trabajos de otros autores extranjeros. La antigüedad media de los trabajos españoles oscila entre los 3 y 6 años mientras que la antigüedad del resto de trabajos se sitúa entre los 6 y 8 años.

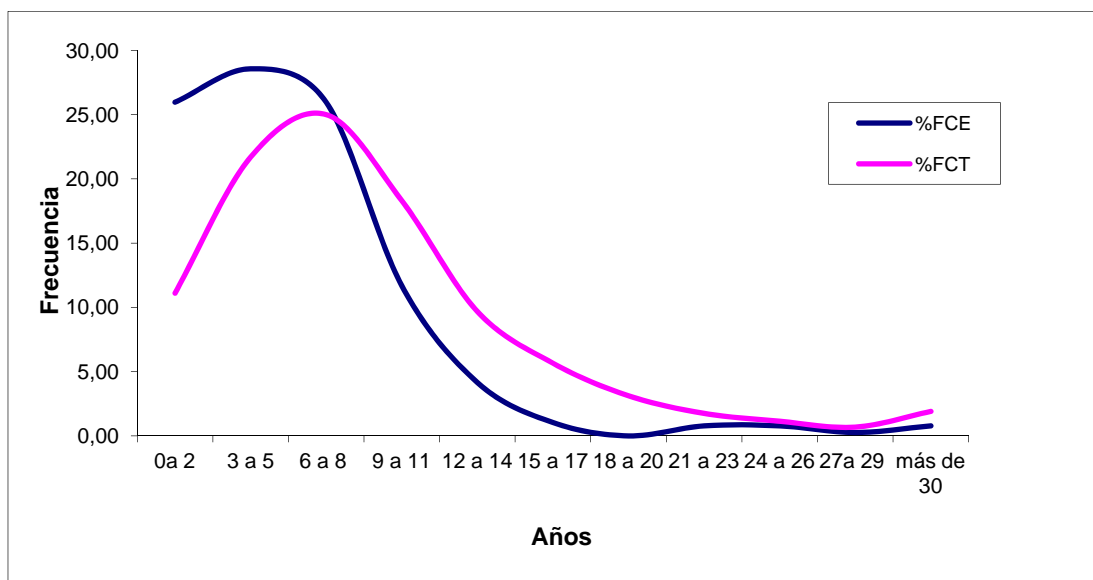


Figura 123. Curvas de frecuencia de citas a trabajos relacionados con la Biotecnología con autores españoles y autores extranjeros.

4.5.2. Principales hallazgos del capítulo.

- Un porcentaje elevado de investigadores identificados en el capítulo 4.1, el 31,4%, han sido citados en patentes concedidas por la USPTO. Este porcentaje evidencia que los artículos de los investigadores del sector público biotecnológico español tienen un evidente valor en la producción de tecnología.
- Se ha comprobado que existe transferencia de conocimientos entre el sector público español de I+D y el sector productivo, pero esta transferencia se realiza hacia entidades extranjeras.
- Las patentes citantes de trabajos científicos españoles corresponden mayoritariamente al sector salud, y están principalmente relacionadas con el uso de proteínas y de DNA.
- La incorporación de trabajos científicos españoles en patentes biotecnológicas, sobre todo de aquellos trabajos menores de dos años, es más rápida que la incorporación de trabajos de científicos no españoles.

4.6. Sector empresarial biotecnológico español.

Este capítulo estudia el sector empresarial biotecnológico español desde un punto de vista que permite analizar la transferencia de conocimiento del Sistema Público de I+D a las empresas así como para detectar que medidas serían necesarias para mejorar la colaboración de las empresas con los OPIs y universidades. Es necesario tener un conocimiento detallado sobre aspectos clave de las relaciones entre ambos ámbitos y de los factores condicionantes que dictan esa relación. Con esta finalidad se ha realizado una encuesta dirigida a las empresas del sector biotecnológico.

Los resultados de este apartado han sido obtenidos a partir de las respuestas obtenidas en una encuesta cuyo cuestionario se muestra en el Anexo I. Se obtuvieron 82 cuestionarios debidamente cumplimentados, lo que supone un 36% de respuestas sobre el total de empresas a la que se dirigió la encuesta (440) y un 9% de error para un intervalo de confianza del 95%. Este porcentaje se considera estadísticamente aceptable. De esas 82 empresas cuatro no cumplimentaron el cuestionario por considerar que su actividad en los últimos años no incluía realmente la Biotecnología.

El 78% de las empresas (61 empresas) considera la Biotecnología como la actividad central de la empresa y están dedicadas plenamente a la Biotecnología, mientras que el 22% (17 empresas) no la consideran como la actividad central. De hecho, un 95% de las empresas considera que la Biotecnología es importante en la actividad estratégica de la empresa. Además, un 78% de estas empresas consideran la actividad biotecnológica como “crucial o muy importante”. El 5% restante de las empresas encuestadas consideran que la Biotecnología “no es importante” o es “poco importante”. (figura 124). Estos datos revelan que son empresas muy centradas en el ámbito biotecnológico.

El estudio del tamaño de la empresa biotecnológica española revela que el sector biotecnológico está compuesto preferentemente por empresas pequeñas, de menos de 50 empleados. Cabe destacar que un alto porcentaje de las empresas, 38%, son microempresas (compuestas por menos de 10 empleados) y que sólo un 8% de las empresas tienen más de 250 empleados (figura 125).

Las 74 empresas estudiadas emplean un total algo superior a 1800 personas de las que el 72 % está plenamente dedicado a la Biotecnología y el resto solo parcialmente.

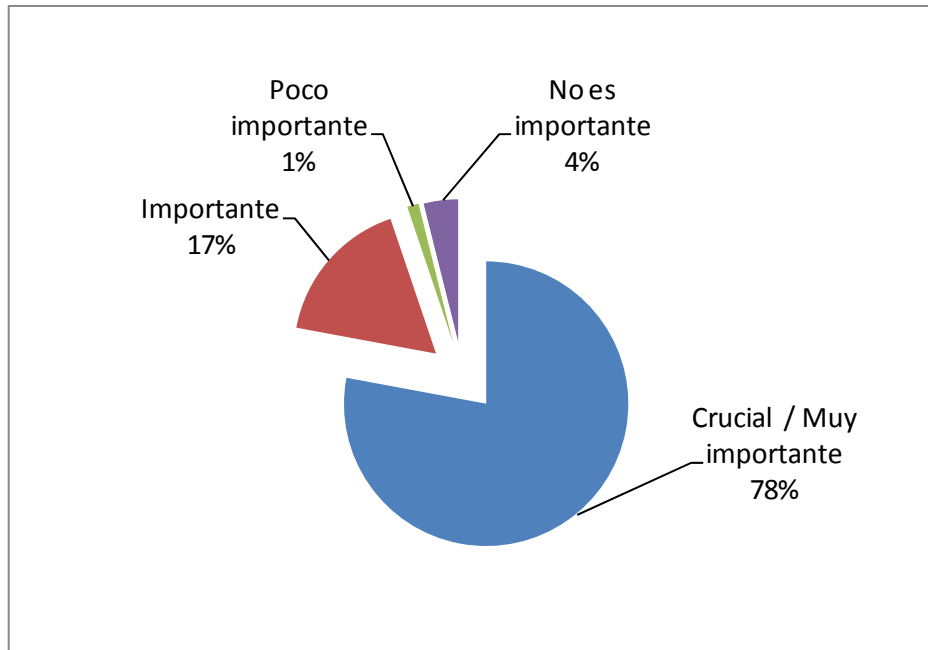


Figura 124. Importancia estratégica de la actividad biotecnológica de la empresa.

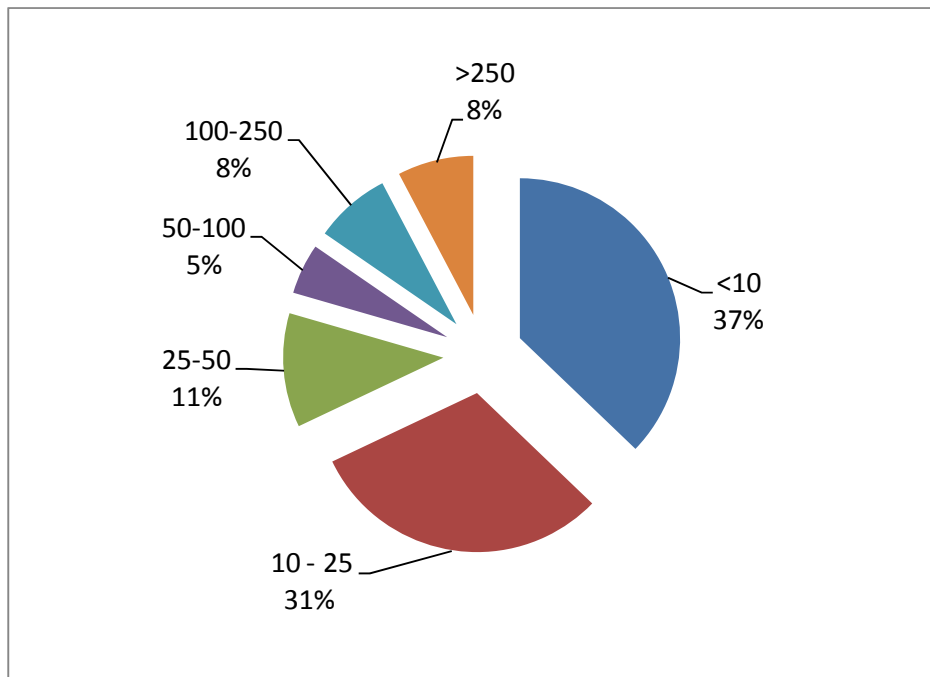


Figura 125. Número de personas empleadas en la empresa.

En lo que se refiere al efecto que la actividad en Biotecnología ha tenido en los beneficios o pérdidas de las durante el período 2007-2009, un 72% de las empresas manifiestan haber tenido beneficios y el 28% restante pérdidas en los últimos dos años (figura 126). El 43% de las empresas consideran que la actividad en Biotecnología ha afectado a sus beneficios, de manera positiva, incrementándolos, y el 27% manteniéndolos. Del resto de las empresas que presentan pérdidas, un 6 % considera que estas se han reducido, el 15 % manifiesta que han permanecido estables, y un 8% que se han incrementado.

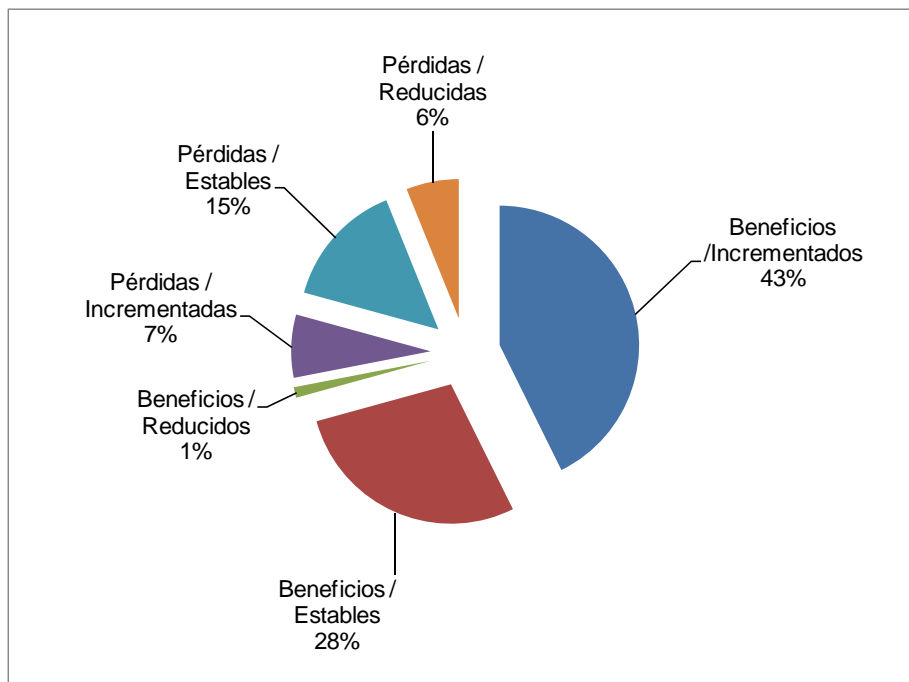


Figura 126. Importancia de la actividad biotecnológica en los beneficios o pérdidas económicas de las empresas durante el período 2007-2009.

El análisis de las 35 empresas que han obtenido beneficios durante el período analizado, muestra que un 71% de estas empresas tienen más de 25 empleados. Un 77% han afirmado que la Biotecnología es crucial para su actividad. Las principales áreas de actividad de estas empresas está relacionada con la Salud Humana, más en concreto, un 40% de las empresas que han obtenido beneficio centran su actividad en la investigación y desarrollo de nuevas formas de diagnóstico. También son muy importantes las actividades de producción, también relacionadas con el diagnóstico, que son empleadas por un 31% de las empresas. Un 29% de las empresas que han

obtenido beneficios realizan actividades de I+D y producción en Diagnóstico. El tercer área más importante es la Bioinformática, un 31% de las empresas realizan actividades de I+D en este campo.

La tecnología más utilizada por estas empresas es la de DNA, que es utilizada por un 69% de las empresas con beneficios. El 100% de las empresas que utiliza tecnología de DNA realiza actividades de I+D. También hay un alto porcentaje de empresas que utilizan tecnología relacionada con proteínas y otras macromoléculas, en concreto un 57% de las empresas con beneficios.

Además de sobre el impacto económico de la actividad biotecnológica, también se preguntó a las empresas sobre su percepción acerca del impacto que ha tenido la Biotecnología sobre nueve aspectos concretos y diferentes de su actividad empresarial (figura 127):

- Costes de capital.
- Costes de operación.
- Calidad de "Input" o de la materia prima adquirida.
- Calidad de servicio.
- Productividad.
- Eficiencia del proceso.
- Calidad de producto.
- Ventas.
- Propiedad industrial.

Los resultados muestran que la actividad biotecnológica tiene un impacto positivo en la mayoría de los aspectos anteriormente mencionados. Un 82% de las empresas han destacado el impacto positivo que ha tenido el desarrollo de actividades en el sector biotecnológico sobre la obtención de patentes (propiedad industrial). Un 69% y un 65% de empresas han valorado positivamente el impacto de la Biotecnología sobre las ventas y sobre la calidad del producto, respectivamente. En menor medida, ha sido valorado el impacto positivo de la biotecnología sobre la eficiencia del proceso

por el 59%, sobre la productividad por el 49% y sobre la calidad del servicio por un 46% de las empresas encuestadas. Un número muy pequeño de empresas ha percibido con un impacto negativo la actividad biotecnológica sobre los costes de operación (23 %) y sobre los costes de capital (un 17 %), posiblemente debido al alto grado de inversión necesaria para llevar a cabo actividades biotecnológicas.

Sin embargo, un número importante de empresas ha considerado que la Biotecnología no ha tenido ningún efecto sobre la calidad del “input” por el 49 %, en los costes de capital 47%, en los costes de operación por el 42%, y en la productividad por el 39% de las empresas.

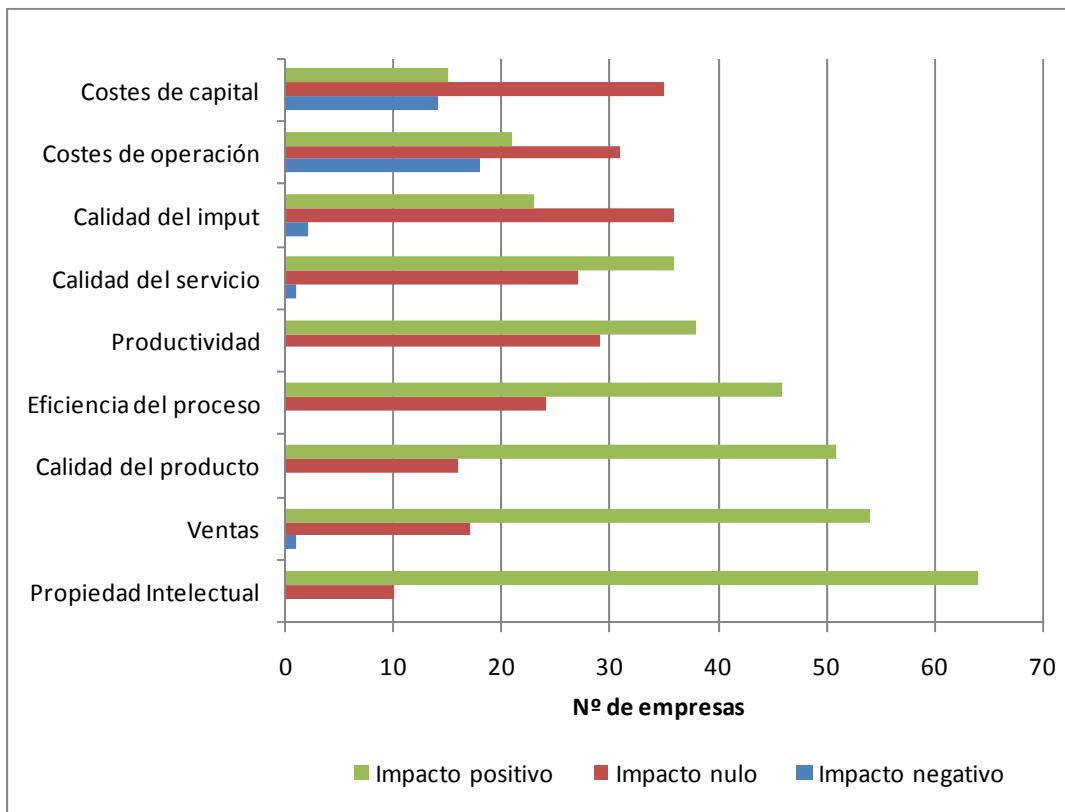


Figura 127. Percepción de las empresas del impacto de la Biotecnología sobre distintos aspectos de su actividad empresarial.

