

XXIX Reunión de Estudios Regionales. Santander, 27 y 28 noviembre 2003

La contribución de la universidad al desarrollo de tecnología industrial. Diferencias sectoriales, regionales y factores determinantes*

Daniel Coronado Guerrero*

Manuel Acosta Seró*

Rosario Marín Muñoz

daniel.coronado@uca.es

manuel.acosta@uca.es

mrosario.marin@uca.es

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA GENERAL

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

CÁDIZ

Resumen: En este trabajo proporcionamos un conjunto de elementos que permiten valorar una de las facetas de la contribución de la universidad a la nueva misión orientada al desarrollo tecnológico y, como consecuencia, al desarrollo económico. En su concepción moderna, las universidades como elementos de un sistema de innovación, desempeñan tres funciones esenciales: primero, lideran el proceso general de investigación científica, que afecta a la frontera tecnológica de la industria a largo plazo; segundo, generan un tipo de conocimiento que es directamente aplicable a los procesos industriales de producción; tercero, proporcionan los inputs principales del proceso de innovación industrial: los recursos humanos que se incorporan a la industria, o los investigadores de estas instituciones que colaboran con el sector privado industrial. Nuestro objetivo en este artículo es explorar con detalle la segunda de estas funciones; es decir, aproximarnos a la magnitud, características tecnológicas, peculiaridades regionales y a las causas explicativas de la aportación directa de la universidad al desarrollo de tecnología industrial.

* Los autores agradecen la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología SEC2001/3030.

* Los autores pertenecen al Grupo de Economía Regional de la Fundación centrA: (Junta de Andalucía).

1. Introducción

La misión tradicional de las universidades, como instituciones encaminadas a la formación de los recursos humanos y a la investigación, está dejando paso a una nueva forma de entender estas organizaciones, con una función más dirigida al desarrollo económico y social. La investigación académica está poniendo de relieve el papel preponderante de la universidad como un instrumento integrado en un sistema de innovación capaz de potenciar el desarrollo tecnológico y económico. La nueva literatura sobre los sistemas nacionales/regionales de innovación (Freeman, 1988; Nelson, 1993; Lundvall, 1992; Braczyk et al, 1998; Cook et al., 1998) asentada sobre los planteamientos de economía evolucionista, postulados inicialmente por Nelson y Winter (1982), otorga un papel preponderante a las diferentes instituciones que intervienen en este complejo proceso y, sobre todo a los aspectos organizativos. Universidad, empresa y gobierno se perfilan como elementos principales del sistema de innovación. En una línea similar, la tesis de la Triple Hélice (Etzkowitz and Leydesdorff, 1997; 2000; Leydesdorff, 2000) establece que la universidad puede desempeñar un papel esencial en el proceso de innovación, potenciando las sociedades basadas en el conocimiento. El modelo subyacente es analíticamente diferente de los sistemas de innovación, donde se considera a la empresa como el elemento central que lidera el proceso innovador. La cuestión básica que se pretende responder con este planteamiento es si la universidad puede afrontar como tercera misión el desarrollo económico además de la investigación y la formación (Etch, y Leyd, 2000). En este tipo de modelos se plantean diferentes posibilidades acerca de la relación entre las esferas institucionales –universidad, industria y gobierno- que pueden ayudar a generar estrategias alternativas para el crecimiento económico y la transformación social. Aunque algunos de estos planteamientos están diseñados teóricamente desde una perspectiva nacional más que regional, la dimensión territorial y geográfica está implícita desde el momento en que se reconoce la importancia del aprendizaje interactivo entre instituciones, la presencia de un flujo de conocimiento tácito que aumenta con la proximidad física y, no menos importante, las altas cotas de

autogobierno de gran parte de las regiones europeas que facilitan en ocasiones una organización regional propia de los sistemas de innovación.

En esta concepción moderna, las universidades como elementos de un sistema de innovación, desempeñan tres funciones esenciales (Schartinger et al. 2002, Smith, 1995): primero, lideran el proceso general de investigación científica, que afecta a la frontera tecnológica de la industria a largo plazo; segundo, generan un tipo de conocimiento que es directamente aplicable a los procesos industriales de producción; tercero, proporcionan los inputs principales del proceso de innovación industrial: los recursos humanos que se incorporan a la industria, o los investigadores de estas instituciones que colaboran con el sector privado industrial. Nuestro objetivo en este artículo es explorar con detalle la segunda de estas funciones; es decir, aproximarnos a la magnitud, características tecnológicas, peculiaridades regionales y causas explicativas de la aportación directa de la universidad al desarrollo de tecnología industrial. Más específicamente, trataremos de responder a las siguientes cuestiones: cuál es la magnitud de la tecnología comercialmente útil que se genera en las universidades, en qué sectores se genera esta tecnología, qué relación existe entre la tecnología desarrollada en las universidades y la tecnología empresarial, cuál es la calidad de la tecnología producida en las universidades en relación con el sector privado, qué diferencias regionales existen en todas estas cuestiones o cuáles son los factores determinantes del desarrollo de conocimiento tecnológico en las universidades

Este estudio se basa en el tratamiento de todas las patentes domésticas registradas por las universidades españolas durante el período 1998-2001. Varias investigaciones han puesto de relieve que el análisis de las patentes es un método suficientemente válido y objetivo para determinar la transferencia de tecnología (Archibugi, 1992, Basberg, 1987, Boitani and Ciciotti, 1990, y Trajtenberg, 1990). Por otro lado, su accesibilidad permite un tratamiento más comprensible que las encuestas o los estudios de casos (Henderson et al., 1998).

Este trabajo presenta, a nuestro juicio, varios aspectos de interés. Primero, contribuye a valorar una de las facetas de la aportación de la universidad al desarrollo tecnológico y económico. Segundo, un mejor conocimiento del potencial de desarrollo tecnológico de nuestras universidades y de sus causas explicativas puede facilitar una organización más efectiva del sistema regional, nacional o supranacional de innovación. Tercero, se trata de un fenómeno de interés por sí mismo; es bien conocida la producción científica de las universidades, sin embargo, se ha prestado hasta ahora escasa atención a los resultados tecnológicos generados en las universidades. Por último, el marco de trabajo que sugerimos puede ser aplicado a otros contextos para análisis de similares características.

El artículo está organizado en cinco apartados. En el siguiente exponemos la literatura previa, con especial referencia al ámbito regional. En el tercer epígrafe, presentamos la metodología que vamos a seguir para dar respuesta a las preguntas que en forma de hipótesis nos planteamos. En el epígrafe cuarto, además de analizar de forma descriptiva los datos, exploramos, a través de un modelo, las causas explicativas de la generación de conocimiento tecnológico en las universidades públicas españolas. Por último resumimos las principales conclusiones e implicaciones de los resultados obtenidos.

