

La Transferencia Tecnológica Universitaria en un Incipiente Sistema Nacional de Innovación: El Caso de México

Jorge Antonio Yeverino Juárez (Facultad de Economía, UMNSH)

Arturo Álvarez Toledo (Facultad de Economía, UMNSH)

1. Introducción

La creciente vinculación de la universidad con la industria a través de la difusión de resultados de investigación científica ha cobrado una gran relevancia en las últimas tres décadas en el ámbito internacional. Las innovaciones producidas en las universidades incluyen motores de búsqueda por internet (v.g. Lycos, Google); diagnósticos clínicos para la detección de cáncer de mama y osteoporosis; diseño gráfico por computadora (CAD); tecnologías para el desarrollo de energía sustentable, la técnica de ADN recombinante que fundó la industria biotecnológica moderna, entre muchas otras (Siegel et al., 2004). A pesar que la probabilidad de éxito en el mercado de un nuevo prototipo de invención es baja, las universidades se han embarcado fervientemente en procesos de apropiación, transmisión y uso comercial del conocimiento en los últimos años (Powers & Mc Dougall, 2005). Este fenómeno es el que se denomina como transferencia de tecnología universitaria –TTU-.

La comercialización de las investigaciones universitarias posee importantes impactos sociales que incluyen empleos de alta calidad generados por las empresas de base tecnológica, mayores flujos de inversión en investigación y desarrollo, y un positivo impacto sobre las economías locales producto de los desbordamientos de conocimiento (Audretsch et al., 2005; Caldera et al., 2010). Si bien, algunos autores señalan que los beneficios de la inversión en investigación sobre el desarrollo económico no son inmediatos y más bien son de largo plazo (Feller et al., 1995; Heher, 2005), también se apunta que el desarrollo de capital humano y de capacidades científicas y tecnológicas en un contexto de redes sociales interconectadas ha demostrado ser un factor relevante en la medición de la efectividad de la investigación y la transferencia (Autio et al., 1995; Lynn, 1996; Bozeman, 2000).

La aprobación del acta Bayh-Dole en los 1980's que permitía la apropiación de parte de las universidades americanas de las invenciones provenientes de fondos federales propició el inicio de una serie de acuerdos, licencias, contratos y condiciones de uso de la propiedad

intelectual entre las universidades y la industria (Link et al, 2005). El ejemplo quizás más relevante lo constituye el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), cuyos alumnos graduados han fundado aproximadamente 6,900 compañías de manufactura, software, consultoría y biotecnología, generando más de 1 millón de empleos mundialmente y obteniendo ventas anuales de aproximadamente US\$232 billones, lo que equivaldría a posicionarlo por sí mismo como la 17a economía en el mundo en términos de PIB (O'Shea et al., 2005; Meyers et al., 2011). A nivel agregado, los ingresos anuales en las universidades en EEUU por contratos de licencia aumentaron de US\$160 millones en 1991 a US\$ 862 millones en 1999, y hasta US\$ 2.5 billones en 2012 (AUTM, 2012).

Como consecuencia del éxito alcanzado en las instituciones de los EEUU, diferentes países en Asia, Europa y América Latina han buscado promover la comercialización de sus investigaciones universitarias buscando adaptar a sus circunstancias locales, diversos esquemas de transferencia tecnológica (Fujustue, 1998;.Correa, 1999; European Commision, 2004; Renko et al., 2009). En México, a pesar de que existen pocas estadísticas a nivel agregado (Atilano et al., 2016; CONACYT, 2016), se observó un fuerte dinamismo en actividades de transferencia en diversas instituciones de investigación. Por ejemplo, durante el período 2008-2011, el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBT-UNAM) aplicó solicitud por más 100 patentes, además se firmaron 32 convenios de colaboración y desarrollo tecnológico con entidades externas. Asimismo se establecieron 47 convenios de transferencia de materiales biológicos con instituciones internacionales. En el año del 2011 se obtuvieron ingresos por aproximadamente US\$ 14 millones por servicios prestados de consultoría a entidades públicas y privadas (IBT, 2011). A partir de este año, CONACYT promueve el desarrollo de OTTs en el país buscando fomentar mayores flujos de TTU entre la academia y la industria. Sin embargo al año 2017, a pesar de la existencia de 57 OTTs certificadas, existen resultados limitados en su desempeño como agentes activos en materia de TT (Villavicencio, 2017).

En este contexto, este artículo pretende explicar los fundamentos teóricos, experiencias y formas en que los procesos de transferencia tecnológica a nivel agregado se están realizando en el ámbito internacional, y los alcances y limitaciones que se han dado en

México (ADIAT, 2008; ADIAT, 2010; CONACYT, 2010, Cabrero et al., 2011, CONACYT 2016). En el siguiente apartado se define con más exactitud la transferencia de tecnología. Asimismo se elabora una revisión en la literatura sobre los factores y resultados que han buscado explicar este fenómeno.

2. Antecedentes y principales modelos teóricos sobre la TTU

Antes de la década de 1980s, la transferencia de tecnología usualmente se consideraba un fenómeno intra ó interfirmas, como la disseminación de información a través de transferencias de personal de una división o país a otro. Por ejemplo, Allen (1979) se enfocó específicamente en el flujo de transferencia de tecnología dentro de grandes organizaciones de investigación y desarrollo. Agmon and Von Glinow (1991) examinaron el papel que la corporación multinacional desempeñaba en facilitar la transferencia de conocimiento entre las naciones. Es a partir de la década de los 1980's que la serie de iniciativas promulgadas por el Congreso de los EEUU (ver tabla 1.1) y su impacto sobre transferencia de tecnología, en buena medida rigen la agenda subsecuente en los análisis académicos durante las siguientes dos décadas a nivel internacional (Bozeman, 2000).

La mayor intervención gubernamental para fomentar el desarrollo tecnológico marcó el final del paradigma sustentado en principios de libre mercado, el cual afirmaba que la misión principal de las universidades era puramente educativa y proveedora de investigación básica para el dominio público (Rosenberg & Nelson, 1994). En contraste, las disposiciones de política pública en los EEUU incluyeron modificaciones a las políticas de patentes para expandir el uso de las tecnologías de gobierno, el relajamiento de regulaciones anti-monopolio, la promoción para la cooperación en I+D entre gobierno, academia e industria, y el desarrollo de centros de investigación y consorcios (Smilor & Gibson, 1991).

Tabla 1. Principales iniciativas legislativas sobre TT en los EEUU durante los 1980's y 1990's

Acta Bayh–Dole de 1980 _PL 96-517.: permitía a las universidades y pequeños negocios licenciar y obtener propiedad sobre las invenciones financiadas con fondos federales.

