

Transferencia de Tecnología Universidad-Industria en los Estados Unidos, 1997-2003

Mario Gómez*
José Carlos Rodríguez**

RESUMEN

Este trabajo presenta una primera aproximación a los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria en los Estados Unidos. La puesta en vigor de la *Bayh-Dole Act* (1980) y de algunas otras leyes relacionadas con la propiedad intelectual, modificaron el régimen de propiedad intelectual estadounidense, facilitado la explotación comercial de los resultados de las investigaciones desarrolladas en las universidades y laboratorios públicos que son financiadas con fondos gubernamentales. Un resultado importante derivado de estos procesos ha sido el surgimiento y desarrollo de los *spin-offs* y *start-ups*, empresas que surgen al interior de las mismas universidades y que tienen un gran impacto económico a nivel regional. Se presentan algunos modelos teóricos que estudian los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria y la creación y desarrollo de los *spin-offs*. El trabajo también analiza algunas cifras que ponen de relieve la importancia de esta forma de transferir tecnología en las universidades estadounidenses.

PALABRAS CLAVE: transferencia de tecnología; *spin-offs*; propiedad intelectual; patentes; Estados Unidos.

ABSTRACT

This paper is an introduction to the university-industry technology transfer process in the United States. The Bayh-Dole Act (1980), as well as other acts related to intellectual property, modified the intellectual property regimen in the United States allowing to exploit commercially the results derived from the public financed research that is developed in universities and public

* Profesor Investigador del Centro de Estudios Económicos en el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

** Profesor Investigador del Centro de Estudios Económicos en el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

laboratories. One important result derived from this process is the creation and development of spin-offs and start-ups who are firms that emerge from a university environment and influence significantly the regional economy. The paper presents some theoretical models that analyze the university-industry technology transfer phenomenon, as well as the creation and development process of spin-offs. Empirical data reveal the importance of this form of technology transfer in the United States.

KEY WORDS: Technology transfer; spin-offs; intellectual property; patents; United States.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día es bien reconocida la importancia que tiene para los procesos de crecimiento económico la generación de nuevo conocimiento. En este proceso, las universidades han venido jugando un papel cada vez más importante como fuente primaria de conocimientos científicos y tecnológicos (Agrawal 2001). *The Association of University Technology Managers* (AUTM) reporta que en los Estados Unidos, los ingresos que generó el uso de patentes licenciadas por universidades, hospitales y laboratorios públicos fue de poco más de 1,028 millones de dólares en 2003. Igualmente, en ese mismo país y en ese mismo año se otorgaron a las universidades y laboratorios públicos 3,450 patentes. Es así que los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria adquieren vital importancia para los procesos de innovación. Sin embargo, estos resultados sólo se pudieron alcanzar gracias a la enorme cantidad de recursos invertidos en las universidades y que alcanzaron los 34,826 millones de dólares en 2003.

La gran cantidad de recursos invertidos en las universidades estadounidenses dio origen a otro fenómeno igualmente importante que ha venido influyendo de manera decisiva en el desarrollo de muchas regiones de los Estados Unidos: la creación de *spin-offs* y *start-ups*. Este nuevo tipo de empresas ha sido el resultado de toda una serie de cambios institucionales relacionados con el entorno de las propias universidades. De esta forma, la ley que se conoce en los Estados Unidos como *Bayh-Dole Act* (1980) ha facilitado la explotación comercial de los resultados de las investigaciones desarrolladas en las universidades y financiadas con fondos públicos. Los procesos que permitieron la recombinación del ADN (ácido desoxirribonucleico) desarrollados por Stanley Cohen de la Universidad de Stanford y Herbert Boyer de la Universidad de California en San Francisco o los desarrollos que permitieron utilizar una red de servidores sin tener que hacer uso de un servidor central llevados a cabo por Tom Leighton del Tecnológico de Massachussets (MIT) (Agrawal 2001) son tan sólo algunos ejemplos sobre los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria.

A partir de estas iniciativas y del interés que despertó a los investigadores y a los académicos el poder patentar los resultados de sus investigaciones, surgieron las oficinas de transferencia de tecnología (*Technology Transfer Office, TTO*), facilitando la creación de nuevas empresas. En la práctica, estas empresas, *start-ups* y *spin-offs*, han jugado un papel clave en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria, ya que han incrementado la calidad de las interrelaciones entre la ciencia y la tecnología en muchas disciplinas (Pirnay et al. 2003).

