

INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y DIFUSIÓN TECNOLÓGICA INTRASECTORIAL E INTERSECTORIAL

GUADALUPE SERRANO DOMINGO
BERNARDÍ CABRER BORRÁS
FRANCISCO REQUENA SILVENTE (*)

Facultad de Economía
Universidad de Valencia

El esfuerzo innovador de un país es un factor explicativo clave del crecimiento económico a largo plazo. Varios modelos teóricos como Rivera-Batiz y Romer (1991), Grossman y Helpman (1991) y Jones (1995) apuntan que junto al gasto propio en I+D de un sector en un país, la difusión de conocimientos tecnológicos desde otros sectores o desde otros países también tiene un papel

clave en el proceso de innovación y, por extensión, sobre el crecimiento de la productividad. A partir de estas ideas, numerosos trabajos empíricos han investigado los canales a través de los cuales se difunden dichos conocimientos tecnológicos y cuál es su impacto sobre la actividad innovadora.

Algunos trabajos como Griliches (1990), Coe y Helpman (1995), Del Barrio-Castro *et al.* (2002), Keller (1998) y Klein *et al.* (2003), entre otros, se centran en la idea de que los nuevos conocimientos fluyen a través del comercio entre países o regiones incrementando su capacidad innovadora y su productividad. Otros trabajos como Jaffe *et al.* (1993) y Henderson *et al.* (1995, 2005) se centran en el aspecto geográfico de la difusión de los conocimientos tecnológicos destacando el carácter local de dichos efectos *spillover* y apuntando la necesidad de distinguir entre los de carácter nacional e internacional.

La evidencia empírica centrada en el análisis de la dimensión sectorial de la difusión de conocimientos no es muy abundante. Los estudios sobre la importancia de los efectos desbordamiento entre sectores generalmente trabajan con niveles de agregación elevados y se centran en su impacto sobre la productividad total de los factores (Verspagen, 1997, Keller,

2002; Frantzen, 2002; Park, 2004) (1). Nuestro objetivo se centra en el análisis de la importancia de la difusión de conocimientos tanto entre sectores de una misma economía, como dentro de un sector entre diversas economías, como factores favorecedores de la actividad innovadora sectorial. La hipótesis de trabajo es que la innovación en un sector se beneficia de la difusión de los conocimientos tecnológicos generados por la actividad innovadora del resto de sectores con los que se relaciona, bien en su mismo país o en otros países en el contexto de una función de producción de innovaciones.

Los resultados de la acción innovadora en una actividad productiva no son sólo los obtenidos directamente por el propio esfuerzo innovador del sector. Desde una perspectiva de oferta, también deberíamos de incluir la mejora en la calidad de los inputs, resultado de las innovaciones realizadas en los sectores proveedores de dichos inputs. De ese modo, los resultados de la actividad innovadora en un sector orientada a la mejora de su producto final, puede ser parcialmente absorbida por el sector que adquiere dichos bienes como inputs; son los llamados *backward linkages*.

Asimismo, desde una perspectiva de demanda, la difusión de conocimientos puede ocurrir como resulta-

do del aprendizaje de los sectores proveedores al satisfacer los cambios en la demanda de sus clientes (nuevos productos o nuevos requisitos de calidad) o como resultado del aumento de la presión de la competencia que obliga a las empresas a innovar y mejorar su eficiencia para mantenerse en el mercado como proveedores; son los llamados *forward linkages*. Por lo tanto, la interdependencia de los sectores productivos como demandantes y oferentes de bienes, tanto a nivel nacional como internacional, podría considerarse como un canal a través del que se facilitan dichos intercambios de conocimientos, favoreciendo la innovación sectorial y, con ello, el aumento de la productividad.

Con el objeto de establecer la relevancia de la difusión de conocimientos sobre la innovación sectorial se dispone de información homogénea desagregada para 12 sectores productivos y 14 países pertenecientes a la OCDE para los años 1995, 2000 y 2005.

Los resultados confirman la relevancia de las externalidades asociadas a la difusión de conocimientos tecnológicos para la actividad innovadora. En concreto, la difusión de conocimientos tecnológicos desde el punto de vista de la demanda es el canal a través del cual dichos efectos *spillover* favorecen la innovación del sector. El mayor nivel de conocimientos tecnológicos de los clientes de otros sectores o de su misma industria en otros países genera la demanda de nuevas características o especificaciones técnicas de los productos del sector de referencia, cuya satisfacción exige un esfuerzo innovador por su parte y permite su permanencia en el mercado. Sin embargo, no encontramos evidencia que apoya la existencia de efectos *spillover* relevantes para la innovación sectorial desde el lado de la oferta. Esto es, un mayor esfuerzo en I+D de sus sectores proveedores no parece afectar a la actividad innovadora del sector de referencia.

Además, la evidencia empírica obtenida sugiere que el mayor nivel tecnológico del sector y del país de referencia atenúa el efecto positivo de los *spillovers* intrasectoriales sobre la innovación sectorial. Mientras, el mayor nivel tecnológico del sector incrementaría el impacto positivo de los *spillovers* intersectoriales en su innovación, impacto positivo que no se vería alterado por el nivel tecnológico del país de referencia.

El resto del trabajo se organiza como sigue. La segunda sección presenta el modelo empírico que establece la relación entre la innovación y los diferentes tipos de canales de difusión de conocimientos considerados: los *spillovers* intersectoriales tanto desde una perspectiva de oferta como de demanda y los *spillovers* intrasectoriales, considerando las importaciones o exportaciones de productos dentro del sector de referencia entre diferentes países. La tercera sección presenta la información estadística utilizada y ofrece un análisis descriptivo de las relaciones de interdependencia sectorial en la muestra. La cuarta sección presenta los resultados del análisis

económico. La quinta sección recoge las conclusiones del trabajo.

MODELO EMPÍRICO ¶

El análisis empírico de los determinantes de la actividad innovadora se ha desarrollado en el marco de la función de producción de conocimientos, propuesta originalmente por Griliches (1979) y posteriormente revisada y extendida por Jaffe (1989) para incluir los efectos de la difusión geográfica de conocimientos. Según este modelo, el gasto en I+D es el factor clave en la producción de innovaciones, junto con otros factores complementarios como la formación de la mano de obra (capital humano) o la dotación de capital físico productivo. Además, si el conocimiento es difícil y costoso de transmitir, la proximidad a otros productores de innovaciones facilitará el proceso de intercambio de ideas y difusión de conocimientos entre distintas empresas y sectores. Bajo esta perspectiva, no solo los esfuerzos de I+D propios, sino también los esfuerzos de I+D realizados por otros sectores (efectos *spillover*) son relevantes para la innovación propia del sector (Jaffe *et al.*, 1993). Así, la innovación del sector i en una economía (I_i) será el resultado de la combinación de dichos factores: capital físico (K_i), capital humano (H_i), stock de I+D en el sector (RD_i) y los efectos *spillover* presentes en la economía para el sector. El modelo empírico propuesto es:

$$\ln(I/Q)_i = \beta_1 + \beta_2 \ln(K/Q)_i + \beta_3 \ln(H/Q)_i + \beta_4 \ln(RD/Q)_i + \beta_5 W_i \ln(RD/Q)_i + u_i \quad [1]$$

donde los efectos *spillover* se miden a través del retardo sectorial del stock de I+D del resto de sectores, $W_i \ln(RD)$, en el que W_i es el vector fila de la matriz de ponderaciones, W , correspondiente al sector de referencia i , y $\ln(RD)$ es el vector columna de stock de I+D del resto de sectores considerados. Cada uno de los elementos w_{is} de dicho vector fila W_i mide la interdependencia existente entre el sector i y otro sector s con el que éste se relaciona.