Acta de Innovación Tecnológica Stevenson–Wylder de 1980 _PL 96-480.: Imponía a los laboratorios federales la obligación de establecer oficinas de transferencia de tecnología y apartar fondos para el fomento de la transferencia tecnológica.

Acta de Desarrollo de Innovación de Pequeños Negocios de 1982 _PL 97-219.: Requería a las agencias federales de proveer fondos especiales para la R&D en pequeños y medianas empresas.

Acta de Investigación Cooperativa de 1984 _PL 98-462.: Eliminaba posibles obstáculos anti-monopolio para promover la investigación y desarrollo conjunto entre universidades y laboratorios federales.

Acta Federal de Transferencia de Tecnología de 1986. _PL 99-502.: Autorizaba a los laboratorios federales para iniciar acuerdos de investigación y desarrollo cooperativo (CRADAs) y negociar acuerdos de licencias.

Ordenes del Ejecutivo 12591 y 1218 de 1987: Promueve la comercialización de tecnología federal.

Acta Omnibus de Competencia y Comercio de 1988 _PL 100-418.: Renombra a la Agencia Nacional de Estándares (NBS) como el Instituto Nacional para Estándares y Tecnología y amplía su misión; establece centros para transferencia de tecnología manufacturada.

Acta Nacional de Competitividad Tecnológica de 1989 _PL 101-189.: Amplía la autoridad de los CRADAs a todos los laboratorios federales incluyendo a los laboratorios de armamento militar.

Acta de Autorización de la Defensa de 1991 _PL 101-510.: Establece programas modelo para ligar laboratorios de la defensa con gobiernos locales y estatales, y con PYMES; asimismo establece un plan de manufactura tecnológica para el departamento de Defensa.

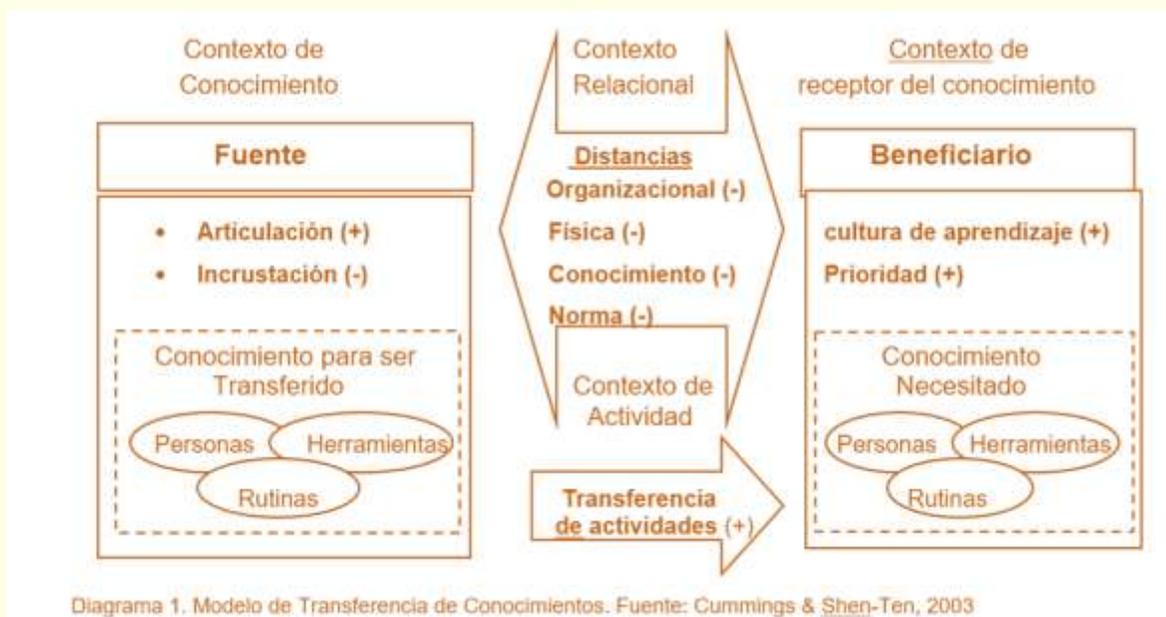
Acta de Autorización de la Defensa de 1993 _PL 103-160.: Renombra a la Administración de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa y autoriza programa de uso dual para aplicaciones industriales.

Fuente: Bozeman, 2000

De este modo, durante la década de los 1990s y primeros años del 2000, la evaluación del impacto y de los resultados en materia de transferencia de tecnología se enfocó en una multitud de factores incluyendo a los programas económicos basados en el desarrollo tecnológico (Roessner & Wise, 1994; Storper, 1995; Saxenian, 1996); la generación de patentes y radicalidad de invenciones (Henderson et al., 1998; Shane, 2001); el papel de los laboratorios gubernamentales en la comercialización de la tecnología (Kelley, 1997; Crow & Bozeman, 1998); la creación de *spin offs* universitarias (Roberts, 1991; Stankiewicz, 1994; Radosevich, 1995; Carayannies et al., 1998; Steffenson et al., 1999; Chiesa y Picaluga, 2000); parques científicos (Felsenstein, 1994; Westhead, 1997); incubadoras de empresas (Mian, 1997; Colombo y Delmastro, 2002); y oficinas de vinculación industrial (Jones-Evans et al., 1999).

