

PAUTAS DE DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA ESPAÑOLA

UNA IDENTIFICACIÓN A TRAVÉS DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN LAS PATENTES

MANUEL ACOSTA SERÓ
DANIEL CORONADO GUERRERO
ANA M^o FERNÁNDEZ PÉREZ (*)

Departamento de Economía General
Universidad de Cádiz

La literatura sobre difusión de la tecnología, sus factores determinantes y sus consecuencias sobre el crecimiento es considerablemente extensa, y aunque existen bastantes discrepancias en los métodos de análisis, la investigación empírica parece converger en varios puntos. Primero, la mayoría de los países se han beneficiado de la tecnología desarrollada en países extranjeros.

Segundo, la tecnología producida en un sector de actividad se aprovecha por otros sectores para generar nuevas invenciones tecnológicas. Tercero, los efectos en la productividad del país (región o sector) que recibe la tecnología no se producen de forma automática; existen barreras relacionadas con el aprendizaje y la capacidad de absorción que es preciso superar (1).

En este trabajo se utilizan las citas de patentes realizadas a patentes de inventores españoles concedidas en la Oficina de los EE. UU. (USPTO) al objeto de tratar de desvelar algunas de las pautas que rigen la difusión de la tecnología española. Nuestro objetivo es dar respuesta a las siguientes tres cuestiones: ¿Cuál es el destino geográfico del conocimiento tecnológico generado por inventores españoles? ¿En qué grado y hacia qué sectores se difunde la tecnología? ¿Cuáles son las características del conocimiento patentado que se difunde con más intensidad?

Recientemente se ha generalizado el uso de la información contenida en patentes al objeto de construir

indicadores y analizar diversos aspectos relacionadas con el cambio tecnológico (véase Van Looy *et al.*, 2003). En particular, las citas realizadas a una patente en documentos posteriores (*forward patent citations*) se han utilizado para investigar diversos aspectos relacionados con la difusión tecnológica. La presunción de que las citas son relevantes como indicador de las relaciones tecnológicas entre la patente que cita y la citada está ampliamente aceptada y reconocida en numerosos estudios, por ejemplo en Jaffe *et al.* (1993), Jaffe and Trajtenberg (1999), Hall *et al.* (2001), Hu and Jaffe (2003), Maurseth (2005) y Gay *et al.* (2005) entre otros. Como se expone en el siguiente epígrafe, no es un indicador perfecto, pero sí una vía útil que aporta información complementaria a otros posibles análisis sobre difusión tecnológica.

La metodología empírica ha sido dividida en dos partes: en primer lugar, realizamos un análisis descriptivo de los datos relativos a citas de patentes para contestar algunas de las cuestiones planteadas. En segundo lugar, desarrollamos un análisis economé-

trico para identificar cuáles son las características de las patentes expuestas a una mayor difusión del conocimiento tecnológico contenido en ellas. Los datos que utilizamos corresponden a patentes concedidas a inventores españoles por la Oficina de Patentes de los EE. UU. (USPTO), extraídos del National Bureau of Economic Research (NBER) (2).

El trabajo se organiza atendiendo al siguiente esquema. A continuación se detallan los aspectos metodológicos relativos a la utilización de las patentes y a las citas de patentes como instrumento de análisis de la difusión tecnológica. En el tercer epígrafe se presenta el conjunto de datos utilizados y se realiza un análisis descriptivo sobre la dimensión internacional y sectorial del proceso de difusión tecnológica. En el siguiente epígrafe se lleva a cabo un análisis econométrico para identificar cuáles son las características de las patentes que determinan por qué un tipo de conocimiento tecnológico patentado se difunde más que otro. Por último, se presentan las principales conclusiones y algunas orientaciones para futuras investigaciones.

LAS CITAS DE PATENTES COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE LA DIFUSIÓN TECNOLÓGICA †

Las solicitudes de nuevas patentes incluyen referencias a patentes previas que son esenciales para el desarrollo de la nueva invención. Estas citas de patentes son añadidas a los documentos de patentes cuando el conocimiento tecnológico en la patente citada es relevante para el conocimiento patentado. Si una patente B cita a la patente A puede ser indicativo de un flujo de conocimiento desde la patente A hacia la patente B (Hall *et al.*, 2001). La información procedente de las citas de patentes resulta útil como medida de difusión tecnológica porque puede ser usada para trazar o determinar la influencia de invenciones anteriores a través del tiempo y del espacio, proporcionando valiosa información acerca de los flujos de conocimiento.

Las citas de patentes no constituyen, sin embargo, una medida perfecta de difusión por dos razones básicas (Verspagen, 2000); en primer lugar, porque dependen de la consideración de las patentes como un buen indicador de innovación. Si una determinada invención no se patenta no puede recibir citas de patentes. En determinadas actividades, donde los desarrollos tecnológicos no suelen patentarse o se patenta poco, las citas de patentes son un indicador limitado de difusión. En segundo lugar, porque las citas de patentes obedecen en última instancia a un propósito legal, consistente en delimitar qué parte del conocimiento descrito en la patente puede ser reivindicado por el solicitante y qué parte

ha sido previamente reivindicado en otras patentes. Las referencias a patentes previas limitan el ámbito de los derechos de propiedad reconocidos a su inventor, y representan conocimiento específico previamente existente o tecnología sobre la que se construye la nueva patente. Aunque el inventor está obligado a incluir información sobre patentes previas relevantes, es responsabilidad última del examinador de la patente determinar qué referencias deben ser incluidas. Puede ocurrir, por tanto, que el inventor no tenga constancia de la patente citada (3).