Esta forma de dependencia sectorial asume que los efectos *spillover* relevantes para la actividad innovadora de un sector son aquellos generados por la difusión de los nuevos conocimientos obtenidos de la actividad de I+D del resto de sectores con los que se relaciona el sector de referencia, y que la cantidad de conocimientos que se difunde entre sectores depende de la intensidad de dicha interrelación sectorial. La similitud existente entre esta hipótesis y las adoptadas en la especificación de los modelos de Econometría Espacial nos permite introducir el concepto de dependencia sectorial para contrastar la presencia de dichos efectos *spillover* en la innovación sectorial (2).

Además, con el fin de considerar la posibilidad de efectos de escala debido a diferencias en el tamaño de los sectores considerados, las variables del modelo (1) se expresan en términos relativos al output

sectorial, Ω , lo que permite controlar los posibles problemas de heterogeneidad sectorial y espacial.

Interdependencia sectorial

La definición de la matriz de ponderaciones W juega un papel clave en nuestro modelo empírico. En general, la innovación en un sector puede verse estimulada por la presencia de efectos *spillover* sectoriales y espaciales, los cuales tienen una naturaleza multidireccional, esto es, un sector en un país puede afectar y estar afectado por varios sectores y países a la vez. De forma análoga a las técnicas de análisis de la interdependencia espacial (Anselin y Florax, 1995), el problema de la existencia de relaciones multidireccionales entre sectores se resuelve mediante la construcción de una matriz de ponderaciones entre sectores que recoge la existencia y magnitud de dichas interrelaciones.

El debate sobre la elección de dicha matriz de distancia y su especificación sigue abierto. Para una economía y desde un punto de vista agregado, existe consenso en que la distancia de un sector respecto a sí mismo es cero (esto es, los elementos de la diagonal principal son cero) y que las distancias intersectoriales tienen que ser positivas, pero no necesariamente simétricas. Además la elección de las distancias intersectoriales está condicionada por el objetivo del estudio y las características del modelo utilizado. En nuestro caso, para analizar el papel que juega la difusión de conocimientos en la innovación de un sector, proponemos cuatro matrices de distancia distintas, dos de ellas capturando relaciones de dependencia intersectorial en una economía (W^I y W^P) y dos de ellas capturando relaciones de dependencia intrasectorial entre países (W^X y W^M).

Desde el punto de vista de la oferta (producción), la generación e incorporación de nuevas tecnologías puede aumentar si el sector tiene acceso a una mayor variedad de inputs, o a inputs con mayor contenido tecnológico. En este caso, los coeficientes técnicos obtenidos en la modelización Input-Output dan una idea de la cantidad de inputs del resto de sectores que son necesarios para la producción de una unidad de output del sector. Por tanto, la matriz de Coeficientes Técnicos de Leontief (1953) es la matriz de ponderaciones que contiene información sobre la existencia de relaciones de dependencia entre sectores y su magnitud, medidas a través del flujo de inputs intermedios (su proporción) que cada sector recibe del resto de sectores de una economía: W^I .

Desde el punto de vista de la demanda (distribución), la difusión de la tecnología puede ocurrir como resultado del aprendizaje de los conocimientos que poseen los clientes que los proveedores pueden realizar, o como resultado de una competencia creciente que fuerza a las empresas a innovar para mejorar su eficiencia y su productividad. Además, la

relación proveedor-cliente ayuda a los primeros a familiarizarse con las necesidades que sobre calidad y especificaciones de producto tienen sus clientes. En estos casos, los conocimientos adquiridos al satisfacer estas demandas pueden derivar en el aumento de la actividad innovadora de los proveedores (Chuang, 1998). De este modo, la matriz de Coeficientes de Distribución de Ghosh (1958) sería la matriz de ponderaciones que capturaría las interrelaciones entre los sectores productivos y sus clientes en una economía: W^P .

Ambas matrices, W^I y W^P son diagonales por bloques para cada país considerado. En ambos casos, desde el punto de vista de la producción o la distribución, una mayor interdependencia entre diferentes sectores de una economía tendría un efecto positivo sobre la innovación, idea que estaría relacionada con la noción de economías de diversidad *a la Jacobs* (Jacobs, 1969).

Alternativamente, si se asume que los conocimientos tecnológicos y las nuevas ideas no están acotados en una economía nacional sino que fluyen entre países, los esfuerzos en I+D de otras economías podrían determinar también la cantidad de innovaciones en los sectores domésticos (Keller, 1998). Sin embargo, la difusión de conocimientos tiene costes crecientes lo que hace difícil una transmisión completa de la totalidad de conocimientos. Si bien la contigüidad geográfica se ha considerado una forma sencilla de modelizar cómo los conocimientos fluyen entre economías adyacentes; hay otros canales como el comercio entre países, la inversión extranjera en I+D, o las importaciones de inputs tecnológicos, a través de los cuales también fluyen los conocimientos tecnológicos, a la par que permiten medir de forma alternativa la existencia y magnitud de dichas interrelaciones entre las economías (Coe y Helpman, 1995; Funks, 2001).

Recientemente Malerba *et al.* (2007) utilizan una muestra de seis países de la OCDE y 135 campos tecnológicos en tres grandes sectores: químicas, electrónica y maquinaria, y obtienen que tanto los efectos *spillover* nacionales como los internacionales (medidos a través del número de citas de patentes de otros sectores o países en la solicitudes de patentes) son relevantes para determinar la innovación, siendo los de tipo intrasectorial los que explican todo el efecto de los *spillover* internacionales. Basándonos en estos resultados y en la información disponible sobre flujos de comercio internacional a nivel de sector, utilizamos dos matrices de distancia para medir los efectos *spillover* intrasectoriales.

