

Las relaciones ciencia-tecnología en Andalucía. Un análisis a través de las citas científicas en las patentes andaluzas

“Science-technology interactions in Andalusia. An analysis through scientific citations in patents”

María Dolores León Rodríguez
Ana María Fernández Pérez
Universidad de Cádiz

Recibido, Junio de 2006; Versión final aceptada, Abril de 2007.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento científico y desarrollo tecnológico, Citas científicas en patentes

KEYWORDS: Scientific knowledge and technological development, Scientific citations in patent documents

Clasificación JEL: O30; O18

RESUMEN

Este trabajo suministra una visión del papel jugado por la ciencia en el fomento del desarrollo tecnológico andaluz. La metodología utilizada se basa en las citas científicas de los documentos de patentes nacionales en Andalucía durante el período 1986-2003. Los resultados de este artículo suministran información relevante sobre la interconexión del sistema científico y tecnológico.

ABSTRACT

This paper provides deeper insight into the role played by science in driving the technological development of Andalusia. The methodology that has been applied is based on scientific citations in patent documents (1986-2003). The results in this article provide relevant information about the interconnection of scientific and technological systems.

1. INTRODUCCIÓN

La innovación tecnológica se ha convertido en unas de las principales fuerzas motrices del crecimiento y competitividad de los países de economía avanzada. Así mismo, el intercambio del conocimiento científico es considerado como uno de los factores que contribuyen en gran medida al desarrollo tecnológico, y por lo tanto, tiene repercusiones directas sobre el crecimiento económico.

El objetivo de este artículo es explorar en detalle, a través de un análisis descriptivo, la relación ciencia-tecnología en la región andaluza y obtener datos relevantes sobre la interconexión del sistema científico y el tecnológico; es decir, aproximarnos a la magnitud de estas relaciones, sus características y peculiaridades. Más específicamente, trataremos de responder a las siguientes cuestiones: cuál es la magnitud de la aplicación del conocimiento científico a la tecnología comercialmente útil; qué instituciones utilizan en mayor grado el conocimiento científico para el desarrollo de sus invenciones; en qué sectores se genera esta tecnología; cuáles son las áreas científicas más relacionadas con cada uno de los sectores tecnológicos; y cuál es la procedencia del conocimiento utilizado en el desarrollo de las patentes andaluzas. La metodología que vamos a aplicar para dar respuesta a todas estas preguntas es la NPC (*Non Patent Citation*).

El esquema adoptado es el siguiente: en primer lugar, analizamos el papel que las principales teorías económicas han otorgado al conocimiento científico como generador de cambio tecnológico; a continuación desarrollamos la metodología seguida en el trabajo, los datos utilizados y los resultados obtenidos; finalizaremos con unas conclusiones generales.

2. LAS RELACIONES CIENCIA-TECNOLOGÍA

2.1. *Las teorías evolucionistas como punto de partida*

Las teorías evolucionistas, de raíces schumpeterianas, difieren considerablemente del enfoque neoclásico, aportando nuevos enfoques para examinar el cambio tecnológico. Esta perspectiva rechaza el supuesto neoclásico que postula que la tecnología y la ciencia son factores exógenos a los procesos económicos -dada su consideración de bien público-, argumentando que la producción del nuevo conocimiento dispone de métodos legales y económicos para asegurar los retornos de sus inversiones. La innovación se configura entonces como un factor endógeno a las empresas.

Entre los aspectos principales en los que se basan este pensamiento destacamos los siguientes: defienden una continua interacción entre los distintos agentes que intervienen en el proceso innovador, dando lugar a un modelo interactivo opuesto al modelo lineal de cambio tecnológico ¹(Kline y Rosenberg, 1986); consideran el conocimiento -tanto codificado como tácito- como un factor fundamental en los

1 Este modelo conceptualiza la actividad innovadora como una interacción continua entre los distintos actores y elementos durante todo el proceso de innovación y la comercialización posterior de los resultados.

procesos de innovación, dando una gran importancia a los procesos de aprendizaje; y otorgan un papel prioritario a las organizaciones e instituciones, considerándolas variables que afectan al comportamiento de los agentes.

En resumen, para la economía evolucionista la innovación sigue un modelo dependiente, un proceso complejo y acumulativo, compuesto por procesos de aprendizaje e intercambios de conocimiento, con elementos tácitos, entre diferentes actores y actividades actuando en un entorno de riesgo e incertidumbre (Dosi, 1988).

2.2 Los sistemas de innovación

La teoría de los sistemas de innovación supera la orientación excesivamente empresarial de los procesos de innovación, ya que considera la actividad innovadora como un proceso interactivo entre los distintos elementos que lo forman -empresas, universidades, centros de investigación, etc.- los cuales se relacionan e interactúan, siendo dichas interacciones fundamentales para la generación y difusión del conocimiento así como para los procesos de aprendizaje.

Esta perspectiva se aplicó inicialmente dentro de un contexto geográfico donde la innovación se genera y distribuye, más concretamente, la primera aplicación se hizo en el ámbito nacional, llamándose “Sistemas Nacionales de Innovación”. Posteriormente, aparecen diversas teorías que se denominan genéricamente “Sistemas Territoriales de Innovación”. Entre ellas se encuentra la perspectiva de los “Sistemas Regionales de Innovación”, en donde la región es una unidad territorial significativa para el estudio de los sistemas de innovación por diversas razones, entre las que podemos destacar las siguientes: las precondiciones que se tienen que dar para la innovación, tales como mano de obra cualificada, la disponibilidad de instituciones de enseñanza y de organizaciones de investigación, están unidas a regiones específicas, dando a unas regiones ventajas sobre otras (Todtling y Kaufmann, 1999); la importancia que adquiere la proximidad geográfica en los procesos de innovación, ya que ésta favorece las interacciones entre los agentes, los intercambios de conocimiento -principalmente en su forma tácita-, y los procesos de aprendizaje (Maskell y Malmberg, 1999); y la interacción entre los distintos agentes es favorecida por la creación de instituciones regionales que ayudan a producir y reforzar un conjunto de reglas y conductas.

2.3 El papel de las universidades en las economías basadas en el conocimiento

En los últimos años, dada la trascendencia del papel del conocimiento en los procesos de innovación, se ha acentuado la importancia de las universidades como generadoras, distribuidoras y usuarias del conocimiento. Lo que se ha reflejado en

la aparición de nuevos modelos; entre ellos destaca el modelo de la triple hélice (Etzkowitz, 2003), según el cual las universidades tienen que contribuir al desarrollo de las regiones o territorios en las que se encuentran. Para conseguir este objetivo es necesario crear una universidad más empresarial y más vinculada a las necesidades de su entorno; es crucial, por tanto, que se adopten medidas políticas que permitan una comercialización más intensa de los resultados de las actividades investigadoras; por ejemplo, estableciendo leyes de propiedad industrial e intelectual que otorguen a las universidades el derecho de propiedad de las invenciones originadas desde la investigación financiada públicamente y el derecho de comercializarlas; facilitando la creación de empresas innovadoras desde la propia universidad "*spin off*" (Meyer, 2003 y Wright *et al.*, 2004), con el fin de explotar directamente los resultados de sus investigaciones; y fomentando la colaboración en las actividades de I+D, tanto entre las propias universidades, como entre éstas y los posibles beneficiarios de la investigación (Van Looy *et al.*, 2004).

En este artículo vamos a tratar de contextualizar las relaciones ciencia tecnología con la adopción de un marco teórico sustentado en los sistemas regionales de innovación, ya que entendemos que el territorio, las instituciones, organizaciones y empresas que en él interactúan son de vital importancia para explicar cómo se produce el intercambio de conocimiento entre los agentes. Los actuales procesos de creación y difusión de conocimiento científico y tecnológico nos ayudarán a entender mejor el papel de las universidades y organismos públicos de investigación dentro del sistema regional de innovación.