2. Literatura previa

Nuestra atención se centra en el análisis de las capacidades de las universidades para generar resultados próximos a la comercialización (patentes). Empíricamente no entramos en el asunto largamente debatido sobre si las universidades o las patentes universitarias facilitan o inciden en el progreso tecnológico o económico; no obstante, en esta revisión incluimos una primera parte donde destacamos la literatura relevante al respecto, ya que es un argumento de relevancia para estudiar las capacidades de estas instituciones para generar resultados tecnológicos.

2.1 Los efectos de la universidad en la economía

Las dos últimas décadas han sido especialmente prolíficas en estudios empíricos que han tratado de cuantificar los efectos de la universidad sobre el sistema económico. Desde un punto de vista macroeconómico, algunos trabajos han contrastado la relevante contribución del stock de conocimiento publicado al incremento de la productividad (Adams, 1990). Otros han tratado de cuantificar los impactos de los fondos destinados a la universidad sobre la producción bruta nacional (Bergman, 1990; Martin, 1998). Es bien conocido que las nuevas teorías de crecimiento endógeno contemplan conceptos relacionados con el desarrollo, acumulación y difusión del conocimiento (Lucas, 1988, Romer, 1990, 1994), sugiriendo que las externalidades del conocimiento (tecnológico y científico) son una de las principales fuentes de crecimiento a largo plazo. Desde la perspectiva regional de estos planteamientos se ha tratado de incorporar los aspectos espaciales del proceso de generación de conocimiento a los modelos de crecimiento. Los trabajos de Olsson y Karlsson (1997), Nijkam y Poot (1998) y Karlsson y Zhang (2001), son una muestra de los esfuerzos realizados en esta línea.

La investigación microeconómica también ha realizado sugerentes aportaciones que, con metodologías diferentes, han examinado las relaciones entre el conocimiento científico y el desarrollo y difusión de las innovaciones. En esta línea, los trabajos de (Mansfield, 1991, 1998; Mansfield y Lee, 1996; Beise y Stahl, 1999) estiman, para un conjunto de empresas, el porcentaje de nuevos productos y procesos basados en la investigación académica reciente.

Por otra parte, la geografía económica ha prestado una considerable atención al papel de las externalidades del conocimiento universitario. El análisis de espacios concretos, como los distritos de alta tecnología (Markusen et al. 1986; Saxenian, 1994; Sternberg y Tamásy, 1999; Weber y Stam, 1999) han puesto de relieve el papel esencial de las universidades en el crecimiento económico de ciertas áreas bien conocidas como el Silicon Valley y la Carretera 128 de Boston. Más allá de estos

análisis basados en experiencias aisladas o casos concretos, la investigación econométrica ha tratado de cuantificar los efectos desbordamiento o *spillovers* del conocimiento universitario a través de una función de producción que incluye explícitamente la dimensión espacial y los recursos de las universidades (véase Audrecht, 1998). Los estudios de Jaffe (1993, 1996, 1998) han utilizado datos de patentes y citas de estas patentes para cuantificar los efectos desbordamiento de la investigación académica. En esta línea, en varios trabajos se han estudiado los efectos positivos de las universidades para el desarrollo económico de su entorno, concluyendo que la investigación universitaria conduce a invenciones más relevantes. Por ejemplo, Zucker et al. (2000) encuentran evidencias de que la entrada de empresas en el sector de biotecnología en los EEUU está determinada por la distribución geográfica de la investigación universitaria de calidad en este campo. MacPherson (2002) en un análisis sobre la contribución de las interacciones universidad-industria a las innovaciones de productos concluye que la proximidad de la investigación académica es un factor que ayuda al desarrollo de la producción (aunque también sus datos revelan que factores no geográficos desempeñan en conjunto un papel mucho más relevante). La investigación empírica en esta área ha detectado en general la presencia de externalidades positivas locales de la investigación universitaria para el desarrollo de nuevas innovaciones (Feldman y Florida, 1994; Varga, 1998; Anselin, 1997, 2000; Fischer y Varga, 2003), si bien esta afirmación no es universal y está restringida a determinados sectores y áreas geográficas.

2.2 Las causas de la contribución de la universidad al desarrollo y a la transferencia de tecnología

Los trabajos mencionados se han ocupado de los *efectos* de la universidad sobre el crecimiento económico, el desarrollo tecnológico y la innovación, sin embargo, es más escasa la literatura centrada en las *causas* de la contribución de la universidad al desarrollo y transferencia de tecnología. Nos encontramos en esta línea con un conjunto de investigaciones que han tratado empíricamente la transferencia de conocimiento científico y tecnológico desde la universidad al sector privado.

Con procedimientos bibliométricos Narin et. al. (1997), Meyer (2000), Tijssen (2001), Verbeek (2002) y Acosta y Coronado (2003) entre otros, han demostrado los efectos indirectos de la investigación científica universitaria en el desarrollo de tecnología privada patentada mediante una relación entre las citas científicas con las patentes de las empresas; es decir, han identificado los antecedentes científicos de las innovaciones con el objeto de explicar los flujos ciencia universitaria–tecnología industrial. Por su parte, otros investigadores han sugerido una metodología con múltiples indicadores para tratar distintas formas de transmisión de conocimiento tanto científico como tecnológico entre universidad e industria (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Schartinger et al., 2002).

Los trabajos de Thursby y Thursby (2002, 2003), Thursby y Kemp (2002), Friedman y Silberman (2003), están centrados en los resultados tecnológicos comercializados por las universidades y cuantificados a través de licencias. Con una metodología econométrica en la mayoría de los casos, en estos estudios se destacan algunos de los factores que inciden en la transferencia de tecnología universidad-empresa, por ejemplo, la calidad de los centros donde se desarrolla la tecnología, el personal de las oficinas de transferencia de tecnología, la tradición en el desarrollo de estas actividades, los recursos del gobierno federal y la localización.