Es importante mencionar que los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria también han contribuido a la transformación de la universidad tradicional en una universidad con vocación emprendedora (*entrepreneurial university*) (Etzkowitz et al. 2000; Rappert et al. 1999). En este sentido, Landry et al. (2006) señalan que el papel que habían venido jugando los investigadores y los académicos en las universidades había sido solamente el de capacitar con miras a generar personal calificado, evolucionado posteriormente hasta ser generadoras de nuevos conocimientos científicos con aplicación comercial. Hoy en día ese papel se ha extendido hasta el de emprendedor, lo que ha significado en la práctica que muchas universidades también hayan asumido un rol paralelo o el de universidad emprendedora (Etzkowitz 1990).

Además de esta introducción, este trabajo se divide en cinco partes. La sección dos presenta algunos antecedentes teóricos relacionados al tema del papel que deben jugar los gobiernos en relación a la producción de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos. La sección tres analiza desde una perspectiva general algunos elementos claves en relación a los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria. La sección cuatro hace un breve repaso de los principales modelos teóricos que buscan explicar el fenómeno de transferencia de tecnología y la creación de *spin-offs*. La sección cinco presenta algunos elementos que permitan entender estos procesos en relación a las universidades estadounidenses. Finalmente, la sección seis presenta algunas conclusiones.

ANTECEDENTES TEÓRICOS

Desde una perspectiva económica, es posible identificar tres paradigmas que analizan el aprovechamiento de la ciencia y la tecnología como factor de crecimiento económico (Bozeman 2000): (1) el paradigma neoclásico (*market failure paradigm*); (2) el paradigma del desarrollo tecnológico como misión (*mission technology*); y (3) el paradigma de la política tecnológica basada en la cooperación (*cooperative technology policy*).

El paradigma neoclásico supone que los mecanismos de mercado son suficientes para asegurar tasas óptimas de producción de ciencia, tecnología, así como de crecimiento económico. Este principio se rige a partir de tres

supuestos básicos: (1) los mercados son eficientes para asignar de manera óptima la cantidad de tecnología disponible en una economía; (2) las actividades que realizan los gobiernos en investigación y desarrollo (ID) sólo deben realizarse cuando existen claramente cierto tipo de ineficiencias en los mercados de tecnología; y (3) la mayor parte de las veces los flujos de tecnología fluyen de manera óptima desde y hacia el sector privado. La consecuencia lógica que se desprende de este análisis es que las universidades y los laboratorios públicos solamente deben realizar actividades básicas de ID. Por tanto, las “políticas de ciencia y tecnología” que se desprenden del paradigma neoclásico buscan básicamente la desregulación de este tipo de actividades en una economía.

El paradigma del desarrollo tecnológico como misión asume que los gobiernos deben jugar un papel importante en relación a las actividades que realizan las universidades y los laboratorios públicos. Aunque frecuentemente no se reconoce que los mercados puedan ser ineficientes, sí admite que los gobiernos están llamados a jugar un papel central cuando se definen la misión y las tareas programáticas de los centros productores de ciencia y tecnología. Se entiende que los gobiernos deben apoyar el desarrollo de la ciencia y la tecnología sólo en cierto tipo de actividades como en la agricultura, la ingeniería y las manufacturas ligadas a la industria militar. La política de ciencia y tecnología que se desprende de este paradigma estipula que los gobiernos no deben competir con el sector privado en relación a los procesos de innovación y desarrollo tecnológico.

Finalmente, el paradigma de la política tecnológica basada en la cooperación señala que los mercados no son eficientes en la mayoría de los casos en relación a la producción de ciencia y tecnología. Por tanto, existe la posibilidad de que a través de cierto tipo de políticas públicas se pueda mejorar el uso de los recursos que se utilizan para la producción de ciencia y tecnología. Aquí las universidades, los centros de investigación y los laboratorios públicos juegan un papel central en relación a los procesos de cambio tecnológico e innovación. Se afirma que los gobiernos deben participar de manera directa en actividades de ID suministrando insumos tecnológicos y conocimientos científicos necesarios para llevar a cabo todo proceso de innovación.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y *SPIN-OFFS*

A otro nivel de análisis, existe un cuerpo de literatura que explica el proceso de transferencia de tecnología universidad-industria a través de la creación de nuevas empresas que se gestan al interior de las universidades o *spin-offs*. Según O’Shea et al (2005) un primer componente dentro de este bloque concierne a la literatura que analiza las características del personal académico y de los investigadores involucrados en las actividades de ID. En esta categoría se han identificado tres variables principales como determinantes que influyen en los procesos de formación de los *spin-offs* (Shane 2004): (1) el deseo por llevar a la

práctica los descubrimientos científicos; (2) el deseo por generar riqueza propia; y (3) el deseo por lograr una mayor independencia económica.