3. METODOLOGÍA

Diversas metodologías han tratado de cuantificar las relaciones entre el conocimiento generado por la ciencia y la tecnología desarrollada por las empresas. Entre ellas destacamos las siguientes; a) los estudios econométricos que han tratado de medir los efectos difusores de la investigación o "*spillover*", es decir, cómo las empresas explotan el conocimiento creado por otras empresas, por las universidades o por centros de investigación públicos² (Audretsch, 1995); b) los estudios de casos que tratan de exponer los resultados -generalmente exitosos- obtenidos en determinadas zonas, con el objeto de trasladar estas experiencias a otros lugares³;

- 2 Dentro de esta literatura podemos identificar dos formas principales de "*spillover*": los efectos difusores de la actividad investigadora en el espacio y, entre sectores e industrias.
- 3 Los estudios regionales contenidos en Braczyk *et al.* (1998) son algunos de los trabajos más relevantes.

c) las encuestas que han analizado cómo diferentes industrias utilizan la oferta de investigación básica, y en qué medida la industria considera a la universidad como recurso de conocimiento -los estudios realizados por Mansfield (1992, 1995) son bastante representativos de este tipo de trabajos-; y d) la metodología NPC que trata de cuantificar las relaciones ciencia-tecnología examinando directamente una innovación y las raíces históricas de una tecnología particular a través de las citas científicas realizadas en las patentes.

En este artículo hemos optado por la aplicación de la metodología NPC, ya que su uso como indicador de la base científica de la invención está ampliamente tratado y aceptado en la literatura (Narin y Olivastro, 1998; Jaffe *et al.*, 1993, Schmoch, 1997; Tijjesen, 2001; Acosta y Coronado, 2003; Verbeek *et al.*, 2002 y Coronado *et al.*, 2004).

3.1. Fundamentos de la metodología NPC

En los documentos de patentes, al igual que ocurre en los artículos científicos, es habitual proporcionar referencias cuyo objetivo es describir el estado de la técnica previo a la invención. Dentro de un documento de patente se realizan fundamentalmente dos tipos de citas: las citas de otras patentes que han sido utilizadas como soporte de la invención, y las citas de referencias no patentadas, que abarcan reseñas de una variedad de documentos tales como artículos científicos, libros o cualquier publicación a disposición del público (Michel y Bettels, 2001). Éstas últimas son las que utiliza la metodología NPC como indicador de flujos de conocimiento científico.

La idea que subyace tras la metodología NPC es la cuantificación de la tecnología por medio de las patentes, y la cuantificación de la ciencia mediante las referencias NPC, básicamente artículos científicos publicados por académicos (Meyer, 2000a). Por tanto, la presencia de una cita NPC representa los intercambios de conocimiento desde la investigación científica al titular que patenta la invención e indica que la invención tecnológica está relacionada, o en algunos casos estimulada, por actividades de investigación desarrolladas en campos relacionados (Verbeek *et al.*, 2002).

La principal ventaja que aporta esta metodología es que estudia los efectos difusores del conocimiento científico hacia la tecnología, trazando múltiples uniones entre organizaciones, regiones y países. Además, las citas científicas en las patentes y su frecuencia pueden indicar, al menos indirectamente, una intensidad variable de interrelación entre ciencia y tecnología (Meyer, 2000b); ésta variará entre áreas de conocimiento y entre sectores tecnológicos (Meyer, 2002). Esto podría ser un argumento de las políticas de transferencia tecnológica para aplicar diferentes mecanismos de transferencia, ya que cada campo tiene una naturaleza de interacción y formas diversas de intercambio (Branstetter, 2004).

La aplicación con garantías de esta metodología obliga a conocer todas sus limitaciones. Entre ellas se pueden destacar las siguientes: a) son pocas las patentes donde se cita literatura científica (Iversen, 1999 y Acosta y Coronado, 2003); b) existen sesgos a la hora de utilizar citas NPC a favor de algunos sectores tecnológicos, países e incluso tipos de inventores⁴, lo que hay que tener en cuenta al realizar comparaciones y obtener conclusiones sobre la efectividad y eficiencia de la transferencia de conocimiento; y c) que esta metodología ofrece una perspectiva útil pero parcial de los flujos ciencia-tecnología ya que mide sólo la unión del conocimiento codificado (Narin *et al.*, 1997 y Bhattacharya *et al.*, 2003), por lo tanto, la ausencia de referencias bibliográficas en las patentes no implica, necesariamente, que no haya una dependencia científica de la tecnología patentada, puesto que estas relaciones se pueden manifestar a través de distintas formas tácitas de interacción (Arundel y Geuna, 2004 y Verbeek *et al.*, 2002).

En la aplicación de esta metodología hemos incorporado una serie de aportaciones que harán que el método difiera de los trabajos realizados hasta este momento, sobre todo en Estados Unidos. A continuación exponemos estas diferencias:

- 1) Hemos utilizado para nuestro estudio un ámbito regional, a diferencia de la mayoría de los trabajos, que miden los intercambios de conocimiento a escala nacional. Esta decisión ha sido tomada por dos motivos: el primero, el marco teórico que hemos tomado como referencia para el análisis, en donde se ha reflejado la importancia de la región como unidad de estudio y; el segundo, la región andaluza, desde 1984, tiene asumidas las competencias de fijar la política regional de innovación y desarrollo, siendo ésta la que influye de una forma más directa sobre la intensidad de los flujos ciencia-tecnología de la región.
- 2) En contra de lo que viene siendo habitual cuando se aplica esta metodología, el análisis se ha realizado utilizando las patentes domésticas (NLP). La razón de esta elección es el propio ámbito de este trabajo; el uso de la patente nacional amplía la información: las patentes domésticas son las más abundantes y además no se introducen distorsiones (no se deja al margen tecnología de calidad que sigue otras vías de protección, puesto que la mayor parte de las patentes que siguen una vía europea, internacional o norteamericana lo hacen utilizando la prioridad española y, por tanto, han sido solicitadas previamente por la vía nacional).
- 3) Además de la inclusión de las patentes pertenecientes al sector empresarial, lo cual es lo más habitual en los trabajos de este tipo, hemos tenido en

4 Estos sesgos se especifican con más precisión en el siguiente epígrafe.

cuenta las patentes solicitadas por las universidades y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

3.2. Aplicaciones empíricas

Los primeros trabajos en este campo fueron realizados por Carpenter *et al.* (1980) y Narin y Noma (1985). Dichos estudios interpretan los datos de citas de patentes dentro del modelo lineal de los procesos de innovación, sin embargo, los estudios más recientes abandonan este modelo y en su metodología está implícita la interacción multifacética entre ciencia y tecnología.

Un aspecto interesante que han reflejado las aplicaciones empíricas de esta metodología es que el conocimiento científico utilizado fundamentalmente en las patentes proviene de las organizaciones de investigación financiadas públicamente. Entre los estudios que apoyan esta afirmación podemos mencionar el realizado por Narin *et al.* (1997), donde se aprecia que alrededor del 75% de los artículos citados en las patentes norteamericanas eran producidos por organizaciones de investigación financiadas públicamente. Para Europa podemos citar el trabajo de Malo y Genua (2000), donde se analizan las uniones ciencia-tecnología en los sectores de Química y Biología utilizando la base de datos de patentes europeas; el 81% de las citas científicas de las patentes son generadas por universidades y otras instituciones de investigación. A un nivel más microeconómico, Verspagen (1999), en su análisis de las citas de patentes llevadas a cabo por la empresa Philips Electronics, llega a la conclusión de que la mitad de las citas de literatura científica realizadas por dicha empresa eran artículos pertenecientes a universidades y centros de investigación.

Por otra parte, estudios que aplican la metodología NPC revelan que, por término medio, son pocas las patentes donde se cita literatura científica. Por ejemplo, la investigación realizada por Iversen (1999) muestra que durante el periodo 1990-1996, aproximadamente el 30% de las patentes de residentes en Noruega, concedidas en EEUU, citan referencias NPC. Por otro lado, Coronado y Acosta (2005), en un análisis realizado sobre las patentes españolas solicitadas por empresas en la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) durante el periodo 1998-2001, obtienen que sólo un 11,29% de las patentes revisadas se sustentan en el conocimiento científico. A su vez, dentro de las citas científicas que se realizan se observa un fuerte componente nacional, es decir, los inventores de cada país citan artículos de autores de su propia nación (Michel y Bettels, 2001 y Tijssen, 2001).

También se ha constatado que en la utilización de las citas NPC suelen existir sesgos a favor de algunos sectores tecnológicos, países e incluso tipo de inventores. Con respecto a las diferencias que se observan según el sector tecnológico, se puede distinguir entre campos tecnológicos que tienen una alta interacción con

la ciencia y aquellos campos donde el desarrollo tecnológico es independiente de la literatura científica (Verbeek *et al.*, 2002). Entre los campos tecnológicos donde se concentran los flujos ciencia-tecnología destacan el sector de Biotecnología, Fármacos y Medicamentos, y Química y Electrónica (Branstetter, 2004).