La investigación sobre patentes universitarias, sus patrones de comportamiento y causas explicativas se enmarca también en este bloque de estudios que se han ocupado de la transferencia de conocimiento universidad-empresa. Uno de los más relevantes corresponde a Henderson et al. (1998), quienes comparan las patentes universitarias de los EEUU durante el período 1965-1988; sus resultados muestran que las universidades tienden a estar más interesadas en tecnología médica y farmacéutica y menos en tecnología mecánica. Su análisis de calidad sugiere que para períodos recientes no parece haber diferencia de calidad entre patentes universitarias y las concedidas a otro tipo de organizaciones. En cuanto a las causas explicativas de la evolución de las patentes universitarias destacan tres aspectos esenciales: el marco

legal, o cambios en las leyes federales que facilitan la solicitud de patentes por las universidades (Mowery et al., 2001 ponen en duda esta afirmación), incrementos de fondos industriales destinados a la investigación universitaria y el aumento de los centros e instituciones de interfaz. Coupé (2003) estima una función de producción de patentes universitarias a través de modelos empíricos de recuento, donde sus principales factores explicativos son los gastos académicos en I+D y los factores institucionales considerados previamente por Henderson et al. (1998). Sus resultados confirman las evidencias sobre los efectos institucionales, además de la significativa influencia de los gastos en I+D sobre la producción de patentes universitarias. Miyata (2000) analiza empíricamente cómo las universidades norteamericanas generan resultados que están próximos a la comercialización y cuáles son los factores que determinan estos resultados a través de modelos de regresión. Utiliza como variable endógena el número de invenciones (aunque no presenta los resultados, el número de patentes o licencias conducen según el autor a los mismos resultados), y como factores explicativos los fondos provenientes de la industria, tradición en su relación con la industria, calidad de la investigación y su relación con la administración. Los resultados de sus regresiones, con una muestra transversal de 69 universidades americanas, vienen a constatar que de sus variables explicativas, sólo la calidad de la investigación y la tradición en la relación con la industria conducen a la generación de mayores invenciones. Owen-Smith y Powell (2003) analizan las fuentes de las capacidades de las universidades norteamericanas para generar resultados próximos a la comercialización. Estos autores sugieren como posibles causas explicativas de los mecanismos por los que las universidades desarrollan patentes, el know-how (acumulación de patentes o experiencia previa en ese campo), el personal dedicado a la transferencia de tecnología y los lazos contractuales con empresas que patentan. Su modelo recoge como variable endógena el número de citas recibidas por una patente universitaria en el sector de ciencias de la vida, es decir, la suma de las citas a patentes asignadas a una universidad como medida del impacto de la organización; los factores explicativos recogen unas variables de control (presencia de facultad de medicina, tipo de universidad -si es privada o no-, localización), experiencia (número de patentes previas), capacidad científica (artículos), impacto científico y capacidad de

integración en redes. Estos autores, encuentran un efecto positivo y significativo del tamaño de la cartera de patentes sobre el número de citas, del grado de asociación o integración en redes y de las publicaciones científicas (las publicaciones académicas están directamente relacionadas a un elevado impacto de las patentes universitarias).

3. Metodología

3.1 Modelo

El objetivo de este apartado es plantear un marco de trabajo que nos permita identificar los factores que inciden en la generación directa de tecnología (patentes) por las universidades con uso potencialmente comercial. Para representar adecuadamente este fenómeno sugerimos una función de generación de conocimiento tecnológico por las universidades, de forma que esta variable dependa de las características de la universidad (capacidades y potencialidades tecnológicas) y de las características industriales del entorno. Es decir:

$$K_i = f(U_i, T_i)$$

Donde K representa la generación de conocimiento tecnológico por la universidad i , que es función de:

- Un vector de variables U_i , que expresa en conjunto las capacidades y potencialidades de la universidad i para generar conocimiento tecnológico. La literatura empírica (véase apartado 2.2), ha puesto de relieve que, fundamentalmente, el desarrollo y la transferencia de tecnología están determinadas por sus características. Por tanto, los recursos humanos dedicados a la investigación, la calidad de los resultados científicos, el Know-how, etc. formarán, en conjunto, el potencial y la capacidad de cada universidad para la producción de conocimiento tecnológico.

- Un vector de variables T_i , que recoge las características industriales del entorno y que pueden incidir sobre la producción de conocimiento tecnológico universitario. La aceptación de un modelo interactivo de innovación supone que los flujos de conocimiento son mutuos entre el sector académico y el industrial. La presencia de contactos informales entre científicos e investigadores de empresa puede generar un beneficio mutuo entre ambos que puede redundar en un impacto positivo en la cartera de patentes de las universidades.

3.2 Variables

La variable dependiente que pretendemos explicar es la generación de conocimiento tecnológico por las universidades; su cuantificación se hará a partir del número de patentes agregadas para cada una de las universidades públicas españolas. Al igual que todos los indicadores tecnológicos, el uso de las patentes no está exento de dificultades; entre sus inconvenientes se puede mencionar el hecho de que no toda la tecnología patentable o patentada se aplica finalmente en el mercado o las diferencias de calidad entre patentes.¹ Como especificamos en la revisión de la literatura, diversas propuestas se han realizado para tratar de cuantificar la producción y transferencia de tecnología de las universidades hacia las empresas. Patentes, licencias y citas de patentes son los indicadores utilizados con mayor frecuencia. En nuestro caso el análisis se ha realizado utilizando las patentes domésticas (NLP) concedidas a universidades españolas, en lugar de la patente europea (EPO),

¹ Numerosos trabajos de carácter temporal, sectorial y espacial en el ámbito internacional confirman la validez del indicador para aproximarnos a la creación y características tecnológicas de instituciones, sectores, países y regiones. Sin ánimo de ser exhaustivos, a continuación se relacionan algunos ejemplos de análisis empíricos recientes que utilizan las patentes como indicador. Sobre análisis de agentes institucionales (empresas, universidades): Brouwer y Kleinknecht (1999), Henderson et al. (1998); en cuanto a distribución internacional de la tecnología: Trajtenberg (2001), Ceh (2001), Guellec et al. (2001); por el lado de los estudios regionales: Coronado y Acosta (1997), Pacci y Usai (2000), ÓhUallaháin (1999), Breschi (2000); con estudios temporales: Kortum y Lerner (1997), Keely (2001), Kelly y Hageman (1999), Acs et al. (2002). Por otro lado, diversas revisiones recopilan de forma exhaustiva la investigación económica empírica sobre patentes, y señalan sus dificultades metodológicas; véanse en esta línea los trabajos de Basberg (1987), Pavitt (1988), Griliches (1990), Archibugi (1992). El relativamente reciente trabajo de Grupp y Schmoch (1999) proporciona una perspectiva interesante para evitar problemas con su uso en un entorno cada vez más globalizado.

internacional (PCT) o americana (USPTO). La razón de esta elección es la propia delimitación o ámbito de este trabajo; el uso de la patente nacional amplía la información: las patentes domésticas son las más abundantes y además no se introducen distorsiones (no se deja al margen tecnología de calidad que sigue otras vías de protección, puesto que la mayor parte de las patentes que siguen una vía europea, internacional o americana han sido solicitadas previamente por la vía nacional NLP). Téngase en cuenta, en cualquier caso, que la perspectiva del análisis es parcial porque existen otras formas de producción y transferencia de conocimiento tecnológico que se transmiten por otras vías y que no están recogidas por las patentes.