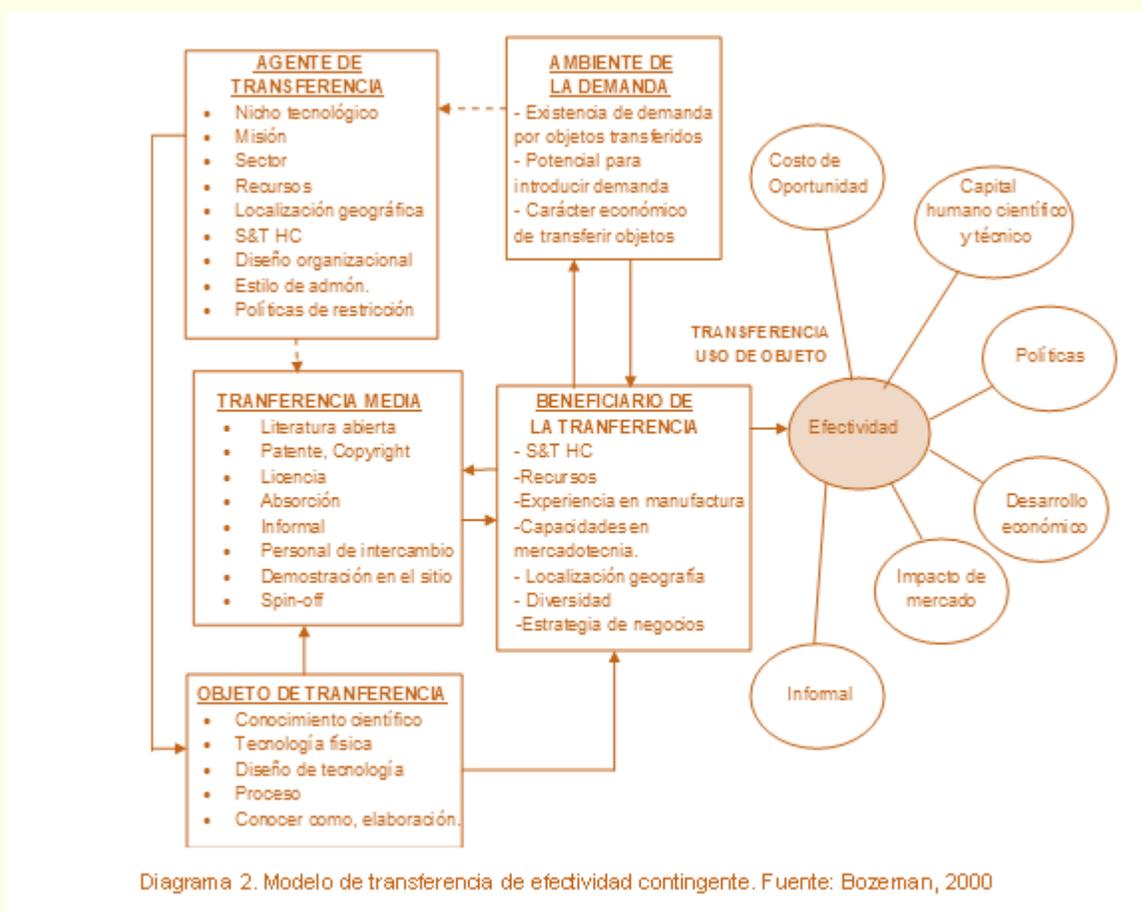
A partir del año 2000, se elaboran mapas conceptuales más refinados para la explicación de los fenómenos de la transferencia tecnológica ligados a un mayor número de ensayos empíricos que intentan contrastar los planteamientos teóricos. Dentro de la gran variedad de estos ensayos, aquí resumimos cuatro de los más relevantes modelos teóricos.

Un primer modelo de transferencia de conocimiento elaborado por Cummings & Shen-Ten (2003) busca explicar los factores que conducen al éxito en el desarrollo de nuevos productos, e identifica cuatro dominios que incluyen: (1) el contexto de la fuente originaria del conocimiento; (2) el contexto de la fuente receptora de conocimiento; (3) el contexto relacional; y (4) el contexto de la actividad de transferencia (ver diagrama 1). Este modelo identifica nueve factores explicativos que promueven o inhiben la transferencia, entre los que se destacan el grado de articulación alcanzado en la fuente de conocimiento susceptible de ser transmitido vía “verbal, escrita o formal” (Bresman et al., 1999). Por otro lado, un mayor grado de inserción de elementos y sub-redes en la fuente de conocimiento parece ser un obstáculo para la transferencia en la medida que el recipiente necesita “absorber, adaptar y adoptar un mayor número de procesos, herramientas, productos y rutinas” (Argote & Ingram, 2000).



En el contexto relacional se identifican cuatro variables denominados como “distancias” cuyo efecto es inversamente proporcional a la transferencia del conocimiento. Estas barreras tienen que ver con los diferentes modos en la gobernanza organizacional entre las entidades generadoras y receptoras de conocimiento; las dificultades físicas de comunicación y de intercambio personal; y la diferente cultura, normas y sistemas de valores entre las partes que generan y que explotan el conocimiento. Dentro del contexto

del receptor de conocimiento, este modelo abarca dos variables que positivamente inciden en un mejor desempeño en la transferencia: (a) una avanzada cultura de aprendizaje en la entidad receptora, así como (b) altos niveles de prioridad otorgados al proceso de transferencia. Finalmente, si bien este modelo enfatiza el contexto de actividad donde se desarrolla la transferencia, no destaca en forma suficiente la importancia de las estructuras administrativas que valoran y fomentan la transmisión del conocimiento. Estas unidades de transferencia (UITTs) tales como las oficinas de vinculación u oficinas de transferencia de tecnología (OTTs) son analizadas en mayor detalle en modelos posteriores.



Un segundo modelo denominado de transferencia tecnológica de *efectividad contingente* introducido por Bozeman (2000) incorpora al igual que el primer modelo, las principales entidades que interactúan en los procesos de transferencia: el agente trasmisor y el agente beneficiario de la transferencia; el objeto transferido y el medio por el cual se transfiere (diagrama 2). Este modelo es generalista en el sentido que el agente trasmisor no solo es

una institución universitaria sino también una agencia de gobierno o incluso una empresa privada. Asimismo el receptor puede incluir una firma, una agencia de gobierno, un grupo informal o un consumidor específico. Adicionalmente, este modelo enfatiza seis criterios que se deben cumplir para una evaluación positiva del proceso de transferencia: (a) el impacto sobre el mercado, basado en la teoría microeconómica de la firma, y que mide las ganancias y la cuota de mercado alcanzada después de realizada la transferencia; (b) el impacto sobre el desarrollo económico regional o nacional; (c) el retorno político, sustentado en la teoría de la administración pública, mide el apoyo que se recibe públicamente después de las inversiones realizadas en ciencia y tecnología; (d) el costo de oportunidad, sustentado en la teoría de la economía política y el análisis costo-beneficio, que evalúa no solo las alternativas de los recursos empleados, sino también las actividades alternativas posibles en tiempo y empleo de los agentes y recipientes de la tecnología; y (e) el capital humano científico y tecnológico, con base en la teoría del capital social, subraya la creación de redes y grupos de trabajo entre usuarios para la construcción de capacidades técnicas y científicas.

Un tercer modelo a revisar es elaborado por Siegel et al. (2004); este mapa conceptual a diferencia de los dos anteriores, se enfoca específicamente en la transferencia universitaria y explica que el proceso estudiado comienza con el descubrimiento de un invento en un laboratorio por un científico universitario, el cual trabaja por lo general, con el apoyo de un financiamiento de investigación federal (diagrama 3, paso 1). Subsecuentemente, tal como lo estipula el acta Bayh-Dole en los EEUU, el académico requiere por ley notificar o revelar su invento a la oficina de transferencia de tecnología (paso 2). Los oficiales de la universidad deben entonces decidir si ellos buscarán patentar la innovación, el cual es un mecanismo para proteger la propiedad intelectual (paso 3).

En ocasiones un socio industrial interesado en la tecnología se considera una suficiente justificación para registrar una patente. De otro modo, la OTT debe realizar una evaluación respecto al potencial de comercialización del citado invento. La mayoría de las ocasiones las universidades elegirán aplicar por una protección de patente doméstica, dado el alto costo de la búsqueda de una protección de patente global (paso 4). Una vez que la patente ha sido otorgada, la OTT puede promocionar en el mercado la tecnología, con asesoría de

la propia facultad. Esto es, miembros de la facultad pueden auxiliar en la identificación de potenciales clientes corporativos interesados en la licencia (paso 5).