En cuanto a las diferencias que se producen entre los distintos países al incorporar citas NPC a las patentes, éstas se justifican fundamentalmente por la existencia de distintas oficinas de patentes, así como distintos procesos de examen, concesión de la patente y distintos contextos legales (obligatoriedad y responsabilidad de recoger la técnica anterior, utilidad, novedad, etc.). Respecto al tipo de inventor, también se observan diferencias cuando se realizan citas científicas en los documentos de patentes, siendo las patentes universitarias más propensas a citar investigación académica que las empresas (Branstetter, 2004).

4. LOS DATOS

La fuente de datos que se ha utilizado son los propios documentos de patentes publicados por la OEPM. El análisis efectuado ha sido sobre el texto íntegro de la patente, separando las citas hechas por el solicitante de la patente, realizadas en la descripción de la patente, y las citas del examinador, las cuales vienen reflejadas en el Informe del Estado de la Técnica. Dentro del texto íntegro de la patente se han seleccionado las citas NPC realizadas en la descripción de la patente y, como complemento, se han procesado también las citas de patentes o PC.

En nuestro caso hemos procedido a una revisión exhaustiva de todas las patentes solicitadas en Andalucía, a texto completo, en el período 1986-2003⁵, ambos inclusive. En total, el trabajo de campo ha supuesto un análisis exhaustivo de 539 documentos de patentes-lo que supone tan sólo una participación del 3,62% del total de solicitudes españolas- de las cuales se han extraído un total de 1.735 citas científicas.

De las 539 patentes a texto completo, 303 fueron solicitadas por empresas (56,21%), 170 por universidades andaluzas (31,54%), 57 por centros del CSIC ubicados en nuestra región (10,58%) y 9 conjuntamente por una empresa y una universidad (1,67%). Esta distribución difiere del comportamiento nacional (81,03% empresas, 12,83% universidades y 6,14% CSIC), lo cual nos pone de manifiesto la escasa propensión innovadora del sector empresarial andaluz y, consecuen-

5 La revisión de las patentes concluyó el 15 noviembre de 2003 (patentes publicadas hasta la fecha), por lo que, teniendo en cuenta el desfase temporal con el que se publican las patentes, es de esperar que todavía queden documentos por publicar de los últimos años de referencia.

mente, la mayor importancia del sistema público de investigación en la generación de tecnología económicamente útil⁶.

Con los datos extraídos hemos construido una base de datos que nos permite organizar toda la información obtenida de forma integrada y relacionada. Con ella vamos a tratar de establecer un diagnóstico sobre los flujos ciencia-tecnología en nuestra región⁷.

5. CITAS CIENTÍFICAS EN PATENTES ANDALUZAS

En el Cuadro 1 se recoge el número de citas que aparecen en las patentes examinadas y la ratio de citas por patente, diferenciando en ambos casos entre las citas PC y citas NPC. Así mismo, estos datos se han desglosado entre las distintas instituciones que las solicitan.

CUADRO 1
CITAS NPC Y CITAS PC

	Citas NPC	Citas PC	Total Citas	Nº PAT	NPC/PAT	PC/PAT	T. Citas/PAT
EMPRESAS	265	204	469	303	0,87	0,66	1,55
UNIVERSIDAD	1.234	212	1.446	170	7,26	1,22	8,51
CSIC	518	141	659	57	9,09	2,47	11,56
UNIV-EMPR	138	2	140	9	15,33	0,22	15,56
TOTAL	2.155	559	2.714	539	4	1,04	5,04

Fuente: OEPM y Elaboración propia

Como podemos observar, las patentes andaluzas hacen un mayor uso de conocimiento científico que tecnológico, ya que como nos muestran los datos, las citas científicas representan el 79,40% del total de las citas realizadas, obteniendo una media de 4 citas NPC por patente, mientras que, por término medio, sólo se realizan 1,04 citas PC por patente; es decir, la tecnología patentada en nuestra región se apoya más en la ciencia que en otras tecnologías patentadas.

- 6 La importancia del sistema público en la generación de tecnología se debe, sobretudo, a la escasa propensión innovadora de las empresas más que a la propia vitalidad patentadora de los organismos públicos de investigación, ya que la participación de las patentes andaluzas en el total nacional, durante el periodo analizado, es tan sólo del 8,82 para las universidades y del 6,32% para el CSIC; situación que puede explicarse, en parte, por unas políticas que no incentivan ni facilitan el esfuerzo necesario para que los científicos andaluces intenten patentar los resultados de sus investigaciones.
- 7 En todo momento, hemos de tener presente que con la metodología utilizada sólo se analizan los intercambios de conocimiento codificado.

Si analizamos las citas realizadas en las patentes andaluzas según las instituciones que las solicitan, se aprecia que las patentes obtenidas en colaboración entre empresas y universidades son las más propensas a citar, con una ratio de 15,56 citas por patente, correspondiendo en casi su totalidad a citas NPC; les siguen los centros del CSIC con 9,09 citas NPC por patente y 2,47 citas PC por patente; el tercer lugar lo ocupan las universidades, siendo las empresas el grupo de instituciones menos propensas a citar, con una ratio de tan sólo 0,87 citas NPC y 0,66 citas PC. Estos ratios nos reflejan que las empresas no se benefician suficientemente del conocimiento científico, a pesar de que nuestro país se sitúa entre los primeros puestos en su producción⁸ y nos confirma que el uso de la ciencia en las invenciones patentadas es realizado, fundamentalmente, por los organismos públicos de investigación, donde el conocimiento científico es generado y donde se concentra la capacidad de asimilación de la literatura científica.

Si hacemos una examen más exhaustivo de las citas NPC, clasificado este tipo de citas en cuatro categorías: artículos de revistas científicas, libros, congresos y tesis, se observa que en Andalucía la mayoría de las citas corresponden a artículos de revistas científicas (80,51%), seguidas de citas a libros (14,99%), congresos (3,71%) y tesis doctorales (0,79%), estas últimas con escasa representación.

En el análisis que hemos realizado se han considerado el total de solicitudes de patentes en nuestra región, sin embargo, no todas las patentes hacen uso de las citas científicas en el texto del documento. Para tener una visión más completa, en el Cuadro 2 se recoge el número de patentes que efectivamente realizan citas, limitando nuestro análisis, exclusivamente, a las citas de artículos científicos, ya que como se ha puesto de manifiesto éstas representan la mayor parte de las citas NPC.

CUADRO 2
PATENTES QUE CITAN ARTICULOS

	EMPRESAS	UNIV	CSIC	UNIV-EMP	TOTAL
Nº Patentes	303	170	57	9	539
Nº Patentes que citan artículos	26	89	51	8	174
Patentes que citan artículos/ Total patentes (%)	8,58	52,35	89,47	88,89	32,28
Nº citas artículos	187	1.015	423	110	1735
Nº citas artículos/Nº patentes	0,61	5,97	7,42	12,22	3,22
Nº citas artículos/Nº patentes citan	7,19	11,40	8,29	13,75	9,97

Fuente: OEPM y Elaboración propia

8 Lo cual nos pone de manifiesto la escasa interacción del sector empresarial y el sistema científico en el intercambio del conocimiento científico.

De las 539 patentes analizadas, solamente 174 incluyen citas de artículos de revistas científicas, es decir, el 32,28% de las patentes andaluzas se sustentan en mayor o menor grado en conocimiento científico. Por instituciones se observa una gran desigualdad en el uso de la ciencia en la tecnología patentada, siendo el CSIC y las patentes solicitadas en colaboración las que con más frecuencia utilizan el conocimiento científico en sus invenciones patentadas -89,47 y 88,89% respectivamente-; los porcentajes bajan considerablemente en la universidad (52,35%) y, sobre todo, en el sector empresarial (8,58%) -de las 303 solicitudes de patentes presentadas por las empresas andaluzas, tan solo incluyen citas científicas 26 de ellas-.

Lógicamente, si analizamos las citas de artículos de revistas en función sólo de las patentes que citan, comprobamos que estos valores son muy superiores a los índices que se obtienen si tenemos en cuenta todas las patentes solicitadas, independientemente de si citan o no citan, pasando de una media de 3,22 citas de artículos por patente a 9,97. Como se puede apreciar, los valores de estos índices aumentan para todas las instituciones, aunque en mayor medida para el sector empresarial y universitario, es decir, hay un mayor porcentaje de patentes de empresas y universidades que no realizan ninguna cita.