Otro aspecto que se ha considerado ha sido la percepción sobre el impacto observado en aspectos de la actividad de las empresas con incidencia sobre el medio ambiente (figura 128). El resultado más evidente es la percepción de un efecto nulo por la mayoría de las empresas, entre el 72% y el 64%, sobre la emisión de gases de

efecto invernadero, el nivel de los residuos, las impurezas en los mismos e incluso en las actividades de transporte y logística. Algunas empresas, menos del 14%, consideran que el impacto puede ser positivo en algunos aspectos y una proporción muy pequeña de ellas ha considerado un impacto negativo de la Biotecnología sobre los aspectos medioambientales.

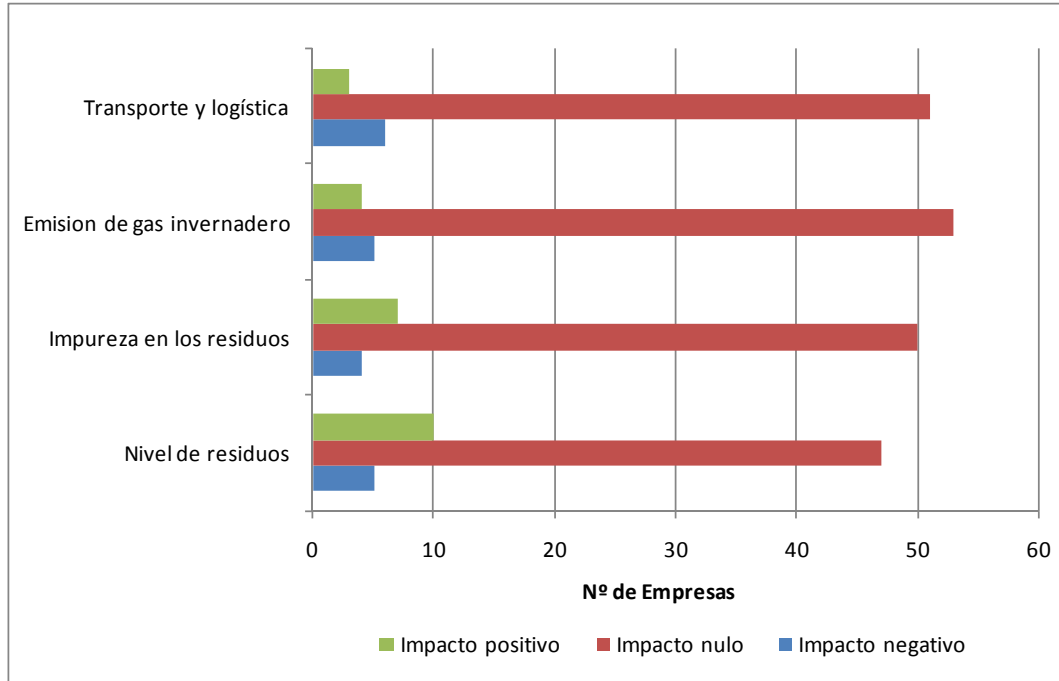


Figura 128. Impacto del uso de la Biotecnología sobre aspectos medioambientales.

De acuerdo con los datos manifestados por las empresas *las técnicas biotecnológicas empleadas, según la definición-lista de la OCDE* son, en primer lugar las relacionadas con el DNA por el 64% de las empresas, las proteínas y otras moléculas por el 49%, los procesos biotecnológicos son empleados por el 44% y el cultivo de células y tejidos e ingeniería por el 41% de las empresas. Otras actividades importantes son la bioinformática, empleada por el 31%, y la Nanobiotecnología por el 27% de las empresas.

En la encuesta realizada se pidió a las empresas que especificara a que tipos de sectores estaba orientada su empresa en función de la actividad en I+D, adquisición o producción en Biotecnología.

En función de la actividad en I+D (figura 129), se puede observar que la actividad de las empresas está muy polarizada, con un 80% de las empresas orientadas hacia el sector de la salud humana. Dentro de este sector, el 45% de las empresas están interesadas en actividades relacionadas con el diagnóstico y el 36% por la terapia (figura 130). El 58% de las empresas están interesadas en actividades relacionadas con los procesos industriales. En concreto, el 19% de las empresas con actividad I+D en procesos industriales, están orientadas a la obtención de enzimas u otros reactivos, en el 17% de los casos a los procesos relacionados con los alimentos, en el 13% a recuperación de materiales y en el 10% a producción. El siguiente sector por orden de importancia es el relacionado con el sector agropecuario, estando el 33% de estas empresas relacionadas con la agricultura, principalmente en actividades dedicadas a producción ganadera, con un 17% de empresas, seguido por un 12% de las empresas dedicadas a actividades orientadas a producción vegetal y por un 5% a acuicultura. La Bioinformática es el cuarto sector en importancia, con un 24% de las empresas con actividad en I+D. Por último, los temas medioambientales y las actividades de I+D básicas interesan al 14% y 18%, respectivamente. Un 3% de las empresas contestaron que se interesaban por otros sectores.

Esta polarización hacia el sector de la salud humana ha sido observada a nivel mundial y sobre todo en la mayoría de los países de la OCDE (Van Beuzekom y Arundel, 2009). Sin embargo, se observa una diferencia entre España y el resto de países, ya que las empresas españolas están orientadas principalmente hacia el desarrollo de elementos y técnicas de diagnóstico, mientras que el resto de países centran sus objetivos de negocio en el desarrollo de terapias (Ernst and Young, 2007).

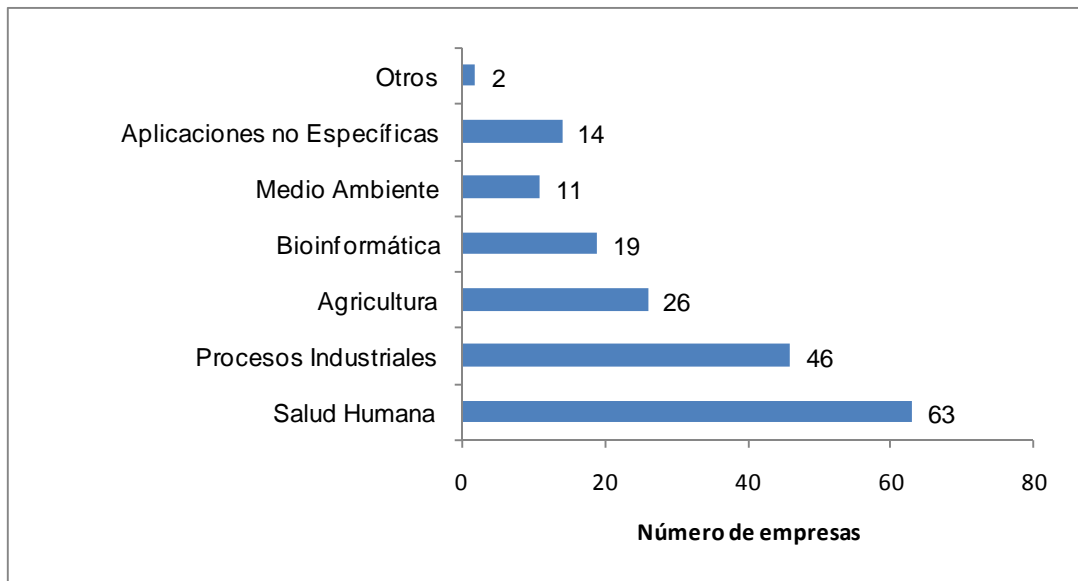


Figura 129. Sectores de actividad de las empresas que afirman realizar actividades en I+D en Biotecnología.

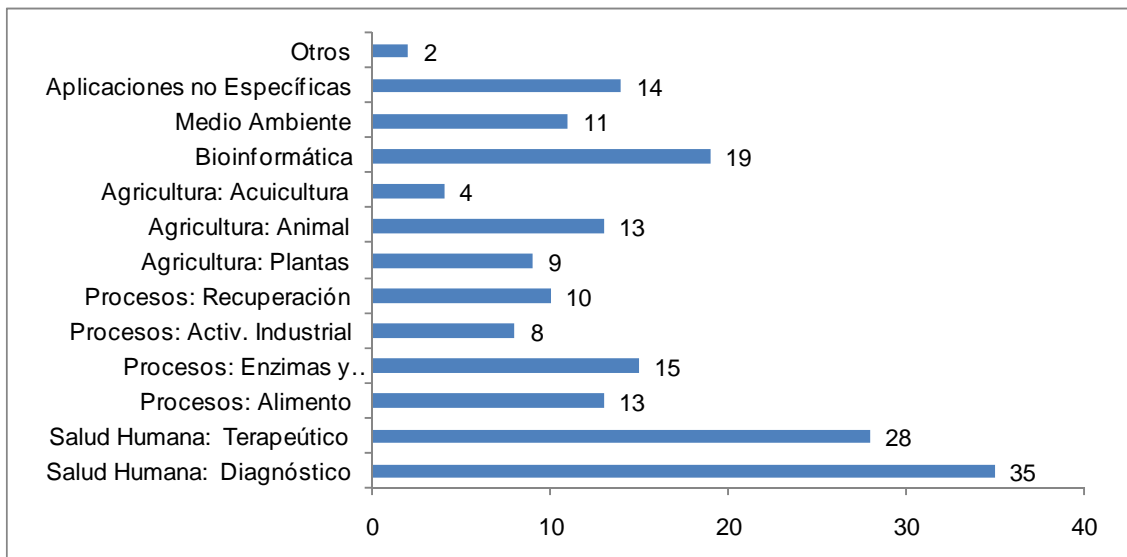


Figura 130. Sectores de interés de las empresas que realizan actividades en I+D en Biotecnología.

El número de empresas con actividad en producción y comercialización (figura 131 y 132) es inferior al de las que realizan I+D, indicando que no todas las empresas llegan a producir o comercializar un producto, probablemente por el pequeño tamaño de las empresas estudiadas. El sector relacionado con salud humana sigue siendo el que implica a un mayor porcentaje de las empresas españolas, en especial en el ámbito del diagnóstico, con un 29%, que es muy inferior al observado para la actividad investigadora que incluía al 45% de las empresas. Estas diferencias entre la actividad

investigadora de la empresa y la actividad de comercialización de los productos no es tan acusada en el sector de procesos, tanto para la obtención de alimentos (13%) o de enzimas y reactivos (13%). En el sector relacionado con la Agricultura las diferencias entre los porcentajes de empresas que realizan I+D y las que comercializan sus productos es menor, en especial en el sector de las plantas con el mismo porcentaje (12%). En el caso de la Bioinformática, prácticamente la mitad de empresas que investigan en este campo (24%) comercializa sus productos (13%). Sólo las empresas más grandes pueden hacer frente a la inversión necesaria para el desarrollo clínico de los productos.

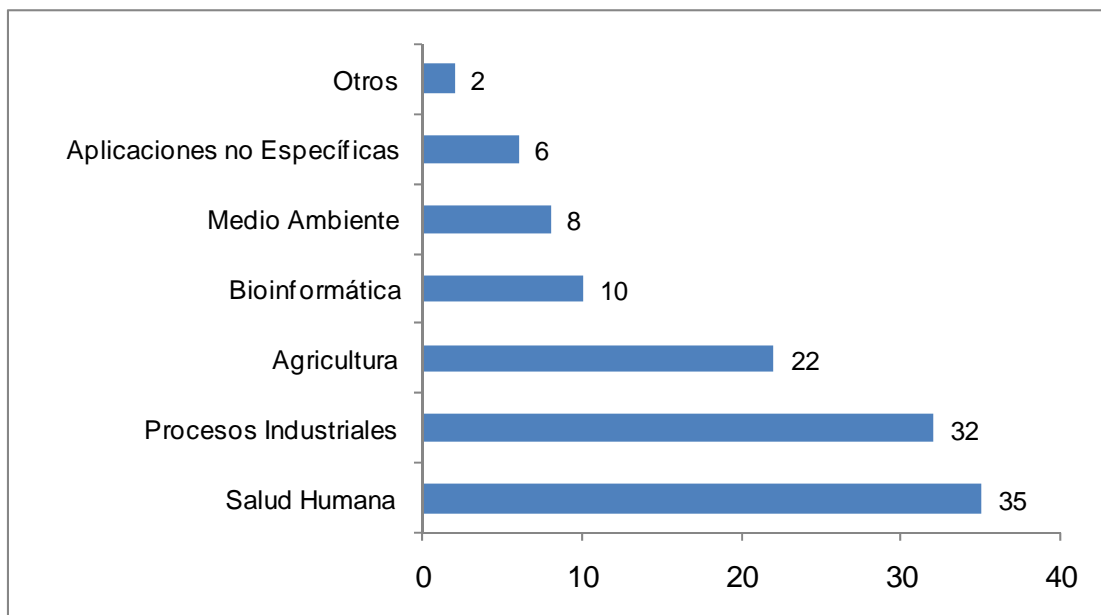


Figura 131. Sectores de aplicación de las empresas con actividad en producción/comercialización en Biotecnología.

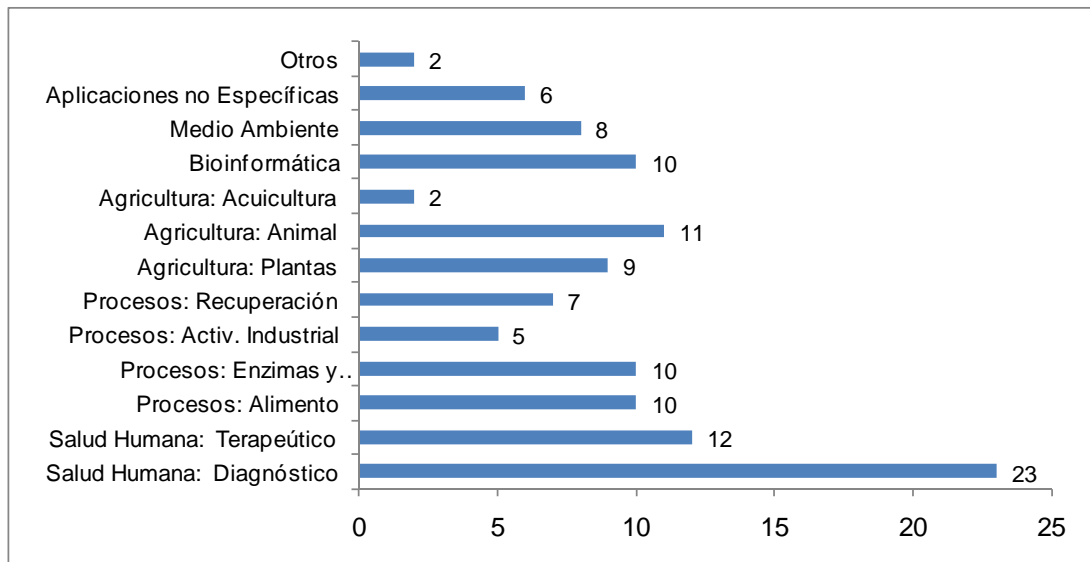


Figura 132. Sectores de interés de las empresas con actividad en producción/comercialización en Biotecnología.

El número de empresas que desarrollan actividades de “input” o adquisición de productos o métodos biotecnológicos es muy pequeño (figura 133 y 134). El sector biotecnológico con mayor porcentaje de actividad de adquisición es el sector de la Bioinformática, que representa el 15% de las empresas, un porcentaje de empresas mayor que el observado para la actividad de comercialización. En otros sectores tales como, salud humana relacionada con el desarrollo de diagnósticos, el sector de procesos relacionada con la utilización de enzimas y reactivos y el sector agropecuario relacionada con la producción vegetal representan un 12%, un 10% y un 9% respectivamente. Estos datos implican que hay empresas especializadas y que adquieren esas biotecnologías.