El siguiente paso (6) del modelo implica trabajar con firmas o emprendedores para negociar un acuerdo de licencia. Este acuerdo puede incluir beneficios para la universidad en forma de regalías o un paquete accionario (*equity*) en una *start-up*. En la etapa final, la tecnología se convierte en un producto comercializable. La universidad puede continuar su involucramiento con la firma naciente, por ejemplo, proveyendo recursos para el mantenimiento de los acuerdos de licencia; aportando asesores técnicos a través de los miembros de la facultad; suministrando de asistencia financiera y administrativa a través de sus escuelas de negocios y fondos propios en una *spin off*; o solamente licenciando la tecnología a una *start up*¹ (paso 7).

El modelo del diagrama 3 incorpora algunos factores explicativos que la literatura ha buscado confirmar empíricamente. Así, se ha señalado que aquellas universidades que proveen mayores recompensas por el involucramiento de su facultad en transferencia de tecnología, generan más patentes y licencias, esta proposición ha sido analizada empíricamente por Friedman y Silverman, 2003; Siegel et al., 2003; Lach et al., 2008, entre otros. Mientras que también se ha propuesto que aquellas universidades que asignan más recursos a sus oficinas de transferencia de tecnología (OTT) generan más patentes y licencias, y dedican un mayor esfuerzo de mercadeo de sus tecnologías hacia las firmas; estas proposiciones (P2 y P3) han sido evaluadas por Degroof & Roberts, 2004; Clarysse et al., 2005; Chapple et al., 2005 y O'Shea et al., 2005. Por otra parte, se afirma que la falta de entendimiento cultural reduce la efectividad en los esfuerzos de la universidad por mercadear tecnologías de investigación científica hacia las firmas. Asimismo, esta falta de entendimiento cultural entre la OTT y las firmas también inhibe la negociación de acuerdos de licencias (P4 y P5). Estas proposiciones ha sido abordados por Jacob et al, 2003; Hindle et al., 2004; entre otros.

¹ Roberts (1991) identifica el grado de dependencia sobre las tecnologías obtenidas en: directa, parcial o vaga. De este modo la Asociación de Administradores de Tecnología en Universidades (AUTM) define a las firmas como spin off (relación formal); start ups (relación informal) y start ups con relación no institucionalizada y vaga.

Otros argumentos, evaluados por Debackere et al., 2005; Chapple et al., 2005 y Macho-Staedler et al., 2007, sostienen que las OTT dirigidas por individuos con experiencia y habilidades en mercadotecnia realizan un mayor esfuerzo en establecer alianzas con las firmas; mientras que las OTTs que son administradas por individuos con experiencia y *know how* en negociación, serán más exitosas en concretar acuerdos de transferencia de tecnología con las firmas (P6 y P7). Otro aspecto relevante es la inflexibilidad universitaria que resulta en menores acuerdos de transferencia de tecnología con las firmas o los emprendedores. Esto conduce a que los científicos universitarios eviten los procesos formales de transferencia de tecnología y busquen mecanismos informales de comercialización y transferencia de conocimiento (P8 y P9). Estos aspectos han sido estudiados por Rothaermel & Thursby, 2005; Gideon et al., 2005.

Finalmente, un resultado sorprendente (P10) es que las universidades que gradualmente se involucran en mecanismos de transferencia de tecnología formal e informal, experimentan un aumento en su actividad de investigación básica, cuando el sentido común indicaría que se producen mayores niveles en la investigación aplicada. De hecho, anteriormente se asumía que existe una relación proporcionalmente negativa entre la productividad escolar y el involucramiento en la transferencia de tecnología con la industria. Sin embargo, Zucker y Darby (1998), señalan que los científicos “estrella” en el área biotecnológica, quienes se involucran en los procesos de transferencia de tecnología son más productivos en el sentido escolar que sus contrapartes dentro de las facultades. Otro hallazgo importante fue el hecho que las relaciones personales pueden ser más importantes que las relaciones contractuales entre investigadores y la industria. La necesidad de incrementar los procesos de *networking* entre científicos y practicantes ha sido explícitamente mencionada en una gran cantidad de agentes involucrados en la transferencia de tecnología. Liebeskind et al. (1996) aportaron evidencia de cómo las redes sociales pueden incrementar el aprendizaje organizacional y la flexibilidad en un contexto de transferencia tecnológica.