5.1 Análisis de las citas por sector tecnológico y complejidad tecnológica

En el Cuadro 3 se han clasificado las citas científicas realizadas en las patentes andaluzas por sectores tecnológicos basándonos para ello en la Clasificación Internacional de Patentes (IPC).⁹

Los valores reflejados en el cuadro 3 nos indican que 9 sectores tecnológicos no tienen ninguna relación con la ciencia, estos sectores representan el 12,98% de las patentes andaluzas.

También se comprueba que la mayor demanda de conocimiento científico se produce en el área de Química y Productos Farmacéuticos, acaparando el 62,88% de todas las citas científicas realizadas en las patentes andaluzas. En segundo lugar se encuentra el área de Instrumentos, representando el 20,12% de todas las citas científicas. Conjuntamente, estas áreas representan el 49,24% de las patentes andaluzas y realizan el 83% de las citas científicas. Por el contrario, el resto de las áreas representan el 50,56% de las patentes, pero sólo realizan el 17% de las citas de artículos de revistas. De estos datos se desprenden dos conclusiones: en primer lugar, existe una gran concentración en el uso de la ciencia en dos áreas

9 Esta clasificación ha sido elaborada conjuntamente por FhG-ISI (Alemania), el INPI (Francia) y el OST (Francia).

tecnológicas y, en segundo lugar, no se observa una relación entre la especialización sectorial y el uso de la ciencia.

CUADRO 3
CITAS ARTÍCULOS POR PATENTE Y POR SECTOR TECNOLÓGICO

	Citas artículos/PAT
I. INGENIERÍA ELÉCTRICA	1,54
1. Maq. Eléctrica y aparatos, energía eléctrica	0,00
2. Tecnología audiovisual	0,00
3. Telecomunicaciones	4,00
4. Tecnología información	0,70
5. Semiconductores	0,00
II. INSTRUMENTOS	4,01
6. Óptica	0,00
7. Análisis, medición y tecnología de control	5,50
8. Tecnología médica	0,90
III. QUÍM. Y PRODUCTOS FARMAC.	6,09
9. Química orgánica fina	9,81
10. Química macromolecular, polímeros	4,00
11. Productos farmacéuticos, cosmética	5,45
12. Biotecnología	11,43
13. Materiales, metalurgia	4,24
14. Agricultura, química alimentaria	3,02
15. Ind. quí. petróleo, quí. mat. Básicos	2,13
IV. ING. PROCESOS, EQUIP. ESPECIAL	2,27
16. Ingeniería química	3,36
17. Tecn. superficies y revestimientos	12,67
18. Procesamiento materiales, textiles, papel.	0,00
19. Procesos térmicos y aparatos	1,00
20. Tecnología ambiental	0,95
V. ING. MECÁNICA, MAQUINARIA	0,37
21. Maquinaria de herramientas	0,00
22. Motores, bombas y turbinas	0,00
23. Elementos mecánicos	0,20
24. Manipulación, imprenta	0,13
25. Maq. Aparatos agric. y tratam. Alim.	0,17
26. Transporte	0,00
27. Ingeniería nuclear	0,00
28. Tecnología espacial, armas	0,00
29. Bienes equipo y consumo	3,23
30. Ingeniería civil, construcción y minería	0,08
TOTAL	3,22

Fuente: OEPM y Elaboración propia

CUADRO 4
CITAS ARTÍCULOS POR PATENTE Y % DE CITAS ARTÍCULOS DE CADA
SECTOR TECNOLÓGICO Y TIPO DE INSTITUCION

	EMP Y EMP EN COLAB.		EMPRESAS		UNIV- EMP		UNIV		CSIC		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
I. INGENIERÍA ELÉCTRICA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	6,01	1,00	0,47		
3. Telecomunicaciones	0	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	5,32	1,00	0,47		
4. Tecnología información	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,69		0,00		
II. INSTRUMENTOS	0,97	8,45	1,00	14,97	0,00	0,00	5,40	27,68	6,67	9,46	
7. Anál., medición y tec. control	1,12	8,45	1,17	14,97	0,00	0,00	9,10	26,90	5,80	6,86	
8. Tecnología médica	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,79	11,00	2,60		
III. QUIM. PROD FARMAC.	2,79	67,6	1,48	52,94	13,75	100	8,59	53,30	8,32	80,61	
9. Química orgánica fina	1,00	0,94	1,00	2,67	0,00	11,60	22,86	11,00	18,20		
10. Quím. Macromolecular, polím.	4,00	0,47	4,00	4,28	0,00		0,00		0,00		
11. Prod. Farmacéuticos, cosmética	2,75	3,76	2,75	5,88	0,00	8,00	4,73	1,00	0,24		
12. Biotecnología	15,0	34,7		0,00	15,00	81,82	9,00	20,39	15,75	29,79	
13. Materiales, metalurgia	1,91	4,23	1,90	10,16	2,00	1,82	3,25	1,28	19,00	8,98	
14. Agricultura, química alimentaria	2,10	20,7	1,57	25,13	18,00	16,36	3,00	1,18	5,07	16,78	
15. Ind. quim petr, quim de mat. Bás	0,56	2,82	0,56	4,81	0,00	4,83	2,86	3,11	6,62		
IV. ING. PROC. EQUIP. ESPEC	1,18	23,5	1,18	31,55	0,00	4,15	8,18	4,71	7,80		
16. Ingeniería química	0,67	2,35	0,67	4,28	0,00	6,60	6,50		0,00		
17. Tecn. Superficies y revestim.	46	18,8	46,0	24,60	0,00	1,00	0,10	7,25	6,86		
19. Procesos térmicos y aparatos	0	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,49		0,00		
20. Tecnología ambiental	0,42	2,35	0,42	2,67	0,00	1,83	1,08	1,33	0,95		
V. ING. MECÁNICA, MAQUIN.	0,01	0,47	0,01	0,53	0,00	3,50	4,83	7,00	1,65		
23. Elementos mecánicos	0,20	0,47	0,20	0,53	0,00		0,00		0,00		
24. Manipulación, imprenta	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,95		
25. Maq. apar, agric. tratam. alim	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,80	0,39	3,00	0,71		
29. Bienes equipo y consumo	0	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	4,14		0,00		
30. Ing. civil, construcción y minería	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30		0,00		
TOTAL	0,95	100	0,62	100	12,22	100	5,97	100	7,42	100	

1. Nº CITAS ARTÍCULOS POR PATENTE

2. % CITAS DE ARTÍCULOS DE CADA SECTOR SOBRE EL TOTAL

Fuente: OEPM y Elaboración propia

Desagregando por sectores tecnológicos, se observa que los principales flujos ciencia-tecnología están concentrados en muy pocos sectores¹⁰, concretamente en Biotecnología, Química Orgánica Fina y Análisis, Medición y Tecnología de Control. A su vez, estos tres sectores representan el 24,11% del total de las patentes anda-

10 No hemos tenido en cuenta el sector 17, ya que la alta ratio de citas de artículos por patente se debe a una sola patente, lo cual es un caso aislado y poco significativo.

luzas y agrupan el 61,5% de las citas científicas del conjunto andaluz, es decir, su importancia relativa en el conjunto de actividades tecnológicas patentadas es baja, pero se produce una fuerte relación de estas tecnologías con el ámbito científico.

Una vez analizado el uso del conocimiento científico por sector tecnológico para el conjunto de las patentes, el siguiente objetivo es examinar las divergencias existentes entre las distintas instituciones que patentan. Para ello se ha elaborado el cuadro 4, en el que se recoge la media de citas de artículos por patente y la participación de cada sector tecnológico sobre el total, distinguiendo en ambos casos entre sus solicitantes.

Nuevamente se corrobora la escasa propensión a citar del sector empresarial andaluz respecto al resto de instituciones. Sin embargo, se aprecia un comportamiento muy diferente cuando las empresas solicitan una patente en colaboración con la universidad, aunque este tipo de colaboración existe solamente en tres sectores pertenecientes al área tecnológica de Química y Productos Farmacéuticos; en este caso se observa un gran aumento en el uso del conocimiento científico, incluso superior al que realizan las universidades y los centros del CSIC. Por lo tanto, los datos nos sugieren que es más probable que se produzcan flujos ciencia-tecnología cuando existe cooperación entre las empresas y universidades.