La Biotecnología se desarrolla mayoritariamente por las propias empresas, generalmente *spin-off*, y esta es adquirida por empresas más grandes.

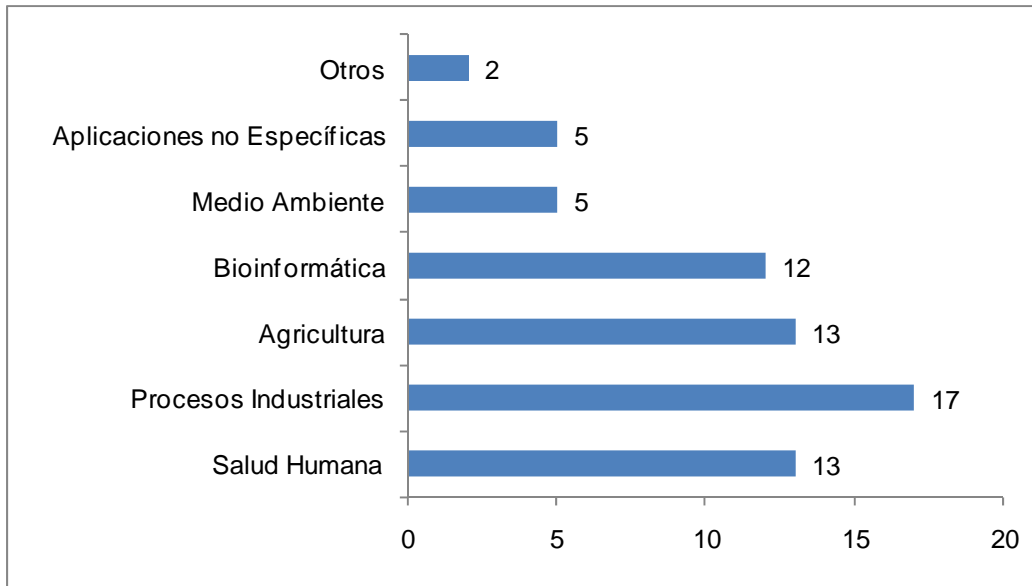


Figura 133. Sectores de aplicación de las empresas con actividad en adquisición en Biotecnología.

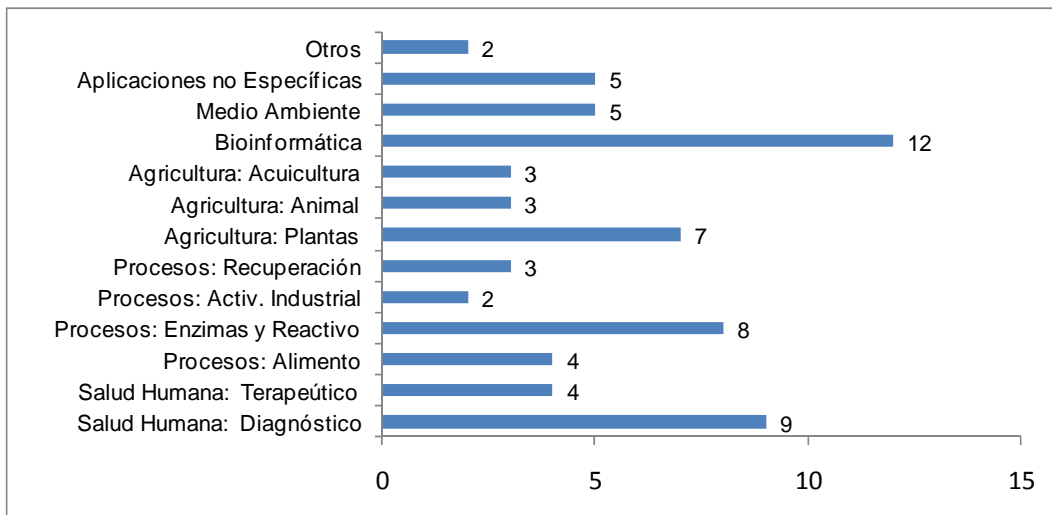


Figura 134. Sectores de interés de las empresas con actividad en adquisición en Biotecnología.

La encuesta realizada a empresas biotecnológicas incluye un apartado dedicado a las dificultades encontradas para el desarrollo de su actividad en I+D y para la comercialización de su producto. Los resultados se han agrupado en tres grandes grupos: dificultades de tipo económico, de tipo legal y de tipo científico.

El mayor obstáculo de tipo económico señalado por las empresas (figura 135), ha sido el acceso al capital necesario, que es señalado por un 67% de las empresas que desarrollan actividades de I+D y un 37% de las empresas con actividad en

producción/comercialización. El siguiente problema de tipo económico identificado por las empresas es la financiación del insuficiente gobierno, que es identificado por 63 % de las empresas con actividad en I+D consideran y un 20% de las empresas con actividad en producción y comercialización. Por último, el problema de la financiación del gobierno insuficiente ha sido detectado como un problema por el 47% de las empresas con actividades en I+D y sólo por un 18% de las empresas en comercialización/producción.

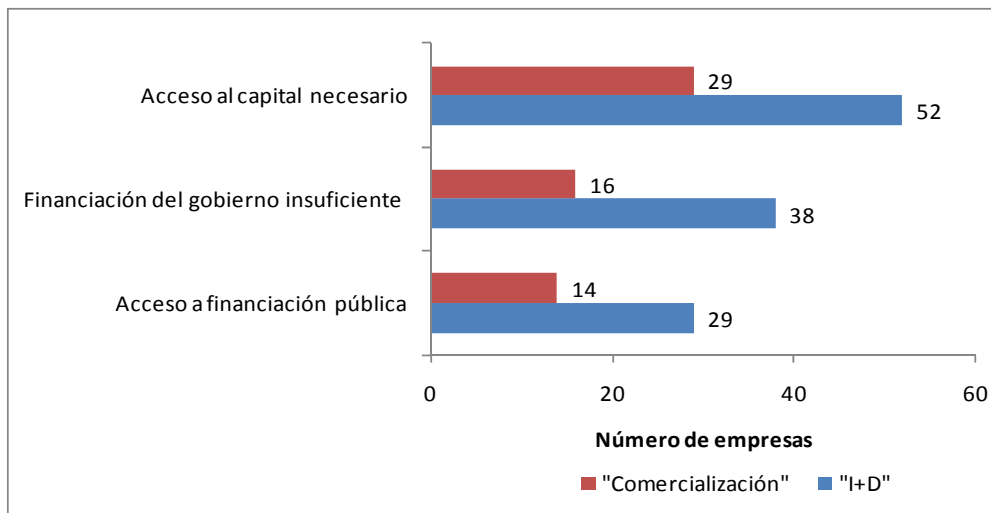


Figura 135. Dificultades de tipo económico para el desarrollo de I+D y producción/comercialización de productos biotecnológicos de las empresas en el período 2007-2009.

Dentro de las dificultades de tipo legal (figura 136), el exceso de normativa es el obstáculo mayor importancia, sobre todo para las empresas que realizan actividades de la producción/comercialización de productos biotecnológicos, que es identificado como un obstáculo por un 39% de estas empresas, frente al 28% de las empresas que realizan I+D. Este obstáculo es de mayor importancia para las empresas con actividades de comercialización debido a que muchos de los productos biotecnológicos están relacionados con organismos modificados genéticamente que cuentan con una percepción negativa en distintos estamentos sociales. Esta preocupación ha promovido el establecimiento de estrictas normativas que garanticen la seguridad tanto en la investigación, como para el medio ambiente y para los consumidores de animales o plantas modificados genéticamente o productos alterados mediante la

participación de OMGs. Sin embargo, en algunos casos, esta normativa es considerada exagerada por las empresas y como un gran impedimento para la comercialización de sus productos, sobre todo si son productos relacionados con plantas o semillas transgénicas. Muchos autores consideran estos factores como un grave impedimento al desarrollo de la biotecnología, tanto a escala española como europea y la señalan como la principal causante de la distancia producida entre Europa y Estados Unidos.

La percepción pública en contra es percibida como el segundo obstáculo más importante para las empresas que desarrollan producción/comercialización (18% de las empresas). Las normativas locales es percibido por igual tanto en empresas con actividades en I+D como por empresas con actividades en producción/comercialización, si bien se observa que es el segundo factor más importante para las empresas con actividades en I+D.

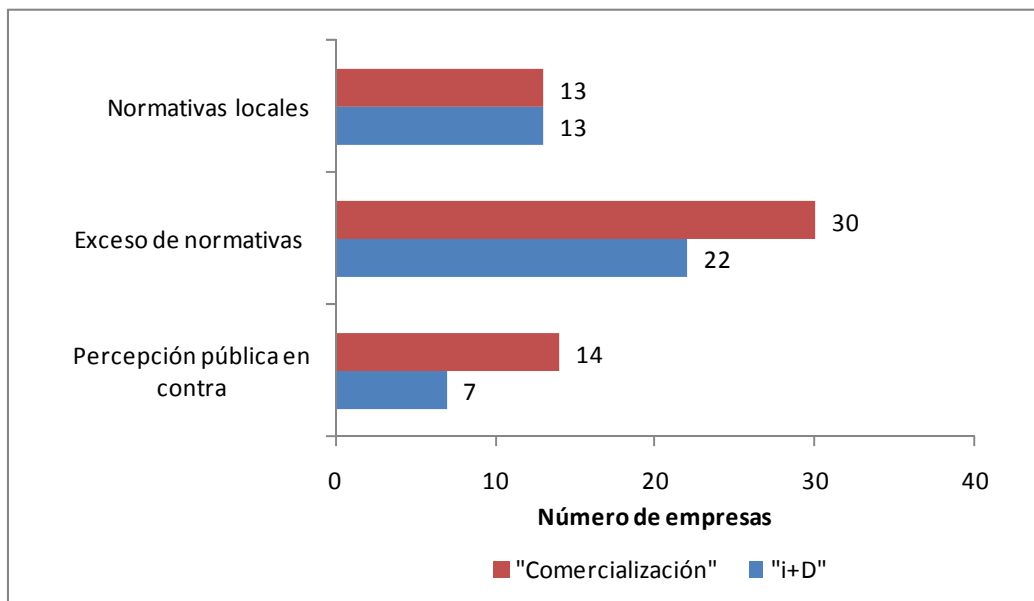


Figura 136. Dificultades de tipo legal percibidas por las empresas con actividades de I+D y producción/comercialización de producto biotecnológicos durante el período 2007-2009.

Dentro de las dificultades de tipo científico, las empresas encuestadas han señalado (figura 137) *el acceso a científicos expertos o especialistas en aspectos concretos de la Biotecnología* se ha percibido por un número mayoritario de empresas (58 %), seguido por la *disponibilidad de investigadores o tecnólogos en Biotecnología*

con un 51% de empresas que realizan actividad de I+D. Se consideran también importantes para las empresas que realizan actividades de I+D el *acceso a tecnologías específicas* o la *obtención de patentes*. Sin embargo, para la actividad de comercialización de los productos biotecnológicos un 45% señalan como principal problema el *acceso a expertos en gestión*. Hay que señalar que un 36 % de estas empresas señalan como segundo problema importante dentro de este bloque *los costes de las licencias de patentes ajenas*.

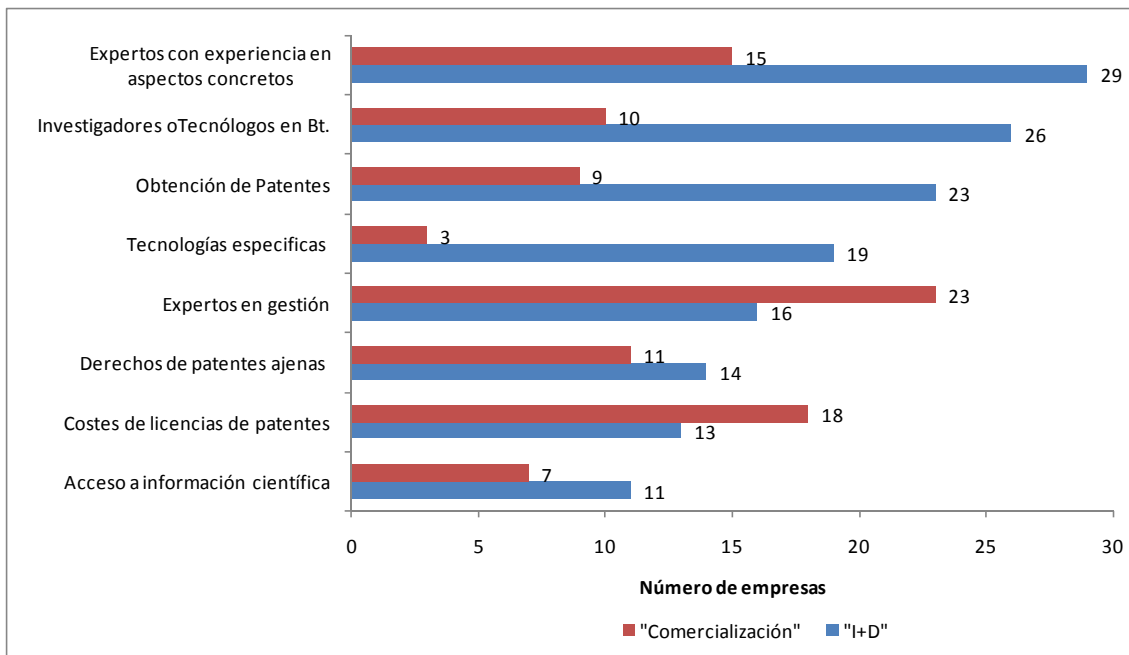


Figura 137. Necesidades de tipo científico para el desarrollo de I+D y comercialización en las empresas durante el período 2007-2009.

4.6.1. *Relaciones entre el sector privado y el sector público de I+D*

La encuesta realizada a empresas biotecnológicas incluye un apartado para analizar relación entre el Sistema Público de I+D y la empresa. Este apartado contenía preguntas sobre si la empresas había mantenido alguna relación entre 2007-2009, que tipo de relación habían mantenido y el grado de satisfacción de la misma.

Debido a la dependencia del conocimiento científico de estas empresas y a su creación en muchos casos por científicos de universidades o Centros Públicos de Investigación, (P. Swann et al, 1998) existe una conexión generalizada de estas empresas con el sistema público de investigación (A. Nilsson, 2001). Esta conexión se confirma para las empresas españolas estudiadas, ya que un 94% ellas han colaborado con algún centro del Sistema Público de I+D durante el período 2007-2009, y esta relación es calificada de gran importancia para el desarrollo de la actividad de la empresas por un 82% de las mismas. Esto pone de manifiesto, por un lado la importancia de la colaboración con el sistema público de I+D por parte de estas empresas, que necesitan desarrollar continuamente nuevos conocimientos (De Rubertis, 2009) y por el otro, pone de manifiesto la relevancia de las actividades de transferencia de tecnología entre el sector público y el sector productivo en el ámbito de la biotecnología.

Además, se pone de manifiesto que además de las empresas principalmente dedicadas a la Biotecnología, un número importante de las empresas parcialmente dedicadas a la Biotecnología ha mantenido algún tipo de colaboración con investigadores de las universidades o centros públicos de investigación. Esto está de acuerdo con los esfuerzos de este tipo de empresas por adquirir nuevas ventajas competitivas (Lerner, 1994) y por otro lado pone de manifiesto el interés para establecer vínculos con el Sistema Público de Investigación, lo que es estratégicamente ventajoso, al reducir los costes de I+D, permitir el acceso a tecnologías más avanzadas, a nuevos fondos de financiación pública y aumentar la cartera de patentes facilitando al mismo tiempo la creación de vínculos con otras empresas, por ejemplo, mediante licencias de patentes (Stuart, 2007).

Un 84% de las empresas encuestadas han recibido algún tipo de financiación pública durante el periodo 2007-2009 (figura 138). La principal fuente de financiación proviene del Estado, seguido por la financiación de las correspondientes Comunidades Autónomas (figura 139). La coincidencia entre el número de empresas (82%) que han recibido financiación de agencias públicas nacionales o de la Unión Europea (datos de la encuesta) y el de empresas que han colaborado en los últimos dos años con centros públicos de investigación, confirma la eficacia de las políticas de apoyo a esta colaboración.