Con todas sus limitaciones, las citas de patentes son un indicador relevante de flujos tecnológicos que ha sido ampliamente reconocido y aceptado en la literatura empírica. Resumimos a continuación algunos de ellos. Entre los trabajos empíricos que analizan los flujos espaciales de conocimiento es pionero el trabajo de Jaffe *et al.* (1993) que, usando datos de citas de patentes, compara la localización geográfica del inventor (primer inventor) con el origen geográfico de la patente citada para medir el alcance de la difusión tecnológica dentro de los EE. UU.

En la misma línea Jaffe y Trajtenberg (1996) utilizan citas de patentes para comparar la magnitud de los flujos tecnológicos a través de países. MacGarvie (2005) hace uso de las citas para medir la difusión internacional del conocimiento tecnológico, descubriendo que los efectos difusores se intensifican por la proximidad física y por compartir un idioma común. Globerman *et al.* (2000) examinan los canales para la difusión de conocimiento extranjero hacia Suecia distinguiendo entre empresas multinacionales y pequeñas y medianas empresas locales; sus resultados muestran que ambos tipos de empresas hacen más referencias a países con un gran stock de patentes y próximos a Suecia. MacGarvie (2006) descubre, utilizando citas de patentes de empresas francesas, que las invenciones de exportadores e importadores tienen más probabilidad de estar influenciadas por tecnología extranjera que las invenciones de empresas que no se comprometen en actividades de comercio internacional, aportando evidencia sobre el modo en que las empresas que desarrollan actividad internacional aprenden de la tecnología extranjera.

Los flujos de conocimiento que se dan entre sectores aportan también evidencia en torno a la proximidad tecnológica, entendiéndose con ello la difusión sectorial del conocimiento que tiene lugar a través de las citas de patentes (Laursen y Meliciani, 2002; Lee *et al.*, 2007). Algunos trabajos muestran que una patente cita con mayor probabilidad a otra patente de su misma clase tecnológica. Duguet y Macgarvie (2005) revelan que las citas, además de estar geográficamente concentradas, lo están también den-

CUADRO 1
CITAS DE PATENTES COMO INDICADOR DE FLUJOS DE CONOCIMIENTO: REVISIÓN DE LA LITERATURA

	Autor/es	Objetivo	Principales resultados
Dimensión espacial	Jaffe <i>et al.</i> (1993)	Medición del alcance de la difusión tecnológica a través de la localización geográfica.	Importancia de la proximidad para la difusión tecnológica
	Jaffe y Trajtenberg (1996)	Comparación de la magnitud de los flujos tecnológicos a través de los países	Importancia de la proximidad para la difusión tecnológica
	MacGarvie (2005)	Medición de la difusión internacional del conocimiento tecnológico.	La difusión se intensifica por la proximidad física y por compartir un idioma común
	Globerman <i>et al.</i> (2000)	Análisis de los canales para la difusión de conocimiento extranjero.	Importancia de la proximidad y de la disponibilidad de un gran stock de patentes.
	MacGarvie (2006)	Medición de la influencia de la vocación exterior (empresas exportadoras e importadoras)	Mayor influencia de la tecnología extranjera en las empresas con vocación exterior
Dimensión sectorial	Jaffe y Trajtenberg (1999) Duguet y MacGarvie (2005) MacGarvie (2005)	Difusión sectorial del conocimiento	Mayor probabilidad de cita dentro de la misma clase tecnológica
	Gay <i>et al.</i> (2005)	Análisis de la frecuencia de cita	La frecuencia de citas relacionada positivamente con la diversidad de campos tecnológicos
	Maurseth (2005)	Análisis de la tasa de supervivencia de las patentes	La tasa de supervivencia de las patentes relacionada positivamente con la diversidad de campos tecnológicos

FUENTE: Elaboración propia.

tro de las mismas clases tecnológicas. Jaffe y Trajtenberg (1999) concluyen que las patentes dentro de la misma clase tecnológica son citadas con mayor probabilidad que las patentes de distinta clase tecnológica. Macgarvie (2005) confirma estos resultados. Gay *et al.* (2005) señalan que una patente que es frecuentemente citada lo es más por patentes de otros campos tecnológicos, lo que indica que la patente citada tiene una difusión sectorial más amplia y por tanto una importancia tecnológica mayor. Maurseth (2005) demuestra que las patentes que reciben citas de campos tecnológicos diversos tienen una tasa de supervivencia mayor que otras patentes. Por el contrario, las patentes que reciben citas dentro del mismo campo tecnológico decaen antes en su uso. El Cuadro 1 resume la literatura empírica reciente más relevante en materia de flujos tecnológicos que hace uso de citas de patentes, tanto en su dimensión espacial como sectorial.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Y ANÁLISIS DESCRIPTIVO ↓

En esta sección se describen los datos utilizados y se realiza un análisis descriptivo que permite apreciar la magnitud de los flujos sectoriales y espaciales de la tecnología.