En cuanto a la concentración en el uso del conocimiento científico (porcentaje de citas de artículos de cada sector sobre el total), en el sector empresarial se observa un alto grado de concentración, ya que el 55,30% de todas las citas científicas se agrupan en sólo dos sectores (Biotecnología y Agricultura y Química Alimentaria), representado el 11,86% de todas las patentes. Este comportamiento difiere del nacional, donde las empresas hacen uso de la ciencia fundamentalmente en los sectores de Química Orgánica, Farmacia y Productos Farmacéuticos y Biotecnología, presentando aún una mayor concentración, ya que estos tres sectores suponen el 85% del total de las citas científicas realizadas (Coronado y Acosta, 2005).

El sistema científico andaluz presenta un mayor grado de concentración que el sector empresarial, concretamente, el 70,15% de todas las citas científicas realizadas por las universidades se encuentran en los sectores de Biotecnología, Análisis, Medición y Tecnología de Control y Química Orgánica Fina. Las ratios del número de citas por patente confirman estos mayores flujos de ciencia-tecnología en estos sectores, a los que hay que sumar los sectores de Ingeniería Química y Bienes de Equipo y Consumo. En cuanto a los centros del CSIC ubicados en Andalucía, las citas de artículos científicos se concentran fundamentalmente en los sectores de Biotecnología, Química Orgánica Fina y Agricultura, Química Alimentaria, acaparando el 64,77% de las citas de estos organismos.

Por lo tanto, se puede concluir que en Andalucía existe un alto grado de concentración en pocos sectores tecnológicos en el uso del conocimiento científico;

el sector de Biotecnología es en el que se concentran la mayor parte de las citas, siendo este hecho común en todas las instituciones analizadas.

En general, como se ha comprobado, existen sustanciales diferencias intersectoriales en el número de citas en los documentos de patentes, éstas están relacionadas directamente con los diferentes patrones de innovación o propensión a patentar de cada sector (Bell y Pavitt, 1993). Con el objeto de evitar las distorsiones que introducen las diferencias sectoriales, a continuación analizamos las citas científicas en función del grado de complejidad tecnológica de las patentes. Para dicho fin, en el Cuadro 5 se recogen las citas de las patentes andaluzas clasificadas por su nivel de complejidad¹¹.

CUADRO 5

CITAS DE ARTÍCULOS Y PATENTES POR COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA

	Citas artículos	Citas de artículos/Pat
Complejidad alta	472	3,50
Complejidad intermedia	1.053	3,28
Complejidad baja	190	3,06
TOTAL	1.715	3,31

Fuente: OEPM y Elaboración propia

Los datos reflejan que la mayoría de las citas de artículos se realizan dentro de sectores de complejidad intermedia (61,40%) que es donde la región andaluza concentra la mayor parte de sus solicitudes de patentes. No obstante, si medimos los flujos ciencia-tecnología a través de la ratio de citas de artículos por patente, los valores que se obtienen son bastante homogéneos, siendo ligeramente superiores en los sectores tecnológicos de complejidad alta.

5.2 Análisis de las citas por campos científicos

Con el objeto de analizar cuáles son las áreas científicas más relacionadas con cada uno de los sectores tecnológicos, hemos procedido a clasificar las revistas citadas en cada documento de patente por campos científicos. Para ello, hemos tenido en cuenta, exclusivamente, los artículos que se encuentran en la base de datos del ISI (*Institute for Scientific Information*), entendiéndolo que pueden ser consideradas como las publicaciones de mayor calidad y más importantes en cada área temática. El motivo fundamental de restringir nuestro estudio es que las revistas incluidas en la base de datos del ISI se encuentran tipificadas por categorías

11 La complejidad tecnológica se ha extraído de la clasificación realizada por la OECD (2001).

temáticas; una revista puede estar asignada hasta a cuatro categorías diferentes¹². En nuestra base de datos se han recogido citas de artículos de 730 revistas, de las cuales 466 están incluidas dentro del ISI. Así mismo, de las 1.735 citas de artículos que hemos extraído, 1.342 son citas de artículos de revistas contenidas en el ISI, es decir, el 77,35% del total.

El procedimiento que hemos seguido se divide en dos fases. En una primera hemos clasificado las 466 revistas según las categorías definidas por el JCR (*Journal Citation Reports*) del ISI, sin embargo, esta clasificación es excesivamente específica. Por ello, en una segunda fase hemos establecido una concordancia entre cada categoría ISI con los campos científicos recogidos en el III PAI (Plan Andaluz de Investigación), basándonos en la tabla de conversión realizada por Moya-Anegón y Solís (2003), la cual hemos complementado con las opiniones de expertos en bibliometría e investigadores de los diferentes campos científicos.

De las nueve áreas científico-técnicas o campos científicos definidos en el III PAI, que son las que se utilizan en los documentos regionales de planificación, hemos excluido los campos de Ciencias Económicas, Sociales y Jurídicas (SEJ) y Humanidades (HUM) puesto que estos campos no generan conocimiento tecnológico. La relación de campos científicos queda como sigue: Agroalimentación (AGR), Ciencias de la Vida (CVI), Ciencia y Tecnología de la Salud (CTS), Recursos Naturales y Medio Ambiente (RNM), Química y Matemáticas (FQM), Tecnologías de la Producción (TEP), Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC).

En general, es difícil establecer fronteras claras entre determinadas áreas científicas. El criterio seguido cuando un determinado artículo puede ser enclavado en dos o más campos científicos distintos ha sido imputarlo a ambos. De las citas ISI extraídas (1.342), y tras eliminar las clasificadas como SEJ y HUM, hemos obtenido un total de 1.280 citas. De ellas 791 tienen asignado un solo campo científico, 489 dos campos, 52 tres campos y 7 cuatro campos, lo que da un total de 1.892 citas que son las que figuran en el Cuadro 6.

De la distribución de artículos por campos científicos se desprende que no existe una gran concentración en las citas, estando la participación de los mismos bastante repartida. El campo científico más demandado por la región andaluza es CVI, aumentando su participación a lo largo del periodo analizado; le siguen FQM, CTS, AGR y TEP, siendo muy escasas las citas de artículos pertenecientes a los campos científicos de RNM y TIC. Un dato relevante es el escaso peso del campo científico de Agricultura que sólo supone el 13,48% del total de citas científicas, lo que contrasta con la fuerte especialización económica y tecnológica de Andalucía en este sector.

12 Esta clasificación es dinámica, es decir, puede sufrir variaciones a lo largo del tiempo.

CUADRO 6
CITAS DE ARTÍCULOS POR CAMPO CIENTÍFICO

	Nº DE ARTÍCULOS				PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL			
	86/89	90/96	97/03	TOTAL	86/89	90/96	97/03	TOTAL
AGR	2	83	170	255	18,18	9,36	17,10	13,48
CTS	4	134	137	275	36,36	15,11	13,78	14,53
CVI	3	238	366	607	27,27	26,83	36,82	32,08
FQM	0	255	199	454	0,00	28,75	20,02	24,00
RNM	1	41	18	60	9,09	4,62	1,81	3,17
TEP	1	124	87	212	9,09	13,98	8,75	11,21
TIC	0	12	17	29	0,00	1,35	1,71	1,5
TOTAL	11	887	994	1892	100	100	100	100

Fuente: OEPM y Elaboración propia

Para un análisis más detallado, en el cuadro 7 aparece la participación de las citas de artículos por campo científico para cada institución sobre el total andaluz, así como su distribución porcentual.

CUADRO 7
CITAS POR CAMPO CIENTÍFICO SEGÚN INSTITUCIÓN

	PARTICIPACIÓN DE CADA INSTITUCIÓN SOBRE EL TOTAL ANDALUZ				PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL DE CADA INSTITUCIÓN			
	EMP	UNI-EMP	UNIV	CSIC	EMP	UNI-EMP	UNIV	CSIC
AGR	6,67	16,86	22,35	54,12	11,04	29,45	5,36	26,14
CTS	8,00	0,00	86,91	5,09	14,29	0,00	22,46	2,65
CVI	2,97	14,17	55,02	27,84	11,69	58,90	31,39	32,01
FQM	6,39	3,30	66,08	24,23	18,83	10,27	28,20	20,83
RNM	8,33	1,67	65,00	25,00	3,25	0,68	3,67	2,84
TEP	29,25	0,47	33,49	36,79	40,26	0,68	6,67	14,77
TIC	3,45	0,00	82,76	13,79	0,65	0,00	2,26	0,76
TOTAL	8,14	7,72	56,24	27,91	100	100	100	100

Fuente: OEPM y Elaboración propia

Como se comprueba, la universidad es la institución con mayor participación en el número de citas de artículos en Andalucía; estas instituciones concentran la mayoría de las citas realizadas en Andalucía en los campos científicos de CTS y TIC, presentando también porcentajes muy elevados para los campos de FQM, RNM y CVI. El segundo lugar lo ocupan los centros del CSIC, con una menor participación en el conjunto andaluz, concretamente un 27,91%; por campos científicos destaca su participación dentro de AGR y TEP. Por último, las empresas y las empresas en colaboración con la universidad, como ya se ha puesto de manifiesto anteriormente, representan un porcentaje muy pequeño del total de citas realizadas en nuestra

comunidad autónoma; su mayor participación está en los campos científicos de TEP, AGR y CVI.