Desde el punto de vista de la oferta (producción) se utiliza la matriz de importaciones de cada sector respecto de sus homólogos en el resto de países para construir la matriz de ponderaciones de importaciones, W^M , cuyos elementos indican el porcentaje de importaciones de cada sector respecto de sus sectores homólogos en el resto de países. Análogamen-

CUADRO 1
ACTIVIDAD INNOVADORA DE LOS PAÍSES Y SECTORES CONSIDERADOS
SOLICITUD DE PATENTES/VAB

Países	1995	2000	2005	Sectores	1995	2000	2005
Holanda	0,026	0,065	0,046	Alimentos, bebidas y tabaco	0,003	0,007	0,006
Alemania	0,027	0,058	0,043	Textiles, cuero y calzado	0,002	0,004	0,005
Dinamarca	0,019	0,046	0,041	Madera y Corcho	0,000	0,001	0,001
Finlandia	0,025	0,046	0,026	Fábrica de papel, imprenta y edición.	0,002	0,003	0,003
Bélgica	0,017	0,032	0,025	Carbón, refinería de petróleo y energía nuclear. Químicas	0,036	0,069	0,050
Francia	0,020	0,036	0,025	Caucho y Plásticos	0,007	0,011	0,009
Reino Unido	0,018	0,027	0,023	Otros minerales no metálicos	0,007	0,012	0,011
Suecia	0,031	0,041	0,022	Metales y productos metálicos	0,006	0,009	0,009
Italia	0,010	0,022	0,020	Maquinaria y equipo mecánico	0,017	0,032	0,025
EE.UU.	0,016	0,018	0,019	Material eléctrico y electrónico. Óptica y precisión.	0,039	0,048	0,037
Japón	0,010	0,027	0,018	Equipo de transporte	0,018	0,029	0,024
Australia	0,011	0,022	0,017	Otras manufacturas. Reciclaje.	0,008	0,009	0,009
Canadá	0,008	0,013	0,014	Dispersión	1,070	1,073	0,965
España	0,004	0,009	0,010				
Dispersión	0,462	0,507	0,437				

Nota. La dispersión se ha medido con el coeficiente de variación = desviación típica/ promedio.

FUENTE: Elaboración propia.

te, desde una perspectiva de demanda (distribución), se utiliza la matriz de exportaciones de un sector a sus homólogos en el resto de países para construir la matriz de ponderaciones de exportaciones: W^X . Ambas matrices son asimétricas con elementos fuera de la diagonal principal distintos de cero, que corresponden a los intercambios de bienes de un mismo sector entre cada par de países, e implican que a mayor volumen de importaciones (exportaciones) de un sector respecto de su sector homólogo ubicado en otro país, mayor es el volumen de conocimientos tecnológicos accesible para el sector importador (exportador), por lo que mayor será la intensidad de los efectos *spillover*.

Una vez descritas las cuatro matrices de ponderación, se incluyen las cuatro medidas de *spillover* consideradas en el modelo (1) de manera que la especificación básica del modelo empírico para el sector i en el país j en un periodo determinado (subíndice temporal omitido) es:

$$\ln(I/Q)_{ij} = \beta_1 + \beta_2 \ln(K/Q)_{ij} + \beta_3 \ln(H/Q)_{ij} + \beta_4 \ln(RD/Q)_{ij} + \beta_5 W_{ij}^M \ln(RD/Q) + \beta_6 W_{ij}^X \ln(RD/Q) + [\beta_7 W_{ij}^I \ln(RD/Q) + \beta_8 W_{ij}^D \ln(RD/Q) + u_{ij}] \quad [2]$$

DATOS †

Nuestra variable dependiente es la producción de innovaciones en un sector en un país durante un periodo determinado y se mide a través del número de solicitudes de patentes. La relevancia del cambio tecnológico para el desarrollo económico y la creación de nuevas ideas en un entorno competitivo implican que las estadísticas sobre patentes ofrecen una buena perspectiva sobre la innovación de una economía (Jaffe *et al.*, 1993; Peri, 2005; Cabrer y Serra-

no, 2007). Dado que es costoso, la solicitud de una patente implica que el inventor considera que su idea es una novedad con expectativas de generar beneficios y que dicho nuevo conocimiento ha de ser protegido. Por ello, la solicitud de patentes aproxima la actividad innovadora de la economía independientemente de la concesión de la patente solicitada, además de ofrecer homogeneidad y periodicidad en la información que permiten realizar comparaciones entre economías y entre periodos (Acosta y Coronado, 2003) (3).

Nuestra muestra contiene 12 sectores productivos en 14 países pertenecientes a la OCDE para los años 1995, 2000 y 2005. El cuadro 1 proporciona un listado de los países y los sectores. La información se obtiene combinando dos bases de datos: EUKLEMS y STAN-OCDE (5). Los datos de solicitud de patentes, valor añadido bruto (VAB), capital humano, el stock de I+D y el stock de capital físico provienen de la base de datos EUKLEMS. Todas las variables se expresan en millones de dólares referidos al año 1995. Por último, los datos sobre las tablas Input-Output de los países considerados, así como las matrices de exportaciones e importaciones de cada sector respecto de sus homólogos internacionales, provienen de la información estadística ofrecida por la base de datos STAN-OECD.

El cuadro 1 muestra el número de patentes en relación al VAB del país, que ha aumentado a lo largo del tiempo mientras que la dispersión de la actividad innovadora ha permanecido relativamente estable durante los tres quinquenios considerados. Los países con mayor actividad innovadora relativa son Holanda, Alemania y Dinamarca, mientras que los países con menor volumen de solicitud de patentes por unidad de VAB son España y Canadá. El número de patentes también se mantiene estable en el tiempo por sectores, si bien

CUADRO 2
INTENSIDAD EN I+D POR PAÍSES Y SECTORES EN EL AÑO 2000
STOCK DE I+D/VAB, EN PORCENTAJE

País	(%)	Clasificación*	Sector	(%)	Clasificación**
Suecia	20,5	Alta	Material eléctrico y electrónico. Óptica y precisión.	100,5	Alta
Alemania	14,5	Alta	Carbón, refinería de petróleo y energía nuclear. Químicas	91,6	Alta
Japón	13,1	Alta	Equipo de transporte	80,2	Media
Francia	12,8	Alta	Maquinaria y equipo mecánico	38,5	Media
EE.UU.	12,4	Alta	Caucho y Plásticos	17,6	Media
Holanda	12,2	Alta	Metales y productos metálicos	13,4	Baja
Finlandia	12,1	Media	Otros minerales no metálicos	13,4	Baja
Bélgica	11,1	Media	Alimentos, bebidas y tabaco	11,1	Baja
Reino Unido	10,9	Media	Otras manufacturas. Reciclaje.	10,3	Baja
Canadá	10,2	Media	Textiles, cuero y calzado	9,5	Baja
Dinamarca	9,4	Baja	Madera y Corcho	5,5	Baja
Italia	5,2	Baja	Fábrica de papel, imprenta y edición.	5,4	Baja
Australia	4,5	Baja			
España	3,2	Baja			

Notas

* Clasificación considerando los países que superan los percentiles 0,33 para intensidades medias y 0,66 para intensidades altas.