En un segundo bloque se encuentran los estudios relacionados a la influencia que ejercen las políticas universitarias en relación a los procedimientos y prácticas para la comercialización y uso de nuevas tecnologías. Debackere y Veugelers (2005) y Siegel et al. (2004) señalan cinco prácticas organizacionales y de gestión que favorecen el desarrollo de un clima apropiado para el desarrollo de actividades empresariales al interior de las universidades: (1) un sistema de recompensas que incentive y dé soporte a los procesos de transferencia de tecnología; (2) un sistema adecuado de prácticas administrativas y de gestión entre el personal que se encuentra en las oficinas de transferencia de tecnología; (3) flexibilidad en las políticas universitarias que faciliten la transferencia de tecnología; (4) una asignación suficiente de recursos para apoyar las actividades relacionadas a la transferencia de tecnología; y (5) la eliminación de cierto tipo de barreras culturales que impiden los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria.

Finalmente, en el tercer bloque se encuentran los autores que analizan el entorno específico que impacta los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria en relación a los procesos de innovación. Dentro de esta categoría se discute la importancia de contar con mercados de capital de riesgo, infraestructura e instituciones adecuadas que permitan generar los conocimientos necesarios para llevar a cabo los procesos de cambio tecnológico e innovación en diferentes regiones y clusters tecnológicos (Florida y Kenney 1988; Saxenian 1994). Igualmente, dentro de este mismo bloque, se discuten los mecanismos que facilitan los procesos de transferencia tecnológica (Mowery y Shane 2002; Nlemvo et al. 2002) y que pueden ser de dos tipos: comerciales como el uso de licencias y los *spin-offs* y los no comerciales como pueden ser las publicaciones científicas o los procesos de educación/entrenamiento de estudiantes graduados.

MODELOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD-INDUSTRIA

Existen al menos cinco modelos que explican los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria: el esquema evolucionista (*Evolutionary Schema*), el modelo de oportunidades y capacidades empresariales (*Entrepreneurial Opportunity and Entrepreneurial Capacity Model*), el modelo por etapas para la creación de *spin-offs* académicos (*Stage Model of Academic Spin-Off Creation*), el modelo de LAS oficinas universitarias de transferencia de tecnología (*Technology Transfer Office Model*) y el modelo de enlaces críticos (*Critical Junctures Model*). Debe mencionarse aquí que en el modelo de enlaces críticos sólo es posible pasar de una fase a otra si se han alcanzado todos los requerimientos necesarios en cada una de ellas. Estos enlaces son los siguientes: enlace crítico para el reconocimiento de oportunidades, enlace crítico

emprendedor, enlace crítico para el inicio de actividades de la firma y enlace crítico para el establecimiento de retornos económicos.

El modelo evolucionista ofrece un marco teórico adecuado para explicar el papel que juegan las universidades como parte de los sistemas de innovación. Este modelo incorpora en su análisis cierto tipo de variables económicas, sociales y políticas que afectan las capacidades que tienen las universidades para crear y diseminar nuevos conocimientos que puedan ser económicamente útiles (Bercovitz y Feldmann 2006).

En el modelo evolucionista, las universidades son el centro del análisis dado que son ellas la principal fuente de producción, difusión y utilización de nuevos conocimientos. Bercovitz y Feldmann (2006) señalan que la colaboración que existe entre universidad e industria se ha intensificado en años recientes debido básicamente a cuatro factores que se interrelacionan entre sí: (1) al desarrollo de nuevas oportunidades a partir del desarrollo de plataformas tecnológicas, (2) al crecimiento de los contenidos científicos y tecnológicos que se observa en casi toda la producción industrial, (3) a la necesidad que se tiene por identificar nuevas fuentes de recursos para la investigación académica y (4) a la prominencia que tienen hoy en día cierto tipo de políticas gubernamentales que buscan incrementar la tasa de retorno de las inversiones que realizan los gobiernos en actividades de ID. El objetivo que se plantea en este modelo es explicar cómo interactúan en su conjunto estos factores en relación al comportamiento emprendedor en las propias universidades (Etzkowitz 1983). Adicionalmente, se asume que las universidades y las empresas son organizaciones diferentes en relación a su naturaleza y que ambas siguen y establecen sus propias reglas, sistemas y estructuras de incentivos. Se considera que las universidades son organizaciones burocráticas muy complejas que involucran una gran variedad de objetivos educacionales y sociales, mientras que las empresas no dejan de ser entidades más sencillas en cuanto a su estructura organizacional.