En cuanto a la distribución de campos científicos por institución, el campo donde se concentra el mayor porcentaje de citas científicas es CVI, a excepción del sector empresarial, que es en el campo de TEP. En segundo lugar, para las empresas, empresas en colaboración y el CSIC, se encuentra el campo AGR y para las universidades FQM seguido de CTS. Estos resultados se explican por la especialización de estas instituciones en Andalucía, el CSIC y las empresas están especializados en un tipo de tecnología media-baja que cita artículos de los campos AGR y TEP, mientras que la universidad esta especializada en sectores relacionados con los Procesos Químicos y Biotecnología, que citan fundamentalmente artículos de sectores de CVI y CTS.

Con el objeto de investigar cuáles son las áreas científico-técnicas más relacionadas con cada uno de los sectores tecnológicos, el Cuadro 8 recoge la distribución del número de citas de cada sector tecnológico por campo científico (se han suprimido las filas que corresponden a sectores sin citas).

Las relaciones ciencia-tecnología suelen presentar cierto grado de afinidad entre sector tecnológico y campo científico, es decir, son bastantes específicas (Acosta y Coronado, 2005). Dicho fenómeno también se produce en las relaciones ciencia-tecnología andaluzas; así por ejemplo, el sector de Tecnología de la Información cita mayoritariamente artículos del campo científico TIC, el sector de Productos Farmacéuticos artículos de los campos CTS y CVI, el sector de Biotecnología publicaciones del campo CVI, Materiales y Metalurgia del TEP, Agricultura, Química Alimentaria del AGR, Ingeniería Química del FQM, etc. Estas relaciones específicas entre sector tecnológico y campo científico se dan en todas las instituciones, y se producen para casi todos los sectores tecnológicos, con algunas excepciones, esta circunstancia viene motivada porque muchas revistas pueden ser asignadas a varios campos específicos.

Estas conclusiones se confirman con el índice ICT¹³ (Cuadro 9), que nos muestra los sectores más relacionados con la ciencia en cada campo científico con respecto a la media sectorial.

13 Para analizar la intensidad sectorial relativa de los flujos ciencia-tecnología definimos el indicador ICT de intensidad en el uso de conocimiento científico de cada sector tecnológico (Schmoch, 1997 y Acosta y Coronado, 2003):

$$ICT_j = \tanh\{\ln[(C_i/E_iC)/(P_j/E_jP_j)]\}$$

Donde j denota el sector tecnológico e i el campo científico. C_i designa las referencias científicas en el campo i , y P_j las patentes por cada sector tecnológico j . Un valor positivo para un sector indica una relación ciencia-tecnología sobre la media (más intensa cuanto más cercano a uno); los negativos, inferior a la media de todos los sectores (más débil cuanto más próximo a menos uno).

CUADRO 8
CITAS POR CAMPO CIENTÍFICO Y SECTOR TECNOLÓGICO (%)

SECTOR TECNOLÓGICO	AGR	CTS	CVI	FQM	RNM	TEP	TIC	TOTAL
I. INGENIERÍA ELÉCTRICA	0,00	4,08	10,20	63,27	0,00	0,00	22,45	100
3. Telecomunicaciones	0,00	4,55	9,09	68,18	0,00	0,00	18,18	100
4. Tecnología de la información	0,00	0,00	20,00	20,00	0,00	0,00	60,00	100
II. INSTRUMENTOS	5,87	19,65	22,58	30,50	4,40	12,90	4,11	100
7. Anál., medic. tecnología control	6,04	19,03	23,26	31,12	4,23	12,08	4,23	100
8. Tecnología médica	0,00	40,00	0,00	10,00	10,00	40,00	0,00	100
III. QUIM. PRODUCTOS FARMAC.	18,08	14,35	39,57	19,51	1,98	6,50	0,00	100
9. Química orgánica fina	13,01	13,28	27,91	40,38	1,63	3,79	0,00	100
10. Química macromolecular, polímeros	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
11. Productos farmacéuticos, cosmética	4,65	45,35	39,53	10,47	0,00	0,00	0,00	100
12. Biotecnología	17,13	12,48	54,38	9,68	2,42	3,91	0,00	100
13. Materiales, metalurgia	1,89	0,00	1,89	7,55	7,55	81,13	0,00	100
14. Agricultura, química alimentaria	37,76	13,29	29,37	16,08	0,70	2,80	0,00	100
15. Ind. Quím. Petról, quim, mat. Bás	38,89	9,72	37,50	12,50	1,39	0,00	0,00	100
IV. INGEN. PROC. EQUIP. ESPE	1,88	5,16	10,80	34,27	7,51	38,50	1,88	100
16. Ingeniería química	4,65	6,98	13,95	45,35	8,14	17,44	3,49	100
17. Tec. Superficies y revestimientos	0,00	0,00	5,49	32,97	0,00	60,44	1,10	100
19. Procesos térmicos y aparatos	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	50,00	0,00	100
20. Tecnología ambiental	0,00	15,63	18,75	6,25	28,13	31,25	0,00	100
V. ING MEC. MAQUINARIA	10,71	50,00	10,71	0,00	14,29	14,29	0,00	100
23. Elementos mecánicos	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100
25. Maq. apar. la agric. y tratam. Alim	42,86	0,00	42,86	0,00	14,29	0,00	0,00	100
29. Bienes equipo y consumo	0,00	77,78	0,00	0,00	0,00	22,22	0,00	100
30. Ing civil, construcción y minería	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100
TOTAL	13,48	14,53	32,08	24,00	3,17	11,21	1,53	100

Fuente: OEPM y Elaboración propia

Estos datos nos ponen de relieve que determinados campos se relacionan con un mayor número de sectores que otros; por ejemplo, el campo de FQM se relaciona con 14 sectores con diferentes niveles de intensidad, mientras que el campo científico TIC se relaciona sólo con cinco. No obstante, la distribución no es homogénea, es decir, aunque las relaciones se producen con bastantes sectores, éstas están muy concentradas en pocos sectores tecnológicos, como se puede apreciar a partir de los indicadores de concentración y del índice de HDCT ¹⁴(Cuadro

14 DTC1, DTC2, DTC4: concentración de citas en el sector que más cita de un campo, los dos que más citan y los cuatro que más citan, respectivamente.
HDTC: Este indicador está basado en el índice de Herfindahl. La proximidad a 1 sugiere concentración en pocos sectores, la proximidad a 0 denota una mayor equidistribución (Schmoch, 1997 y Acosta y Coronado, 2003):

$$\text{Es decir: HDTC}_i = 1 + \ln(E_i C_i^2) / \ln(n)$$

10). Los valores obtenidos ponen de manifiesto el escaso uso de la ciencia en la mayoría de los sectores tecnológicos.