** Clasificación utilizando los sectores que superan los percentiles 0,66 para intensidades medias y 0,9 para intensidades altas para asegurar suficiente variabilidad entre los grupos de intensidad media y alta.

FUENTE: Elaboración propia.

la dispersión sectorial es más elevada que la dispersión por países. Ello apuntaría a que la actividad innovadora es específica a cada sector y tecnología utilizada. El sector con mayor actividad innovadora relativa a su nivel de VAB es el que aglutina las industrias relacionadas con material eléctrico y electrónico, óptica y precisión, seguida de aquellas industrias relacionadas con el carbón, refinería de petróleo, energía nuclear y química.

El cuadro 2 muestra una clasificación de los países y sectores considerados de acuerdo con su intensidad en actividades de I+D. Dicha intensidad se mide en términos del stock de I+D por unidad de VAB de cada país o sector. Para asegurar suficiente variabilidad entre los grupos de intensidades medias y altas, se considera que aquellos países con intensidad alta son los que superan el percentil 66%, mientras que los sectores altamente intensivos en I+D son aquellos que superan el percentil 90%. Se puede observar que los sectores con mayor actividad innovadora también son aquellos altamente intensivos en I+D: Equipamiento eléctrico y electrónico, Óptica y precisión; Carbón, Refinería de petróleo, energía nuclear, y Química. Análogamente, algunos de los países intensivos en I+D también son aquellos con una mayor actividad innovadora: Alemania, Holanda y Francia.

La actividad innovadora de un par (país-sector) puede estar afectada por otras actividades desarrolladas por el resto de pares (país-sector) con las que se relaciona. Una forma de abordar la existencia de esta interdependencia en la actividad innovadora consiste en analizar si la distribución de la innovación en los sectores del entramado productivo de una economía es aleatoria, o por el contrario, existe una acumulación de niveles similares de innovación de

acuerdo con el patrón definido por una matriz de ponderaciones W . Tomando como punto de partida las técnicas exploratorias de la econometría espacial para el estudio de relaciones de interdependencia en el espacio, un estadístico adecuado para realizar dicho análisis es el Índice de Moran (1948):

$$I \text{ Moran} = \frac{N}{\sum_i \sum_s w_{is}} \frac{\sum_{i,s} w_{is} (X_i - \bar{X})(X_s - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

para todo el sector $i \neq s$

donde X_i y X_s son las observaciones de los sectores i y s de la variable de interés, \bar{X} es la media sectorial, N es el número de observaciones, y w_{is} es el elemento i - s de la matriz W de ponderaciones estandarizada por filas. Dado que el factor de estandarización $\sum_i \sum_s w_{is}$ es igual a N en el caso de una matriz de ponderaciones estandarizada por filas, el primer cociente es igual a 1 en nuestro análisis. Este estadístico tiene una distribución normal (0,1) bajo la hipótesis nula de independencia entre sectores de la variable analizada (Cliff y Ord, 1981, Anselin, 1988a). El rechazo de esta hipótesis nula indica una relación de dependencia de la variable de interés entre los sectores considerados de acuerdo con el patrón definido en la matriz de ponderación.

Los resultados del contraste de la hipótesis nula de ausencia de dependencia sectorial en la innovación se muestran en el cuadro 3, en la página siguiente. Se consideran como matrices de ponderación aquellas que miden la existencia e intensidad de las relaciones de dependencia intersectorial basadas en los coeficientes técnicos de Leontief o los coeficientes de distri-

CUADRO 3
ÍNDICE DE MORAN PARA LA INTERDEPENDENCIA SECTORIAL DE LA INNOVACIÓN

Matriz de ponderación			1995	2000	2005
Matriz de Importaciones	W^M	I Moran coef. (valor p)	0,99 (0,00)	0,99 (0,00)	0,99 (0,00)
Matriz de Exportaciones	W^X	I Moran coef. (valor p)	0,97 (0,00)	0,99 (0,00)	0,99 (0,00)
Matriz de Coeficientes Técnicos	W^T	I Moran coef. (valor p)	0,12 (0,10)	0,12 (0,09)	0,07 (0,35)
Matriz de Coeficientes de Distribución	W^D	I Moran coef. (valor p)	0,21 (0,00)	0,19 (0,01)	0,14 (0,05)

Nota: El estadístico para el contraste de ausencia de autocorrelación sectorial está basado en el Índice de Moran, bajo la hipótesis nula de que se distribuye como una Normal (0,1). Los valores p que corresponden a dicho estadístico Z se muestran entre paréntesis.

FUENTE: Elaboración propia.

bución de Ghosh (W^T , W^D), así como las que consideran las relaciones de dependencia intra-sectoriales del sector respecto de sus homólogos internacionales según la intensidad del flujo de exportaciones e importaciones (W^X , W^M).

Como se muestra en el cuadro 3, los resultados apuntan a que hay autocorrelación sectorial en la actividad innovadora. Los índices I de Moran son significativamente diferentes de 0 para todos los periodos y matrices de ponderación consideradas salvo la matriz de Coeficientes Técnicos. Ello implica la existencia de una dependencia sectorial relevante en la distribución de la innovación cuando se consideran las relaciones intrasectoriales, a través de las exportaciones e importaciones de bienes de un sector respecto a sus homólogos internacionales y cuando se consideran las relaciones intersectoriales desde una perspectiva de demanda (*forward linkages*) mediante la matriz de coeficientes de distribución. Por tanto, los efectos *spillover* intrasectoriales e intersectoriales son relevantes en la actividad innovadora de los países de la OCDE.

RESULTADOS ECONÓMICOS

Con el fin de explotar completamente la dimensión temporal e individual de la información (14 países x 12 sectores x 3 años), el modelo (2) se estima utilizando un modelo de ecuaciones aparentemente no relacionadas (SURE) con tres ecuaciones, una para cada año, que permitirá considerar la inercia temporal en el proceso de innovación. El modelo se especifica imponiendo la igualdad de coeficientes de cada variable en las tres ecuaciones. El carácter de corte transversal de los datos en la especificación de cada ecuación del modelo SURE no permite contrastar directamente la hipótesis de causalidad del stock de I+D sobre la innovación. No obstante, hemos evitado este posible problema de endogeneidad estimando un modelo donde el stock de I+D es una variable predeterminada que se toma retardada dos periodos.