Patentes de inventores españoles y citas de patentes ↓

El análisis de la difusión tecnológica del conocimiento que se realiza a continuación utiliza los datos de la oficina estadounidense de patentes (4), de la que se han extraído las patentes cuyo primer inventor es español (5). Según muestra el cuadro 2, el conjunto de datos utilizado comprende un total de 2.269 patentes, cuyo año de concesión se encuentra entre 1963 y 1999, que reciben un total de 9.306 citas, lo que supone un total de 4,10 citas recibidas por término medio por cada patente. El cuadro 2 nos muestra la distribución del total de patentes según el número de citas recibidas. Obsérvese que el 77,17% de las patentes reciben entre 1 y 5 citas. El dato acumulado correspondiente al número de patentes que reciben más de 10 citas es únicamente del 6,87%.

En algunos trabajos empíricos se han eliminado las autocitas (citas recibidas por patentes cuyo solicitante es la misma empresa o institución que la patente solicitada), y en otros se han utilizado como variable aproximada de conocimiento tecnológico acumulado por la propia empresa; en cualquier caso, no se puede considerar que en la utilización de

tal conocimiento haya existido difusión o flujo tecnológico. En nuestro conjunto de datos no siempre está disponible la información relativa a todos los solicitantes de las citas recibidas, por lo que no ha sido posible eliminarlas. No obstante, al objeto de tener al menos una visión aproximada del sesgo que estas autocitas pueden introducir en nuestro análisis, hemos seleccionado el conjunto de datos donde se encuentran identificados ambos solicitantes (solicitante de la patente y solicitante de la cita recibida).

La información relativa a las autocitas aparece reflejada en el cuadro 3. En el conjunto de datos correspondiente a las citas recibidas se han extraído un total de 1.091 patentes con ambos solicitantes identificados (solicitante de la patente y solicitante de la patente que realiza la cita). Este conjunto de patentes recibe en total 3.852 citas. El porcentaje de autocitas respecto a las citas totales recibidas es del 6'75%, mientras que el número de patentes con autocita respecto al número de patentes totales es del 16'49%. El número medio de autocitas recibidas por patente del conjunto de patentes que reciben autocitas es de 1'44.

Difusión internacional y sectorial de la tecnología

Los datos del cuadro 4 reflejan el destino geográfico del conocimiento tecnológico generado por inventores españoles. Obsérvese que el mayor porcentaje de citas recibidas corresponde a inventores con residencia en los Estados Unidos, con un 57,47%, seguido a gran distancia por las citas recibidas de patentes cuyos inventores residen en Japón y Alemania. El análisis de los datos correspondientes a citas recibidas de patentes de países de nuestro entorno permite complementar la información anterior. Se han considerado como países de nuestro entorno más próximo aquellos cuyo stock de patentes citadas es más relevante en términos cuantitativos (inventores con residencia en Alemania, Francia, Gran Bretaña, Italia, Suiza y Suecia); en el resto de países europeos, el número de citas resulta irrelevante. Como muestra el cuadro 4, el porcentaje de citas recibidas supone un total del 18,92%. Atendiendo al número de patentes, y teniendo en cuenta que cada patente recibe citas de varias patentes de diversos países, las conclusiones son similares: se confirma el destino geográfico del conocimiento hacia Estados Unidos, seguido de Japón y de Alemania. El conjunto de países del entorno son el principal destino geográfico tras los Estados Unidos.

El análisis de la difusión sectorial del conocimiento de las patentes de inventores españoles lleva a considerar la posibilidad de que el destino del conocimiento aportado por las patentes españolas consideradas pueda ser el mismo sector de la patente

CUADRO 2 DISTRIBUCIÓN DE PATENTES SEGÚN EL NÚMERO DE CITAS RECIBIDAS DE CONOCIMIENTO

Nº Patentes	2.269
Nº Citas	9.306
Nº medio de citas por patente	4,10
% de patentes según número de citas:	
Entre 1 y 5 citas	77,17
Entre 6 y 10 citas	15,95
Entre 11 y 15 citas	4,05
Entre 16 y 20 citas	1,59
Más de 20 citas	1,23
TOTAL	100

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 3 AUTOCITAS: CITAS RECIBIDAS

Nº patentes con ambos solicitantes identificados	1091
Total citas recibidas	3852
Autocitas recibidas	260
Porcentaje autocitas recibidas	(260/3852)=6'75%
Nº patentes con autocita recibida	180
Porcentaje de patentes con autocita recibida	(180/1091)=16'50%
Nº medio autocitas recibidas por patente	(260/180)=1'44