En este sentido, el modelo evolucionista considera que el tipo de relaciones que se establecen entre las universidades y la industria son transacciones secuenciales que se determinan básicamente a partir de dos elementos: (1) patrocinio de investigaciones científicas y tecnológicas, y (2) acuerdos que permiten la explotación de la propiedad intelectual como el uso de licencias o la creación de *spin-offs*. Sin embargo, es importante señalar que dentro de este enfoque también se consideran los mecanismos no formales que facilitan el intercambio y la transferencia de tecnología universidad-industria.

El modelo de oportunidades y capacidades empresariales busca explicar las interrelaciones que se establecen entre las organizaciones involucradas en los procesos de transferencia de tecnología a partir de un conjunto de reglas, la cultura organizacional y el ambiente externo de los negocios. Dentro de este enfoque se considera que los *spin-offs* deben ser entendidos como canales de comercialización de los resultados que se obtienen a partir de las

investigaciones científicas y tecnológicas que se desarrollan en las universidades (Hindle y Yencken 2004).

Un punto importante a señalar es que el modelo de oportunidades y capacidades empresariales se desarrolla como una extensión del enfoque basado en los recursos de la firma (*Resource-Based View of the Firm*) y aplicado a los análisis de actividades emprendedoras (Alvarez y Busenitz 2001). En este sentido, una idea central en este modelo es que las innovaciones tecnológicas son el resultado de la explotación comercial de los nuevos conocimientos que continuamente se están generando dentro de las universidades.

Desde esta perspectiva, el modelo de oportunidades y capacidades empresariales encuentra una causalidad entre la explotación de nuevos conocimientos y el descubrimiento de oportunidades comerciales a través del gasto en ID que realiza las empresas, modificando esencialmente su función de producción. En relación con esta idea, se señala que existen cuatro generaciones de ID: (1) el gasto en ID que promueve el cambio de paradigmas científicos, (2) el gasto en ID enfocado a su aplicabilidad en el mercado y que hace uso de la gestión de proyectos, (3) la ID que utiliza encuestas para entender las necesidades de los consumidores con el objeto de crear nuevos productos y servicios que satisfagan sus necesidades (*continues innovation*) y (4) el gasto en ID que se caracteriza por ser cooperativo y que permite establecer lazos sistemáticos entre investigadores independientes (Niosi 1999). Se establece que los *spin-offs* son probablemente las entidades más adecuadas para operar en la segunda y tercera generaciones de ID (Stankiewicz 1994).

En el modelo por etapas para la creación de *spin-offs* académicos (*Stage Model of Academic Spin-Off Creation*) se intenta abrir la caja negra en relación a la creación de ese tipo de empresas, buscando identificar, entender y distinguir a las distintas percepciones que tienen las autoridades públicas y académicas (Nlemvo et al. 2002). Se pueden identificar cuatro etapas que explican el proceso de transformación de los resultados que se obtienen a partir de las investigaciones académicas hasta su transformación en valor económico: (1) la generación de ideas comerciales a partir de la investigación científica, (2) la elaboración de proyectos (*venture projects*) a partir de las ideas originales que transformen los proyectos más prometedores en genuinas empresas de emprendedores, (3) el lanzamiento de *spin-offs* a partir de esos proyectos y (4) la consolidación y el fortalecimiento de los *spin-offs* que permiten la creación de valor económico.

Por su parte, el modelo de las oficinas universitarias de transferencia de tecnología (*Technology Transfer Office Model*) enfatiza el rol central que juegan esas oficinas en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria (Siegel et al. 2003, 2004). Se enfatiza el papel que deben jugar para identificar los aspectos organizacionales claves que permitan promover exitosamente la transferencia de nuevos conocimientos. Esto significa que se prefiere la transferencia de conocimientos con gran potencial comercial

(*technology diffusion*) a través del licenciamiento de patentes o de algunas otras formas de propiedad intelectual resultantes de los procesos de ID que se realizan en las universidades.

Como parte de este proceso, en el modelo de las oficinas universitarias de transferencia de tecnología se identifican principalmente tres agentes participantes: (1) los científicos universitarios quienes son los encargados de descubrir y desarrollar nuevas tecnologías, (2) los administradores y gestores universitarios que sirven como intermediarios entre los científicos académicos y la industria, gestionando y administrando la propiedad intelectual de las universidades y (3) las empresas/emprendedores que comercializan las tecnologías desarrolladas en estas instituciones. Se concluye que para poder comercializar exitosamente nuevas tecnologías, se requiere establecer prácticas organizacionales y gerenciales adecuadas, tales como un sistema de remuneraciones para los científicos y académicos, gestión eficiente en las oficinas de transferencia de tecnología, flexibilidad en las políticas universitarias en relación a los procesos de transferencia de nuevas tecnologías, una asignación de recursos suficiente que garantice el pleno desarrollo de las actividades de transferencia tecnológica y la eliminación de cierto tipo de prácticas culturales que impiden los procesos de transferencia de tecnología.