El cuadro 4 muestra los resultados de la estimación del modelo (2). Los factores que determinan la ca-

pacidad innovadora del sector (capital físico, humano y stock de I+D por unidad de output determinan de forma positiva y significativa la actividad innovadora del sector -columna (i). Para los tres factores, un aumento en un 1 por ciento resulta en un aumento similar de la actividad innovadora del sector, por lo que en este caso no es posible rechazar la hipótesis de rendimientos constantes a escala en la producción de innovaciones del sector, resultado que es robusto a la inclusión de las externalidades derivadas de la difusión de conocimientos tecnológicos entre sectores o dentro del mismo sector entre distintas economías.

Las columnas (ii), (iii), (iv) y (v) del cuadro 4 incluyen separadamente cada uno de los cuatro canales a través de los cuales se generan las externalidades sobre la innovación sectorial. Los coeficientes estimados para los *spillovers* intersectoriales medidos a través de la matriz de coeficientes de distribución y de la matriz de exportaciones son significativos y positivos. Estos resultados revelan que la interrelación de los sectores desde el punto de vista de la demanda, a través de la interacción con sus sectores clientes es el canal relevante a la hora de generar externalidades positivas en la producción de innovaciones del sector.

La inclusión de las cuatro medidas de *spillovers* en la columna (vi) apunta a esta misma conclusión. No obstante, parece existir un problema de multicolinealidad entre estas variables ya que los coeficientes estimados para $W_j^M \ln(RD / Q)$ y $W_j^T \ln(RD / Q)$ muestran un cambio de signo respecto al de las estimaciones de las columnas (ii) y (iv), por lo que su impacto estimado sobre el output innovador del sector debe considerarse con cautela. El tratamiento de este problema de multicolinealidad implica la exclusión de aquellas variables explicativas con información redundante, en la medida en que su impacto en las columnas (ii) y (iv) no es significativo y su exclusión no afecta a la bondad del ajuste. Esta especificación es la que tomamos como modelo de referencia.

Los resultados de esta estimación aparecen en la columna (vii) del cuadro 5 y confirman el papel relevante de la difusión de conocimientos tecnológicos

CUADRO 4
 ESTIMACIÓN DEL MODELO. VARIABLE DEPENDIENTE: SOLICITUD DE PATENTES/VAB DEL SECTOR

VARIABLES EXPLICATIVAS	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)	(vii)
α	-2,913 ** (11,46)	-2,93 ** (11,43)	-2,663 ** (110,3)	2,908 ** (11,45)	-2,858 ** (11,22)	-2,478 ** (9,99)	-2,578 ** (0,66)
$\ln(K/Q)$	-0,420 ** (7,54)	0,42 ** (7,53)	0,455 ** (8,19)	0,415 ** (7,44)	0,437 ** (7,77)	0,469 ** (8,36)	0,477 ** (8,49)
$\ln(H/Q)$	0,159 ** (4,79)	0,15 ** (4,52)	0,145 ** (4,71)	0,162 ** (4,85)	0,162 ** (4,86)	0,169 ** (5,26)	0,148 ** (4,81)
$\ln(RD/Q)$	0,477 ** (14,69)	0,47 ** (14,10)	0,397 ** (10,73)	0,481 ** (14,76)	0,462 ** (14,02)	0,379 ** (10,13)	0,375 ** (9,95)
$W^M \ln(RD/Q)$		0,01 (0,64)				-0,027 (1,40)	
$W^X \ln(RD/Q)$			0,275 ** (6,01)			0,302 ** (6,30)	0,28 ** (6,28)
$W^T \ln(RD/Q)$				-0,128 (0,90)		-0,331 ** (2,02)	
$W^D \ln(RD/Q)$					0,346 ** (2,13)	0,610 ** (3,26)	0,444 ** (2,73)
AIC	0,0013	0,0015	0,0011	0,0013	0,0013	0,0011	0,0011
Contraste de autocorrelación sectorial							
W^M = matriz de importaciones							
LM-ERR (1)							288,9
LM-LAG (1)							69,9
W^E = matriz de exportaciones							
LM-ERR (1)							302,7
LM-LAG (1)							1203,7
W^C = matriz de Coef. Distribución							
LM-ERR (1)							108,1
LM-LAG (1)							121,0

Nota: Estadístico \dagger entre paréntesis. Valor crítico para los contrastes LM-ERR y LM-LAG: $\chi^2(1)=3,84$.

FUENTE: Elaboración propia.

desde el punto de vista de la demanda –el mayor stock de I+D de sus clientes puede generar la demanda de nuevas características o especificaciones técnicas de los productos cuya satisfacción exigiría un esfuerzo innovador por parte del sector de referencia y permitiría su permanencia en el mercado. Así mismo, cabe destacar la falta de significación de los efectos *spillover* desde la perspectiva de oferta, lo que apunta a que un mayor esfuerzo en I+D de sus sectores proveedores no afecta a la innovación del sector de referencia.

La inclusión de efectos *spillover* en la especificación del modelo no garantiza la ausencia de autocorrelación sectorial en las perturbaciones del modelo, posibilidad que ya señalaban los resultados del contraste de interdependencia sectorial (I de Moran) del cuadro 3. Dicha autocorrelación implicaría la ineficiencia de las estimaciones y algunos problemas para realizar inferencia, similares a los ocasionados por la presencia de autocorrelación temporal. En este caso, la econometría espacial provee de la metodología y técnicas adecuadas para abordar dicho análisis.

En la segunda mitad de la columna (vii) del cuadro 4, se muestra el análisis de los residuos de la estima-

ción en los que efectivamente se detecta la presencia de una interdependencia sectorial. Se han aplicado dos contrastes de Multiplicadores de Lagrange (LM) para detectar dicha autocorrelación sectorial. El primero, el test LM-ERR, se utiliza para contrastar la presencia de autocorrelación sectorial residual en el modelo de acuerdo con un esquema autorregresivo de primer orden, $u_j = \lambda W^M u_j + \varepsilon_j$ (Burrige, 1980). El segundo, el test LM-LAG, contrasta la presencia de autocorrelación sustantiva en el modelo, de acuerdo con un retardo sectorial de la variable dependiente, según la distribución considerada en la matriz de ponderación: $W \ln(I/Q)$ (Anselin, 1988b). Ambos tests se realizan utilizando las matrices de ponderación que, de acuerdo con el índice de Moran del cuadro 3, recogían la interdependencia sectorial en la innovación: las matrices de ponderación construidas a partir de las importaciones y exportaciones intrasectoriales y la de coeficientes de distribución.