Asumiendo las limitaciones señaladas, las patentes registradas por cada universidad vendrán determinadas por los siguientes factores explicativos, que como mencionábamos en el apartado anterior, están divididos en dos grupos:

Capacidades y potencialidades universitarias:

Para recoger el conjunto de capacidades y potencialidades de cada una de las universidades incluimos en nuestro modelo las siguientes variables explicativas: la financiación, cuantificada por los recursos procedentes del Gobierno Central y autonómico destinados al gasto en infraestructura científica y grupos de investigación (FINANCIACIÓN); los recursos humanos con capacidad potencial para la generación de tecnología, cuantificados por el número de investigadores en las áreas de ciencias (excluyendo ciencias sociales y humanidades) e ingeniería (RHUMANOS); la producción científica con un impacto potencial en el desarrollo de nuevas patentes, medida a través del número de publicaciones en los campos científicos (excluidas ciencias sociales y humanidades, PUBLICACIONES); el know-how medido a través del número de patentes de cada universidad en los tres años anteriores al periodo de análisis (KNOW); el año de constitución de la universidad, cuantificado por una variable ficticia que toma valor 1 para las universidades de reciente creación (año 1995 o posterior), y valor 0 en caso contrario (ANYO95). A excepción de la variable ficticia, todas las demás están ponderadas por el número de investigadores en las áreas de

ciencias e ingeniería (quedan excluidas por tanto humanidades y ciencias sociales y jurídicas). En la Tabla 1 figura el detalle de todas las variables.

Entorno industrial y tecnológico:

El entorno donde se desarrolla la generación de patentes universitarias puede ser medido a través de diversos indicadores. En nuestro caso hemos optado por un indicador de entorno tecnológico cuantificado por el número de empresas que patentan en la provincia donde está ubicada la universidad. Con el objeto de evitar problemas de escala, esta variable se ha ponderado por el valor añadido industrial de cada provincia. En la Tabla 1 se recoge el detalle de esta variable.

-TABLA 1-

VARIABLES EXPLICATIVAS	
Nombre	Definición
<i>Capacidades y potencialidades universitarias para generar conocimiento tecnológico</i>	
FINANCIACIÓN	Recursos financieros procedentes del Gobierno Central y autonómico destinados al gasto en infraestructura científica y grupos de investigación (Importe del Capítulo 6 del presupuesto de gastos liquidados de cada universidad). Media de los años 1998 y 2000 dividida por la media del número de investigadores funcionarios de esos años. ²
RHUMANOS	Recursos humanos con capacidad potencial para la generación de tecnología. Ratio formado por el número de investigadores funcionarios en las ramas de ciencias (excluidas ciencias sociales y humanidades) e ingeniería dividido por el total de investigadores de cada universidad. Año 1998.
PUBLICACIONES	Producción científica con impacto potencial en el desarrollo de patentes. Número de publicaciones en ciencias (excluidas ciencias sociales y humanidades) e ingeniería entre los años 1998/2001 dividido entre el número de investigadores en ciencias e ingeniería de 1998.
KNOWHOW	Número de patentes de cada universidad durante los años 1995-1998 dividido por el número de investigadores en ciencias e ingeniería.
ANYO95	Variable ficticia que toma valor 1 para las universidades con fecha de creación en 1995 o posterior, valor 0 en caso contrario.
<i>Entorno industrial y tecnológico</i>	
ENTORNO	Número de empresas con al menos una patente concedida en la provincia (durante el período 1998-2001) donde está ubicada la universidad, dividido por el valor añadido bruto industrial de 1998.
Fuente: elaboración propia.	

² Se ha recurrido a una media de los dos años por la imposibilidad, con los datos existentes, de desagregar por partidas en capítulo 6. Este hecho implica considerar también el gasto en inversiones, que puede oscilar enormemente de un año a otro, por ello se ha optado por una media entre los mencionados dos años.

3.3 Especificación econométrica e hipótesis

La naturaleza de los datos sugiere la formulación y estimación de un modelo de recuento para recoger la intensidad de la generación de conocimiento tecnológico universitario a través del número de patentes (poisson o binomial negativo). Por ejemplo, en el modelo de poisson (PRM), el número de sucesos, dado un conjunto de regresores X , tiene una distribución de Poisson con función de densidad:

$$f(y_i | x_i) = \frac{e^{-\mu} \mu^{y_i}}{y_i!}, \quad y_i = 0, 1, 2, \dots$$

La media condicional depende de las características individuales recogidas en los regresores, es decir:

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

La función de verosimilitud, dada la independencia de las observaciones, es:

$$L(\beta | y, X) = \prod_{i=1}^N \Pr(y_i | \mu_i) = \prod_{i=1}^N \frac{\exp(-\mu_i) \mu_i^{y_i}}{y_i!}$$

Y la función logarítmica de verosimilitud es:

$$\ln L(\beta | y, X) = \sum_{i=1}^N [y_i x_i \beta - \exp(x_i \beta) - \ln y_i!]$$

Los estimadores del modelo de Poisson vienen dados por la solución de las condiciones de primer orden:

$$\sum_{i=1}^N [y_i - \exp(x_i \beta)] x_i = 0$$

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, p. 31). 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 encuentran extensamente detallados en Cameron y Trevidi, 1998, pág. 71 y siguientes).

Una vez planteado el marco teórico y la especificación econométrica, las hipótesis que queremos contrastar en este trabajo están relacionadas con los posibles efectos de las capacidades universitarias y de su entorno tecnológico sobre la producción de patentes. Las hipótesis que formulamos son las siguientes:

H1: Mayores cantidades de recursos financieros destinados al gasto en infraestructura científica y grupos de investigación generarán mayor producción de tecnología patentable por las universidades.

H2: Mayor número de investigadores con capacidad potencial para la generación de tecnología facilitará una producción mayor de patentes por las universidades.

H3: Una mayor producción científica con un impacto potencial en el desarrollo de tecnología propiciará una producción mayor de patentes por las universidades.

H4: A mayor conocimiento tecnológico acumulado (Know-how) mayor será la generación de tecnología patentable por las universidades.

H5: Las universidades de reciente creación disponen de menor capacidad para generar tecnología patentable.

H6: Cuanto más tecnológicamente desarrollado esté el entorno donde se ubica la universidad, mayor será la demanda potencial de tecnología a las universidades y, por tanto, se producirán más patentes universitarias.

4. Datos y resultados

Para la obtención de la información primaria se ha realizado una revisión de todas las patentes domésticas concedidas a universidades públicas españolas durante el periodo 1998-2001 (600 patentes de 47 universidades públicas). Las patentes de cada universidad se han clasificado de acuerdo con un criterio suficientemente difundido que distingue entre cinco áreas tecnológicas y treinta subcampos basados en la Clasificación Internacional de Patentes (IPC)³. Adicionalmente se ha procedido a clasificar esas patentes por regiones (en las 17 Comunidades Autónomas españolas). Con el objeto de disponer de un análisis previo al modelo que explique las causas de la producción de patentes por las universidades, se ha realizado un estudio previo de los datos que nos permite contestar algunas cuestiones de interés inicialmente señaladas y que destacamos a continuación:

- Como se aprecia en la Tabla 2, de la suma de patentes de ambas instituciones – universidad y empresa-, las patentes universitarias suponen por término medio el 26,75% del total, lo que indica que las universidades españolas desempeñan un papel muy relevante en la generación de tecnología comercialmente útil.