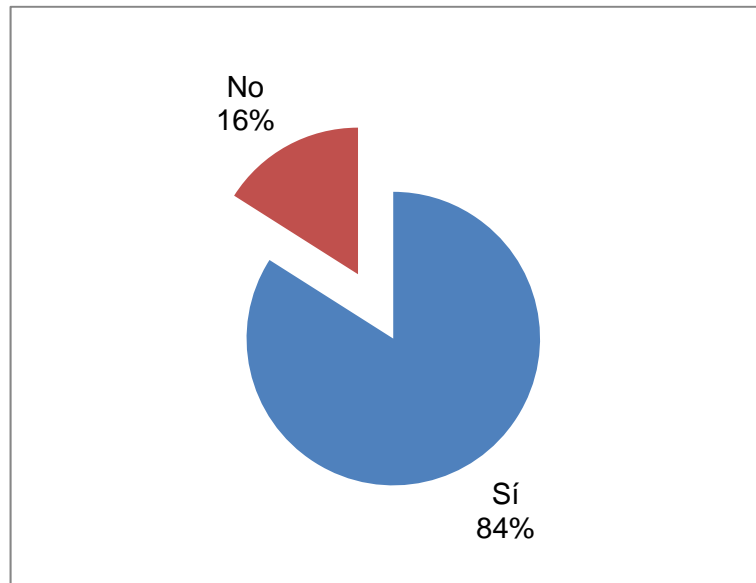


Figura 138. Porcentaje de empresas que han obtenido subvenciones durante el período 2007-2009.

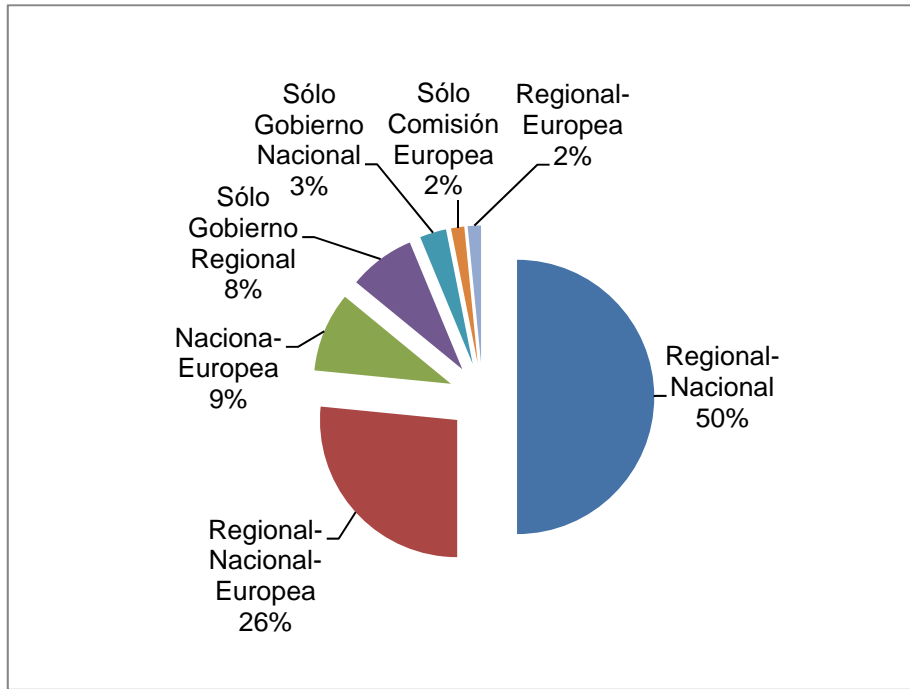


Figura 139. Tipo de subvención recibida por las empresas durante el período 2007-2009.

La forma más habitual de colaboración entre el sistema público de I+D y las empresas (82% de los casos) es mediante el diseño y realización conjunta de un proyecto de I+D (figura 140). En un 48% de los casos, la relación se ha establecido mediante la contratación del centro público para llevar a cabo un proyecto de I+D, la empresa. En menor medida (22%), la colaboración se ha limitado al suministro de información científica o tecnológica por parte del centro público a la empresa. Finalmente en otros casos (16%) la empresa ha pedido ayuda para la resolución de algún problema puntual de producción.

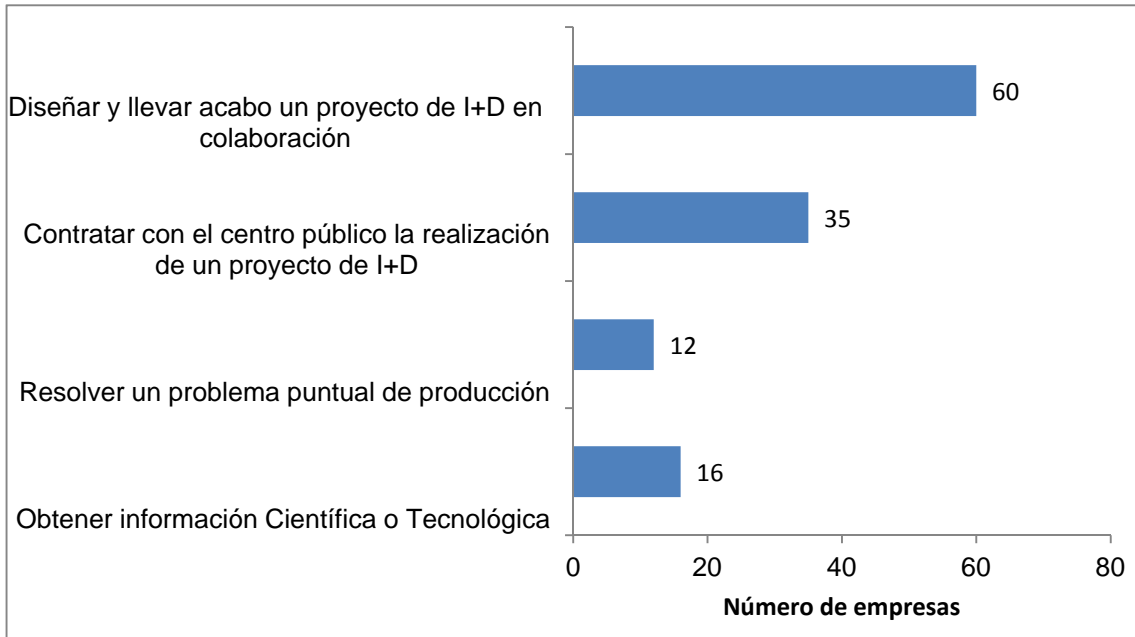


Figura 140. Propósito de la colaboración entre el Sistema Público de I+D y la empresa durante el período 2007-2009.

Cuando se preguntó sobre el grado de satisfacción por parte de las empresas, respecto de la colaboración con el sistema público de investigación (figura 141), el resultado fue percibido como muy satisfactorio o bastante satisfactorio por un 70% de las empresas. Sin embargo, el 30% restante, se manifiesta insatisfecho en distinto grado de cómo ha resultado su colaboración con los investigadores de una Universidad o de un Centro Público de Investigación.

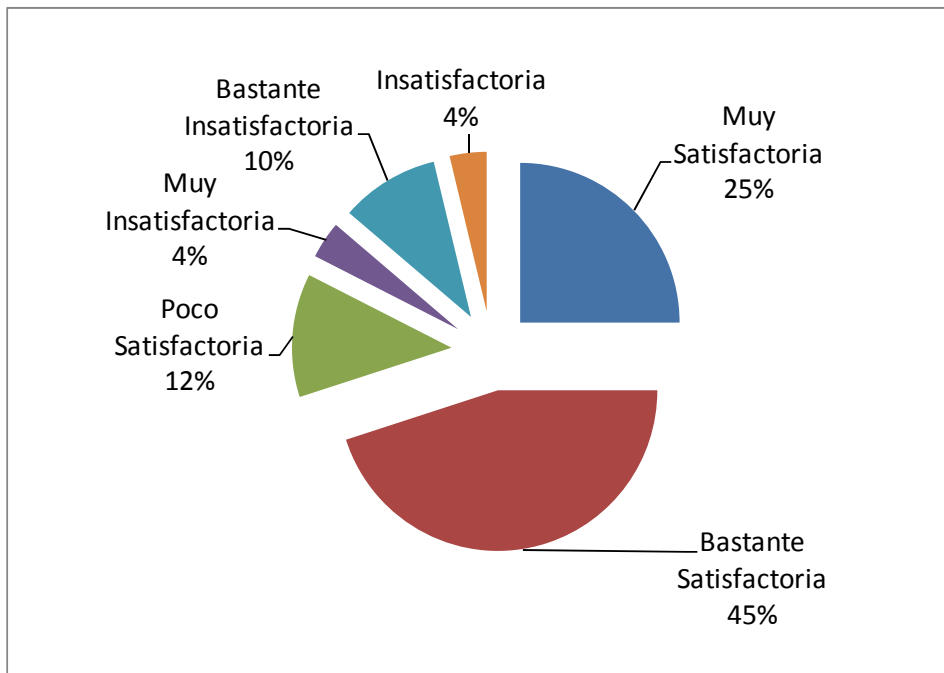


Figura 141. Calificación de la relación entre el Sistema Público de I+D y la empresa.

En la encuesta también se preguntó detalladamente sobre las dificultades u obstáculos detectados por parte de las empresas en su colaboración con el sistema público. Los resultados ponen de manifiesto (figura 142) la existencia de problemas que podrían considerarse como estructurales, ya que un porcentaje elevado de empresas, los consideran como obstáculos importantes, independientemente del grado de satisfacción percibido en la colaboración.

En este apartado de obstáculos aparece en primer lugar el exceso de burocracia, manifestado por el 84% de las empresas, seguido por la lentitud de la respuesta por parte de los investigadores, en opinión del 77% de las empresas. También resulta importante el incumplimiento de los plazos acordados (45%), lo que está de acuerdo con el aspecto anterior. En otro orden de cosas, algunas empresas (30%) han percibido falta de interés de los científicos del centro público por la colaboración con la empresa y en porcentajes inferiores la falta de cualificación científica o experiencia en el personal que participa en los trabajos a realizar, objeto de la colaboración solicitada.

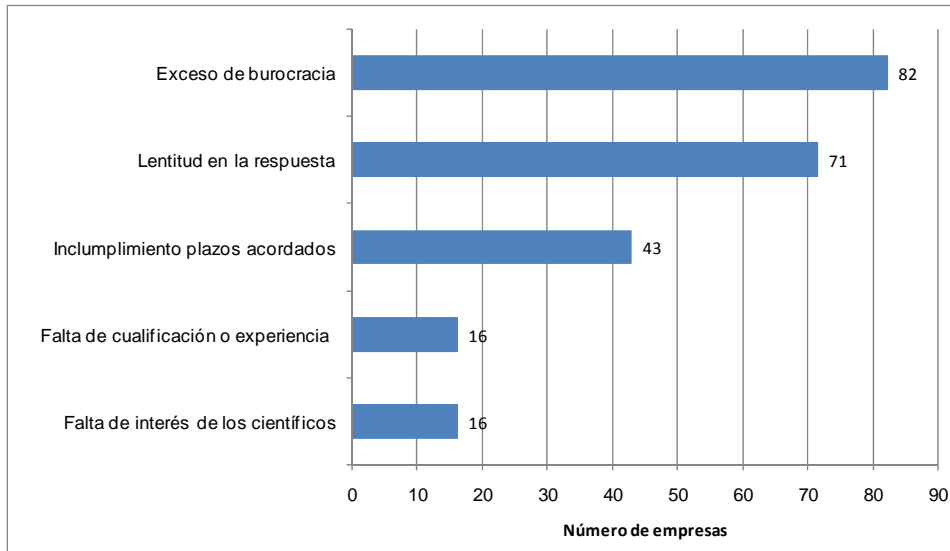


Figura 142. Obstáculos encontrados por las empresas que han colaborado con el Sistema Público de I+D.

Con el fin de profundizar en el análisis de los problemas u obstáculos percibidos por las empresas se han analizado las diferencias observadas entre las empresas que se han manifestado satisfechas con la colaboración con el sistema público de I+D y las que se han manifestado insatisfechas (figura 143).

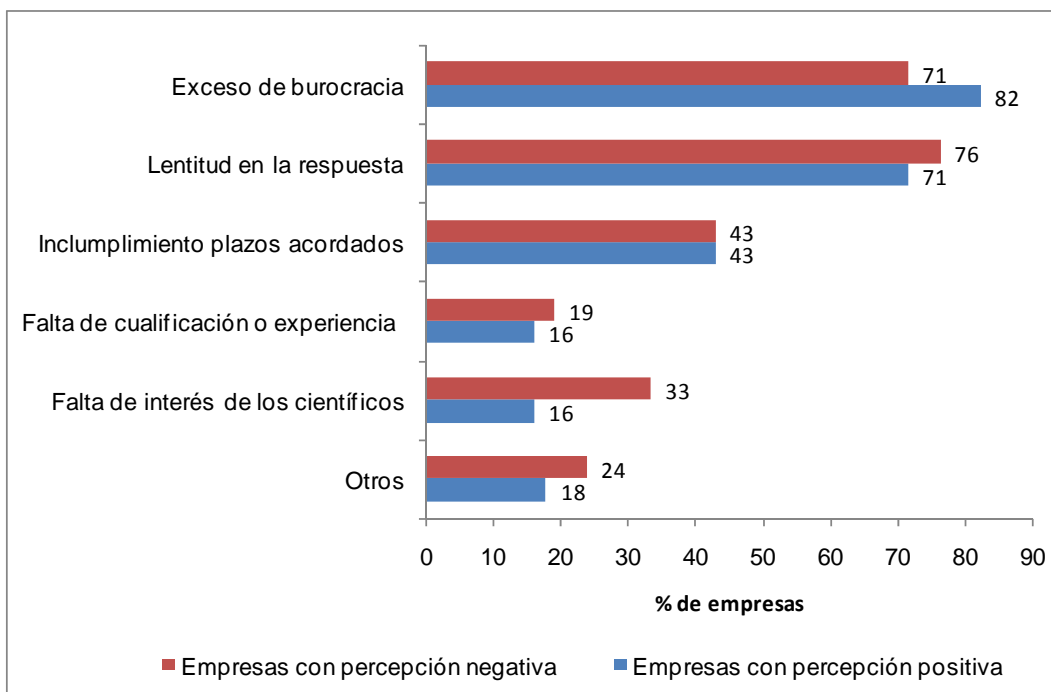


Figura 143. Obstáculos encontrados por las empresas encuestadas en función de su percepción de la colaboración con el Sistema Público de I+D.

Aparecen diferencias significativas en lo que se refiere al exceso de burocracia impuesta por parte de los centros públicos para la realización de la colaboración con las empresas, que ha sido evidente para el 82% de las empresas satisfechas y solo para el 71% de las insatisfechas. No se observan grandes diferencias en cuanto a lentitud en obtener respuestas a las cuestiones planteadas ni en lo que concierne al incumplimiento de los plazos acordados para la finalización de la colaboración por parte de los investigadores del sistema público.

En otros aspectos de la colaboración considerados como problemas, se perciben algunas diferencias entre las opiniones de las empresas según su grado de satisfacción. Tanto entre las que han manifestado una percepción positiva, como las que su percepción ha sido negativa, solo un 18% de las mismas han encontrado alguna falta de cualificación o experiencia por parte del personal implicado en la realización del trabajo objeto de la colaboración propuesta.

Otras empresas consideran elevados los costes indirectos que gravan el contrato de colaboración, puesto que sumados a los impuestos (IVA), incrementan considerablemente el presupuesto de los proyectos.

También se destaca en algunos casos la excesiva mentalidad científica o académica de los investigadores, frente a una actitud más enfocada a la tecnología y al mercado por parte de las empresas.

Sin embargo, a pesar de los obstáculos encontrados y de la percepción de la empresa sobre el sistema público de I+D, la mayoría de las empresas encuestadas piensan continuar con este tipo de colaboración en los próximos años. En concreto, un 55% de las empresas con experiencia satisfactoria piensan realizar algún tipo de colaboración, sólo un 5% responde negativamente y un 39% no contestan. Mientras que entre las empresas con percepción negativa, sorprendentemente un 42% prevé colaborar en un futuro próximo, un 29% se manifiesta negativamente y el 29% restante no responde a la pregunta.

El análisis de los obstáculos o problemas que con mayor frecuencia han encontrado las empresas en su colaboración con el sistema público de I+D, muestra en

primer lugar los relacionados con el comportamiento de las Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT) de los centros públicos, como consecuencia de las normas en vigor que regulan la formalización de los contratos con las empresas y que se percibe por estas como un exceso de burocracia. Sin embargo, esta no parece ser la causa determinante de la percepción negativa de la colaboración por parte de las empresas, ya que ha sido encontrada como un obstáculo importante por casi la totalidad de las empresas, independientemente del grado de satisfacción manifestado. Este resultado coincide con el reseñado en el trabajo de Siegel y col. (2003) en el que empresas de distintos sectores y emplazamientos de los EEUU consideraban en porcentajes equivalentes (80%) un comportamiento por parte de las OTT de grandes centros universitarios, como inflexible y burocrático en su relación con las empresas.