Finalmente, el modelo conocido como de enlaces críticos (*Critical Junctures Model*) asume que la transferencia de tecnología universidad-industria es en esencia un proceso dinámico (Vohora et al. 2004). El principal problema que considera es que los *spin-offs* son empresas que emergen a partir de un entorno no comercial y con la finalidad de generar rentas. Esta situación genera la posibilidad de que se produzcan una serie de conflictos entre los objetivos diferentes de cada grupo y agentes que participan en los procesos de transferencia de tecnología (universidades, emprendedores académicos, equipo de gestión y oferentes de recursos financieros). Se puede decir que este modelo también tiene sus raíces en el enfoque de la firma basado en recursos (*Resource-Based View of the Firm*). En este sentido, los *spin-offs* necesitan desarrollar y acumular recursos y capacidades internas con el fin de alcanzar éxito comercial. En la práctica, este proceso se realiza en varias etapas que se caracterizan por ser potencialmente procesos no lineales (Eisenhardt 1989; Van de Van et al. 1984; Vohora et al. 2004). Adicionalmente, el enfoque de enlaces críticos considera que algunos tipos de deficiencias y debilidades en los procesos de transferencia de tecnología podrían detener el proceso de desarrollo de algunos *spin-offs* (Vohora et al. 2004; West y DeCastro 2001). Se concluye que existen tres características que distinguen a los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria y a los procesos de desarrollo de *spin-offs*. Primero, las firmas que se originan en las universidades se desarrollan siguiendo una trayectoria no lineal y a través de un proceso de cinco fases. Segundo, en este proceso, la creación de los *spin-offs* tiene que evolucionar de una fase a otra superando los enlaces críticos que las unen. Finalmente, se constata que los

spin-offs son empresas altamente heterogéneas en términos de recursos financieros, capacidades y capital social.

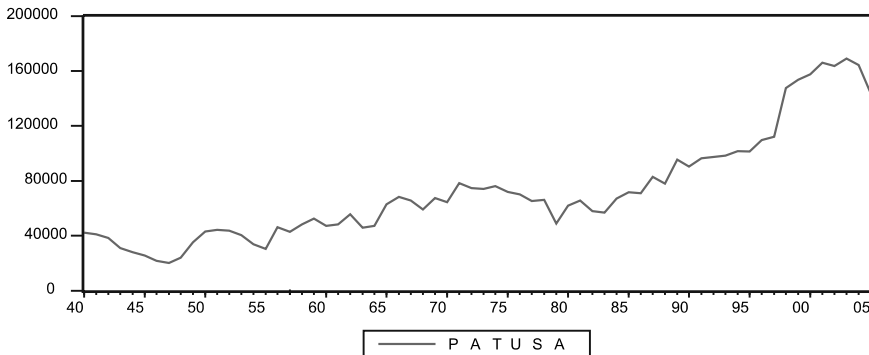
Cabe mencionar que las fases de desarrollo tecnológico que se consideran en este modelo son: investigación, valoración de oportunidades, preorganización, reorientación y establecimiento de retornos económicos. La fase de investigación se caracteriza por el establecimiento de propiedad intelectual en relación a los descubrimientos científicos y tecnológicos que se llevan a cabo en las universidades. La fase de valoración de oportunidades está enfocada principalmente a estudiar y analizar las relaciones que se establecen entre científicos de las universidades y las oficinas de transferencia de tecnología. En esta fase se evalúa la viabilidad de aplicar tecnologías nuevas fuera de condiciones de laboratorio. En la fase de preorganización se establecen los planes de prueba de las nuevas tecnologías y está representado por el segmento de mayor pendiente en la curva de aprendizaje. En esta fase las nuevas empresas ganan credibilidad y con ello la posibilidad de tener acceso a otras formas alternativas de financiamiento. En la fase de reorientación, el equipo emprendedor enfrenta el reto de identificar, adquirir, integrar y reconfigurar los recursos disponibles que poseen las nuevas empresas. Finalmente, en la fase de establecimiento de retornos económicos, se define un modelo específico de negocios para cada *spin-off* y donde se requiere un equipo gestor con una sólida experiencia en la comercialización de nuevos productos.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN LAS UNIVERSIDADES ESTADOUNIDENSES