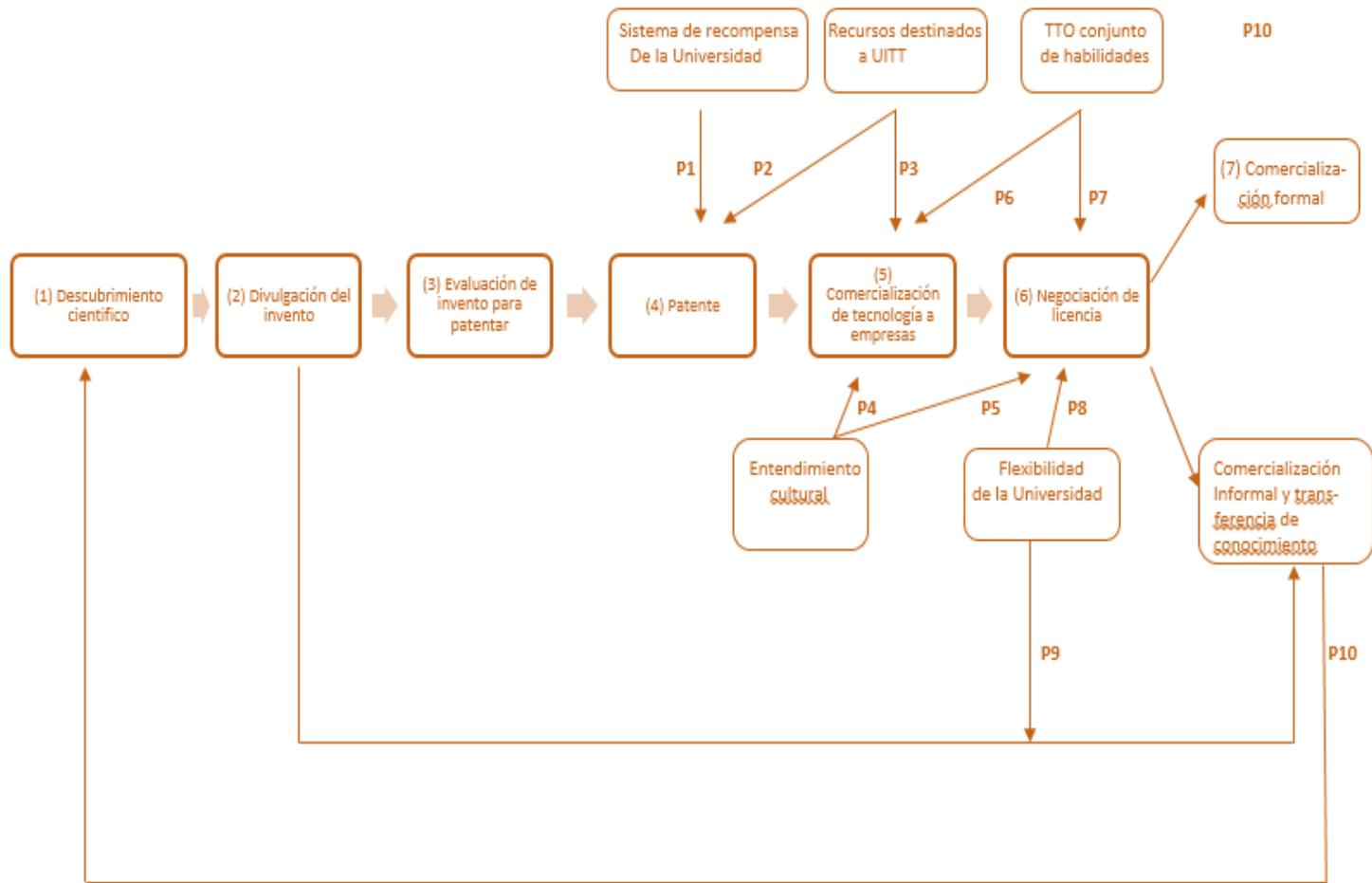


Diagrama 3. Modelo del proceso de transferencia de tecnología universidad/industria. Fuente: Siegel et al, 2004

Shane, 2003; Wright et al., 2004a; O'Shea et al., 2005; Chapple et al., 2005; Siegel et al., 2007; Mc Adam et al., 2007; Caldera et al., 2010).

En base a los modelos anteriores, se ha buscado diseñar un marco referencial que se adecue a las características propias de nuestro país. A continuación se presenta un modelo desarrollado por la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico, A.C. (ADIAT) incorporando las peculiaridades el ecosistema de innovación en México.

3. La Transferencia de Tecnología en México

En comparación con los EEUU y Europa, la transferencia de tecnología es un fenómeno relativamente reciente en México. En el año 2008 se realizaron modificaciones a la Ley de Ciencia y Tecnología para introducir las figuras de Unidades de Vinculación y Transferencia de Conocimiento (UVTC) para impulsar proyectos de innovación. Asimismo, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2008) y la ADIAT emprendieron el estudio para la implementación de un modelo de transferencia de tecnología para México, este trabajo seminal buscaba comparar diversos esquemas internacionales que pudieran servir de base en la construcción de un modelo propio. El mencionado estudio fue una continuación natural de otro análisis comparativo realizado en 2006 sobre los sistemas nacionales de innovación entre México y España (ADIAT 2007). Durante este período funcionaban alrededor de 70 oficinas de transferencia de conocimiento en universidades, institutos, centros de investigación y oficinas regionales dentro del país ibérico; por otra parte, en México no existía ninguna institución que cumpliera los requisitos mínimos para el establecimiento de una oficina de transferencia de tecnología.

En este estudio seminal sobre la situación de la transferencia de tecnología en México se señalaba que el ecosistema nacional de innovación en nuestro país es complejo y dinámico como el de otros países avanzados; este entramado de relaciones dinámicas expresado a través del diagrama 5 presentaba un mapa conceptual en que los óvalos representan los marcos o contextos en que tiene lugar la transferencia de tecnología, estos incluyen la política económica, la política en materia de ciencia y tecnología; los estímulos fiscales, la cultura innovadora, la disponibilidad de capital de riesgo y el marco legal. Los rectángulos encuadran a las principales entidades y agentes que participan dentro de los procesos de

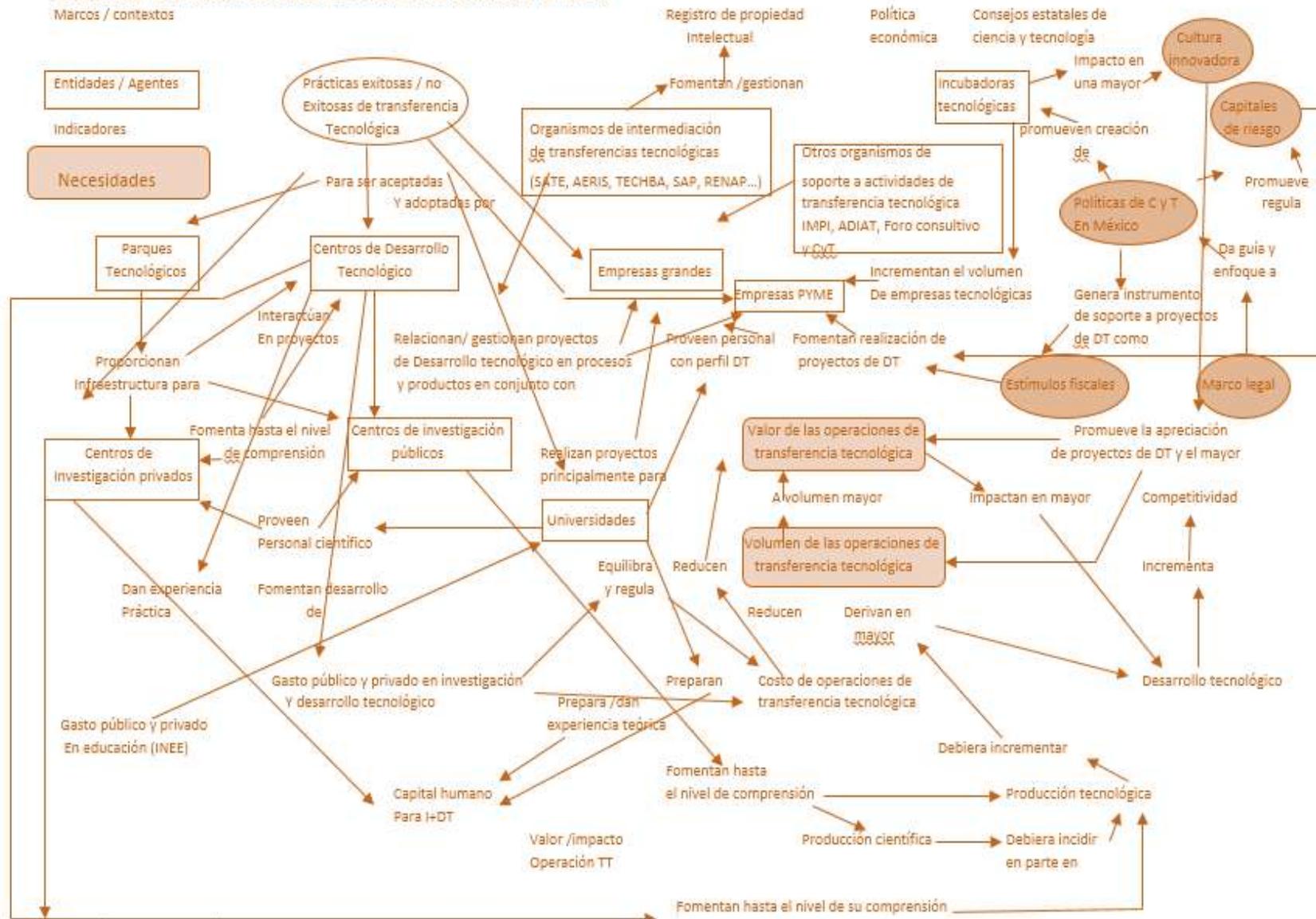
transferencia incluyendo a los parques tecnológicos, incubadoras de empresas, los centros públicos de investigación (CPIs), centros de desarrollo tecnológico (CDTs), centros de investigación privada (CIPs), universidades, empresas, organismos intermedios de transferencia y organismos de soporte a la transferencia.