Por otro lado, numerosas empresas encuentran problemas en su relación con los científicos implicados, que se concretan en la lentitud en la respuesta al problema planteado, e incluso en el incumplimiento de los plazos acordados para la entrega de resultados. En menor medida, aunque parece que pueda ser una causa importante de la percepción negativa de la colaboración, algunas empresas consideran que los científicos no han mostrado interés por el problema objeto del estudio planteado, o que su solución se ha dejado en manos de personal no suficientemente cualificado. Estos aspectos directamente relacionados con una mentalidad “académica” en contraposición a la empresarial se han detectado también en otros estudios empíricos (Siegel 2003) y se han relacionado con una falta de incentivación a los científicos del sector público por parte de los propios centros y de las políticas de apoyo a la colaboración empresa-OPI, más preocupadas en favorecer al sector productivo con el fin de incrementar esta colaboración, que en muchos campos distintos de la Biotecnología, no alcanza ni al 50 % de las empresas con actividad investigadora.

4.6.2. Principales hallazgos del capítulo

- El perfil de las empresas del sector biotecnológico español corresponden a entidades pequeñas, de menos de 25 empleados dedicadas en su mayor parte a actividades de I+D en el sector de la salud humana.
- El mayor obstáculo encontrado por las empresas para realizar su actividad es el acceso a la financiación, muy por encima de las dificultades de tipo legales que afectan principalmente a las empresas con actividad en producción.
- Un porcentaje muy alto de empresas recurren a la financiación de la administración pública, preferentemente a la financiación nacional y regional. Sólo las empresas más grandes tienen acceso a la financiación procedente de la Unión Europea.
- La mayoría de las empresas han cooperado con el sistema público de I+D para el desarrollo de un proyecto de investigación, bien mediante la contratación de un centro de público de investigación o bien mediante un proyecto de colaboración entre la empresa y un OPI o universidad.
- La satisfacción de la colaboración ha sido percibida por las empresas de forma satisfactoria, aunque han sido identificados varios obstáculos para la colaboración. Entre estos últimos, el más importante es el exceso de burocracia y la lentitud de la respuesta por parte de los grupos de investigación.

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio han mostrado que en los últimos años la producción científica española en biotecnología ha experimentado un gran avance, tanto cuantitativo como cualitativo. España ha mostrado uno de los mayores crecimientos de la producción científica en biotecnología durante el periodo estudiado, llegando a representar hasta un 5% de las publicaciones mundiales en Biotecnología y Microbiología Aplicada y un 3% en Bioquímica y Biología Molecular. Este aumento en la producción científica viene acompañado de un aumento en la calidad de las publicaciones, reflejado en el crecimiento de publicaciones en revistas de alto factor de impacto y el decrecimiento en las de bajo factor de impacto.

Sin embargo, y contrariamente a la favorable evolución de la producción científica, la evolución de las patentes, como indicadores de desarrollo tecnológico, es bastante desfavorable.

A pesar de que España es uno de los países que experimenta un mayor crecimiento en el número de patentes biotecnológicas durante el período 1990-2009, no llega a superar la décima posición dentro de la UE-15 en las dos oficinas de patentes analizadas, muy alejados de los países más económicamente desarrollados como Alemania o Francia y de países con perfiles económicos y científicos similares al español como es el caso de Holanda. Se ha observado una contraposición entre el impacto relativo de las patentes de empresas y el de instituciones públicas, ya que mientras las patentes de las empresas a penas son citadas en otras patentes posteriores, las patentes de instituciones públicas reciben mayor número de citas, fundamentalmente de titularidad extranjera, revelándose así la capacidad del sistema público de producir nuevos conocimientos utilizables por el sector productivo para generar nuevas patentes.

A pesar de que los indicadores de patentes parecen mostrar una falta de cooperación científica entre las instituciones públicas y las empresas, los resultados de la encuesta realizada a las empresas biotecnológicas que realizan actividades en I+D,

muestran que no sólo esta cooperación se produce en un porcentaje muy alto de casos, más del 90%, sino que además las empresas consideran de vital importancia esta cooperación con el sistema público de I+D para el desarrollo de su actividad. Además esta colaboración es valorado positivamente por parte del 70% de las empresas, que afirmaron repetir la colaboración en un 91% de los casos El problema estriba en que buena parte de estas colaboraciones no se materializan en la generación de patentes, sino en otro tipo de “output”.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten extraer las siguientes conclusiones:

- Los indicadores de producción científica española en biotecnología, evidencia un avance significativo, tanto del cuantitativo como cualitativo. Esta evolución sitúa a España en la actualidad como el 4º país europeo en términos de generación de conocimiento científico en este ámbito.
- El análisis temático de la producción científica española revela una creciente intensificación de la actividad investigadora hacia objetivos científico mucho más específicos, acorde con las directrices marcadas por los programas incluidos en los planes nacionales de I+D que corresponden al 1988-2011.
- No se ha detectado para el conjunto de la investigación pública española en biotecnología un perfil temático que singularice a nuestro país respecto a las tendencias mundiales de investigación en este ámbito.
- Los recursos humanos del sistema público español de I+D en biotecnología, en lo que concierne al personal científico investigador, experimentan un crecimiento significativo durante el período estudiado. Se observa un incremento en el número de grupos de investigación y en el tamaño de los mismos. Estos grupos ocupan nichos científicos altamente especializados, pero las interacciones entre estos grupos, tanto a escala nacional como internacional, son muy escasas.

- La producción tecnología española, medida a través de indicadores de patentes, evidencian una alarmante falta de competitividad en nuestro país. La posición española en el contexto europeo es una de las más desfavorables, sin que en el período estudiado se haya detectado indicios de cambio de tendencia en este aspecto.
- El análisis de las citas a bibliografía científica en patentes biotecnológicas, revela que el conocimiento científico generado y publicado por investigadores españoles es utilizado como base de conocimiento, por parte de empresas e instituciones científicas extranjeras para el desarrollo de nuevas patentes. Estos indicadores, ponen de manifiesto la existencia en nuestro país de unos recursos humanos en I+D altamente competitivos no desde el punto de vista científico sino por cuanto el conocimiento generado por éstos muestra una evidente proyección de mercado.
- Los indicadores de cooperación entre investigadores del sistema público de I+D y el sector empresarial español evidencia una relación científica más asentada de lo que cabría esperar a la vista de la información que a este respecto puede ser obtenida mediante un detallado análisis de patentes.
- Los patrones de cooperación entre el sistema público de I+D y el sector productivo son observables en todos los sectores de la biotecnología y se materializan fundamentalmente en la realización de proyectos conjuntos de investigación.
- El análisis de la información obtenida en este estudio mediante encuestas dirigidas a empresas biotecnológicas españolas, permite identificar una serie de obstáculos a la cooperación en el sector público de I+D que, de ser superados en un corto plazo, supondrían una mejora estratégica de los esquemas de cooperación y una mayor eficiencia en la transferencia de conocimientos y tecnologías entre ambos ámbitos. Entre los más importantes obstáculos a la cooperación cabe citar la elevada cantidad y complejidad de los trámites burocráticos, el elevado coste de las tasas, así como otros inconvenientes que se derivan de las

diferentes culturas de trabajo de los investigadores del sector público y del sector privado.

Los indicadores de producción científica ponen de manifiesto el esfuerzo realizado por varios actores del sistema público de I+D. Cabe destacar el papel desempeñado por la administración como agente responsable de la definición los planes nacionales de I+D, que han sido determinantes para el desarrollo de la investigación pública española, y de forma específica del sector biotecnológico. En los primeros planes nacionales se puso un mayor énfasis en la mejora de las infraestructuras del sistema de I+D y en el aumento del número de investigadores, y en la mejora de la visibilidad de la ciencia española, que conllevó un sensible crecimiento del número de publicaciones en revistas internacionales y un incremento de la como de su calidad de los trabajos publicados. A partir de 1996 se establecieron distintas áreas prioritarias y se crearon programas específicos para el desarrollo de la investigación correspondiente, siendo una de ellas la biotecnología. Esto permitió dotar de las infraestructuras necesarias y desarrollar aún más este sector, disminuyendo la distancia con otros países tales como Alemania, Francia o Reino Unido. A pesar de estos esfuerzos, en este estudio no ha detectado que España se haya posicionado de forma destacada en un nicho concreto del sector biotecnológicos que ayude a desarrollar un entramado de empresas líderes en un ámbito estratégico.

A partir del año 2000 los objetivos del Plan Nacional se dirigieron a mejorar las relaciones entre el sistema público de I+D y el sector productivo. El fortalecimiento de las Oficinas de Transferencia de Tecnología de de las instituciones públicas se ve reflejado en el elevado número de patentes que presentan organizaciones como el CSIC y también en el alto grado de colaboración que se producen entre ambos sectores. A pesar del alto número de colaboraciones observadas en la encuesta realizada a las empresas, el número de citas y el número de patentes en colaboración denotan un problema en la transferencia de conocimientos de este sector al sector productivo. Sin embargo, las empresas señalan a las OTTs como uno de los principales obstáculos en las relaciones entre el sistema productivo y el sistema público de investigación. Una mejora en el funcionamiento de las OTTs así como una reducción de

los trámites burocráticos y la rebaja del IVA para actividades de I+D, podrían mejorar la eficacia de la transferencia de conocimientos y tecnología. Por otra parte, el estudio ha permitido poner de manifiesto que las diferentes culturas de trabajo de los investigadores del sector público de I+D y del sector privado, sigue siendo realmente un fuerte obstáculo a la colaboración entre ambos sectores. Mientras que los investigadores adscritos a empresas otorgan una gran importancia a los intereses de mercado y a minimizar los tiempos de ejecución de la investigación, los investigadores de universidades y OPIs otorgan mayor importancia a la publicación de artículos y a aquellos aspectos que les permiten promocionar en su carrera investigadora, carrera que, por otra parte, se ve fuertemente condicionada por los actuales mecanismos de evaluación de la actividad investigadora. A este respecto es esencial recordar que pese a los avances realizados en la modificación o adopción de unos criterios de evaluación, las agencias evaluadoras siguen primando la publicación de artículos científicos y la publicación en revistas de alto factor de impacto, mientras que otros criterios, tales como la consecución de patentes o la transferencia de conocimientos y la cooperación con los sectores empresariales sigue siendo escasamente valoradas.

A pesar de que durante todo el período se ha observado un aumento de la producción tecnológica, medido como número de patentes seguimos muy lejos de la cabeza de Europa poniendo en evidencia la falta de cultura de patentamiento por parte de las empresas españolas. Este problema, ha mejorado en los últimos años gracias a instituciones que buscan la promoción y el fortalecimiento del sector, fundamentalmente mediante programas de financiación tanto de la investigación como de la transferencia de tecnología, y mediante la creación de redes que permitan a las empresas establecer vínculos con grupos de investigación. Entre estos agentes destacan la Fundación Genoma España y ASEBIO. Además, estas instituciones están ayudando a identificar los nichos de especialización de España ayudando a su desarrollo tanto científico como empresarial.

Los resultados y conclusiones obtenidos en este estudio, permiten identificar y plantear nuevas expectativas en investigación sobre el sistema de I+D en biotecnología, poniendo especial énfasis en el análisis de su proyección social

económico. y su proyección social Además permite señalar nuevos objetivos de investigación tales como:

- El análisis de aspectos sociales de la investigación: incentivos a la I+D pública, cooperación entre el sistema público de I+D y el sector productivo, la mejor percepción social de la investigación etc.
- La enseñanza universitaria de la Biotecnología: la formación de biotecnólogos podría, a la luz de estas investigaciones, ser objeto de estudios encaminados a evaluar la eficacia de los planes de estudio en España y otros países desde el punto de vista de la formación de nuevos investigadores. (La eficacia de los Programas de ayuda a la consolidación del sector empresarial español en biotecnología.
- El análisis de los Sistema de información y documentación en biotecnología.
- El desarrollo de propuestas de nuevos indicadores de impacto social y económico de la Biotecnología.
- Nuevas aproximaciones sectoriales al estudio de la biotecnología en el ámbito de la salud, Medio Ambiente, agricultura, Alimentación e Industria. Aproximaciones que debería realizarse como un intento por identificar, desde la perspectiva de los intereses españoles, las ventajas, oportunidades, riesgos y desafíos plantean la actual situación de crisis económica.

BIBLIOGRAFIA

6. BIBLIOGRAFIA

Abbasi, A., Altmann, J., & Hwang, J. (2010). Evaluating scholars based on their academic collaboration activities: two indices, the RC-index and the CC-index, for quantifying collaboration activities of researchers and scientific communities. *Scientometrics*, 83(1), 1-13.

Abramo, G., D'Angelo, C.A., & Caprasecca, A. (2009). Allocative efficiency in public research funding: can bibliometrics help?. *Research Policy*, 38(1), 206-215.

Abramo, G., D'Angelo, C.A., & Di Costa, F. (2009). Research collaboration and productivity: is there correlation?. *Higher Education*, 57(2), 155-171.

Abramo, G., D'Angelo, C.A., Di Costa, F., & Solazzi, M. (2009). University-Industry collaboration in Italy: A bibliometric examination. *Technovation*, 29(6-7), 498-507.

Abramovsky, L., Kremp, E., López, A., Schmidt, T., & Simpson, H. (2005). Understanding co-operative R&D activity: evidence from four European countries: Institute for Fiscal Studies

Acevedo Díaz, J.A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219.

Acosta Ballesteros, J., & Modrego Rico, A. (1999). La participación de las empresas en los Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D. *Estudios de Economía Aplicada*, 15, 5-28.

Agarwal, P., & Searls, D.B. (2009). Can literature analysis identify innovation drivers in drug discovery?. *Nature Reviews*, 8, 865-878.

Aharonson, B.S., Baum, J.A.C., & Plunket, A. (2008). Inventive and uninventive clusters: the case of Canadian biotechnology. *Research Policy*, 37(6-7), 1108-1131.

Albert, A. (2008). Procesos de transferencia de conocimientos en el ámbito de la biotecnología. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXIV(732), 677-686.

Albert, A., & Plaza, L.M. (2004). Indicadores de Ciencia y Tecnología. In G. España (Ed.), *Avance del Estudio Estratégico de la Biotecnología en España: Descripción e Indicadores*.

Albert, A., & Plaza, L.M. (2004). The transfer of knowledge from the Spanish public R&D system to the productive sectors in the field of Biotechnology. *Scientometrics*, 59(1), 3-14.

Albert, A., Candela, M. & Vallejo, C. (1995). "La Biotecnología en las Empresas Españolas". *Desarrollo Tecnológico*.(CDTI). 5. DT 1-16.

Albert, A., Plaza, L., & Granadino, B. (2006). El flujo de conocimientos desde el sistema público español de I+D a las industrias biotecnológicas. In J.S.y.E. Muñoz (Ed.), *Radiografía de la investigación pública en España*. Madrid: Biblioteca Nueva.

Albert, A.; Granadino, B.; Plaza, L.M. (2007). Scientific and Technological performance evaluation of the Spanish Council for Scientific Research (CSIC) in the field of biotechnology. *Scientometrics*, 70(1), 41-51.

Albert, A.; Plaza, L.M. (2004). The transfer of knowledge from the Spanish public R&D system to the productive sectors in the field of Biotechnology. *Scientometrics*, 59(1), 3-14.

Albert, M.B., Avery, D., Narin, F., & McAllister, P. (1991). Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents. *Research Policy*, 20(3), 251-259.

Alcázar Farías, E., & Lozano Guzmán, A. (2009). Desarrollo histórico de los indicadores de Ciencia y Tecnología, avances en América Latina y México. *Revista Española de Documentación Científica*, 32(3), 119-126.

Almeida, J.A.S., Pais, A.A.A.C., & Formosinho, S.J. (2009). Science indicators and science patterns in Europe. *Journal of Informetrics*, 3(2), 134-142.

Archambault, E., Campbell, D., Gingras, Y., & Larivière, V. (2009). Comparing bibliometric statistics obtained from the Web of Science and Scopus. *Journal of the American Society for Information Science*, 60(7), 1320-1326.

Arencibia-Jorge, R., Leydesdorff, L., Chinchilla-Rodríguez, Z., Rousseau, R., & Paris, S.W. (2009). Retrieval of very large numbers of items in the Web of Science: an

exercise to develop accurate search strategies. *El Profesional de la Información*, 18(5), 529-533.

Arundel, A. (2003). *Biotechnology Indicators and Public Policy (STI Working Papers 2003/5) (No. DSTI/DOC(2003)5): OCDE (Directorate for Science, Technology and Industry)*.

Arundel, A., Sawaya, D., & Valeanu, I. (2008). *Biotechnology Indicators for Health and Agriculture: Some Results of the OECD Bioeconomy to 2030 Project (Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators): OCDE (Directorate for Science, Technology and Industry)*.