- La mayor aportación de la universidad al desarrollo de tecnología patentada se genera en los grupos de Instrumentos y de Química y productos farmacéuticos, mientras que su representación en el grupo de Ingeniería mecánica y maquinaria es relativamente reducida comparada con los anteriores. Se produce en este aspecto una diferencia destacable con el sector de empresas, donde su mayor aportación se encuentra en la agrupación de Ingeniería mecánica. Obsérvese, por otro lado, que es fundamentalmente en sectores de alta tecnología como biotecnología, tecnologías de la información y semiconductores donde la producción de patentes universitarias supera al sector empresarial. Con carácter agregado la correlación para todos los sectores entre patentes universitarias y empresariales es relativamente baja (0,28), lo que nos

³ Esta clasificación ha sido elaborada conjuntamente por FhG-ISI, la Oficina Francesa de Patentes (INPI), y el Observatoire de Sciences and des Techniques (OST).

viene a confirmar que la aportación de cada institución –universidad/empresa- al desarrollo de tecnología patentable no sigue las mismas pautas sectoriales de comportamiento.

- El cálculo de unos indicadores básicos de concentración sectorial (últimas filas de la Tabla 2) revela que la producción de tecnología patentada por las universidades está concentrada en pocos sectores: sólo las patentes en biotecnología y análisis, medición y tecnología de control suponen el 29,67% de todas las patentes universitarias. En la misma Tabla 2 figuran los indicadores de concentración para el sector empresa, lo que evidencia una mayor equidistribución sectorial de patentes empresariales.

- Para evaluar la calidad se ha utilizado como indicador el porcentaje de patentes con todas las reivindicaciones calificadas en el “Informe sobre el estado de la técnica” con “X” (es decir, el examinador de la patente ha encontrado para cada reivindicación documentos previos –patentes, artículos científicos, etc.- de particular relevancia referidas a invenciones de la misma naturaleza) revela que en torno al 11,5% de las invenciones universitarias aportan escasa novedad porque se han encontrado documentos previos de similar naturaleza. Como puede apreciarse, para el conjunto de todos los sectores, prácticamente no existen diferencias entre la calidad de patentes universitarias y las patentes de las empresas. Sin embargo, obsérvese en la Tabla 2 que para cada sector sí que hay discrepancias (la correlación para los 30 sectores entre calidad de las patentes de ambas instituciones es sólo 0,13).

En la Tabla 3 figuran los datos de patentes universitarias regionalizados. La comunidad autónoma con mayor número de patentes universitarias es Madrid, seguida de Cataluña y la Comunidad Valenciana -con un número similar-, y Andalucía. En esas cuatro regiones se concentra el 73% de todas las patentes universitarias. Si comparamos la concentración regional de patentes universitarias y empresariales, puede apreciarse a partir de los indicadores CR1, CR2, CR4, y del índice de Herfindalh, que las patentes universitarias están menos concentradas espacialmente que las patentes empresariales. Por término medio, de cada cuatro patentes una es

universitaria; los polos extremos corresponden a Andalucía, donde de cada dos patentes una es universitaria, y Cataluña, donde sólo una de cada siete patentes procede de la universidad.

-TABLA 2-

DISTRIBUCIÓN SECTORIAL, GRADO DE CONCENTRACIÓN Y CALIDAD DE PATENTES UNIVERSITARIAS Y EMPRESARIALES							
SECTOR TECNOLÓGICO	Patentes universidad (A)		Patentes empresa (B)		Patentes A/(A+B)	Calidad (1)	
	Nº	%	Nº	%		%	Universidad (C)
I. INGENIERÍA ELÉCTRICA							
1. Maquinaria eléctrica y aparatos, energía eléctrica	28	4,67	139	8,46	16,77	7,14	12,23
2. Tecnología audiovisual	5	0,83	37	2,25	11,90	0,00	18,92
3. Telecomunicaciones	24	4,00	57	3,47	29,63	8,33	21,05
4. Tecnología de la información	21	3,50	13	0,79	61,76	9,52	15,38
5. Semiconductores	5	0,83	4	0,24	55,56	0,00	25,00
II. INSTRUMENTOS							
6. Óptica	14	2,33	7	0,43	66,67	14,29	14,29
7. Análisis, medición y tecnología de control	107	17,83	127	7,73	45,73	12,15	22,05
8. Tecnología médica	36	6,00	54	3,29	40,00	11,11	3,70
III. QUÍMICA Y PRODUCTOS FARMACÉUTICOS							
9. Química orgánica fina	45	7,50	80	4,87	36,00	13,33	6,25
10. Química macromolecular, polímeros	10	1,67	10	0,61	50,00	20,00	10,00
11. Productos farmacéuticos, cosmética	22	3,67	58	3,53	27,50	13,64	18,97
12. Biotecnología	71	11,83	26	1,58	73,20	12,68	7,69
13. Materiales, metalurgia	44	7,33	42	2,56	51,16	6,82	21,43
14. Agricultura, química alimentaria	21	3,50	56	3,41	27,27	23,81	16,07
15. Industria química y del petróleo, química de mat. básicos	15	2,50	34	2,07	30,61	0,00	0,00
IV. INGENIERÍA DE LOS PROCESOS, EQUIP. ESPECIAL							
16. Ingeniería química	21	3,50	40	2,43	34,43	9,52	12,50
17. Tecnología de las superficies y revestimientos	8	1,33	19	1,16	29,63	0,00	21,05
18. Procesamiento de materiales, textiles, papel.	10	1,67	74	4,50	11,90	10,00	10,81
19. Procesos térmicos y aparatos	6	1,00	37	2,25	13,95	16,67	13,51
20. Tecnología ambiental	13	2,17	26	1,58	33,33	15,38	11,54
V. INGENIERÍA MECÁNICA, MAQUINARIA							
21. Maquinaria de herramientas	5	0,83	52	3,16	8,77	20,00	3,85
22. Motores, bombas y turbinas	7	1,17	23	1,40	23,33	14,29	26,09
23. Elementos mecánicos	7	1,17	46	2,80	13,21	28,57	15,22
24. Manipulación, imprenta	8	1,33	138	8,40	5,48	12,50	7,97
25. Maquinaria y aparatos para la agric. y tratam. de alimentos	6	1,00	70	4,26	7,89	0,00	12,86
26. Transporte	16	2,67	79	4,81	16,84	6,25	10,13
27. Ingeniería nuclear	0	0,00	2	0,12	0,00	0,00	0,00
28. Tecnología espacial, armas	1	0,17	10	0,61	9,09	100,00	20,00
29. Bienes de equipo y consumo	14	2,33	144	8,76	8,86	14,29	8,33
30. Ingeniería civil, construcción y minería	10	1,67	139	8,46	6,71	0,00	6,47
TOTAL	600	100	1.643	100	26,75	11,33	12,05
C1 (2)	17,83			8,76			
C2 (2)	29,67			17,22			
C4 (2)	44,50			34,08			
Herfindalh (2)	0,0740			0,0537			
Correlación (A:B)	0,2888						
Correlación (C:D)	0,1342						

(1) % de patentes en cada sector sobre el total con todas las reivindicaciones calificadas por el examinador por X (presencia de documentos previos de particular relevancia referidos a invenciones de la misma naturaleza).