Sin lugar a dudas, la ley que se conoce en los Estados Unidos como *Bayh-Dole Act* (1980) ha impactado de manera significativa en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria en ese país. El establecimiento de una nueva agenda en esta materia abrió nuevos retos a los investigadores y académicos al transformar institucional y legalmente las posibilidades de *quién, qué y cuándo* patentar una invención desarrollada dentro de las universidades y laboratorios públicos (Gallini 2002; Hanel 2004; Jaffe 2000). Adicionalmente, otras leyes conocidas como *Patent and Trademark Act* (1980), *Trademark Clarification Act* (1984), *Federal Technology Transfer Act* (1986) y *Nacional Competitiveness Technology Transfer Act* (1989) también han afectado los procesos de patentar los resultados de las investigaciones financiadas con fondos públicos. Todo este conjunto de leyes ha despertado en los académicos estadounidenses un gran interés por desarrollar mecanismos formales de transferencia de tecnología a través del licenciamiento de patentes.

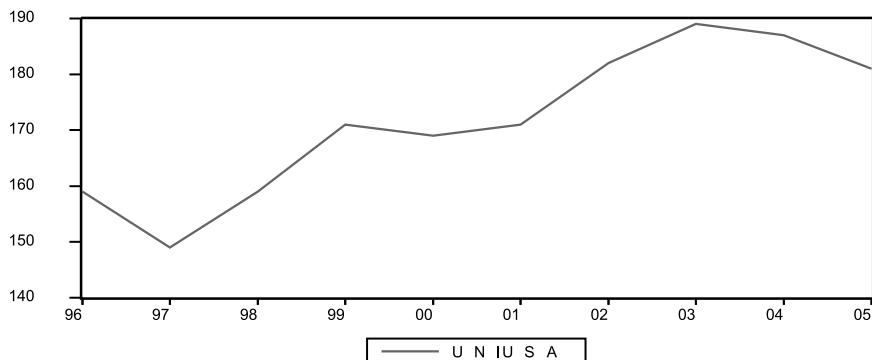
Las implicaciones que estos cambios han tenido sobre la actividad innovadora en los Estados Unidos quedan de manifiesto si observamos el número total de patentes que se han otorgado en ese país (PATUSA). El gráfico 1 muestra cómo a partir de la década de los años ochenta se aceleró el número total de patentes otorgadas y como una consecuencia de los cambios que

Gráfica 1



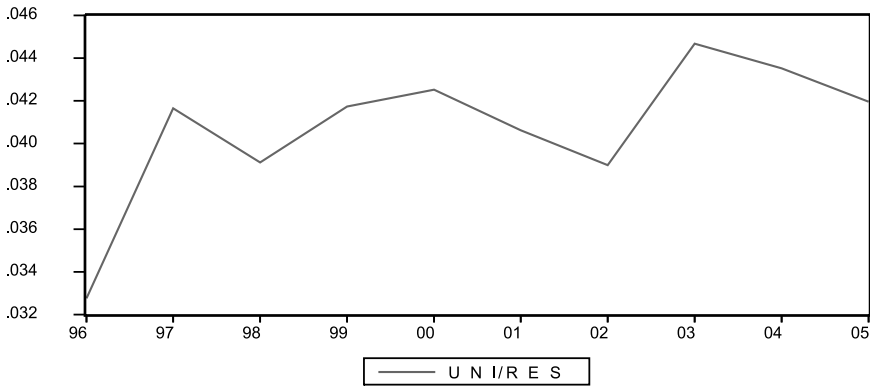
públicos de los Estados Unidos durante los últimos diez años, una vez que se han dado todos los ajustes al régimen de propiedad intelectual de ese país, se puede observar que el número de patentes otorgadas a este tipo de instituciones (UNIUSA) también ha experimentado una tendencia a la alza (gráfico 2).