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 4 DESTINO GEOGRÁFICO DEL CONOCIMIENTO: CITAS RECIBIDAS

	Número de citas		Número de patentes	
	Valor absoluto	Porcentaje	Valor absoluto	Porcentaje
Estados Unidos	5.348	57.47	1.707	75.23
Japón	865	9.30	515	22.70
Canadá	216	2.32	165	7.27
España	423	4.55	318	14.01
Alemania	716	7.69	479	21.11
Francia	328	3.52	255	11.24
Gran Bretaña	224	2.41	185	8.15
Italia	227	2.44	175	7.71
Suiza	181	1.94	146	6.43
Suecia	85	0.91	69	3.04
Países entorno	1.761	18.92	1.309	57.69
Otros países	693	7.45	546	24.06
TOTAL	9.306	100	2.269 (*)	-

(*) El dato total no coincide con la suma de la columna porque una misma patente recibe cita de varias patentes de diversos países.

FUENTE: Elaboración propia.

original citada u otro sector distinto. Es lo que se denomina variabilidad tecnológica (o dependencia tecnológica) del conocimiento; una patente expues-

CUADRO 5
VARIABILIDAD TECNOLÓGICA POR CATEGORÍAS: CITAS RECIBIDAS

	Con variabilidad tecnológica	Sin variabilidad tecnológica
Categoría 1	32,77%	67,23%
Categoría 2	15,94%	84,06%
Categoría 3	14,30%	85,70%
Categoría 4	24,40%	75,60%
Categoría 5	18,29%	81,71%
Categoría 6	16,97%	83,03%
TOTAL	19,90%	80,10%

Cat 1: Química; Cat 2: Informática y Comunicaciones; Cat 3: Medicina y Farmacia; Cat 4: Eléctrica y Electrónica; Cat 5: Mecánica; Cat 6: Otras

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 6
DESTINO TECNOLÓGICO DEL CONOCIMIENTO: CITAS RECIBIDAS

	CAT 1	CAT 2	CAT 3	CAT 4	CAT 5	CAT 6	Total
Categoría 1	67.23	0.71	12.55	2.13	9.01	8.37	100
Categoría 2	1.03	84.06	0.26	6.94	4.88	2.83	100
Categoría 3	8.84	0.08	85.70	0.48	1.93	2.97	100
Categoría 4	2.28	5.90	0.27	75.60	10.59	5.36	100
Categoría 5	4.77	1.00	0.71	3.90	81.71	8.92	100
Categoría 6	3.93	0.74	2.29	1.55	8.47	83.03	100
TOTAL	14.14	4.61	14.35	8.01	26.67	32.23	100

Categoría 1: Química; Categoría 2: Informática y Comunicaciones; Categoría 3: Medicina y Farmacia; Categoría 4: Eléctrica y Electrónica; Categoría 5: Mecánica; Categoría 6: Otras

FUENTE: Elaboración propia.

ta a una mayor difusión sectorial (es decir es más citada en otros sectores) presentará una tasa de variabilidad tecnológica mayor.

Los datos aportados por el cuadro 5 muestran un porcentaje de variabilidad tecnológica en las citas recibidas del 19,9%; es decir, el 19,9% de las patentes son citadas por otras patentes posteriores que corresponden a un sector distinto a la original. En algo más del 80 por ciento de las patentes no hay variabilidad tecnológica; el conocimiento tecnológico incorporado en las patentes se difunde hacia otras patentes del mismo sector o de la misma categoría tecnológica. Son las categorías 1 y 4, correspondientes a Química y Eléctrica y Electrónica, las que presentan la mayor tasa de variabilidad tecnológica y, por tanto, el mayor aprovechamiento de los conocimientos tecnológicos de la patente hacia otros sectores.

Los datos del cuadro 6 detallan el destino sectorial del conocimiento tecnológico de las patentes de inventores españoles. En particular es la categoría tecnológica 1-Química, la que más se difunde a otras categorías, principalmente a 3-Medicina y Farma-

cia. La categoría 2-Informática y Comunicaciones se difunde hacia la categoría 4-Eléctrica y Electrónica. La categoría 3-Medicina y Farmacia hacia la categoría 1-Química. La categoría 4-Eléctrica y Electrónica a la categoría 5-Mecánica. La categoría 5-Mecánica recibe citas de patentes principalmente de la categoría 6-Otras y, ésta de la categoría 5-Mecánica.

UNA IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PATENTES EXPUESTAS A UNA MAYOR DIFUSIÓN TECNOLÓGICA †

El objeto de este apartado es identificar por qué el conocimiento tecnológico se difunde con mayor intensidad en unas patentes que en otras. Al objeto de determinar algunas regularidades que cumplen las patentes de origen y que inciden en su difusión, se ha estimado un modelo que explica el comportamiento del número de veces que una patente se utiliza en sucesivas patentes en función de sus características. En consecuencia, la variable dependiente es el número de citas realizadas a una patente (citas *forward* o citas recibidas).