CUADRO 9
**INTENSIDAD CIENTÍFICA DE LA TECNOLOGÍA (ICT)
POR CAMPO CIENTÍFICO. 86/03**

AGR		CTS		CVI		FQM		RNM		TEP		TIC	
Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector	ICT Sector
12	0,93	11	0,96	12	0,96	17	0,94	20	0,87	17	0,99	3	0,98
9	0,82	12	0,85	9	0,78	9	0,94	12	0,82	13	0,95	4	0,94
14	0,69	9	0,80	11	0,77	3	0,73	16	0,78	16	0,50	11	0,90
15	0,57	29	0,63	7	0,13	16	0,63	13	0,63	7	0,48	17	0,81
10	0,05	7	0,62	15	-0,25	7	0,61	7	0,63	12	0,35	16	0,73
11	-0,26	14	-0,27	14	-0,27	12	0,47	23	0,53	20	0,19		
7	-0,34	16	-0,56	17	-0,29	11	-0,03	9	0,48	9	0,11		
16	-0,74	20	-0,64	16	-0,62	14	-0,53	30	-0,66	19	0,02		
25	-0,95	15	-0,67	3	-0,88	19	-0,63	8	-0,69	29	-0,24		
13	-0,97	8	-0,75	20	-0,88	15	-0,79	15	-0,84	8	-0,62		
		3	-0,85	4	-0,98	13	-0,85	25	-0,91	14	-0,92		
				25	-0,99	4	-0,97	14	-0,93				
				13	-0,99	20	-0,97						

Fuente: OEPM y Elaboración propia

CUADRO 10
DIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA CIENCIA. PERIODO 86/03

	AGR	CTS	CVI	FQM	RNM	TEP	TIC	TOTAL
DTC1	52,94	72,73	38,89	37,93	80	61,29	100	31,82
DTC2	82,35	95,45	61,11	75,86	100	77,42		53,90
DTC4	94,12	100	88,89	93,10		98,39		77,27
HDCT	0,71	0,84	0,59	0,65	0,89	0,75	1,00	0,51

Fuente: OPEM y Elaboración propia

Esta misma pauta de comportamiento se observa independientemente de la institución que analicemos, ya que, como podemos comprobar (Cuadro 11), todas las instituciones presentan unos altos índices de concentración para todos los campos científicos en muy pocos sectores tecnológicos, siendo las universidades las que presentan unos índices de concentración ligeramente inferiores al resto de las instituciones.

CUADRO 11
DIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA CIENCIA POR INSTITUCIÓN. PERIODO 86/03

EMPRESAS	AGR	CTS	CVI	FQM	RNM	TEP	TIC
DTC1	52,94	72,73	38,89	37,93	80,00	61,29	100
DTC2	82,35	95,45	61,11	75,86	100,00	77,42	
DTC4	94,12	100	88,89	93,10		98,39	
HDCT	0,71	0,84	0,59	0,65	0,89	0,75	1,00
UNIVERSIDAD	AGR	CTS	CVI	FQM	RNM	TEP	TIC
DTC1	31,58	26,78	36,53	35,33	28,21	36,62	37,50
DTC2	56,14	53,14	59,88	63,00	53,85	56,34	70,83
DTC4	82,46	84,10	89,52	86,00	84,62	83,10	95,83
HDCT	0,54	0,52	0,58	0,57	0,53	0,56	0,63
CSIC	AGR	CTS	CVI	FQM	RNM	TEP	TIC
DTC1	28,99	50,00	58,58	37,27	33,33	34,62	100
DTC2	55,80	71,43	72,78	54,55	60,00	55,13	
DTC4	93,48	100,00	91,72	87,27	80,00	76,92	
HDCT	0,57	0,69	0,72	0,57	0,55	0,53	1
UNIV-EMP	AGR	CTS	CVI	FQM	RNM	TEP	TIC
DTC1	79,07		82,56	86,67	100	100	
DTC2	100		98,84	100			
DTC4			100				
HDCT	0,88		0,90	0,92	1,00	1,00	

Fuente: OEPM y Elaboración propia

5.3. Análisis de las citas científicas según la fuente de generación del conocimiento

El análisis de las citas de artículos en las patentes nos permite valorar el grado de utilización del conocimiento científico en el desarrollo de las innovaciones en Andalucía, sin embargo, este análisis no nos indica si el conocimiento utilizado es generado en nuestra propia comunidad autónoma o si procede de otras regiones o de otros países. Para indagar sobre la procedencia del conocimiento utilizado en el desarrollo de las patentes andaluzas hemos realizado una búsqueda de todos los artículos incluidos en la base de datos del ISI con el objetivo de añadir información adicional sobre los mismos; más concretamente, esta base de datos suministra información sobre la dirección del centro de trabajo de los autores de cada publicación registrada. De los 1.280 artículos citados por las patentes andaluzas, hemos conseguido identificar la dirección de los autores en 1.096, clasificándolos según su procedencia en tres grupos: internacional, nacional, si al menos un autor de la publicación tiene una dirección de una provincia española, y regional, si al menos un autor del artículo tiene su dirección en alguna provincia andaluza. Los resultados obtenidos para el total andaluz y por tipo de institución aparecen en el Cuadro 12.

CUADRO 12
CITAS DE ARTÍCULOS SEGÚN LA PROCEDENCIA GEOGRÁFICA DEL AUTOR

	EMP	UNIV	CSIC	UNV-EMP	AND
Citas artículos	93	643	269	74	1079
Citas artículos autor andaluz	5	35	80	14	134
Citas artículos autor otras CCAA	1	25	7	1	34
Citas artículos nacionales	6	60	87	15	168
Citas artículos internacionales	87	583	182	59	911
Citas artículos nacionales/ Total artículos	6,45%	9,33%	32,34%	20,27%	15,57%
Citas artículos internacionales/ Total artículos	93,55%	90,67%	67,66%	79,73%	84,43%
Citas artículos autor andaluz/Citas artículos nacionales	83,33%	58,33%	91,95%	93,33%	79,76%

Fuente: OEPM, ISI y Elaboración propia

En primer lugar, se observa que el conocimiento científico utilizado en el desarrollo de patentes en nuestra región procede fundamentalmente de otros países, puesto que las citas de artículos donde aparece al menos un autor con su dirección dentro de nuestro país sólo suponen el 15,57% del total. En un principio, parece que estos resultados no están en concordancia con el planteamiento teórico de partida de que la proximidad geográfica favorece los intercambios de conocimiento. Sin embargo, a pesar de la escasa utilización del conocimiento científico generado en nuestro país, si se realiza un análisis temporal, se observa que la utilización del conocimiento científico nacional se ha incrementado durante los últimos años (Coronado *et al.*, 2004). Además, se aprecia claramente que cuando se utiliza el conocimiento nacional, éste procede casi en su totalidad del generado dentro de nuestra región, concretamente el 79,76% de todos los artículos científicos nacionales citados han sido publicados por investigadores andaluces.

Así mismo, se observan diferentes comportamientos según el tipo de institución, siendo los centros del CSIC los que se basan en mayor medida en el conocimiento generado por el sistema científico nacional, le siguen las patentes desarrolladas en colaboración entre universidades y empresas y, por último, con porcentajes muy inferiores, las universidades y las empresas.

Otro aspecto interesante a analizar es en qué medida el conocimiento científico utilizado es creado por los propios solicitantes de las patentes o si son provenientes de fuentes externas ajenas a los agentes que llevan a cabo los procesos de innovación. Para analizar este aspecto, hemos identificado si algunos de los autores de dichos artículos coinciden con el solicitante de la patente, en caso afirmativo los denominamos artículos de referencia propia. Dicha información aparece recogida en el Cuadro 13.

CUADRO 13
CITAS DE ARTÍCULOS DE REFERENCIA PROPIA

	EMP	UNIV	CSIC	UNV-EMP	AND
Artículos nacionales	6	60	87	15	168
Artículos referencia propia	0	32	60	7	99
Artículos referencia propia/ Artículos nacionales	0	53,33%	68,97%	46,67%	58,93%

Fuente. OEPM y Elaboración propia

Como podemos comprobar, más de la mitad de los artículos de autores nacionales citados en las patentes andaluzas son referencias propias¹⁵. Por instituciones se pone de manifiesto que el conocimiento científico utilizado por el sector empresarial andaluz procede en su totalidad de fuentes externas a la propia empresa, siendo únicamente las patentes generadas por el sistema científico andaluz las que hacen uso de su conocimiento científico en el desarrollo de patentes; esto es así en mayor medida en el CSIC, seguido por las universidades y, por último, las patentes solicitadas en colaboración entre empresas y universidades.

6. CONCLUSIONES

1.- Sólo el 32,28% de las patentes andaluzas utilizan, en mayor o menor grado, el conocimiento científico en la generación de patentes, a pesar de poseer nuestra región una relevante producción científica.

De estos datos se desprende, que la política científica, tecnológica y de innovación desarrollada en Andalucía ha incentivado la investigación científica, pero no los flujos ciencia-tecnología. Se impone, por tanto, la necesidad de crear instrumentos específicos para estimular las relaciones ciencia-tecnología, fomentado el apoyo de los procesos de transferencia e innovación tecnológica.