(2) C1, C2, C4: concentración de patentes en el sector donde más se patenta, los dos y los cuatro sectores que aglutinan mayor número de patentes (%). El índice de Herfindalh está calculado de la forma habitual $H=\text{Sum}(C_i^2)$, donde C es la participación del número de patentes de cada sector en el total. Sus límites son $1/n=0,033(n=n^{\circ}$ de sectores) y 1 (el límite inferior indica equidistribución sectorial y el superior máxima concentración).

FUENTE: O.E.P.M. y elaboración propia.

Particularmente relevante resulta el análisis de calidad de las patentes universitarias por regiones. Obsérvese que Madrid -e incluso Cataluña- se sitúan aproximadamente en torno a los valores medios de calidad de patentes universitarias y empresariales. La Comunidad Valenciana presenta indicadores que mejoran en varios puntos a la media del conjunto de España. Un caso atípico corresponde a Andalucía con un comportamiento bien diferente: sus patentes universitarias muestran un indicador de calidad varios puntos mejor a la media; sin embargo, existe una gran discrepancia con respecto al comportamiento de las patentes empresariales, donde la calidad es sustancialmente inferior a las patentes universitarias y a la media del conjunto de España.

-TABLA 3-

DISTRIBUCIÓN REGIONAL, GRADO DE CONCENTRACIÓN ESPACIAL Y CALIDAD DE PATENTES UNIVERSITARIAS Y EMPRESARIALES

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Patentes universidad (A)		Patentes empresa (B)		Patentes A/(A+B)	Calidad (1)	
	Nº	%	Nº	%		Universidad	Empresa
Andalucía	72	12,00	73	4,44	49,66	9,72	23,29
Cataluña	94	15,67	603	36,70	13,49	10,64	10,28
Com. Valenciana	93	15,50	170	10,35	35,36	6,45	8,82
Madrid	179	29,83	341	20,75	34,42	12,85	14,37
Resto	162	27,00	456	27,75	26,21	12,96	12,06
TOTAL	600	100	1643	100	26,75	11,17	12,05
CR1 (2)	29,83		36,70				
CR2 (2)	45,50		57,46				
CR4 (2)	73,00		76,69				
Herfindalh R (2)	0,1629		0,2040				
Correlación (A;B)	0,7115						

(1) % de patentes en cada sector sobre el total con todas las reivindicaciones calificadas por el examinador por X (presencia de documentos previos de particular relevancia referidas a invenciones de la misma naturaleza).

(2) CR1, CR2, CR4: concentración de patentes en la región donde más se patenta, las dos y las cuatro regiones que aglutinan mayor número de patentes (%). El índice de Herfindalh R está calculado de la forma habitual $H = \sum(C^2)$, donde C es la participación del número de patentes de cada región en el total. Sus límites son $1/n=0,058$ ($n=n^{\circ}$ de regiones) y 1 (el límite inferior indica equidistribución sectorial y el superior máxima concentración).

FUENTE: O.E.P.M. y elaboración propia.

-TABLA 4-

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

	Mean	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis	Minimum	Maximum	Nª Obs.
NUMPAT	9,4468	13,1411	2,5027	9,2211	0,0000	63,0000	47
FINANCIACIÓN	6,1883	5,7190	2,1479	6,8402	1,3432	25,9668	47
RHUMANOS	0,5480	0,1768	0,3242	4,3279	0,1195	1,0000	47
PUBLICACIONES	2,7348	1,9598	1,3220	5,1008	0,0037	9,5000	47
KNOWHOW	17,4263	15,2083	0,8438	3,9669	0,0000	70,0389	47
ANYO95	0,0851	0,2821	2,9419	9,6336	0,0000	1,0000	47
ENTORNO	9,9143	4,6726	0,0924	1,9314	1,2473	17,6001	47

Una vez realizado el análisis descriptivo, se ha procedido a la estimación de las especificaciones planteadas. En la Tabla 4 figuran los estadísticos descriptivos de todas las variables incorporadas a los modelos de recuento.

En la Tabla 5 se han recogido los datos de las estimaciones. Con el objeto de proporcionar mayor robustez a los resultados se han estimado las dos categorías de modelizaciones. Ambas especificaciones -poisson (P) y binomial negativo (NB)- consideran el número de patentes de cada universidad como una variable de recuento; tienen en cuenta, por tanto, la intensidad en la producción de conocimiento científico. Sin embargo, la aplicación del test de sobredispersión de Cameron y Trevidi sugiere que el modelo P presenta sobredispersión (la variancia condicional excede a la media condicional), lo que conlleva que los errores estándar del modelo P están sesgados a la baja y los estadísticos t presenten unos valores artificialmente inflados. El supuesto de igualdad de media y variancia no parece razonable. Una opción factible para evitar el sesgo a la baja de los errores estándar del modelo de Poisson es aplicar la corrección de Eicker-White para obtener unos valores robustos (en la columna “Robust” se reportan estos valores). Las hipótesis formuladas en el apartado anterior se han contrastado a través de análisis de significación individual sobre los coeficientes de cada variable. A partir de estas primeras estimaciones puede observarse que el modelo de Poisson (con errores estándar corregidos) nos indica que las variables relevantes representativas de las capacidades universitarias para explicar las patentes universitarias son los recursos humanos y el know how. Con un nivel de significación del 10% y con signo negativo aparece además el parámetro de la variable año de creación; es decir, que las universidades de reciente creación disponen de una menor capacidad para generar tecnología patentable. Ni la financiación ni las publicaciones son relevantes para explicar la producción de patentes. Obsérvese, por otro lado, que el parámetro de la variable representativa del entorno tecnológico es estadísticamente significativo y con signo positivo. Por tanto, las estimaciones del modelo P nos lleva a rechazar las hipótesis H1 y H3.

Como alternativa a las estimaciones robustas del modelo P se ha obtenido las estimaciones del modelo binomial negativo. Obsérvese que los resultados son muy similares, a excepción del coeficiente de la variable publicaciones que en el modelo P no era significativo y en el modelo NB lo es al 10%; además, la variable anyo95, con un coeficiente estadísticamente significativo al 10% en el modelo P, no es relevante en el modelo NB. Los resultados del modelo NB nos lleva a rechazar la hipótesis H1 y H5.