CUADRO 7
VARIABLES EXPLICATIVAS: DESCRIPCIÓN Y ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Variable	Descripción	Media	Máx.	Mín.	Desv. Stand.
CLAIMS	Tamaño de la patente: Número de reivindicaciones	1.860	4.454	0	0.816
CMADE	Intensidad del conocimiento tecnológico: Número de citas realizadas a otras patentes (Citas <i>Backward</i>)	5.906	118	0	5.159
GENERAL	Aplicaciones en sectores tecnológicos: Índice de Generalidad	0.294	0.86	0	0.270
SOLI1	Tipo de solicitante (1): Binaria (SOLI1=1 si la patente no tiene asignado solicitante, 0 en otro caso)	0.403	1	0	0.491
SOLI2	Tipo de solicitante (1): Binaria (SOLI2=1 si la patente es asignada a una organización no gubernamental estadounidense, 0 en otro caso)	0.054	1	0	0.225
SOLI3	Tipo de solicitante (1): Binaria (SOLI3=1 si la patente es asignada a una organización no gubernamental no estadounidense, 0 en otro caso)	0.531	1	0	0.499
SOLI4	Tipo de solicitante (1): Binaria (SOLI4=1 si la patente es asignada a un particular estadounidense, 0 en otro caso)	0.001	1	0	0.037
SOLI7	Tipo de solicitante (1): Binaria (SOLI7=1 si la patente es asignada a una oficina gubernamental no estadounidense, 0 en otro caso)	0.001	1	0	0.037
CAT2	Categoría tecnológica (2): Binaria (CAT2=1 si la patente pertenece a la categoría 2 "Informática y Comunicaciones", 0 en otro caso)	0.033	1	0	0.178
CAT3	Categoría tecnológica (2): Binaria (CAT3=1 si la patente pertenece a la categoría tecnológica 3 "Medicina y Farmacia", 0 en otro caso)	0.123	1	0	0.328
CAT4	Categoría tecnológica (2): Binaria (CAT4=1 si la patente pertenece a la categoría tecnológica 4 "Eléctrica y Electrónica", 0 en otro caso)	0.090	1	0	0.286
CAT5	Categoría tecnológica (2): Binaria (CAT5=1 si la patente pertenece a la categoría tecnológica 5 "Mecánica", 0 en otro caso)	0.263	1	0	0.440
CAT6	Categoría tecnológica (2): Binaria (CAT6=1 si la patente pertenece a la categoría tecnológica 6 "Otras", 0 en otro caso)	0.332	1	0	0.471
F8089	Variable de control: Binaria (F8089=1 si el año de solicitud de la patente se encuentra entre 1980 y 1989, 0 en otro caso)	0.423	1	0	0.494
F9099	Variable de control: Binaria (F8089=1 si el año de solicitud de la patente se encuentra entre 1990 y 1999, 0 en otro caso)	0.289	1	0	0.454

Número de observaciones: 1493.

(1) Categoría Base SOLI5: patentes asignadas a un particular no estadounidense. En el código de solicitante SOLI6 correspondiente a patentes asignadas a un organismo gubernamental estadounidense no existen observaciones.

(2) Categoría Base CAT1: patentes pertenecientes a la categoría tecnológica "Química".

FUENTE: Elaboración propia.

Las variables explicativas reflejan las características de la patente citada, y son las siguientes: número de reivindicaciones, como variable proxy del tamaño de la patente, entendiéndose que cuanto mayor amplitud tenga una patente, mayor será el número de citas recibidas y por tanto mayor difusión tecnológica (Tong y Frame, 1992; Lanjouw y Schankerman, 2000, 2004); número de citas realizadas a otras patentes (citas *backward*), como reflejo de la intensidad del conocimiento tecnológico utilizado en la patente, que redundará a su vez en mayor difusión (Duguet y Macgarvie, 2005; Gay y Le Bas, 2005); un índice de generalidad derivado por Trajtenberg *et al.* (1997) que recoge la amplitud de las posibles aplicaciones de la tecnología patentada en diferente sectores tecnológicos, esperándose una mayor probabilidad de recibir cita cuando la patente es citada por patentes que pertenecen a un amplio rango de campos tecnológicos; tipo de solicitante, al objeto de identificar la posibilidad de una mayor difusión tecnológica de aquellas patentes cuyo origen

son las empresas (organizaciones no gubernamentales, en general, incluyendo también las patentes de universidades), frente a las invenciones individuales (Gay *et al.*, 2005); sector tecnológico, cuya finalidad es captar las posibles diferencias de difusión entre los diversos sectores (Jaffe y Trajtenberg, 1999; Maurseth, 2005); por último, se han incluido en el modelo unas variables binarias de control al objeto de filtrar las variaciones temporales en el número de citas *forward* (las patentes más antiguas son normalmente más citadas porque se dispuso de más tiempo para ello). El cuadro 7 recoge el nombre de las variables, su descripción y los estadísticos descriptivos.