Los resultados de ambos contrastes, LM-ERR y LM-LAG, permiten rechazar las hipótesis nulas de ausencia de autocorrelación residual y autocorrelación sustantiva en la actividad innovadora de los sectores al 5 % de significatividad, por lo que las estimaciones no son consistentes (véase la columna vii del cuadro 4). La so-

CUADRO 5
IMPACTO DE LOS EFECTOS *SPILLOVER* POR GRUPOS DE SECTORES Y DE PAÍSES

VARIABLES EXPLICATIVAS	(i)	(ii)	Grupos de sectores (iii)	Grupos de países (iv)
α	-1,134 ** (3,59)	-1,092 ** (3,94)	-1,338 ** (4,71)	-0,582 ** (2,17)
$\ln(K/Q)$	0,501 ** (9,27)	0,498 ** (9,32)	0,534 ** (10,11)	0,523 ** (10,04)
$\ln(H/Q)$	0,129 ** (4,83)	0,128 ** (4,81)	0,135 ** (5,10)	0,174 ** (6,69)
$\ln(RD/Q)$	0,356 ** (9,83)	0,360 ** (10,94)	0,330 ** (9,85)	0,301 ** (9,30)
$W^M \ln(RD/Q)$	0,018 ** (0,27)			
$W^D \ln(RD/Q)$	0,033 ** (0,12)			
$W^X \ln(I/Q)$	0,442 ** (6,04)	0,457 ** (9,64)	0,430 ** (8,95)	0,576 ** (12,03)
$W^H W^X \ln(I/Q)$			-0,214 ** (4,17)	-0,114 ** (4,88)
$W^D \ln(I/Q)$	0,220 ** (1,72)	0,230 ** (3,28)	0,180 ** (2,51)	0,240 ** (2,83)
$D^H W^D \ln(I/Q)$			0,612 ** (2,62)	-0,056 (0,43)
λ	0,161 ** (2,61)	0,155 ** (2,64)	0,144 ** (2,48)	0,176 ** (3,10)
AIC	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006

Contraste de autocorrelación sectorial

W^M = matriz de importaciones

LM-ERR (1) 0,228 0,159

Nota: Estadístico t entre paréntesis. Valor crítico del Test LR-ERR: $c^2(1)=3,84$. D^H es una variable ficticia que toma el valor 1 si el sector (país) es altamente intensivo en tecnología de acuerdo con la clasificación del cuadro 2.

FUENTE: Elaboración propia.

lución a este problema requiere la inclusión de dichos términos de autocorrelación en el modelo. El valor del estadístico LM-ERR tiene un valor mayor que el estadístico LM-LAG cuando se utiliza como ponderación la matriz de importaciones, lo cual sugiere la inclusión del término de autocorrelación residual en la ecuación (2) (Anselin y Florax, 1995). Por otra parte, el valor del estadístico LM-LAG es mayor en el caso de la utilización de las matrices de exportaciones y de coeficientes de distribución, por lo que también se requerirá incluir en la ecuación (4) dos términos de autocorrelación sustantiva: $W_{ij}^X \ln(I/Q)$, y $W_{ij}^D \ln(I/Q)$.

Ambos términos son una medida alternativa de los efectos *spillover* descritos anteriormente, en los que los nuevos conocimientos que se difunden son resultado de la actividad innovadora de los sectores, medida desde la perspectiva de los outputs (volumen de patentes solicitadas por unidad de output), en lugar de la perspectiva de los inputs (esfuerzos en I+D por unidad de output):

$$\ln(I/Q)_{ij} = \beta_1 + \beta_2 \ln(K/Q)_{ij} + \beta_3 \ln(H/Q)_{ij} + \beta_4 \ln(RD/Q)_{ij} + \beta_5 W_{ij}^X \ln(RD/Q) + \beta_6 W_{ij}^D \ln(RD/Q) + \beta_7 W_{ij}^X \ln(I/Q) + \beta_8 W_{ij}^D \ln(I/Q) + u_{ij} \quad [3]$$

donde $u_{ij} = \lambda W^M u_{ij} + \varepsilon_{ij}$.

El cuadro 5 muestra los resultados de la estimación del modelo SURE especificado de acuerdo con la ecuación (3) para cada uno de los tres años considerados. En primer lugar se contrasta si ambos problemas de autocorrelación sectorial sustantiva y residual detectados anteriormente se han tratado de forma adecuada. El test LR-ERR es un contraste de razón de verosimilitud para la hipótesis nula de ausencia de una estructura autorregresiva sectorial en el término de error (Anselin y Florax, 1995).

En la columna (i) del cuadro 5 el valor del estadístico LR-ERR no permite rechazar la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación sectorial en el modelo, lo que asegura que los parámetros estimados son consistentes y eficientes. Los resultados obtenidos confirman que las variables que aproximan la propia capacidad innovadora del sector: su dotación de capital físico, capital humano y stock de I+D por unidad de output, tienen un efecto positivo y significativo sobre la innovación sectorial, siendo robusto a esta nueva especificación del modelo. Además, el valor positivo y significativo de los coeficientes estimados para los retardos sectoriales de la variable endógena, considerando las matrices de ponderación de W^D y W^X , apoya la idea de que la mayor interacción de un sector con sus clientes, bien perte-

recientes a su mismo sector en otros países, o bien pertenecientes a diferentes sectores de la economía doméstica, favorece la innovación. Sin embargo los coeficientes estimados para los efectos *spillover* inter e intrasectoriales medidos utilizando el stock de I+D por unidad de output del resto de sectores dejan de ser significativas. Este resultado no resulta sorprendente dado el consenso que existe en la literatura empírica sobre la elevada relación existente entre los esfuerzos de I+D y la solicitud de patentes. Ante la elevada multicolinealidad entre ambas medidas alternativas de *spillovers*, se eliminan del modelo aquellas no significativas, $W_j^X \ln(RD/Q)$ y $W_j^D \ln(RD/Q)$, sin menoscabo de la bondad del ajuste y la consistencia de la estimación, y sin que se alteren los resultados del modelo sobre la relevancia del canal de demanda para la difusión de nuevas ideas favorecedoras de la innovación sectorial -columna (ii) en el cuadro 5.

Difusión de conocimientos y nivel de desarrollo tecnológico

Los resultados obtenidos hasta el momento indican que la mayor interacción de un sector con sus clientes constituye el canal relevante a través del cual fluyen los conocimientos que inciden positivamente en su actividad innovadora. Sin embargo, una vez se considera la intensidad de las relaciones comerciales intra e intersectoriales, cabe preguntarse si las características tecnológicas del sector, o del país en el que éste se ubica, pueden ser factores que determinen un mejor aprovechamiento de los conocimientos que se difunden, implicando un mayor impacto de los efectos *spillover* sobre la actividad innovadora sectorial.

Para ello, el impacto de los efectos *spillover* en la actividad innovadora de los sectores (países) intensivos en tecnología se diferencia del impacto de los efectos *spillover* en el resto de sectores mediante su interacción con una variable ficticia D^H que toma el valor 1 cuando el sector (país) es altamente intensivo en tecnología -intensidad medida como stock de I+D sobre VAB- y cero en otro caso (véase el cuadro 2 para la clasificación utilizada de sectores y países). Así, cada una de las tres ecuaciones del modelo SURE a estimar incluye dichas interacciones:

$$\ln(I/Q)_j = \beta_1 + \beta_2 \ln(K/Q)_j + \beta_3 \ln(H/Q)_j + \beta_4 \ln(RD/Q)_j + \beta_5 W_j^X \ln(I/Q) + \delta_1 D^H W_j^X \ln(I/Q) + \beta_6 W^D \ln(I/Q) + \delta_2 D^H W_j^D \ln(I/Q) + u_j$$

donde $u_j = \lambda W^M u_j + \varepsilon_j$.