Gráfica 2



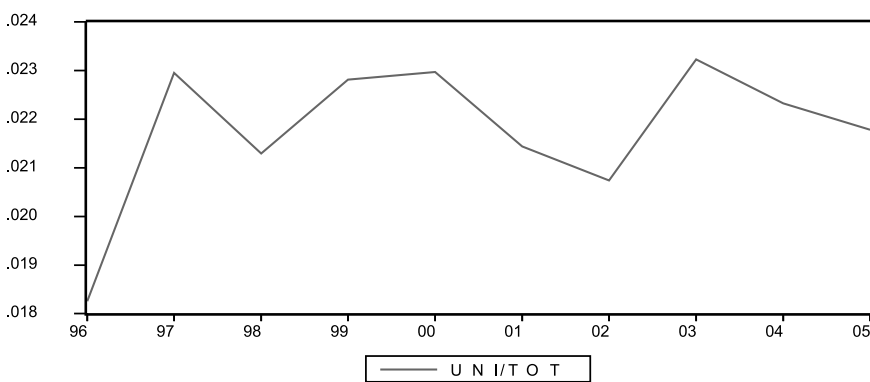
Se debe señalar que un resultado importante que se deriva de este nuevo entorno es el papel que han venido jugando las oficinas especializadas encargadas de los procesos de transferencia de tecnología (*technology transfer offices, TTO*) y de la creación de *spin-offs*. La importancia del surgimiento de las universidades con vocación emprendedora queda de manifiesto a través de los ingresos brutos que reciben por el uso de licencias. En efecto, y de acuerdo con información disponible proveniente de la encuesta 2003 de *The Association of University Technology Managers (AUTM)*, esta variable tuvo un crecimiento de 113.17% durante el período 1997 a 2003 (Apéndice I). De igual forma, durante ese mismo período, el número de patentes otorgadas a universidades y laboratorios públicos estadounidenses experimentó un crecimiento de 54.09%.

Gráfica 3



Otros indicadores que también revelan la importancia que han tenido las universidades y laboratorios públicos estadounidenses en la actividad innovadora de ese país son el gasto en investigación financiados por la industria y por las agencias gubernamentales, respectivamente. En efecto, además de la mayor importancia que demuestra tener el gasto en investigación financiado por agencias gubernamentales respecto al financiado por la industria, éste último tiene un crecimiento de apenas 42.02% durante el período 1997 a 2003, mientras que el financiado por agencias gubernamentales se incrementa durante este mismo período en 76.85%.

Gráfica 4



Estas tendencias quedan de manifiesto si observamos el valor del cociente entre el número total de patentes otorgadas a universidades y laboratorios públicos estadounidenses respecto al total de patentes otorgadas en ese país (UNI/RES) y al número de patentes otorgadas a los residentes

estadounidenses (UNI/TOT), respectivamente (gráfico 3 y gráfico 4). En efecto, a partir de estos indicadores, se puede observar la importancia que tienen las universidades estadounidenses en la actividad innovadora de los Estados Unidos.

CONCLUSIONES

Los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria han pasado a ser mecanismos importantes que afectan la actividad innovadora en una economía. En los Estados Unidos, estos procesos han adquirido particular importancia debido a la gran cantidad de recursos que se invierten en las instituciones educativas y laboratorios públicos de ese país. Resultados de estos procesos han sido la implantación de las oficinas de transferencia de tecnología en las universidades estadounidenses y que han contribuido de manera muy importante a la creación y desarrollo de nuevas empresas.

Desde otra perspectiva, el proceso de transferencia de tecnología y la creación y desarrollo de los *spin-offs* se han analizado por académicos a partir de diferentes paradigmas y enfoques teóricos. Cada uno de estos enfoques enfatiza algún aspecto importante de los procesos de transferencia de tecnología, procesos que por lo demás son muy complejos. En este sentido, todos estos modelos que buscan explicar los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria deben ser vistos como explicaciones complementarias que intentan aclarar la complejidad del mismo fenómeno.

Apéndice 1
Transferencia de Tecnología Universidad-Industria en los Estados Unidos
(principales indicadores, 1997-2003)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Gasto en Investigación Financiado por la Industria	1,786,356,728	1,965,009,289	2,220,382,848	2,213,924,589	2,246,204,230	2,404,907,940	2,537,020,737
Gasto en Investigación Financiado por Agencias Gubernamentales	13,040,581,674	13,659,954,553	15,011,952,207	16,039,127,890	17,658,541,447	20,202,036,829	23,062,609,472
Gasto en Investigación Total Financiado por Fuentes Externas	19,858,137,581	21,386,650,472	23,638,068,068	25,710,276,439	27,560,264,488	31,695,704,942	34,826,920,266
Ingresos Brutos Recibidos por Uso de Licencias	482,793,071	613,554,537	675,957,625	1,108,939,997	868,283,344	997,830,761	1,029,158,110
Número de Inventiones Puestas en Dominio Público Recibidas	9,051	9,555	10,062	10,802	11,259	12,638	13,718
Número de Patentes Solicitadas	3,644	4,140	4,877	5,623	5,784	6,509	7,203
Número de Patentes Oforgadas	2,239	2,681	3,082	3,272	3,179	3,109	3,450

Fuente: AUTM Licensing Survey: FY 2003.