La naturaleza de la variable dependiente (número de citas realizadas en patentes sucesivas) sugiere la formulación y estimación de un modelo de recuento (Poisson o Binomial Negativo). Como suele ser habitual, la especificación base es un modelo de Poisson (PRM), donde el número de sucesos, dado

CUADRO 8
RESULTADOS DE LAS ESTIMACIONES

Variable	Modelo I (Poisson) (1)		Modelo II (Bin. Neg.)			
	Coef.	Error Std.	Coef.	Error Std.		
C	1.299	*	0.181	1.238	*	0.206
LOG(CLAIMS)	0.052	*	0.030	0.049	*	0.026
CMADE	0.010	*	0.004	0.014	*	0.004
GENERAL	1.126	*	0.087	1.160	*	0.076
SOLI1	-0.150		0.175	-0.131		0.195
SOLI2	-0.225		0.183	-0.216		0.211
SOLI3	-0.283	**	0.171	-0.249		0.194
SOLI4	-0.494		0.448	-0.406		0.567
SOLI7	0.519		0.365	0.375		0.530
CAT2	0.361	*	0.115	0.304	*	0.119
CAT3	0.343	*	0.101	0.332	*	0.075
CAT4	-0.166	*	0.085	-0.177	*	0.086
CAT5	0.009		0.075	0.004		0.064
CAT6	-0.015		0.076	-0.023		0.062
F8089	-0.029		0.061	-0.019		0.049
F9099	-0.328*	*	0.069	-0.301	*	0.058
Overd.(2)				-1.020	*	0.057
Log likelihood	-4286.5			-3632.5		
LR statistic (15 df)	1055.6			2363.6		
Pseudo-R2	0.110			0.245		
Número de obs.	1.493			1.493		

* Sign. 5%.

** Sign. 10%.

(1) Errores estándar robustos (corrección Huber/White).

(2) Test de sobredispersión (Cameron y Trivedi, 1990)

FUENTE: Elaboración propia.

un conjunto de regresores X_i tiene una función de densidad tipo Poisson donde la media condicional depende de las características individuales recogidas en los regresores, es decir:

$$M_i = E(y_i | x_i) = \exp(x_i \beta)$$

En nuestro caso, el conjunto de regresores viene dado por las siguientes variables:

$$X = [\log(\text{claims}), \text{cmade}, \text{general}, \text{sol}, \text{cat}, f]$$

donde $\log(\text{claims})$ es el logaritmo natural del número de reivindicaciones, cmade es el número de citas recogidas en la patente, general es el índice de generalidad, sol es un conjunto de variables binarias para discriminar por el tipo de solicitante, cat es un conjunto de variables binarias para separar el tipo de sector tecnológico de la patente y, finalmente, f es un conjunto de variables binarias para controlar los efectos temporales.

El procedimiento estándar para computar los estimadores es el método iterativo Newton-Raphson. La convergencia está garantizada porque la función

logarítmica de verosimilitud es globalmente cóncava; sin embargo, la aplicación del modelo de Poisson requiere igualdad de media y variancia, requisito que no siempre se da en la práctica. Si los datos muestran sobredispersión los errores estándar del modelo de Poisson estarán sesgados a la baja, resultando altos valores espurios de los estadísticos t (Cameron y Trivedi, 1986). La formulación más común para tener en cuenta la sobredispersión de los datos es el modelo Binomial Negativo (NB2, en la terminología de Cameron y Trivedi, 1986), que supone que la variancia es una función cuadrática de la media (el planteamiento de la función de densidad, función logarítmica de verosimilitud, condiciones de primer orden, etc., es similar al anterior y se encuentra extensamente detallado en Cameron y Trivedi, 1998).

El cuadro 8 presenta los resultados de las dos estimaciones (Poisson y Binomial Negativo) obtenidas a partir de 1.493 observaciones (todas las patentes solicitadas en la oficina norteamericana cuyo origen es un inventor con residencia en España, una vez eliminadas aquellas con información incompleta). Al objeto de corregir las distorsiones en la significación

de los coeficientes ocasionadas por la sobredispersión, se proporciona en el Modelo I unos errores estándar robustos obtenidos tras aplicar la corrección Eicker-White.

El Modelo II recoge los resultados de las estimaciones de la especificación Binomial Negativa. Obsérvese que los resultados son muy similares, aunque el Modelo II presenta un mejor ajuste. Los modelos revelan que el tamaño de la patente (medido a través del número de reivindicaciones), el uso del conocimiento tecnológico contenido en la patente (medido con el número de citas a otras patentes realizadas en el documento) y el índice de generalidad (los diferentes campos tecnológicos en los que la patente puede ser utilizada) son los factores relevantes (características de las patentes) que explican la difusión tecnológica.

Por otro lado, obsérvese que las patentes enclavadas en determinados sectores se difunden más que otras. Las ubicadas en los sectores Informática y Comunicaciones y Medicina y Farmacia (con coeficientes significativos y positivos) son citadas por término medio más que las patentes químicas; mientras que las patentes de la categoría Eléctrica y Electrónica (con coeficiente significativo y negativo) se citan por término medio menos que las químicas. En el resto de categorías sectoriales no hay diferencia con respecto a la categoría base (patentes químicas).