En el modelo (4), si los coeficientes δ_1 y δ_2 estimados son estadísticamente significativos, entonces hay un efecto diferencial en el impacto de los efectos *spillover* sobre la innovación de los sectores (países) altamente intensivos en tecnología respecto a aquellos sectores con intensidades medias y bajas. Los resultados se muestran en las columnas (iii) y (iv) del cuadro 5. El desglose del impacto de los efectos de la

difusión de conocimientos por grupos de sectores de acuerdo con sus diferencias en la intensidad tecnológica, en la columna (iii), revela que la exportación de productos a clientes pertenecientes a su mismo sector favorece en mayor medida la innovación de los sectores con intensidades tecnológicas medias y bajas $-\delta_1$ es significativo y con signo negativo-, acaso porque les permite acceder con menor dificultad a conocimientos que son nuevos para estos sectores y que no serían tan novedosos para aquellos sectores con intensidad tecnológica alta.

Por el contrario, el efecto diferencial de los *spillover* intersectoriales para los sectores con intensidad tecnológica alta, δ_2 , es positivo y significativo. Ello implica que estos sectores son más efectivos a la hora de aprovechar los conocimientos que se difunden desde sus clientes, que los sectores con intensidades tecnológicas medias y bajas. De acuerdo con estas ideas, estas externalidades se derivarían del intercambio de información y conocimientos complementarios con clientes pertenecientes a diversos sectores, lo que generaría un mayor rendimiento de los nuevos conocimientos, favoreciendo la innovación, en línea con las economías de diversidad (Jacobs, 1969).

Los resultados de la estimación del modelo (4) considerando diferencias en el impacto de los *spillovers* intra e intersectoriales según la intensidad tecnológica del país en el que se ubica el sector de referencia se muestran en la columna (iv) del cuadro 5. En este caso, la difusión de conocimientos a través de la exportación de productos a clientes de su mismo sector tiene un impacto sobre la innovación del sector que es positivo, pero menor cuando dicho sector se ubica en países con una intensidad tecnológica alta, ya que el mayor nivel de desarrollo tecnológico de la economía doméstica podría disminuir el carácter novedosos de algunos conocimientos que se difunden al sector de referencia. En el caso del impacto de los *spillovers* intersectoriales sobre la innovación, se obtiene un coeficiente δ_2 estimado no significativo, que apunta a la irrelevancia de las diferencias en la intensidad tecnológica de la economía doméstica en el impacto de los *spillovers* que se difunden a través del canal distribución.

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos empleado una función de producción de conocimientos ampliada que junto con el esfuerzo en I+D propio, el capital humano y el capital físico incorpora los efectos de la difusión intersectorial de conocimientos sobre la actividad innovadora. Para ello se tiene en cuenta los esfuerzos de I+D realizados por otros sectores u otros países de forma que tratamos de identificar diferentes tipos de efectos *spillover*: intersectoriales, dentro de un país, e intrasectoriales, entre países, ambos desde una perspectiva de oferta -backward linkages-, y de demanda -forward linkages.

Los resultados apuntan a la relevancia del canal de demanda en la difusión de conocimientos tecnológi-

cos que favorecen la innovación del sector. El mayor nivel de conocimientos tecnológicos de sus clientes estimula cambios en la demanda de productos de un sector, bien por mayores requisitos de calidad o de especificaciones del producto, cuya satisfacción exige un esfuerzo innovador por parte del sector de referencia, al tiempo que le permite su permanencia en un mercado caracterizado por una competencia creciente. Sin embargo, un mayor esfuerzo innovador en sus sectores proveedores no afectaría de manera relevante a la actividad innovadora del sector de referencia.

La disparidad en la intensidad tecnológica de los sectores y de los países analizados afecta al impacto de dichos efectos *spillover* sobre la innovación sectorial. La exportación de productos a clientes pertenecientes a su mismo sector, favorece en mayor medida la innovación de un sector con una intensidad tecnológica media o baja. Así mismo, la innovación de los sectores ubicados en países altamente intensivos en tecnología se vería favorecida por el canal exportación en menor medida que si se ubicasen en países con intensidades tecnológicas medias o bajas. En ambos casos, la idea subyacente es que los conocimientos serán tanto más novedosos cuanto menor sea el desarrollo tecnológico o el nivel de intensidad tecnológica de sector, favoreciendo en mayor medida la innovación sectorial vía la exportación de productos dentro del mismo sector.

Por otra parte, los sectores con intensidad tecnológica alta son más efectivos a la hora de aprovechar los conocimientos a los que pueden acceder mediante la venta de productos al resto de sectores en su entorno productivo doméstico, por lo que el impacto de los *spillovers* intersectoriales sobre la innovación de los sectores altamente intensivos en tecnología sería mayor. Así, las externalidades que se derivarían del intercambio de información y conocimientos complementarios con clientes pertenecientes a diversos sectores dentro de un mismo país, generaría un mayor rendimiento de los nuevos conocimientos, favoreciendo la innovación, idea que está en la línea con las economías de diversidad tipo Jacobs. No obstante, el nivel de desarrollo de la economía doméstica en la que se ubica el sector no genera diferencias en el impacto de los *spillovers* intersectoriales sobre su innovación.

De estos resultados se desprende que las características tecnológicas del sector, sus clientes y la intensidad de los intercambios de bienes son cuestiones relevantes para el diseño e implementación de medidas de política industrial y de fomento de la innovación. Estas medidas de fomento de la innovación y desarrollo tecnológico sectorial, no solo deberían orientarse a la mejora de un sector objetivo, sino también del entramado industrial del que forma parte, para favorecer el aprovechamiento de las externalidades generadas por la difusión de conocimientos, que no siempre se realiza por aquellos sectores con mayor intensidad tecnológica en la economía.