2.- Las patentes andaluzas utilizan en mayor medida el conocimiento científico que el tecnológico en la generación de patentes. Así mismo, la intensidad en el uso del conocimiento científico difiere entre instituciones, las patentes presentadas en colaboración (empresas-universidad) son las que mayor número de citas NPC presentan, le siguen el CSIC y las universidades, siendo casi inexistente el uso de la ciencia por el sector empresarial andaluz.

De esta conclusión se pueden derivar dos consecuencias: en primer lugar, las empresas no se benefician suficientemente del conocimiento científico, lo que

¹⁵ En el periodo 90/97 se produce un incremento del número de referencias propias, lo cual se puede deber a la implantación en nuestra región de los planes de investigación andaluces

refleja la necesidad de mejorar los mecanismos de interfaz entre la investigación desarrollada por el sector público y el sector industrial y, en segundo lugar, se precia un comportamiento muy diferente cuando las empresas solicitan una patente en colaboración con la universidad, en este caso se observa un gran aumento en el uso del conocimiento científico.

3.- Las diferencias entre sectores son acentuadas a la hora de utilizar el conocimiento científico. La concentración de las citas por sector tecnológico es elevada, acumulándose el 61,5% de ellas en los sectores de Biotecnología, Análisis, Medición y Tecnologías de Control y Química Orgánica Fina.

4.- Los campos científicos más demandados son los de CVI, FQM y CTS. Por instituciones, el CSIC, más especializado en tecnologías de complejidad intermedia y baja, pero con mayor relación con la especialización sectorial de la región que otros, cita fundamentalmente artículos de los campos de AGR y TEP; las universidades, especializadas en sectores de complejidad alta, citan artículos pertenecientes a los campos de CVI y CTS.

5.- En cuanto al origen del conocimiento científico utilizado para el desarrollo de conocimiento tecnológico, la fuente fundamental es internacional; las citas de artículos nacionales sólo representan el 15,57% del total. Dentro del nacional, el conocimiento más utilizado es el que se produce en Andalucía (79,76%). Por último, el 59% de los artículos nacionales citados son generados por los propios solicitantes de las patentes, lo que pone de manifiesto la posibilidad de explotar tecnológicamente una investigación científica propia. Esta relación se da más en los institutos del CSIC que en la universidad, demostrando que el CSIC tiene un mayor enfoque hacia generación de conocimiento tecnológico y de investigación con fines aplicados que las universidades.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, M.; CORONADO, D. (2003): "Science-technology flows in Spanish regions. An analysis of scientific citations in patents", *Research Policy*, 32 (10), pp. 1783-1803.
- ARUNDEL, A.; GEUNA, A. (2004): "Proximity and the use of public science by Innovative European firms", *Economics of Innovation and New Technology*, 13 (6), pp.559-580.
- AUDRETSCH, D. (1995): *Innovation and Industry Evolution*, MIT Press, Cambridge.
- BELL, M.; PAVITT, K. (1993): "Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries", *Industrial and Corporate Change*, 2 (2), pp. 56-60.
- BHATTACHARYA, S.; KRETSCHMER, M.; MEYER, M. (2003): "Characterizing intellectual spaces between science and technology", *Scientometrics*, 58 (2), pp. 369-390.
- BRACZYK, H.J.; COOKE, P.; HEIDENREICH, M. (1998): *Regional Innovation Systems*, UCL Press, London.
- BRANSTETTER, L. (2004): *Is academic science driving a surge in industrial innovation? Evidence from patent citations*, Working Paper, Columbia Business School, New York.
- CARPENTER, M.P.; COOPER, M.; NARIN, F. (1980): "Linkage between basic research and patents", *Research Management*, 23 (2) pp. 30-35.
- CORONADO GUERRERO, D.; ACOSTA SERÓ, M. (2005): "The effects of scientific regional opportunities in science-technology flows: evidence from scientific literature in firms' patent data", *Annals of Regional Science*, 39 (3), pp. 495-522.
- CORONADO GUERRERO, D.; ACOSTA SERÓ; LEÓN RODRÍGUEZ, M.D. (2004): "Regional planning of R&D and science-technology interactions in andalusia (Spain): a bibliometric analysis of patent documents", *European Planning Studies*, 12 (8), pp. 1075-1095.
- DOSI, G. (1988): "Sources, procedures and microeconomics effects on innovation", *Journal of Economic Literature*, 26 (3), pp. 1120-1171.
- ETZKOWITZ, H. (2003): "Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university", *Research Policy*, 31 (1), pp. 109-121.
- IVERSEN, E.J. (1999): *A patent share and citation analysis of knowledge bases and interactions in the Norwegian innovation systems*, Step Working Paper A -07, Oslo.
- JAFFE, A.; TRAJTENBERG, M.; HENDERSON, R. (1993): "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations", *Quarterly Journal of Economics*, 79 (3), pp. 577-598.
- KLINE, S.K.; ROSENBERG, N. (1986): "An overview of innovation", en Landau, R.; Rosenberg, N. (eds.), *The Positive Sum Strategy*, National Academy Press, Washington, pp. 275-305.
- MALO, S.; GEUNA, A (2000): "Science-technology linkages in an emerging research platform: the case of combinatorial chemistry and biology", *Scientometrics*, 47 (2): pp. 303-321.
- MANSFIELD, E. (1992): "Academic research and industrial innovation: a further note", *Research Policy*, 21(3), pp. 295-296.
- MANSFIELD, E. (1995): "Academic research underlying industrial innovations: sources, characteristics and financing", *The Review of Economics and Statistics*, 77 (1) pp. 55-65.
- MASKELL, P.; MALMBERG, A. (1999): "Localised learning and industrial competitiveness", *Cambridge Journal of Economic*, 23 (2), pp. 167-186.
- MOYA-ANEGÓN, F.; SOLÍS-CABRERA, F. (coord.) (2003): *Indicadores Científicos de Andalucía (ISI, Web of Science, 1998-2001)*, Consejería de Educación y Ciencia, Secretaría General de Universidades, Junta de Andalucía, Granada.
- MEYER, M. (2000a): "Does science push technology? Patents citing scientific literature", *Research Policy*, 29 (3), pp. 409-434.
- MEYER, M. (2000b): "Patent citations in a novel field of technology. What can they tell about interactions between emerging communities of science and technology?", *Scientometrics*, 48 (2), pp. 151-178
- MEYER, M. (2002): "Tracing knowledge flows in innovation systems", *Scientometrics*, 54 (2), pp. 193-212.
- MEYER, M. (2003): "Academic entrepreneurs or entrepreneurial academics? Research-based ventures and public support mechanisms", *R&D Management*, 33 (2), pp. 107-115.

- MICHEL, J.; BETTELS, J (2001): "Patent citations analysis: a closer look at the basic input data from patent search reports", *Scientometrics*, 51 (1), pp. 185-201.
- NARIN, F.; NOMA, E. (1985): "Is technology becoming science?", *Scientometrics*, 7 (3-6), pp. 369-381.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.S.; OLIVASTRO, D. (1997): "The increasing linkage between US technology and public science", *Research Policy*, 26 (3), pp. 317-330.
- NARIN, F.; OLIVASTRO, D. (1998): "Linkage between patents and papers: an interim EPO/US comparison", *Scientometrics*, 41 (1-2), pp. 51-59.
- SCHMOCH, U. (1997). " Indicators and the relations between science and technology", *Scientometrics*, 38 (1), pp. 103-116.
- TIJSEN, 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), pp. 35-54.
- TODTLING, F.; KAUFMANN, A. (1999): "Innovation systems in regions of Europe. A comparative perspective", *European Planning Studies*, 7(6), pp. 699-717.
- VAN LOOY, B.; RANGA, L.M.; CALLAERT, J.; DEBACKERE, K.; ZIMMERMANN, E. (2004): "Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: towards a compounded and reciprocal Matthew effect?", *Research Policy*, 33 (3), pp. 425 – 441.
- VERBEEK, A.; DEBACKERE, K.; LUWEL, M.; ANDRES, P.; ZIMMERMANN, E.; DELEUS, F. (2002): "Linking science to technology: using bibliographic reference in patents to build linkage schemes", *Scientometrics*, 54 (3), pp. 339-420.
- VERSPAGEN, B. (1999): "Large firms and knowledge flows in the Dutch R&D system: A case study of Philips Electronics", *Technology Analysis & Strategic Management*, 11 (2), pp. 211-233.
- WRIGHT, M.; BIRLEY, S.; MOSEY, S. (2004): "Entrepreneurship and university technology transfer", *Journal of Technology Transfer*, 29, pp. 235-246.