-TABLA 5-

FACTORES DETERMINANTES DE LA PRODUCCIÓN DE TECNOLOGÍA PATENTADA POR LAS UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS (Variable dependiente: número de patentes universitarias)					
Variables	Poisson (P)			Binomial Negativo (NB)	
	Coeff.	Std.Err.	Std.Err (Robust)	Coeff.	Std.Err.
CONSTANTE	-1,6223*	0,3450	0,7488	-3,1412	2,3747
FINANCIACIÓN	-0,0264	0,0169	0,0370	-0,0501	0,0391
RHUMANOS	3,5848*	0,4467	1,3025	5,3945*	2,0765
PUBLICACIONES	0,0988	0,0482	0,1192	0,2979**	0,1745
KNOWHOW	0,0335*	0,0031	0,0085	0,0438*	0,0180
ANYO95	-1,2376**	0,5165	0,7309	-1,0467	0,8511
ENTORNO	0,0817*	0,0125	0,0410	0,0639*	0,0283
Alpha				0,3639	0,6282
-ln	161,441			125,53	
P2	0,801				
D2	0,711				
Overd (1)	2,548				
Nº obs.	47				

* Sign. 5%; ** Sign.10% (for robust estimations).
(1) Overdispersion test by Cameron and Trevidi (1990).

El análisis conjunto de los resultados obtenidos para el contraste de las hipótesis se resume en la Tabla 5, donde figuran las hipótesis, las variables que representan a cada una y los efectos (positivos/negativos) en cada modelo. Como puede apreciarse, ambas estimaciones son favorables a las hipótesis H2, H4 y H6.

-TABLA 5-

CONTRASTE DE HIPÓTESIS. RESUMEN DE RESULTADOS (1)					
Hipótesis	Variables explicativas	POISSON		NEGATIVE BINOMIAL	
		Relation	Sing (1)	Relation	Sing (1)
H1	FINANCIACIÓN	-		-	
H2	RHUMANOS	+	*	+	*
H3	PUBLICACIONES	+		+	**
H4	KNOWHOW	+	*	+	*
H5	ANYO95	-	**	-	
H6	ENTORNO	+	*	+	*
(1) * Sign. 5%; ** Sign.10%.					

5. Conclusiones

Entender cómo contribuye la universidad a la generación directa de tecnología nos puede ayudar a elaborar medidas eficaces que contribuyan a conectar el ámbito académico con el sector productivo y faciliten la transferencia de tecnología universidad-empresa. En este trabajo hemos tratado de desvelar, a partir de un examen de 600 patentes concedidas durante el período 1998-2001, algunas cuestiones relevantes relacionadas con la contribución de las universidades públicas españolas al desarrollo de tecnología patentada.

Un primer análisis descriptivo de los datos ha puesto de relieve que las universidades españolas desempeñan un papel muy relevante en la generación de tecnología comercialmente útil: si excluimos los inventores particulares, una de cada cuatro patentes concedidas está registrada por una universidad. La mayor aportación de la universidad al desarrollo de tecnología patentada se genera en los grupos de Instrumentos, Química y productos farmacéuticos, mientras que su representación en el grupo de Ingeniería mecánica y maquinaria es relativamente reducida comparada con los anteriores; es fundamentalmente en sectores de alta tecnología como biotecnología, tecnologías de la información y semiconductores donde la producción de patentes universitarias supera al sector empresarial. La comparación de patentes universitarias en relación con las empresariales presenta varios puntos destacables: primero, las patentes universitarias muestran una escasa participación en los sectores

de ingeniería mecánica y maquinaria frente a las empresariales; segundo universidad y empresa no siguen las mismas pautas de comportamiento sectorial, lo que podría indicar que la producción tecnológica de las universidades está al margen de las demandas del mercado; tercero, las patentes universitarias están más concentradas sectorialmente que las empresariales; y cuarto, la calidad de patentes universitarias es por término medio similar, aunque existen importantes discrepancias intersectoriales. El análisis territorial de las patentes universitarias revela que cuatro regiones se concentran el 73% de todas las patentes universitarias. Si comparamos la concentración regional de patentes universitarias y empresariales se concluye las patentes universitarias están menos polarizadas espacialmente que las patentes empresariales. Por regiones se observan serias discrepancias tanto en el número de patentes universitarias en relación a las empresariales, como en calidad de las patentes.

Para la identificación de los factores que inciden en la producción de tecnología patentada, la especificación de una “función de generación de conocimiento tecnológico” y su estimación con modelizaciones econométricas de recuento para el conjunto de 47 universidades públicas españolas, nos permite concluir que la evidencia de las dos especificaciones (poisson y binomial negativo) son favorables a las hipótesis de que los recursos humanos, la acumulación de conocimiento tecnológico y el entorno empresarial son determinantes en la producción de patentes universitarias. Se han encontrado evidencias, aunque débiles, de los efectos de las publicaciones científicas sobre la generación de nuevas patentes. Por último, a la luz de ambas especificaciones, mayores recursos financieros destinados a infraestructuras y a la financiación de grupos de investigación no necesariamente están relacionados con una producción mayor de patentes, aunque probablemente esta constatación se debe a que la variable utilizada está agregada, porque es prácticamente imposible diferenciar cuáles son los recursos empleados en el desarrollo de tecnología y cuáles dirigidos a la investigación.

Bibliografía

Acosta, M., Coronado, D., 2003. Science-technology flows in Spanish Regions. An analysis of scientific citation in patents. *Research Policy*, in press.

Adams, J., 1990. Fundamental stocks of knowledge and productivity growth. *Journal of Political Economy* 98, 673-702.

Anselin, L., Varga, A., Acs, Z.J., 1997. Local geographic spillovers between university research and high technology innovations. *Journal of Urban Economics* 42, 422-448.

Anselin, L., Varga, A., Acs, Z.J., 2000. Geographic and sectoral characteristics of academic knowledge externalities. *Papers of Regional Science* 79, 435-443.

Archibugi, D., 1992. Patenting as indicator of technological innovation: a review. *Science and Public Policy* 19 (6), 357-368.

Audretsch, D.B., 1998. Agglomeration and the location of innovative activity. *Oxford Review of Economic Policy* 14 (2), 18-29.

Basberg, B.L., 1987. Patents and the measurement of technological change: a survey of the literature. *Research Policy* 16, 131-141.

Beise, M., Stahl, H., 1999. Public research and industrial innovation in Germany. *Research Policy* 28, 397-422.

Bergman, E.M., 1990. The economic impact of industry-funded university R&D. *Research Policy* 19, 197-422.

Boitani, A., Ciciotti, E., 1990. Patents as indicators of innovative performances at the regional level. En Capellin, R. y Nijkamp, P (Eds.), *The spatial context of technological development*. Avebury, Aldershot, 139-165.