El tipo de solicitante, sin embargo, no es relevante para explicar la difusión de la tecnología. Aunque su inclusión en el modelo está justificada porque habitualmente las patentes institucionales (de universidades y empresas) suelen ser de más utilidad y presentan una mayor difusión, en el caso que nos ocupa no aparecen diferencias significativas respecto a la categoría base (patentes solicitadas por particulares no estadounidenses). La razón posible es que estamos tratando con patentes registradas en la Oficina Norteamericana, donde las restricciones de concesión limitan las diferencias entre unas y otras. Finalmente, al objeto de analizar la sensibilidad de los coeficientes ante la omisión de variables, se han reestimado los dos modelos anteriores suprimiendo variables; sin embargo, los resultados no mostraron cambios en la significación de los coeficientes.

CONCLUSIONES †

Con las limitaciones implícitas en la metodología, en este trabajo se proporcionan algunos datos relevantes que reflejan las pautas de difusión de la tecnología patentada por inventores con residencia en España. Se trata, por tanto, de un primer sondeo que puede ser un complemento a otros estudios de difusión tecnológica.

A partir de un primer análisis descriptivo se pone de relieve que la tecnología española patentada se difunde espacial y sectorialmente; el mayor porcentaje de citas recibidas se produce por inventores con residencia en los EE. UU., seguidas a gran distancia por las citas recibidas por patentes cuyos inventores residen en Japón y Alemania. Este resultado confirma los obtenidos en estudios previos sobre el aprovechamiento internacional de tecnologías desarrolladas en países individuales.

En relación con la difusión sectorial del conocimiento, en torno a un 20% de las patentes que son citadas lo hacen en aquellas que corresponden a otros sectores; esa cifra refleja la tasa de «variabilidad tecnológica» de la tecnología española patentada en la USPTO. En consecuencia, el conocimiento tecnológico patentado se difunde mayoritariamente hacia otras patentes de la misma categoría tecnológica o sector.

De nuestros resultados, con las cautelas y limitaciones implícitas en el procedimiento utilizado, se derivan algunas implicaciones que pueden ser útiles para reflexionar sobre el diseño de políticas tecnológicas en España. Primero, obsérvese que de acuerdo con la información tratada en este trabajo, sólo el 4,5% de la tecnología patentada producida por inventores españoles, y registrada en la USPTO, es aprovechada en el desarrollo de invenciones tecnológicas en nuestro país; mientras que por ejemplo los EE. UU. aprovechan más de un 57% de estas invenciones en sus propios desarrollos tecnológicos.

Esta situación, reflejo del desconocimiento de la tecnología patentada con origen español por los propios inventores españoles, puede tener su origen tanto en un mero problema idiomático como en un problema de desconocimiento de la existencia de esa información o de acceso a ella. En este sentido se han revelado de gran utilidad diversas experiencias relacionadas con la prestación de servicios avanzados de vigilancia tecnológica. Segundo, la estimación de varios modelos para identificar por qué unas patentes se citan en patentes subsiguientes más que otras, revela que el tamaño de la patente, el uso que se ha realizado del conocimiento tecnológico en la propia patente y la capacidad para su aplicación en un número mayor de campos tecnológicos, son los factores que determinan la difusión (un número mayor de citas en patentes sucesivas). Se han detectado también diferencias significativas entre categorías tecnológicas. En consecuencia, si se plantea como objetivo una mayor difusión de la tecnología, se deberían incentivar las invenciones tecnológicas de mayor tamaño, las que están mejor fundamentadas en un conocimiento tecnológico previamente existente y las que presentan un uso potencial en un mayor número de sectores.

Finalmente, para futuras investigaciones nos planteamos dos cuestiones no tratadas en este trabajo. La primera es la identificación de los canales a través de los cuales se produce la difusión del conocimiento tecnológico; en particular, el papel que desempeña el comercio internacional. La incorporación en los modelos de difusión de variables que recogen los flujos comerciales entre España y el resto de países hacia los que se difunde la tecnología podría arrojar luz sobre este aspecto. La segunda es la realización de un análisis que recoja las fuentes de conocimiento de la tecnología patentada, es decir, de qué sectores y países toman el conocimiento tecnológico los inventores españoles para el desarrollo de nuevas innovaciones.

(*) Los autores agradecen el apoyo financiero recibido del Ministerio de Educación y Ciencia (SEJ2005-08972/ECON) y de la Junta de Andalucía (P06-SEJ-02087) para la realización de este trabajo.