Los rectángulos sin aristas contienen los indicadores de las interacciones de estos elementos que impactan en la dinámica del sistema. Por otra parte, los dos rectángulos cuyo borde es más grueso señalan la problemática o necesidades que enfrenta el sistema de transferencia en México, es decir aumentar el valor el volumen de las transacciones operadas por los agentes desde la creación hasta la comercialización de los inventos (ADIAT, 2010).

Este estudio también señala las barreras encontradas en el sistema de transferencia de tecnología en México (ver diagrama 6). En este contexto, sobresalen un marco legal y administrativo en proceso de cambio; la falta de visión innovadora; falta de experiencia en el manejo de la propiedad intelectual; bajos niveles de absorción tecnológica; falta de cultura emprendedora; y la investigación aplicada desconectada de las necesidades prioritarias actuales.

DIAGRAMA 5. MAPA CONCEPTUAL DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN MÉXICO

Marcos / contextos



Fuente: (CTT-ADIAT, 2008).

4. Conclusiones

En este artículo se han revisado algunas de los principales componentes teóricos en torno a la transferencia de tecnología entre la academia, la industria y otros agentes involucrados en este proceso. Al revisar cuatro de los modelos más relevantes que buscan explicar y dar cuenta de este fenómeno, identificamos los componentes básicos que un país con un incipiente sistema de innovación – caso de México – debe observar para alcanzar un buen desempeño en materia de TT

La TTU es un fenómeno relativamente reciente en nuestro país; mientras en los EEUU estos esquemas se impulsan desde la década de 1980s, en México recién inician a partir de la segunda mitad de la década del 2000s. Organismos privados y públicos como ADIAT y CONACYT elaboraron un diagnóstico sobre las características propias del ecosistema nacional de innovación en México en 2008. Este estudio retomó elementos teóricos desarrollados en países con sistemas de innovación más adelantados para el diseño de instrumentos de política científica que permitiesen una mayor transferencia de emprendimientos tecnológicos en México.

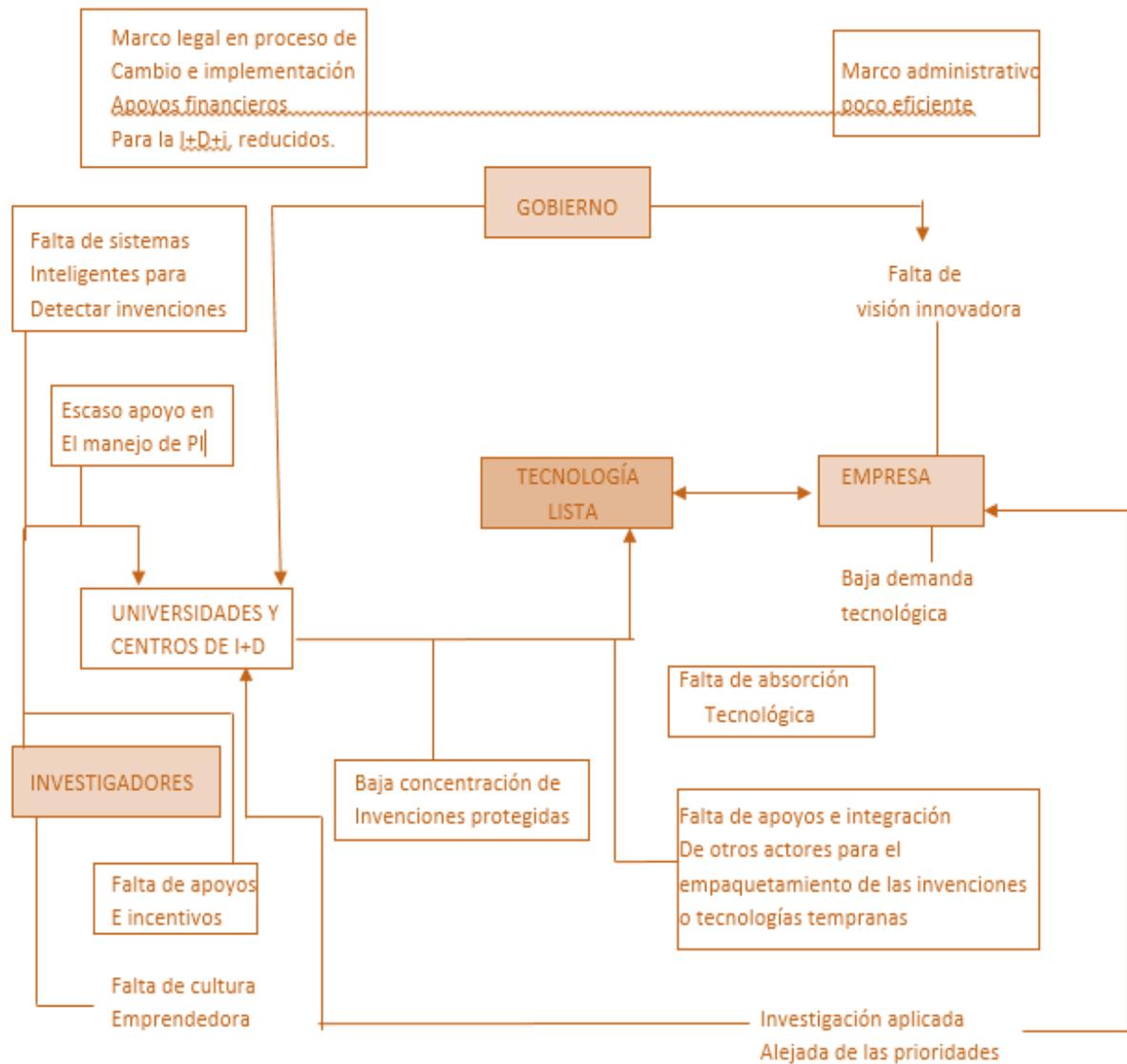
Es a partir del 2011 que CONACYT impulsa los esquemas de OTTs certificadas para lograr una mayor comercialización de las innovaciones provenientes de universidades y centros públicos de investigación. No obstante una fuerte dinámica inicial en el desarrollo de estas agencias de transmisión de conocimiento, en 2017 CONACYT certificó solo 57 OTTs, en contraste con las 115 OTTs aprobadas para el año 2015 (Observatorio Mexicano de Innovación –OMI-, 2017).