REFERENCIAS

- ALVAREZ, S., and L. Busenitz. 2001. The entrepreneurship of resource based theory. *Journal of Management* 27: 755-776.
- AGRAWAL, A. 2001. University-to-industry knowledge transfer: Literature review and unanswered questions. *International Journal of Management Reviews* 3: 285-302.
- AUTM. 2003. Licensing Survey: FY 2003.
- BOZEMAN, B. 2000. Technology transfer and public policy: A review of research and policy. *Research Policy* 29: 627-655.
- BERCOVITZ, J., and M. Feldman. 2006. Entrepreneurial universities and technology transfer: A conceptual framework for understanding knowledge-based economic development. *Journal of Technology Transfer* 31: 175-188.
- DEBACKERE, K., and R. Veugelers. 2005. The role of academic technology transfer organizations in improving industry-science links. *Research Policy* 34: 321-342.
- EISENHARDT, K. M. 1989. Building theories from case study research. *Academy of Management Review* 14: 488-511.
- ETZKOWITZ, H. 1983. Entrepreneurial scientists and entrepreneurial universities in American academic science. *Minerva* 21: 1-21.
- ETZKOWITZ, H. A. 1990. The second academic revolution: The role of the research university in economic development. En: S. E. Cozzens et al. (eds.), *The Research System in Transition*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- ETZKOWITZ, H. A. Webster, C. Gebhardt y B. R. C. Terra. 2000. The future of the university and the university of the future: Evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy* 29: 313-330.
- FLORIDA, R., and M. Kenney. 1988. Venture capital financed innovation and technological change in the United States. *Research Policy* 17: 119-137.
- GALLINI, N. T. 2002. The economics of patents: Lessons from recent U. S. patent reform. *Journal of Economic Perspectives* 16: 131-154.
- HANEL, P. 2004. Intellectual property rights business management practices: A survey of literature. Note de recherche 2004-01. Centre Interuniversitaire de Recherche sur la Science et la Technologie (CRIST). Montreal QC: UQÀM.
- HINDLE, K., and J. Yencken. 2004. Public research commercialisation, entrepreneurship and new technology based firms: An integrated model. *Technovation* 24: 793-803.
- JAFFE, A. B. 2000. The U. S. patent system in transition: Policy innovation and the innovation process. *Research Policy* 29: 531-557.

- LANDRY, R., N. Amara y M. Ouimet. (En Prensa). Determinants of knowledge transfer: Evidence from Canadian university researchers in natural sciences and engineering. *Journal of Technology Transfer* (En Prensa).
- MOWERY, D. C., and S. Shane. 2002. Introduction to the special issue on university entrepreneurship and technology transfer. *Management Science* 48: v-ix.
- NIOSI, J. 1999. Fourth-generation R&D: From linear models to flexible innovation. *Journal of Business Research* 45: 111-117.
- NLEMVO, F., F. Pirnay, and B. Surlemont. 2002. A stage model of academic spin-off creation. *Technovation* 22: 281-289.
- O'SHEA, R. P., T. J. Allen, A. Chevalier, and F. Roche. 2005. Entrepreneurial orientation, technology transfer and spinoff performance of U. S. universities. *Research Policy* 34: 994-1009.
- PIRNAY, F., B. Surlemont, and F. Nlemvo. 2003. Toward a typology of university spin-offs. *Small Business Economics* 21: 355-369.
- RAPPERT, B., A. Webster y D. Charles. 1999. Making sense of diversity and reluctance: Academic industrial relations and intellectual property. *Research Policy* 28: 873-890.
- SAXENIAN, A. 1994. *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- SHANE, S. 2004. Encouraging university entrepreneurship? The effect of the Bayh-Dole act on university patenting in the United States. *Journal of Business Venturing* 19: 127-151.
- SIEGEL, D. S., D. A. Waldman, A. N. Link. 2003. Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: An exploratory study. *Research Policy* 32: 27-48.
- SIEGEL, D. S., D. A. Waldman, L. E. Atwater, A. N. Link. 2004. Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: Qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management* 21: 115-142.
- STANKIEWICZ, R. 1994. Spin-off companies from universities. *Science and Public Policy* 21: 99-107.
- VAN DE VEN, A. H., R. Hudson, and D. Schroeder. 1984. Designing new business startups: Entrepreneurial, organizational, and ecological considerations. *Journal of Management* 10: 87-107.
- VOHORA, A., M. Wright, and A. Lockett. 2004. Critical junctures in the development of university high-tech spinout companies. *Research Policy* 33: 147-175.
- WEST, G., and J. DeCastro. 2001. The Achilles heel of firm strategy: Resource weaknesses and distinctive inadequacies. *Journal of Management Studies* 38: 417-442.