Arundel, A.V., van Beuzekom, B., & Gillespie, I. (2007). *Defining biotechnology - carefully. Trends in Biotechnology*, 25(8), 331-332.

Association of Spanish Companies of Biotechnology (ASEBIO). (2008) *Report ASEBIO 2008*. Ed. ASEBIO, Madrid, Spain.

Atallah, G., & Rodríguez, G. (2006). *Indirect patent citations. Scientometrics*, 67(3), 437-465.

B. van Beuzekom, A. Arundel. 2009. *OECD Biotechnology Statistics 2009*, OECD, Paris. Pg. 56

Bagchi-Sen, S., Lawton Smith; H., & Hall, L. (2004). *The US biotechnology industry: industry dynamics and policy. Environment and Planning C: Government and Policy*, 22, 199-216.

Baldini, N. (2009). *Implementing Bayh-Dole-like laws: faculty problems and their impact on university patenting activity. Research Policy*, 38(8), 1217-1224.

Ball, R., & Tunger, D. (2006). *Science indicators revisited - Science Citation Index versus Scopus: A bibliometric comparison of both citation databases. Information Services & Use*, 26, 293-301.

Barberá, S. (2005). *El Plan Nacional de I+D+i 2004-2007 y su financiación en los Presupuestos Generales del Estado de 2005. Presupuesto y Gasto Público*, 38(167-179).

Barberá, S. (2006). *El programa Ingenio 2010 y su reflejo en el presupuesto del Ministerio de Educación y Ciencia. Presupuesto y Gasto Público*, 42, 137-147.

Barge-Gil, A., & Modrego Rico, A. (2009). Ciencia y Economía. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXV (738), 757-766.

Bar-Ilan, J. (2008). Informetrics at the beginning of the 21st century - A review. *Journal of Informetrics*, 2(1), 1-52.

Bar-Ilan, J. (2008). Which h-index? - A comparison of WoS, Scopus and Google Scholar. *Scientometrics*, 74(2), 257-271.

Bar-Ilan, J., Levene, M., & Lin, A. (2007). Some measures for comparing citation databases. *Journal of Informetrics*, 1(1), 26-34.

Basberg, B.L. (1987). Patents and the measurement of technological change: a survey of the literature. *Research Policy*, 16(2-4), 131-141.

Bass, S.D., & Kurgan, L.A. (2010). Discovery of factors influencing patent value based on machine learning in patents in the field of nanotechnology. *Scientometrics*, 82(2), 217-241.

Bayona, C., García-Marco, T., & Huerta, E. (2001). Firms' motivations for cooperative R&D: an empirical analysis of Spanish firms. *Research Policy*, 30(8), 1289-1307.

Bayona-Sáez, C., García-Marco, T., & Huerta-Arribas, E. (2003). ¿Cooperar en I+D? Con quién y para qué. *Revista de Economía Aplicada*, XI(31), 103-134.

Belderbos, R., Caree, M., & Lokshin, B. (2004). Cooperative R&D and firm performance. *Research Policy*, 33(10), 1477-1492.

Belkodja, O., Landry, R. (2007). The Triple-Helix collaboration: Why do researchers collaborate with industry and the government?. What are the factors that influence the perceived barriers?. *Scientometrics*, 70(2), 301-302.

Bertrand, O. (2009). Effect of foreign acquisitions on R&D activity: Evidence from firm-level data for France. *Research Policy*, 38(6), 1021-1031.

Bhattacharya, S., & Meyer, M. (2003). Large firms and the science-technology interface. Patents, patents citations, and scientific output of multinational corporations in thin films. *Scientometrics*, 58(2), 265-279.

Boardman, P.C. (2008). Beyond the stars: the impact of affiliation with university biotechnology centers on the industrial involvement of university scientists. *Technovation*, 28(5), 291-297.

Boardman, P.C. (2009). Government centrality to university-industry interactions: university research centers and the industry involvement of academic researchers. *Research Policy*, 38(10), 1505-1516.

Boardman, P.C., & Ponomariov, B.L. (2009). University researchers working with private companies. *Technovation*, 29(2), 142-153.

Bordons, M., & Zulueta, M.Á. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*, 52, 790-800.

Börner, K., Chen, C., & Boyack, K.W. (2003). Visualizing Knowledge Domains. *Annual Review of Information Science & Technology*, 37, 179-255.

Boyack, K.W. (2009). Using detailed maps of science to identify potential collaborations. *Scientometrics*, 79(1), 27-44.

Boyack, K.W., Borner, K., & Klavans, R. (2009). Mapping the structure and evolution of chemistry research. *Scientometrics*, 79(1), 45-60.

Breschi, S., & Catalini, C. (2010). Tracing the links between science and technology: an exploratory analysis of scientists' and inventors' networks. *Research Policy*, 39(1), 14-26.

C.B.Byrd. (2004). Profile of Spin-off firms in the biotechnology Sector. Cat. No 88F0006XIE0 2004 Life Sciences Section Statistics Canada. Canada.

Cassi, L., Corrocher, N., Malerba, F., & Vonortas, N. (2008). Research networks as infrastructure for knowledge diffusion in European regions. *Economics of Innovation and New Technology*, 17(7), 663-676.

Castro-Martínez, E., Jiménez-Sáez, F., & Ortega-Colomer, F.J. (2009). Science and technology policies: A tale of political use, misuse and abuse of traditional R&D indicators. *Scientometrics*, 80(3), 827-844.

Castro-Martínez, E.; Revilla-Pedreira, R.(2007). La participación del CDTI en los inicios de las políticas de fomento de la I+D sobre biotecnología en España. In: *Tiempos de ciencia y de política: homenaje a Emilio Muñoz*. Ed. CSIC, Madrid.

Chadha, A., & Oriani, R. (2010). R&D market value under weak intellectual property rights protection: the case of India. *Scientometrics*, 82(1), 59-74.

Chang, P.-L., Wu, C.-C., & Leu, H.-J. (2010). Using patent analysis to monitor the technological trends in an emerging field of technology: a case of carbon nanotube field emission display. *Scientometrics*, 82(1), 5-19.

Chang, Y.-C., Yang, P.Y., & Chen, M.-H. (2009). The determinants of academic research commercial performance: towards an organizational ambidexterity perspective. *Research Policy*, 38(6), 936-946.

Chavalarias, D., & Cointet, J.-P. (2008). Bottom-up scientific field detection for dynamical and hierarchical science mapping, methodology and case study. *Scientometrics*, 75(1), 37-50.

Chen, J.H., Jang, S.-L., & Wen, S.H. (2010). Measuring technological diversification: identifying the effects of patent scale and patent scope. *Scientometrics*.

Choi, J.Y., Lee, J.H., & Sohn, S.Y. (2009). Impact analysis for national R&D funding in science and technology using quantification method II. *Research Policy*, 38(10), 1534-1544

Collins, P., & Wyatt, S. (1988). Citations in patents to the basic research literature. *Research Policy*, 17(2), 65-74.

Comisión Europea. (2002). Ciencias de la vida y biotecnología - Una estrategia para Europa. COM (2002) 27 final - Diario Oficial C 55 de 2.3.2002.

Comisión Europea. (2007). Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre el informe intermedio relativo a la estrategia en el ámbito de las ciencias de la vida y la biotecnología (Vol. SEC(2007)441): Comisión de las Comunidades Europeas.

Cozzens, S.E., & Bobb, K. (2003). Measuring the relationship between high technology development strategies and wage inequality. *Scientometrics*, 58(2), 351-368.

Czarnitzki, D., Glänzel, W., & Hussinger, K. (2009). Heterogeneity of patenting activity and its implications for scientific research. *Research Policy*, 38(1), 26-34.

Dalpé, R. (2002). Bibliometric analysis of biotechnology. *Scientometrics*, 55(2), 189-213.

Rassenfosse, G., & Van Pottelsbergue de la Potterie, B. (2009). A policy insight into the R&D-patent relationship. *Research Policy*, 38(5), 779-792.

De Rubertis F., Fleck, R., Lanthaler, W. (2009). Six secrets to success- How to build a sustainable Biotech business. *Nature*, 27(7), 595-7.

De Sousa, C., Videira, P., & Fontes, M. (2009). In innovation networks in biotechnology. Actors, relations and strategies. Paper presented at the 2009 ISPIM Conference, The Future of Innovation, Viena (Austria), 21-24 Junio 2009.

Dernis, H., Guellec, D., & Van Pottelsbergue de la Potterie, B. (2001). Using patent counts for cross-country comparisons of technology output: OCDE (Economic Analysis and Statistics Division of the OECD Directorate for Science, Technology and Industry).

Díaz, V., & Cabezón, T. (2002). Actividades financiadas en las áreas sectoriales del Plan Nacional de I+D+I durante 2001. Una aproximación al sistema español de Ciencia-Tecnología-Empresa. *Economía Industrial*, 346, 185-196.

Díaz, V., Muñoz, E., Espinosa de los Monteros, J., & Senker, J. (2002). The socio-economic landscape of biotechnology in Spain. A comparative study using the innovation system concept. *Journal of Biotechnology*, 98(1), 25-40.

Dominguez Lacasa, I. (2007). BioPolis - Inventory and analysis of national public policies that stimulate research in biotechnology, its exploitation and commercialisation by industry in Europe in the period 2002-2005. National Report of Spain.

Ebers, M., & Powell, W.W. (2007). Biotechnology: its origins, organization, and outputs. *Research Policy*, 36(4), 433-437.

Echeverría, J., & González, M.I. (2009). La teoría del actor-red y la tesis de la tecnociencia. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXV(738), 705-720.

Egon Zehnder International. 2007. Biotechnology Survey 2007: From Scientist to CEO.

Ernst and Young. 2003. The Global Biotechnology Report 2007. Ed. Ernst & Young.

Ernst and Young. (2007). Global Biotechnology Report 2007. Ed. Ernst and Young,

Espinosa-Calvo, M.E., Vargas-Quesada, B., Rosa Guerrero-Bote, V.P., & De Moya-Anegón, F. (2009). Estudio comparativo de seis dominios científicos nacionales. *Revista Española de Documentación Científica*, 32(3), 9-28.

Etzkowitz, H. (2003). Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government relations. *Social Science Information*, 42(3), 293-337.

Etzkowitz, H., Keydesdorff, L. (2000). The dynamic of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29:109-123.

EuropaBio. (2006). *Biotechnology in Europe: 2006 Comparative study*. Ed. European Association for Bioindustries.

EuropaBio. (2006). *Industrial or White Biotechnology, Research for Europe*. Ed. European Association for Bioindustries.

EuropaBio. (2009). *Annual Report 2008: European Association for Bioindustries*. Ed. European Association for Bioindustries.

EuropaBio. (2010). *Annual Report 2009*. Ed. European Association for Bioindustries.

Europeas, C.d.I.C. (2007). *Comunicación sobre el informe intermedio relativo a la estrategia en el ámbito de las ciencias de la vida y la biotecnología {SEC(2007) 441}*.

Eurostat. (2009). *Europe in figures - Eurostat yearbook 2009*.

Falagas, M.E., Pitsouni, E.I., Malietzis, G.A., & Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weakness. *The FASEB Journal*, 22(2), 338-342.

Farnley, S., Morey-Nase, P., & Sternfeld, D. (2004). Biotechnology - a challenge to the patent system. *Current Opinion in Biotechnology*, 15(3), 254-257.

Fernández de Lucio, I. (2009). Ciencia y crisis: la escasa incidencia de la I+D pública en la innovación de las empresas españolas. SEBBM Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, 162, 20-23.

Frietsch, R., & Schmoch, U. (2010). Transnational patents and international markets. *Scientometrics*, 82(1), 185-200.

Fundación_COTEC. (2001). Indicadores de Innovación. Situación en España. Ed. Fundación COTEC.

García Arroyo, A., López Facal, J., Muñoz, E., Sebastián, J., & Tortosa, E. (2007). Legislar sobre política científica para el siglo XXI en España: un nuevo marco normativo para la política de I+D. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXIII(727), 637-654.

García, J.L. (2003). El nuevo Programa Nacional de Biotecnología en el contexto del Sistema Nacional Ciencia-Tecnología-Empresa. *Economía Industrial*, 354, 115-124.

Garg, K.C. (2003). An overview of cross-national, national, and institutional assessment as reflected in the international journal. *Scientometrics*, 56(2), 169-199.

Gassol, J.H. (2007). The effect of university culture and stakeholders' perceptions on university-business linking activities. *The Journal of Technology Transfer*, 32(5), 489-507.

George G., Zahra SA., Wood D.R. 2002. The effects of Business-University alliances on innovative output and financial performance: a study of publicly traded biotechnology companies. *Journal of Business Venturing*, 17(6):577-609.

Geuna, A., & Muscio, A. (2009). The Governance of University Knowledge Transfer: A Critical Review of the Literature. *Minerva*, 47(1), 93-114.

Giesecke, S. (2000). The contrasting roles of government in the development of biotechnology industry in the US and Germany. *Research Policy*, 29(2), 205-223.

Gittelman, M. (2006). National institutions, public-private knowledge flows, and innovation performance: a comparative study of the biotechnology industry in the US and France. *Research Policy*, 35(7), 1052-1068.

Gittelman, M., & Kogut, B. (2003). Does good science lead to valuable knowledge? Biotechnology firms and the evolutionary logic of citation patterns. *Management Science*, 49(4), 366-382.

Giuri, P., Mariani, M., Brusoni, S., Crespi, G., Francoz, D., Gambardella, A. (2007). Inventors and invention process in Europe: results from the PatVal-EU survey. *Research Policy*, 36(8), 1107-1127.

Glänzel, W., & Meyer, M. (2003). Patents cited in the scientific literature: an exploratory study of "reverse" citation relations. *Scientometrics*, 58(2), 415-428.

Goetze, C. (2010). An empirical enquiry into co-patent networks and their stars: the case of cardiac pacemaker technology. *Technovation*, 30(7-8), 436-446.

Gómez, I., Bordons, M., Fernández, M.T., & Morillo, F. (2009). Structure and research performance of Spanish universities. *Scientometrics*, 79(1), 131-146.

González, C.L. (2004). La política española de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica. El Plan Nacional de I+D+i para el período 2004-2007. *Boletín Económico de ICE*, 2796, 15-29.

González-Albo, B., & Zulueta, M.A. (2007). Estudio comparativo de bases de datos de patentes en Internet. *Anales de Documentación*, 10, 145-162.

Group, B.S.U. (2006). An information development plan for Biotechnology statistics: OCDE.

Guan, J., & Chen, K. (2010). Modelling macro-R&D production frontier performance: an application to Chinese province-level R&D. *Scientometrics*, 82(1), 165-173.

Guellec, D., & van Pottelsbergue de la Potterie, B. (2001). The internationalisation of biotechnology analysed with patent data. *Research Policy*, 30(8), 1253-1266.

Guillou, S., Lazaric, N., Longhi, C., & Rochhia, S. (2009). The French defence industry in the knowledge management era: A historical overview and evidence from empirical data. *Research Policy*, 38(1), 170-180.

Hamedinger, A., Bartik, H., & Wolffhardt, A. (2008). The impact of EU Area-based Programmes on Local Governance: Towards a "Europeanisation"? *Urban Studies*, 45(13), 2669-2687.

Harhoff, D., Scherer, F.M., & Vopel, K. (2002). Citations, family size, opposition and the value of patent rights. *Research Policy*, 32(8), 1343-1363.

Haupt, R., Kloyer, M., & Lange, M. (2007). Patent indicators for the technology life cycle development. *Research Policy*, 36(3), 387-398.

Hood, W.W., & Wilson, C.S. (2001). The literature of Bibliometrics, Scientometrics, and Informetrics. *Scientometrics*, 52(2), 291-314.

Hopkins, M.M., Mahdi, S., Patel, P., & Thomas, S.M. (2007). DNA patenting: the end of an era? *Nature Biotechnology*, 25(2), 185-187.

Hou, H., Kretschmer, H., & Liu, Z. (2008). The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. *Scientometrics*, 75(2), 189-202.

Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35(5), 715-728.

Hullmann, A., & Meyer, M. (2003). Publications and patents in nanotechnology. An overview of previous studies and the state of the art. *Scientometrics*, 58(3), 507-527.

J. Vega-Jurado; A. Gutiérrez-Gracia, I. Fernández-de-Lucio, L. Manjarrés-Henríquez. 2008. The effect of external and internal factors on firms' product innovation. *Research Policy*, 37, 616-632.

Jacso, P. (2005). As we may search - Comparison of major features of the Web of Science, Scopus, and Google Scholar citation-based and citation-enhanced databases. *Current Science*, 89(9), 1537-1547.

Jain, S., George, G., & Maltarich, M. (2009). Academics or entrepreneurs? Investigating role identity modification of university scientists involved in commercialization activity. *Research Policy*, 38(6), 922-935.