Braczyk, H.J., Cooke, P., Heidenreich, M., 1998. *Regional Innovation Systems. The role of governances in a globalized world*. UCL Press, London.

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: Cambridge University Press.

Cooke, P., 1998. *Regional Innovation System. An evolutionary approach*. In Braczyk, H., Cooke, P., Heidenreich, R. (Eds.), *Regional Innovation Systems*. UCL Press, London.

Coupé, T., 2003. Science Is Golden: Academic R&D and University Patents. *Journal of Technology Transfer* 28, 31-46.

Cozzens, S., Healey, P., Rip, A., Ziman, J., Eds., 1990. *The Research Systems in Transition*. Kluwer Academic Publisher, Boston.

Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (Eds.), 1997. *Universities in the Global Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government relations*. Cassell Academic. London.

Etzkowitz, H., Leydesdorff, L., 2000. The dynamics of innovation: from National Systems and Mode 2 to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy* 29, 109-123.

Feldman M., Florida R., 1994. The geographic sources of innovation: Technological infrastructure and product innovation in the United States. *Annals of the Association of American Geographers* 84, 210B229.

Fischer, M., Varga, A., 2003. Spatial knowledge spillovers and university research: Evidence from Austria. *Annal of Regional Science* 37, 303-322.

Freeman, C., 1988. Japan: a new national system of innovation. In: Dosi, et al., Eds., *Technical Change and Economic Theory*. Francis Pinter, London, 330B348.

Friedman, J., Silberman, J., 2003. University technology transfer: do incentives, management, and location matter? *Journal of Technology Transfer* 28, 17-30.

Henderson, R., Jaffe, A.B., Trajtenberg, M., 1998. Universities as a source of commercial technology: a detailed analysis of university patenting, 1965-1988. *The Review of Economics and statistics* 80 (1), 119-128.

Jaffe, A., Fogarty, M., Banks, 1998. Evidence from patents and patent citations on the impact of NASA and other labs on commercial innovations. *Journal of Industrial Economics* 46 (2).

Jaffe, A., Trajtenberg, M., Henderson, R., 1993. Geographic localisation of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Quarterly Journal of Economics* 108, 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 n1 5712.

Karlsson, C., Wei-Bin, Z., 2001. The role of universities in regional development. Endogenous human capital and growth in a two-region model. *Annal of Regional Science* 35, 179-197.

Leydesdorff, L., 2000. The Triple Helix: an evolutionary model of innovation. *Research Policy* 29, 243-255.

Lucas, R., 1988. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* 22, 3-42.

Lundvall, B.-Å., Ed., 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers, London.

MacPherson, A., 2002. The contribution of academic-industry interaction to product innovation: The case of New York State=s medical device sector. *Papers in Regional Science* 81, 121-129.

Mansfield, E., 1991. Academic research and innovation. *Research Policy* 20, 1-12.

Mansfield, E., 1998. Academic research and industrial innovation: an update of empirical findings. *Research Policy* 26, 773-776.

Mansfield, E., Lee, J.Y., 1996. The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D suort. *Research Policy* 25, 1047-1058.

Markusen, A.r., Hall, P., Glasmeier, A., 1986. *High Tech America: the what, how, where and why of the sunrise industries*. Allen and Unwin, Boston.

Martin, F., 1998. The economic impact of Canadian University R&D. *Research Policy* 27, 677-687.

Meyer, M., 2000. Does science push technology? Patents citing scientific literature. *Research Policy* 29, 409-434.

Meyer-Krahmer, F., Schmoch, U., 1998. Science-based technologies: university-industry interactions in four fields. *Research Policy* 27, 835-851.

Michel, J., Bettels, B., 2001. Patent citation analysis: A closer look at the basic input data from patent search reports. *Scientometrics* 51, 1., 185-201.

Narin, F. , Hamilton, K.s., Olivastro, D., 1997. The increasing linkage between US technology and public science. *Research Policy* 26, 317-330.

Nelson, R.R., Ed., 1993. *National Systems of Innovation. A Comparative Analysis*. Oxford University Press, Oxford.

Nelson, r. R., winter, S., 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press, Cambridge.

Nijkamp, P., Poot, J., 1998. Spatial perspectives on new theories of economic growth. *Annals of Regional Science* 32, 7-37.

Owen-Smith, J., Powell, W., 2003. The expanding role of university patenting in the life sciences: assessing the importance of experience and connectivity. *Research Policy*, in press.

Romer, P., 1990. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy* 98 (5), S71-S102.

Romer, P., 1994. The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives* 8 (1), 3-22.

Saxenian, A., 1994. *Regional advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press, Cambridge.

Schartinger, D., Rammer, C., Fischer, M.M., Fröhlich, J., 2002. Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants. *Research Policy* 31, 303-328.

Smith, K., 1995. Interactions in knowledge systems: foundations, policy implications and empirical methods. *STI-Review* 16, 69-102.

Sternberg, R., Tamásy, C., 1999. A Munich in Germany=s N1 1 high technology region: empirical evidence, teoretical explanations and the role of small firm/large firm relationships@. *Regional Studies* 33, 4., 367-377.

Tijssen, R.J.W., 2001. Global and domestic utilization of industrial relevant science: patent citation analysis of science-technology interactions and knowledge flows. *Research Policy* 30, 35-54.

Thursby, J., R. Jensen, and M. Thursby, 2001. Objectives, Characteristics and Outcomes of University Licensing: A Survey of Major U.S. Universities, *Journal of Technology Transfer* 26, 59B72.

Thursby, J. and M. Thursby, 2002. Who is Selling the Ivory Tower? Sources of Growth in University Licensing,= *Management Science* 48 (1), 90B104.

Thursby, J, Thursby, M.C., 2003. Industry/University Licensing: Characteristics, Concerns and Issues from the Perspective of the Buyer. *Journal of Technological Transfer* 28, 207-213.

Thursby, J. and S. Kemp, 2002. Growth and Productive Ef.ciency of University Intellectual Property Licensing, *Research Policy* 31, 109-124.

Trajtenberg, M. 1990, A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations, *Rand Journal of Economics* 21 (1), 172–187.

Varga, A., 1998. *University research and regional innovation: A spatial econometric analysis of academic technology transfers*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Verbeek, A., Debackere, K., Luwel, M., Andres, P., Zimmermann, E., Deleus, F., 2002. Linking science to technology: using bibliographic reference in patents to build linkage schemes. *Scientometrics* 54 (3), 339-420.

Wever, E., Stam, E., 1999. Cluster of High Technology SMEs: The Dutch Case. *Regional Studies* 33 (4), 391-400.

Zucker, L., Darby, M., Armstrong, J., 2000. *University Science, Venture Capital, and the Performance of U. S. Biotechnology Firms*, mimeo, University of California, Los Angeles.