De acuerdo a la Secretaría de Economía e INEGI, existe poca información sobre los indicadores de desempeño en la mayoría de OTTs en México². Diversas encuestas han arrojado pocos o casi nulos resultados en licenciamientos y generación de empresas de base tecnológica tipo *start ups* y *spin offs* en el país (OMI, 2017). A pesar de ser uno de los objetivos principales del PECITI 2008-2012, el diagnóstico y evaluación objetiva de los sistemas regionales de innovación no se ha concretado satisfactoriamente. De allí que sea imperante la construcción de un sistema de indicadores confiable y oportuno para evaluar los avances que en materia de TTU se han realizado en los últimos años, y así proponer

² <https://omi.economia.gob.mx/Pages/Inicio.aspx> [consultado 18/sep/2018]

acciones correctivas en la planeación estratégica de nuestra futura política científica y tecnológica basada en la TTU.

Diagrama 6. Principales barreras identificadas en la TT en México



Fuente: (CTT-ADIAT, 2008).

Bibliografía

- ADIAT. 2007. *Estudio comparativo de los sistemas de innovación México-España*. México: Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico-ADIAT
- ADIAT. 2008. *Desarrollo de un modelo de transferencia de tecnología para México*. México: Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico-ADIAT
- ADIAT. 2010. *Oficinas de Transferencia de Tecnología. Fundamentos para su Formación y Operación en México*. México: Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico-ADIAT
- Agmon, T., Von Glinow, M., 1991. *Technology Transfer in International Business*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Allen, T.J.; Tushman, M.L., Lee, D.M., 1979. Technology transfer as a function of position in the spectrum from research through development to technical services. *Academy of Management Journal* 22 (4), 694-708
- Argote, L., Ingram, P., 2000. Knowledge transfer: a basis for competitive advantage in firms. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 82 (1), 150–169.
- Atilano, A., Mercado, J., & Casanova, H., 2016. *Indicadores de Innovación Tecnológica de los Países CAF – 2016*. Caracas: CAF.
- Audretsch, David B., Erick E. Lehmann, Suzanne Warning., 2005. University spillovers and new firm location. *Research Policy* 34, 1113-1122.
- Autio, E., Laamanen, T., 1995. Measurement and evaluation of technology-transfer — review of technology-transfer mechanisms and indicators. *International Journal of Technology Management* 10 _7–8., 643–664.
- Autio, E., 1997. New Technology-based firms in innovation networks. *Research Policy* 26, 263-281
- AUTM, 2012. 2012. Licensing Activity Survey. Association of University Technology Managers. Deerfield, IL. USA
- Bozeman, Barry, 2000. Technology Transfer and Public Policy: a review of research and theory. *Research Policy* 29, 627-655

- Bresman, H., Birkinshaw, J.M., Nobel, R., 1999. Knowledge transfer in international acquisitions. *Journal of International Business Studies* 30 (3), 439–462.
- Cabrero, Enrique; Cárdenas, Sergio; Arellano, David; Ramírez, Edgar. 2011. La vinculación entre la universidad y la industria en México. Una revisión a los hallazgos de la Encuesta Nacional de Vinculación. *Perfiles Educativos. Revista de la Universidad Nacional Autónoma de México*, vol. XXXIII, 186-199
- Caldera, Aida y Olivier Debande., 2010. Performance of Spanish universities in technology transfer: An empirical analysis. *Research Policy* 39, 1160-1173.
- Carayannis, Elias G.; Rogers, E.M., Kurihara, K., Allbritton, M.M., 1998. High technology spin-offs from government R&D laboratories and research institutes. *Technovation* 18 (1), 1-10
- Chapple, Wendy, Andy Lockett, Donald Siegel, Mike Wright., 2005. Assessing the relative performance of U.K. university technology transfer offices: parametric and non-parametric evidence. *Research Policy* 34, 369-384.
- Chiesa, Vittorio & Andrea Piccaluga., 2000. Exploitation and diffusion of public research: the case of academic spin-off companies in Italy. *R&D Management* 30(4), 329-339.
- Clarysse, Bart., Mike Wright, Andy Lockett, Els Van de Velde, Ajay Vohora., 2005. Spinning out new ventures: a typology of incubation strategies from European research institutions. *Journal of Business Venturing* 20, 183-216.
- Colombo, Massimo G., Marco Delmastro., 2002. How effective are technology incubators? Evidence from Italy. *Research Policy* 31, 1103-1122.
- CONACYT, 2008. Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología. México, D.F.
- CONACYT, 2010. Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología. México, D.F.
- CONACYT, 2016. Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología. México, D.F.
- Correa, C.M., 1999. Trends in technology transfer –implications for developing countries. *Science and Public Policy* 21 (6), 369
- Crow, M., Bozeman, B., 1998. *Limited by Design: R&D Laboratories in the US National Innovation System*. Columbia Univ. Press, New York.
- Cummings, Jeffrey L. and Bing-Sheng Teng, 2003. Transferring R&D knowledge: the key factors affecting knowledge transfer success. *Journal of Engineering. Technological Management* 20, 39–68