Jiménez-Contreras, E., Torres-Salinas, D., Bailón-Moreno, R., Ruiz-Baños, R., & López-Cózar, E.D. (2009). Response surface methodology and its application in evaluating scientific activity. *Scientometrics*, 79(1), 201-218.

Jong, S. (2008). Academic organizations and new industrial fields: Berkeley and Stanford after the rise of biotechnology. *Research Policy*, 37(8), 1267-1282.

Katz, J.S., Martin, B.R., (1997). What is research collaboration?. *Research Policy*, 26, 1-18.

Kim, M.-J. (2007). A bibliometric analysis of the effectiveness of Korea's Biotechnology Stimulation Plans, with a comparison with four other Asian nations. *Scientometrics*, 72(3), 371-388.

Klitkou, A., & Gulbrandsen, M. (2010). The relationship between academic patenting and scientific publishing in Norway. *Scientometrics*, 82(1), 93-108.

Krabel, S., & Mueller, P. (2009). What drives scientists to start their own company? An empirical investigation of Max Planck Society scientists. *Research Policy*, 38(6), 947-956.

L. Hall y S. Bagchi-Sen. 2002. A study of R&D, innovation, and business performance in the Canadian biotechnology industry. *Technovation*, 22, 231-244.

Lang, G. (2009). Measuring the returns of R&D - An empirical study of the German manufacturing sector over 45 years. *Research Policy*, 38(9), 1438-1445.

Lascurain-Sánchez, M.L., García-Zorita, C., Martín-Moreno, C., Suárez-Balseiro, C., & Sanz-Casado, E. (2008). Impact of health science research on the Spanish health system, based on bibliometric and healthcare indicators. *Scientometrics*, 77(1), 131-146.

Lawrence, S. (2004). Patent drop reveals pressure on industry. *Nature Biotechnology*, 22(8), 930-931.

Lebeau, L.-M., Laframboise, M.-C., Larivière, V., & Gingras, Y. (2008). The effect of university-industry collaboration on the scientific impact of publications: the Canadian case (1980-2005). *Research Evaluation*, 17(3), 227-232.

Lee, S., Yoon, B., & Park, Y. (2009). An approach to discovering new technology opportunities: keyword-based patent map approach. *Technovation*, 29(6-7), 481-497.

Lee, Y.-G. (2009). What affects a patent's value? An analysis of variables that affect technological, direct economic, and indirect economic value: An exploratory conceptual approach. *Scientometrics*, 79(3), 623-633.

Lee, Y.-G., & Lee, J.-H. (2010). Different characteristics between auctioned and non-auctioned patents. *Scientometrics*, 82(1), 135-148.

Lerner J. (1994). The Importance of Patent Scope - an Empirical-Analysis. *RAND Journal of Economics*, 25(2):319-33.

Lewis, G. (2002). From biomedical research to health improvement. *Scientometrics*, 54(2), 179-192.

Leydesdorff, L., & Meyer, M. (2003). The triple helix of university-industry-government relations. *Scientometrics*, 58(2), 191-203.

Leydesdorff, L., & Meyer, M. (2007). The scientometrics of a Triple Helix of university-industry-government relations (Introduction to the topical issue). *Scientometrics*, 70(2), 207-222.

Leydesdorff, L., & Meyer, M. (2010). The decline of university patenting and the end of the Bayh-Dole effect. *Scientometrics*, In press.

Lichtenberg, F., & Virabhak, S. (2002). Using patents data to map technical change in health-related areas.

Lissoni, F., Llerena, P., McKelvey, M., & Sanditov, B. (2008). Academic patenting in Europe: New evidence from the KEINS Database. *Research Evaluation*, 17(2), 87-102.

Lo, S.-C.S. (2010). Scientific linkage of science research and technology development: a case of genetic engineering research. *Scientometrics*, 82(1), 109-120.

Luukkonen, T. (2005). Variability in organisational forms of biotechnology firms. *Research Policy*, 34(4), 555-570.

Mangematin, V., Lemarié, S., Boissin, J.-P., Catherine, D., Corolleur, F., Coronini, R., et al. (2003). Development of SMEs and heterogeneity of trajectories: the case of biotechnology in France. *Research Policy*, 32(4), 621-638.

Manjarrés-Henriquez L., Gutiérrez-Gracia A., Vega-Jurado J. (2008). Coexistence of university-industry relations and academic research: Barrier to or incentive for scientific productivity. *Scientometrics*, 73 (3):561-576.

Marcellán, F.J. (2008). La inversión del Estado en I+D+i: primer balance de un esfuerzo sin precedentes. *Presupuesto y Gasto Público*, 50, 151-168.

Markard, J., Stadelmann, M., & Truffer, B. (2009). Prospective analysis of technological innovation systems: Identifying technological and organizational development options for biogas in Switzerland. *Research Policy*, 38(4), 655-667.

Markard, J., Stadelmann, M., & Truffer, B. (2009). Prospective analysis of technological innovation systems: identifying technological and organizational development options for biogas in Switzerland. *Research Policy*, 38(4), 655-667.

McCain, K.W. (1995). Biotechnology in context: a database-filtering approach to identifying core and productive non-core journals supporting multidisciplinary R&D. *Journal of the American Society for Information Science*, 46(4), 306-317.

McCain, K.W. (1995). The structure of biotechnology R&D. *Scientometrics*, 32(2), 153-175.

McMillan, G.S. (2009). Gender differences in patenting activity: An examination of the US biotechnology industry. *Scientometrics*, 80(3), 683-691.

McMillan, G.S., & Hamilton, R.D. (2007). The public science base of US biotechnology: a citation-weighted approach. *Scientometrics*, 72(1), 3-10.

McNiven, C. (2008). Discussion on Activity Specific Surveys and Global Surveys for Information Collection on the Bioeconomy (Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators): OCDE Directorate for Science, Technology and Industry.

Meyer, M. (2000). Does science push technology? Patents citing scientific literature. *Research Policy*, 29(3), 409-434.

Meyer, M. (2000). Patent citations in a novel field of technology - What can they tell about interactions between emerging communities of science and technology? *Scientometrics*, 48(2), 151-178.

Meyer, M. (2000). What is special about patent citations? Differences between scientific and patent citations. *Scientometrics*, 49(1), 93-123.

Meyer, M., Debackere, K., & Glänzel, W. (2010). Can applied science be "good science"? Exploring the relationship between patent citations and citation impact in nanoscience. *Scientometrics*, En prensa.

Meyer-Krahmer, F., & Schmoch, U. (1998). Science-based technologies: university-industry interactions in four fields. *Research Policy*, 27(8), 835-851.

Michel, J., & Bettels, B. (2001). Patent citation analysis: a closer look at the basic input data from patent search reports. *Scientometrics*, 51(1), 185-201.

Mills, A.E., & Tereskerz, P.M. (2007). Changing patent strategies: what will they mean for the industry? *Nature Biotechnology*, 25(8), 867-868.

Modrego, A., & Barge, A. (2004). Innovación y formación: bases para un desarrollo sostenido. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, 56, 178-207.

Molas-Gallart, J., & Davies, A. (2006). Toward theory-led evaluation: The experience of European science, technology and innovation policies. *American Journal of Evaluation*, 27(1), 64-82.

Molero, J. (2008). La transferencia de tecnología revisitada: conceptos básicos y nuevas reflexiones a partir de un modelo de gestión de excelencia. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXIV (732), 637-651.

Morales-Gualdrón S.T. (2008). Academic Entrepreneurs and their decision to create companies: An analysis of Spanish case. Doctoral Thesis. University of Valencia (Spain), [in Spanish].

Morales-Gualdrón S.T., Gutiérrez-Gracia A., Roig Dobón S. (2009). The entrepreneurial motivation in academia: a multidimensional construct. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 5:301-317.

Mora-Valentin, E.M., Montoro-Sanchez, A., & Guerras-Martín, L.A. (2004). Determining factors in the success of R&D cooperative agreements between firms and research organizations. *Research Policy*, 33(1), 17-40.

Moya-Anegón, F., Chinchilla-Rodríguez, Z., Vargas-Quesada, B., Corera-Álvarez, E., Muñoz-Fernández, F.J., González-Molina, A., et al. (2007). Coverage analysis of Scopus: a journal metric approach. *Scientometrics*, 73(1), 53-78.

Moya-Anegón, F., Herrero-Solana, V., & Jiménez-Contreras, E. (2006). A connectionist and multivariate approach to science maps: the SOM, clustering and MDS applied to library and information science research *Journal of Information Science*, 32(1), 63-77

Moya-Anegón, F., Vargas-Quesada, B., Herrero-Solana, V., Chinchilla-Rodríguez, Z., Corera-Álvarez, E., & Muñoz-Fernández, F.J. (2004). A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories. *Scientometrics*, 61(1), 129-145.

Muñoz, E. (2009). La crisis de la política científica: patologías degenerativas y terapias regenerativas, a modo de ejemplo. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXV(738), 837-850.

Narin, F. (1994). Patent bibliometrics. *Scientometrics*, 30(1), 147-155.

Narin, F., & Hamilton, K.S. (1996). Bibliometric performance measures. *Scientometrics*, 36(3), 293-310.

Narin, F., & Olivastro, D. (1998). Linkage between patents and papers: an interim EPO/US comparison. *Scientometrics*, 41(1-2), 51-59.

Narin, F., Hamilton, K.S., & Olivastro, D. (1997). The increasing linkage between U.S. technology and public science. *Research Policy*, 26(3), 317-330.

Nelson, A.J. (2009). Measuring knowledge spillovers: What patents, licenses and publications reveal about innovation diffusion. *Research Policy*, 38(6), 994-1005.

Nilsson, A. (2001). Biotechnology firms in Sweden, *Small Business Economics* 17; 93-103.

Noyons, E.C.M., & Calero-Medina, C. (2009). Applying bibliometric mapping in a high level science policy context. Mapping the research areas of three Dutch Universities of Technologies. *Scientometrics*, 79(2), 261-275.

Organisation for economic Cooperation and development (OECD). (2008). *Biotechnology indicators for health and agriculture: some results of the OECD bioeconomy to 2030 project*: OECD.

Organisation for economic Cooperation and development (OECD). (2008). *Discussion on activity specific surveys and global surveys for information collection on the bioeconomy*: OECD.

Okamuro, H. (2007). Determinants of successful R&D cooperation in Japanese small business: the impact of organizational and contractual characteristics. *Research Policy* 36(10), 1529-1544.

Oliver, A.L. (2004). Biotechnology entrepreneurial scientists and their collaborations. *Research Policy*, 33(4), 583-597.

Olmeda-Gómez, C., Perianes-Rodríguez, A., Ovalle-Perandones, M.A., Guerrero-Bote, V.P., & de Moya-Anegón, F. (2009). Visualization of scientific co-authorship in Spanish universities. From regionalization to internationalization. *Aslib Proceedings: New Information Perspectives*, 61(1), 83-100.

O'Neill, M.F., & McGettigan, G. (2005). Spanish biotechnology: anyone for PYMEs? *Drug Discovery Today*, 10(16), 1078-1081.

Organisation for economic Cooperation and development (OECD). 2005. *Statistical Definition of Biotechnology*. Ed. OECD. Paris.

Organisation for economic Cooperation and development (OECD). 2005. *A Framework for Biotechnology Statistics*. Ed. OECD. Paris.

P. Swann, M. Prevezer, D. Stout. 1998. *The dynamics of industrial clustering. International Comparisons in Computing and Biotechnology*, Oxford; Oxford University Press.

Palan, N., & Schmiedeberg, C. (2010). Structural convergence of European countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 21(2), 85-100.

Park, H.W., & Kang, J. (2009). Patterns of scientific and technological knowledge flows based on scientific papers and patents. *Scientometrics*, 81(3), 811-820.

Pereira, C.A., & Rodrigues Bazi, R.E. (2009). Flow and social relationships of knowledge in science, technology and innovation: A patentometric study of UNICAMP's technological production. *Scientometrics*, 81(1), 61-72.

Perianes-Rodríguez, A. (2007). Analysis and visualization of networks applied to the study of scientific collaboration in research groups. Carlos III University of Madrid (ISI, Web of Science, 1990-2004). Carlos III University of Madrid, Madrid.

Perianes-Rodríguez, A., Olmeda-Gómez, C., & de Moya-Anegón, F. (2008, 2008). In H. Kretschmer & F. Havemann (Eds.), *Detecting research groups in coauthorship networks* (pp. 1-6). Paper presented at the Fourth International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Ninth COLLNET Meeting, Berlin (Alemania). Humboldt-Universität zu Berlin, Institute for Library and Information Science.

Perianes-Rodríguez, A., Olmeda-Gómez, C., & de Moya-Anegón, F. (2008). Introducción al análisis de redes. *El profesional de la información*, 17(6), 664-669.

Perianes-Rodríguez, A., Olmeda-Gómez, C., & Moya-Anegón, F. (2010). Detecting, identifying and visualizing research groups in co-authorship networks. *Sicentometrics*, 82(2), 307-319.

Persson, O. (2010). Identifying research themes with weighted direct citation links. *Journal of Informetrics*, En prensa.

Pesquero Franco, E., & Muñoz-Alonso López, G. (1997). Consideraciones teóricas y evolución del plan nacional de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. *Revista General de Información y Documentación*, 7(1), 169-185.

Phene, A., Fladmode-Lindquist, K., & Marsh, L. (2006). Breakthrough innovations in the U.S. biotechnology industry: the effects of technological space and geographic origin. *Strategic Management Journal*, 27(4), 369-388.

Plaza, L.M., & Albert, A. (2004). Análisis de la producción científica española citada en patentes biotecnológicas en EE.UU. *Revista Española de Documentación Científica*, 27(2), 212-220.

Rafols, I., & Meyer, M. (2010). Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinary: case studies in bionanoscience. *Scientometrics*, 82(2), 263-287.

Rafols, I., Porter, A.L., & Leydesdorff, L. (2009). Science overlay maps: a new tool for research policy and library management, arXiv:0912.3882v1: arXiv.org.

Ramos-Vielba I., Fernández-Esquinas M., Espinosa de los Monteros E. (2009). Measuring university-industry collaboration in a regional innovations system. *Scientometrics*, 84(3):649-667.

Reiss, T., Domínguez Lacasa, I., Mangematin, V., Corolleur, F., Enzing, C., van der Giessen, A., et al. (2005). Benchmarking of public biotechnology policy. Final report: European Commission Enterprise Directorate General.

Rico-Castro, P., & Morera-Cuesta, R. (2009). Enfoques positivos y normativos en el estudio de las políticas de ciencia y tecnología. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXV(738), 793-807.

Rijnsoever, F.J., Hessels, L.K., & Vandeberg, R.L.J. (2008). A resource-based view on the interactions of university researchers. *Research Policy*, 37(8), 1255-1266.

Rip, A., & Courtial, J.-P. (1984). Co-word maps of biotechnology: an example of cognitive scientometrics. *Scientometrics*, 6(6), 381-400.

Rip, A., & Nederhof, A.J. (1986). Between dirigism and laissez-faire: effects of implementing the science policy priority for biotechnology in the Netherlands. *Research Policy*, 15(5), 253-268.

Robert, C., Wilson, C.S., Donnadiou, S., Gaudy, J.-F., & Arreto, C.-D. (2009). Analysis of the medical and biological pain research literature in the European Union: a 2006 snapshot. *Scientometrics*, 80(3), 693-716.

Rosell, C., & Agrawal, A. (2009). Have university knowledge flows narrowed? Evidence from patent data. *Research Policy*, 38(1), 1-13.

Rothaermel, F.T., & Thursby, M. (2007). The nanotech versus the biotech revolution: sources of productivity in incumbent firm research. *Research Policy*, 36(6), 832-849.

Sager, B. (2001). Scenarios on the future of biotechnology. *Technological Forecasting & Social Change*, 68(2), 109-129.

Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evolución de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13(3-4), 842-865.

Santoro M.D., Gopalakrishnan S. (2000). The Institutionalization of Knowledge Transfer Activities Within Industry-University Collaborative Ventures. *Journal of Engineering and Technology Management*, 17(3-4):299-319.

Santoro, M.D., & Chakrabarti, A.K. (2002). Firm size and technology centrality in industry-university interactions. *Research Policy*, 31(7), 1163-1180.

Sanz-Casado, E., Suarez-Balseiro, C., García-Zorita, C., Martín-Moreno, C., & Lascurain-Sánchez, M.L. (2002). Metric studies of information: an approach towards a practical teaching method. *Education for Information*, 20(2), 133-144.

Sapienza, A.M. (1989). Technology transfer: an assessment of the major institutional vehicles for diffusion of U.S. biotechnology. *Technovation*, 9(6), 463-478.

Schartinger D., Rammer C., Fischer M.M., Frohlich J. (2002). Knowledge Interactions between Universities and Industry in Austria: Sectorial Patterns and Determinants. *Research Policy*, 31(3):303-28.