(*) Los autores agradecen la financiación recibida del Ministerio de Ciencia e Innovación (proyectos ECO2008-04059 y CSO2009-11246)

NOTAS

- [1] Menos abundantes son los trabajos que utilizan información a nivel de empresa para un país determinado (Javorcik, 2004), o para un conjunto de países comparables (Bitzer *et al.*, 2008) para analizar la relevancia de la difusión de conocimientos entre sectores verticalmente relacionados.
- [2] La dependencia espacial aparece cuando un hecho que ocurre en una región afecta a otra región y viceversa. Es decir, cuando existen interdependencias entre diferentes unidades espaciales (ver Cliff y Ord, 1981 y Anselin, 1988a, a modo de *survey*).
- [3] Este indicador de la innovación desde el punto de vista de los outputs no está exento de críticas: no todas las nuevas ideas acaban materializándose en una (solicitud de) patente; existen diferencias entre sectores a la hora de utilizar el sistema de patentes como forma de protección; por último, existen otras figuras legales de protección de nuevas ideas que también podrían utilizarse como medida de innovación (Griliches, 1990; Buesa y Molero, 1998). Asimismo, los gastos en I+D, uno de los indicadores de innovación más utilizados desde la perspectiva de los inputs, también está sujeto a críticas como que no informa sobre el resultado de las actividades de I+D o sobre el proceso de innovación, por lo que el debate sobre la medición de la innovación no está cerrado.
- [4] Tanto la base de datos EUKLEMS como las Tablas Input-Output de la OECD se encuentran en disponibles en formato electrónico (www.euklems.net) y (<ftp://indust.STANdttbs@ftp.oecd.org>). Las variables medidas en moneda local se expresan en millones de dólares de 1995, utilizando el deflactor del VAB (año 1995=100) y el tipo de cambio real de cada moneda local a dólares. El stock de capital fijo real se ha construido de acuerdo con el método de inventario permanente sugerido en el apéndice estadístico de Coe y Helpman (1995) para Bélgica, Canadá y Francia. El capital humano se mide como el porcentaje de horas trabajadas por trabajadores con alta cualificación sobre el total de horas trabajadas en cada sector y país.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, M. y CORONADO, D. (2003): Science-technology flows in Spanish Regions. An analysis of scientific citations in patents, *Research Policy*, nº 32, pp. 1783-1803.
- ANSELIN, L. y FLORAX R. (1995): Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, nº 27, pp. 93-115.
- ANSELIN, L. (1988a): Spatial econometrics: methods and models. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- ANSELIN, L. (1988b): Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. *Geographical Analysis*, nº 20, pp. 1-17.
- BITZER J, GEISHECKER I. y GÖRG H. (2008): Productivity spillovers through vertical linkages: Evidence from 17 OECD countries. *Economics Letters*, nº 99, pp. 328-331.
- BUESA, M. y Molero, J. (1998): Economía industrial de España. Organización, tecnología e internacionalización. Civitas. Madrid.
- BURRIDGE, P. (1980): On the Cliff-Ord test for the spatial correlation. *Journal of the Royal Statistical Society B*. vol. 42, nº 1, pp. 107-108.
- CABRER-BORRÁS B. y SERRANO-DOMINGO G. (2007): Innovation and R&D spillover effects in Spanish regions: a spatial approach. *Research Policy*, nº 36, pp. 1357-1371.

- CHUANG, Y.C (1998): Learning by doing, the technology gap and growth. *International Economic Review*, vol 39, nº 3), pp. 697-715.
- CLIFF A. y ORD J. (1981): *Spatial Processes: Models and Applications*. Pion. London.
- COE D.T. y HELPMAN E. (1995): «International R&D Spillovers». *European Economic Review*, nº 39, pp. 859-887.
- DEL BARRIO-CASTRO, T., LÓPEZ-BAZO, E. y SERRANO-DOMINGO, G (2002): New evidence on international R&D spillovers, human capital and productivity in the OECD. *Economics Letters*, Elsevier, vol. 77, nº 1, p. 41-45.
- FRANTZEN, D. (2002): Intersectoral and International R&D Knowledge Spillovers and Total Factor Productivity. *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 49, nº 3, pp.280-303.
- FUNK, M. (2001): «Trade and international R&D spillovers among OECD countries». *Southern Economic Journal*, nº 67, pp. 725-736.
- GHOSH, A. (1958): Input-output approach in an allocation system. *Economica*, nº 25, pp. 58-64.
- GRILICHES, Z. (1979): Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics*, nº 10, pp. 92-116.
- GRILICHES, Z. (1990): Patent statistics as economic indicator: a survey. *Journal of Economic Literature*, nº 28, pp 210-229 (1661-1707).
- GROSSMAN, G. y HELPMAN, E. (1991): *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge (Mass) MIT Press.
- HENDERSON, R., JAFFE, A.B. y TRAJTENBERG, M. (1995): Geographic Localization of Knowledge Spillover as Evidenced by Patents Citations. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, nº 3, pp. 577-98.
- HENDERSON, R., JAFFE, A.B. y TRAJTENBERG, M. (2005): Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment: Comment. *American Economic Review*, vol. 1, nº 95, pp. 461-464.
- JACOBS, J. (1969): *The economy of cities*. Vintage. New York.
- JAFFE, A.B. (1989): Real effects of Academic Research, *American Economic Review*, nº 79, pp. 957-90.
- JAFFE, A.B., HENDERSON, R. y TRAJTENBERG, M. (1993): Geographic Localization of Knowledge Spillover as Evidenced by Patent Citations, *Quarterly Journal of Economics*, nº 108, pp. 577-98.
- JAVORCIK, B.S. (2004): Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *American Economic Review*, vol. 94, nº 3, pp. 605-627.
- JONES, C. (1995): R&D Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, nº 103, pp. 759-783.
- KELLER W. (1998): Are international R&D spillovers trade-related? Analysing spillovers among randomly matched trade partners. *European Economic Review*, nº 42, pp. 1469-1481.
- KELLER, W. (2002): Trade and the transmission of technology, *Journal of Economic Growth*. vol. 7, nº 1, pp. 5-24.
- KLEIN L.R., SALTZMAN C. y DUGGAL V.G. (2003): Information, technology and productivity. The case of the financial sector. Bureau of Economic Analysis.
- LEONTIEF, W. (1953): *Studies in the Structure of the American Economy*. Oxford Univ. Press. New York.
- MALERBA F., MANCUSI M.L. y MONTOBBIO F. (2007): Innovation, international R&D Spillovers and the sectoral heterogeneity of knowledge flows. CESPRI (Centro di Ricerca sui Processi di Innovazione e Internazionalizzazione). Working Paper, 204.
- MORAN P. (1948): The interpretation of statistical maps *Journal of the Royal Statistics Society B*, nº 10, pp. 243-252.
- PARK, J. (2004): International and Intersectoral R & D Spillovers in the OECD and East Asian Economies. *Economic Inquiry*, vol. 42, nº 4, pp. 739-757.
- PERI, G. (2005): Determinants of Knowledge Flows and Their Effect on Innovation, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 87, nº 2, pp. 308-322.
- RIVERA-BATIZ, L.A. y ROMER, P.M. (1991): Economic Integration and Endogenous Growth, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, nº 2, pp. 531-555.
- VERSPAGEN, B. (1997): Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimates from the European and US Patent Office Databases, *Economic Systems Research*, nº 9, pp. 47-65.