- Debackere, Koenraad; Reinhilde Veugelers., 2005. The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links. *Research Policy* 34, 321-342.
- Degroof Jean Jacques; Roberts, Edward B., 2004. Overcoming Weak Entrepreneurial Infrastructures for Academic Spin-Off Ventures. *Journal of Technology Transfer* 29(3-4), 327, 352.
- European Commission Expert Group, 2004. Management of Intellectual Property in Publicly Funded Research Organisations: Towards European Guidelines. European Commission, Luxembourg.
- Feller, I., Roessner, D., 1995. What does industry expect from university partnerships: congress wants to see bottom-line results from industry government programs, but that is not what the participating companies are seeking. *Issues in Science and Technology* 12-1., 80.
- Felsenstein, D., 1994. University-related science parks: seedbeds or enclaves of innovation. *Technovation* 14 _2., 93-110.
- Friedman, J., Silberman, J., 2003. University technology transfer: do incentives, management and location matter?. *Journal of Technology Transfer* 28, 17-30
- Fujisue, K., 1998. Promotion of academia-industry cooperation in Japan. *Technovation* 18 (6-7), 371-381
- Gideon D. Markman, Gideon D., Phillip H. Phan, David B. Balkin, Peter T. Gianiodis., 2005. Entrepreneurship and university-based technology transfer. *Journal of Business Venturing* 20, 241-263.
- Heher, A.D., 2005. Implications for technology Transfer Benchmarks for Developing Countries. *International Journal of Technology Management and Sustainable Development* 4(3), 207-225.
- Henderson, Rebecca, Adam Jaffe, and Manuel Tracjtenberg., 1998. Universities as a source of commercial technology: A detailed analysis of university patenting, 1965-1988. *The Review of Economics and Statistics* 80, 119-127.
- Hindle, Kevin and John Yencken., 2004. Public research commercialisation, entrepreneurship and new technology based firms: an integrated model. *Technovation* 24, 794-803.
- IBT, 2011. Instituto de Biotecnología. Informe de actividades 2011. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuernavaca, Morelos. México.

- Jacob, Merle; Mats Lundqvist, Hans Hellsmark., 2003. Entrepreneurial transformations in the Swedish University system: the case of Chalmers University of Technology. *Research Policy* 32, 1555-1568.
- Jones-Evans, Dylan; Klofsten, Magnus; Anderson, Ewa; and Pandia, Dipti., 1999. Creating a bridge between university and industry in small European Countries: the role of the Industrial Liaison Office. *R&D management* 29, 1, 47-56
- Kelley, M.R., 1997. From mission to commercial orientation: perils and possibilities for federal industrial technology policy. *Economic Development Quarterly* 11,4., 313–328.
- Lach, Saul; Schankerman, Mark., 2008 Summer. Incentives and invention in universities. *The Rand Journal of Economics* 39, 403-433.
- Liebeskind, J.P., Oliver, A., Zucker, L., Brewer, M. 1996. Social networks, learning, and flexibility: sourcing scientific knowledge in new biotechnology firms. *Organization Science* 7, 428-443.
- Link, Albert N.; John T. Scott., 2003. U .S. science parks: the diffusion of an innovation and its effects on the academic missions of universities. *International Journal of Industrial Organization* 21, 1323-1356.
- Link, Albert N. & John T. Scott., 2005. Opening the ivory tower's door: An analysis of the determinants of the formation of U.S. university spin-off companies. *Research Policy* 34, 1106-1112.
- Lynn, L.H., Reddy, N.M., Aram, J.D., 1996. Linking technology and institutions — the innovation community framework. *Research Policy* 25 (1), 91–106.
- Macho-Stadler, Inés; David Pérez-Castrillo, Reinhilde Veugelers., 2007. Licensing of university inventions: The role of a technology transfer office. *International Journal of Industrial Organization* 25, 483-510.
- Meyers, Alen D. & Sarika Pruthi., 2011. “Academic entrepreneurship, entrepreneurial universities and biotechnology”, *Journal of Commercial Biotechnology* 17, 349 – 357
- Mian, Sarfraz A., 1997. Assessing and Managing the University Technology Business Incubator: An Integrative Framework. *Journal of Business Venturing* 12, 251-285.
- Observatorio Mexicano de Innovación. (2017). *Informe de tendencias tecnológicas de nueve sectores prioritarios en México*. Ciudad de México, México: OMI.
- Observatorio Mexicano de Innovación. (2017). *Informe técnico del OMI: Estado de la innovación en México*. Ciudad de México, México: OMI.

- O'Shea, Rory P., Thomas J. Allen, Arnaud Chevalier, Frank Roche., 2005. Entrepreneurial orientation, technology transfer and spinoff performance of U.S. universities. *Research Policy* 34, 994-1009.
- PECITI 2008-2012. Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2012. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Gobierno Federal. México, D.F. 2008
- Powers, Joshua B.; McDougall, Patricia P., 2005. University start-up formation and technology licensing with firms that go public: a resource-based view of academic entrepreneurship. *Journal of Business Venturing* 20, 291-311
- Radosevich, R., 1995. A model for entrepreneurial spin-offs from public technology sources. *International Journal of Technology Management* 10, 879-893
- Renko, Maija., Carsrud, Alan, and Malin Brännback., 2009. The Effect of Market Orientation, Entrepreneurial Orientation, and Technological Capability on Innovativeness: A Study of Young Biotechnology Ventures in the United States and in Scandinavia. *Journal of Small Business Management* 47(3), 331-369.
- Roberts, Edward., 1991. *Entrepreneurs in High Technology*. New York: Oxford University Press
- Roessner, J.D., Wise, A., 1994. Public-policy and emerging sources of technology and technical-information available to industry. *Policy Studies Journal* 22 (2)., 349–358.
- Rosenberg, N., Nelson, R.R., 1994. American universities and technical advance in industry. *Research Policy* 23, 323–348.
- Rothaermel, Frank T.; Marie Thursby., 2005. University–incubator firm knowledge flows: assessing their impact on incubator firm performance. *Research Policy* 34, 305-320.
- Saxenian, AnnaLee., 1996. *Regional Advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128*. Boston: Harvard University Press
- Shane, Scott., 2001. Technological opportunities and new firm creation. *Management Science* 47, 205-220.
- Siegel, Donald S.; David A. Waldman, Leanne E. Atwater, Albert N. Link. 2003. Commercial knowledge transfers from universities to firms: improving the effectiveness of university–industry collaboration. *Journal of High Technology Management Research* 14, 111-133.
- Siegel, D., Waldman, D., Atwater, L., Link, A.N., 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.

Smilor, R., Gibson, D., 1991. Accelerating technology transfer in R&D consortia. *Research Technology Management* 34 ,1., 44.

Stankiewicz, R., 1994. University firms: spin-off companies from universities. *Science and Public Policy* 21 (2), 99-107

Steffensen, Morten; Everett M. Rogers and Kristen Speakman., 1999. Spin-offs from Research Centers in a Research University. *Journal of Business Venturing* 15, 93-111.

Storper, M., 1995. Regional technology coalitions: an essential dimension of national technology policy. *Research Policy* 24 (6)., 895–913.

Villavicencio, Daniel (coord). 2017. Las vicisitudes de la innovación en biotecnología y nanotecnología en México. México DF: UAM. Editorial Itaca.

Westhead, P., Storey, D., 1995. Links between higher education institutions and high technology firms. *Omega* 23, 345-360

Zucker, Lynne G; Darby, Michael R; Brewer, Marilyn B., 1998. Intellectual human capital and the birth of U.S. biotechnology enterprises. *The American Economic Review* 88.1, 290-306.