Schiebel, E., Hörlesberger, M., Roche, I., François, C., & Besagni, D. (2010). An advanced diffusion model to identify emergent research issues: the case of optoelectronic devices. *Scientometrics*, 83(3), 765-781.

Sebastián, J. (2008). La transferencia de conocimientos en la cooperación al desarrollo. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXIV (732), 719-728.

Sebastián, J. (2008). Presentación. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXIV(732), 573-574.

Segarra-Blasco, A., Garcia-Quevada, J., & Teruel-Carrizosa, M. (2008). Barriers to innovation and public policy in Catalonia. *International Entrepreneurship and Management Journal* 4(4), 431-451.

Sherwood, A.L., & Covin, J.G. (2008). Knowledge Acquisition in University-Industry Alliances: An Empirical Investigation from a Learning Theory Perspective. *The Journal of Product Innovation Management*, 25(2), 162-179.

Siegel D.S., Wessner C., Binks M., Lockett A. (2003). Policies promoting innovation in small firms: evidence from the US and UK. *Small Business Economics*, 20(2):121-127.

Siegel, D.S., Waldman, D.A., Atwater, L.E., & Link, A.N. (2003). Commercial knowledge transfers from universities to firms: improving the effectiveness of university-industry collaboration. *Journal of High Technology Management Research*, 14(1), 111-133.

Small, H., Kushmerick, A., & Benson, D. (2008). Scientists' perceptions of the social and political implications of their research. *Scientometrics*, 74(2), 207-221.

Sohn, S.Y., Joo, Y.G., & Han, H.K. (2007). Structural equation model for the evaluation of national funding on R&D project of SMEs in consideration with MBNQA criteria. *Evaluation and Program Planning*, 30(1), 10-20.

Sousa, C.d., Videira, P., & Fontes, M. (2009, 21-29 June 2009). In Innovation networks in biotechnology: actors, relations and strategies. Paper presented at the 2009 ISPIM Conference: The Future of Innovation, Vienna (Austria).

Sternitzke, C. (2009). Defining triadic patent families as a measure of technological strength. *Scientometrics*, 81(1), 91-109.

Sternitzke, C. (2009). Patents and publications as sources of novel and inventive knowledge. *Scientometrics*, 79(3), 551-561.

Sternitzke, C. (2009). The international preliminary examination of patent applications filed under the Patent Cooperation Treaty - a proxy for patent value? *Scientometrics*, 78(2), 189-202.

Stuart T.E., Ozdemir S.Z., Ding W.W. (2007). Vertical Alliance Networks: the Case of University-Biotechnology-Pharmaceutical Alliance Chains. *Research Policy*, 36(4):477-98.

Stuart, T.E., Ozdemir, S.Z., & Ding, W.W. (2007). Vertical alliance networks: The case of university-biotechnology-pharmaceutical alliance chains. *Research Policy*, 36(4), 477-498.

Thomas, P. (2001). A relationship between technology indicators and stock market performance. *Scientometrics*, 51(1), 319-333.

Thursby, J., Fuller, A.W., & Thursby, M. (2009). US faculty patenting: Inside and outside the university. *Research Policy*, 38(1), 14-25.

Tijssen, R.J.W. (2001). Global and domestic utilization of industrial relevant science: patent citation analysis of science-technology interactions and knowledge flows. *Research Policy*, 30(1), 35-54.

Tijssen, R.J.W., & Van Leeuwen, T.N. (2006). Measuring impacts of academic science on industrial research: a citation-based approach. *Scientometrics*, 66(1), 55-69.

Todorov, R. (1989). Representing a scientific field: a bibliometric approach. *Scientometrics*, 15(5-6), 593-605.

Todt, O., Gutiérrez-Gracia, A., Fernández de Lucio, I., & Castro-Martínez, E. (2007). The regional dimension of innovation and the globalization of science: the case of biotechnology in a peripheral region of the European Union. *R&D Management*, 37(1), 65-74.

Torres-Salinas, D., Lopez-Cózar, E.D., & Jiménez-Contreras, E. (2009). Ranking of departments and researchers within a university using two different databases: Web of Science versus Scopus. *Scientometrics*, 80(3), 761-774.

Tseng, Y.-H., Lin, Y.-I., Lee, Y.-Y., Hung, W.-C., & Lee, C.-H. (2009). A comparison of methods for detecting hot topics. *Scientometrics*, 81(1), 73-90.

Van Raan, A.F.J., & Van Leeuwen, T.N. (2002). Assessment of the scientific basis of interdisciplinary, applied research. Application of bibliometric methods in Nutrition and Food Research. *Research Policy*, 31(4), 611-632.

Van Zeebroeck, N., van Pottelsbergue de la Potterie, B., & Guellec, D. (2009). claiming more: the increased Voluminosity of patent applications and its determinants. *Research Policy*, 38(6), 1006-1020.

Van Zeebroeck, N., van Pottelsbergue de la Potterie, B., & Han, W. (2006). Issues in measuring the degree of technological specialisation with patent data. *Scientometrics*, 66(3), 481-492.

Vargas-Quesada, B., Doménech Coullaut, I., García Gómez, G., Sánchez Domínguez, C., Extremeño Placer, A., & Zulueta García, M.Á. (2007). La identificación temática a partir de la visualización de la información: una aproximación mediante el caso de women en Medline. *Revista Española de Documentación Científica*, 30(2), 163-177.

Vega-Jurado, J., Gutiérrez-Gracia, A., & Fernández de Lucio, I. (2009). Estrategias de adquisición de conocimiento en los procesos de innovación empresarial. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXV (738), 781-791.

Vieira, E.S., & Gomes, J.A.N.F. (2009). A comparison of Scopus and Web of Science for a typical university. *Scientometrics*, 81(2), 587-600.

White, H.D., & McCain, K.W. (1998). Visualizing a discipline: an author co-citation analysis of Information Science, 1972-1995. *Journal of the American Society for Information Science*, 49(4), 327-355.

Wong, P.K., & Singh, A. (2010). University patenting activities and their link to the quantity and quality of scientific publications. *Scientometrics*, 83(1), 271-294.

Ye, F.Y. (2007). A quantitative relationship between per capita GDP and scientometric criteria. *Scientometrics*, 71(3), 407-413.

Yong S. L. (2000). The sustainability of university-industry research collaboration: An empirical Assessment. *The Journal of Technology Transfer*, 25(2):111-33.

Young, E. Strategic Business Risk. Biotechnology 2008.

Zika, E., Papatryfon, I., Wolf, O., Gómez-Barbero, M., Stein, A.J., & Bock, A.-K. (2007). Consequences, Opportunities and Challenges of Modern Biotechnology for Europe: JRC-IPTS, Comisión Europea.

ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA.

Parte I. Descripción de la empresa.

1. ¿Considera la biotecnología como la actividad central de su empresa? Sí, No
2. La OCDE estableció una lista de siete biotecnologías, que se recogen en la tabla más abajo. Por favor, indique si su empresa ha realizado alguna de las actividades indicadas y en caso de respuesta afirmativa, indicar si ha sido realizado en el ámbito de la investigación y desarrollo o en el ámbito de la producción.

Tipos de Biotecnología	¿Investiga o Usa esta tecnología?	Desarrollo de I+D en esta biotecnología o en el desarrollo de productos o procesos	Uso está biotecnología en producción.
DNA- Genómica, Farmacogenética, ingeniería genética, Secuenciación/Síntesis/amplificación de DNA, sondas genéticas.	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Proteínas y otras Moléculas – Secuenciación/síntesis/ ingeniería de proteínas y péptidos (incluidos hormonas); identificación de receptores celulares; mejora de métodos para la expresión de hormonas; Proteómica	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cultivo de Células y tejidos e ingeniería – Cultivo de células/tejidos; ingeniería de tejidos; hibridación, fusión celular; estimulantes Inmunitarios etc	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesos Biotecnológicos- Fermentación, uso de biorreactores, bioprocesos, biopulpado, Biolixiviación, Bioblanqueo, Bionesulfuración, etc	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Organismos Subcelulares – terapia génica, vectores virales	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bioinformáticas – construcción de bases de datos sobre secuencias genómicas y proteómicas, modelados de procesos biológicos.	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nanobiotecnología – aplicación de instrumentos y procesos de nano/microfabricación para construir dispositivos para el estudio de biosistemas y aplicaciones en el desarrollo de fármacos, etc.	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros- Especificar _____	Sí, <input type="checkbox"/> No, <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Empleo

3.1. ¿Cuántas personas, en total, trabajan en su empresa?

Menos de 10 Entre 10 y 20 entre 20-50 entre 50-100

Entre 100-250 Más de 250

3.2. ¿Cuántas personas están ocupando puestos plenamente dedicados a la biotecnología?

3.3. ¿Cuántas personas ocupan puestos parcialmente dedicados a la biotecnología?

Parte II. Actividad Biotecnológica de la empresa.

4. De las posibilidades descritas, por favor marque aquellas que mejor se ajusten a las actividades de su empresa y en qué forma.

Aplicaciones biotecnológicas	Utilización		
	I+D	Producción de bienes/servicios	Uso como "input"
Salud Humana			
Diagnóstico (ej. Biosensores, ensayos genéticos, amplificación por PCR)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Terapéutico (ej. Biofármacos, vacunas, terapia génica)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bioinformática (bases de datos sobre genoma, secuencia de proteínas, modelado de procesos biológicos complejos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biotecnología de la Agricultura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plantas (Marcadores genéticos, cultivos celulares, ingeniería genética)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Animales (ej. Diagnóstico, fármacos, marcadores genéticos, ingeniería genética)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acuicultura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesos Industriales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesado de Alimentos (Bioprocesos, alimentos funcionales, nutraceuticos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Especialidades Químicas (enzimas y reactivos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otras actividades industriales (lubricantes, biopulpado, bioblanqueo, plásticos, combustibles)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperación de recursos naturales (microbiológicamente, bioprocesos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Medioambiente- (biorremediación, biofiltración, diagnóstica, recursos hídricos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicaciones no específicas – (ej., herramientas para la investigación)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros especificar _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5- Por favor, indique como considera la importancia estratégica de la actividad biotecnológica en su organización.

- Crucial/Muy Importante _____
- Importante _____
- Poco Importante _____
- No es importante _____
- No sabe/no contesta _____

6.- Como considera que ha afectado de la actividad biotecnológica en los beneficios o pérdidas de su organización.

	Beneficios	Pérdidas
Se han incrementado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permanecen estable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se han Reducido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.- Cual ha sido el impacto de las actividades biotecnológicas en su empresa

	No sabe/No contesta	Impacto negativo	Ningún Impacto	Impacto positivo
Propiedad Industrial desarrollada a partir de la I+D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ventas/Beneficios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Costes de operación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Costes de Capital	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Productividad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calidad del producto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eficiencia del proceso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calidad del servicio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calidad del Input	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nivel de residuos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impureza en los residuos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Emisión de gas invernadero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transporte y Logística	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.- Su empresa se ha beneficiado de subvenciones o apoyo de tipo local, nacional o extranjero específicamente destinadas para actividades relacionadas con la biotecnología.

Sí Por favor, especifique que tipo: Comunidad Autónoma
 No Nacional
 Europea

9.- ¿Qué dificultades o inconvenientes ha encontrado para el desarrollo de la biotecnología por su empresa en los últimos dos años, tanto para la realización de actividades de I+D como para la comercialización?

Dificultad o Inconveniente	I+D	Comercialización
Acceso al capital necesario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acceso a Expertos en gestión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acceso a Investigadores o tecnólogos cualificados en Biotecnología	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acceso a expertos apropiados con experiencia en algún aspecto concreto en biotecnología	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acceso a datos de investigación y/o información en Biotecnología	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acceso a tecnología específicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Costes de Producción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protección de la propiedad Industria (patentes)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Derechos de patentes ajenas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coste elevados de licencias de patentes ajenas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de canales de distribución y mercadeo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acceso a los mercado internacionales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Percepción pública en contra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Exceso de normativas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acceso a financiación pública	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Financiación del gobierno insuficiente o inestable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Normativas locales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otras (especificar)_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10.- Ha mantenido contacto en los últimos dos años con algún grupo de investigación universitario o de centro público de investigación:

Sí

No

10. A Si la respuesta ha sido afirmativa, su propósito ha sido:

1. Obtener sólo información científico a o tecnológica _____

2. Resolver un problema puntual de producción _____

3. Contratar con el centro público la realización de un proyecto de I+D de su interés

4. Diseñar y llevar a cabo un proyecto de I+D en colaboración mediante contrato _

10. B Si la respuesta ha sido negativa, se puede deber a:

1.-Falta de información sobre la cualificación o experiencia de los grupos de investigación de las universidades o centros públicos de investigación _____

2.- Percepción negativa sobre la disposición de los investigadores del sistema público de I+D a colaborar con pequeñas empresas _____

3.- No se considera necesaria la colaboración con el sector público _____

4.- Otros _____

Especificar

-

Prevé en un futuro la realización de alguna de las acciones consideradas en el párrafo anterior:

Sí ¿Cual? _____

No

11.- Como calificaría su relación con los investigadores y las instituciones del sistema público de I+D.

	Muy	Bastante	Poco
Satisfactoria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insatisfactoria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12.- En su opinión cuales han sido los principales obstáculos encontrados:

- Falta de interés de los científicos _____
- Falta de cualificación o experiencia en el tema de su interés _____
- Lentitud en la respuesta _____
- Incumplimiento de los plazos acordados _____
- Otros _____

ANEXO B. ACRÓNIMOS

A&HCI: Índice de Citas de Artes y Humanidades (“Arts and Humanities Citation Index”).

ANEP: Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva.

ASEBIO: Asociación Española de Bioempresas.

BPO: Oficina de Propiedad Intelectual Inglesa.

CCAA: Comunidades Autónomas.

CDTI: Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial.

CEOE: Confederación Española de Organizaciones Empresariales.

CIP: Clasificación Internacional de Patentes.

CNB: Centro Nacional de Biotecnología (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).

CPE: Convenio de Patente Europea.

CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

DNA: Ácido desoxirribonucleico.

EB: Empresas de Biotecnología propiamente dichas.

ECB: Empresa completamente dedicada a la Biotecnología.

EECYT: Estrategia Española de Ciencia y Tecnología.

EEUU: Estados Unidos.

EIB: Empresas Industriales, de Servicios y Comerciales, con intereses, desarrollos y productos en Biotecnología.

EPB: Empresa parcialmente dedicada a la Biotecnología.

EPO: Oficina Europea de Patentes.

ERA: Espacio Europeo de Investigación.

EURATOM: Comunidad Europea de Energía Atómica.

EuropaBio: Asociación Europea de Bioindustrias.

FECYT: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

FI: Factor de impacto.

Genoma España: Fundación Española para el Desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica.

IEDCYT-CSIC: Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

IET: Informe sobre el Estado de la Técnica.

INE: Instituto Nacional de Estadística.

INIA: Instituto Nacional de de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria.

INPADOC: Centro Internacional de Documentación de Patentes.

ISI: Institute for Scientific Information.

I+D: Investigación y Desarrollo.

I+D+i: Investigación, Desarrollo e Innovación.

JCR: Informe de citas de revista ("Journal Citation Report").

JPO: Oficina de Patentes Japonesa (JPO).

JRC: Centros de Investigación Conjunta (Joint Research Centre).

MDS: Escalamiento Multidimensional ("Multidimensional Scaling").

MIT: Instituto Tecnológico de Massachusetts.

mRNA: Ácido ribonucleico mensajero.

NEBT: Nuevas Empresas de Base Tecnológica.

NESTI: National Experts on Science and Technology Indicators.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OEPM: Oficina Española de Patentes y Marcas.

OMG: Organismos Modificados Genéticamente.

ONG: Organización No Gubernamental.

OPI: Organismo Público de Investigación.

OTRI: Oficina para la Transferencia de los Resultados de la Investigación.

OTT: Oficina de Transferencia de Tecnología.

PACTI: Programa Nacional de Fomento de la Articulación del Sistema Ciencia-Tecnología-Industria.

PCT: Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (“Patent Cooperation Treaty”).

PIB: Producto Interior Bruto.

PM: Programa Marco.

PROFIT: Programa de Fomento de la Investigación Técnica.

PYME: Pequeña y Mediana Empresa.

RNA: Ácido ribonucleico.

rRNA: Ácido ribonucleico ribosómico.

SCI: Índice de citas de Ciencia (“Science Citation Index”).

SSCI: Índice de citas de Ciencias Sociales (“Social Science Citation Index”).

UE-15: Unión Europea de 15 miembros (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Reino Unido y Suecia).

USPO: Oficina Estadounidense de Patentes.

WIPO: Oficina Internacional de Propiedad Intelectual.

WoS: Web de la Ciencia (“Web of Science”).