NOTAS

- [1] Una síntesis de los aspectos más relevantes puede encontrarse en Sarkar (1998) y Keller (2004).
- [2] <http://www.nber.org/patents>
- [3] Un buen análisis de la influencia de las citas incluidas por el inventor y por el examinador, y la desviación que ello puede generar en la determinación de los flujos tecnológicos, se puede consultar en Alcácer y Gittelman (2006) y Thompson (2006).
- [4] La estructura de esta fuente de datos es descrita en profundidad en Hall *et al.* (2001).
- [5] Esta base de datos de citas de patentes asigna la nacionalidad de cada patente geográficamente atendiendo al domicilio del primer inventor. En este trabajo, ante la imposibilidad de disponer de información adicional, asumimos este mismo criterio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCÁCER, J., GITTELMAN, M. (2006): «Patent Citations as a Measure of Knowledge Flows: the Influence of Examiner Citations». *The Review of Economics and Statistics* 88 (4), 774-779.
- CAMERON, A., TRIVEDI, P. (1986): «Econometrics Models Based on Count Data: Comparisons and Applications of Some Estimators and Tests». *Journal of Applied Econometrics*, 1 (1), 29.
- CAMERON, A., TRIVEDI, P. (1990): «Regression Based Test for Overdispersion in the Poisson Model». *Journal of Econometrics*, 46, 347-364.
- CAMERON, A., TRIVEDI, P. (1998): *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge University Press. Cambridge.
- DUGUET, E., MACGARVIE, M. (2005): «How Well do Patent Citations Measure Flows of Technology? Evidence from French Innovation Surveys». *Economics of Innovation & New Technology* 14 (5), 375-393.
- GAY, C., LE BAS, C. (2005): «Uses Without too Many Abuses of Patent Citations or the Simple Economics of Patent Citations as a Measure of Value and Flows of Knowledge». *Economics of Innovation and New Technology*, 14 (5), 333-338.

GAY, C., LE BAS, C., PATEL, P., TOUACH, K. (2005): «The Determinants of Patent Citations: an Empirical Analysis of French and British Patents in the US». *Economics of Innovation & New Technology*, 14 (5), 339-350.

GLOBERMAN, S., KOKKO, A., SJÖHOLM, F. (2000): «International Technology Diffusion: Evidence from Swedish Patent Data». *Kyklos*, 53 (1), 17-38.

HALL, B., JAFFE, A. B., TRAJTENBERG, M. (2001): «The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools». NBER Working Paper 8498.

HU, A.G., JAFFE, A.B. (2003): «Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan». *International Journal of Industrial Organization*, 21, 849-880.

JAFFE, A., TRAJTENBERG, M., HENDERSON, R. (1993): «Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations». *Quarterly Journal of Economics*, 79 (3), 577-598.

JAFFE, A., TRAJTENBERG, M. (1996): «Flows of Knowledge from Universities and Federal Labs: Modelling the Flow of Patent Citations Over Time and Across Institutional and Geographic Boundaries». NBER Working Paper, 5712.

JAFFE, A., TRAJTENBERG, M. (1999): «International Knowledge Flows: Evidence from Patent Citations». *Economics of Innovation & New Technology*, 8, 105-136.

KELLER, W. (2004): «International Technology Diffusion». *Journal of Economic Literature*, 42, 752-782.

LANJOUW, J. O., SCHANKERMAN, M. (2000): «Patent Suits: Do They Distort Research Incentives?» CEPR Working Paper, 2042.

LANJOUW, J. O., SCHANKERMAN, M. (2004): «Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators». *The Economic Journal*, 114 (495), 441-465.

LAURSEN, K., MELICIANI, V. (2002): «The Relative Importance of International vis-à-vis National Technological Spillovers for Market Share Dynamics». *Industrial and Corporate Change*, 11 (4), 875-894.

LEE, Y. G., LEE, J. D., SONG, Y. I., LEE, S. Y. (2007): «An In-depth Empirical Analysis of Patent Citation Counts Using Zero-inflated Count Data Model: the Case of KIST». *Scientometrics*, 70 (1), 27-39.

MACGARVIE, M. (2005): «The Determinants of International Knowledge Diffusion as Measured by Patent Citations». *Economics Letters*, 87 (1), 121-126.

MACGARVIE, M. (2006): «Do Firms Learn from International Trade?». *The Review of Economics and Statistics*, 88 (1), 46-60.

MAURSETH, P. B. (2005): «Lovely but Dangerous: the Impact of Patent Citations on Patent Renewal». *Economics of Innovation & New Technology*, 14 (5), 351-374.

SARKAR, J. (1998): «Technological Diffusion: Alternative Theories and Historical Evidence». *Journal of Economic Surveys*, 12 (2), 131-176.

THOMPSON, P. (2006): «Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: Evidence from Inventor- and Examiner-added Citations». *The Review of Economics and Statistics*, 88 (2), 383-388.

TONG, X., FRAME, J.D. (1992): «Measuring National Technological Performance with Patent Claims Data». *Research Policy* 23, 133-141.

TRAJTENBERG, M., JAFFE, A., HENDERSON, R. (1997): «University versus Corporate Patents: A Window of the Basicness of Invention». *Economics of Innovation & New Technology*, 5 (1), 19-50.

VAN LOOY, B., CALLAERT, J., DEBACKERE, K., VERBEEK, A. (2003): «Patent Related Indicators for Assessing Knowledge-generating Institutions: Towards a Contextualised Approach». *Journal of Technology Transfer*, 28(1), 53-61.

VERSPAGEN, B. (2000): «The Role of Large Multinationals in the Dutch Technology Infrastructure. A patent Citation Analysis». *Scientometrics*, 47 (2), 427-448.