



Eficiencia y productividad en las unidades de transferencia de resultados de investigación científica en México

Efficiency and productivity in transfer units of scientific research results in Mexico

Jorge Antonio Yeverino Juárez^{1*} y María Ángeles Montoro Sánchez²

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

²Universidad Complutense de Madrid, España

Recibido el 14 de febrero de 2017; aceptado el 6 de marzo de 2018

Disponible en Internet el: 23 de mayo de 2019

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar y determinar los niveles de eficiencia y productividad entre las unidades académicas involucradas en la transferencia tecnológica de investigación científica entre 2012 y 2013. La investigación empírica se basa en la encuesta aplicada a 21 centros de investigación y educación superior en México. Se diseñaron dos modelos complementarios, un modelo de programación lineal de envolvimiento de datos (método DEA) y un modelo estocástico de frontera (método SFE). Los resultados obtenidos mediante métodos paramétricos y no paramétricos muestran una fuerte heterogeneidad inicial en las instituciones de educación superior y centros públicos de investigación que participan desde 2011 en estos procesos en México. En contraste con otros países más desarrollados, la productividad es limitada en factores como número e ingresos por licencias, número de notificaciones de invenciones, gasto en propiedad intelectual, y experiencia de las oficinas de transferencia tecnológica. Finalmente, se diseñó un modelo de datos de panel dinámico en una segunda muestra para evaluar la continuidad de los resultados preliminares para el período entre 2014 y 2016; los resultados muestran que el gasto público en I+D y el número de acuerdos academia-industria continúan incidiendo positivamente en la productividad de las entidades académicas.

Código JEL: I23, O32, O34

Palabras clave: Medidas de productividad y eficiencia; Modelos de envolvimiento de datos (DEA); Modelos de frontera estocástica (SFE); Modelos de panel de datos dinámicos; Unidades de transferencia de tecnología universitaria

* Autor para correspondencia

Correo electrónico: jyeverin@gmail.com (J.A. Yeverino Juárez)

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México

Abstract

The objective of this paper is to evaluate and determine the levels of efficiency and productivity among the academic units involved in the technological transference of scientific research between 2012 and 2013. The empirical research is based on the survey applied to 21 research centers –RCs– and higher education institutions –HEIs– in Mexico. Two complementary models were designed, a data envelopment analysis model (DEA method) and a stochastic boundary model (SFE method). The results obtained by parametric and non-parametric methods show a strong heterogeneity between the RCs and the HEIs that have participated since 2011 in processes linked to technology transfer in Mexico. In contrast to other more developed countries, productivity is limited in factors such as number of licenses and revenues through licensing, number of notifications for inventions and experience in years within technology transfer offices. Ultimately, to measure the continuity of our results, a balanced data dynamic panel model was estimated for the period 2014 to 2016; this model shows that the public expenditure and the number of academy-industry agreements positively influence on the productivity levels within the high educational institutions.

JEL code: I23, O32, O34

Keywords: Measures of productivity and efficiency; Data envelopment analysis (DEA); Stochastic frontier models (SFE); Dynamic data panel models; Technology transfer offices

Introducción

En las últimas décadas, instituciones académicas de referencia internacional, especialmente de EEUU y Europa, han alcanzado un considerable éxito en sus procesos de vinculación y transferencia tecnológica (O'Shea et al, 2005; Lerner, 2005; Wright et al., 2007; Guerrero et al. 2015). Estas instituciones han logrado establecer mecanismos para obtener fuentes de ingresos adicionales y alternativos a las tradicionales formas de financiación de las universidades; como por ejemplo, generando regalías y pagos en efectivo o en especie a través del licenciamiento y proyectos de investigación patrocinados por la industria (Lach y Schankerman, 2004; Mowery et al. 2015). Asimismo, diversos estudios han resaltado el desarrollo económico alrededor de estos centros académicos como consecuencia de la creación de nuevos empleos de alta calidad vinculados a la creación de empresas de alto contenido tecnológico (Saxenian, 1996; Shane 2004a, b; Wright et al., 2004a, b; Agarwal et al., 2014).

Pero no todas las instituciones de investigación superior (IES), como las de referencia internacional, han conseguido los mismos niveles de desempeño respecto a sus esfuerzos por transferir al mercado los resultados de su investigación científica (Bok, 2003, Stephan, 2012). Este fenómeno ha estimulado una considerable cantidad de literatura en el ámbito de la dirección de la tecnología, relacionada con la revisión de los factores clave en el éxito o el fracaso en la transferencia de tecnología universitaria – TTU – (Di Gregorio y Shane, 2003; Lerner, 2005; Link et al, 2005; O'Kane et al. 2015).

Más allá de identificar los factores que explican los procesos de transferencia de tecnología universitaria, otros trabajos han evaluado y medido los niveles de eficiencia alcanzados por las unidades de transferencia de resultados de investigación. Entre estos estudios resaltan los trabajos elaborados para los EEUU por Thursby y Kemp (2002), Siegel, et al. (2003), Anderson et al., (2007) y el trabajo comparativo para Italia y Reino Unido de Agasisti y Johnes (2009); de

la misma manera que la serie de trabajos elaborados por Chapple et al. (2005) en Reino Unido; Glass et al. (2006), Rossi, (2014) y Curi et al. (2015). La mayoría de estos estudios proponen como objeto de análisis y medición a las oficinas de transferencia de tecnología (OTTs) por su papel estratégico en los resultados que las universidades y centros de investigación obtienen al licenciar o fundar nuevas empresas *start ups* y/o *spin offs* (Debackere y Veugelers, 2005; Fitzgerald et al., 2015).

En América Latina existen algunos estudios comparativos para medir la eficiencia de la educación, la transferencia de conocimiento y el desempeño de las universidades. Por ejemplo, en un estudio comparativo de 14 países, Alborno (1997) utiliza los insumos de planta física, clima organizacional y miembros de las facultades académicas para evaluar el nivel educativo entre las IES. Por su parte, Deutsch et al. (2013) utilizando los resultados de la prueba PISA, diseña un modelo estocástico de frontera para determinar la eficiencia en el aprendizaje en cinco países de América Latina. Este estudio concluye que la localización de las escuelas, nivel de financiación y la auto estima de los alumnos son determinantes para alcanzar niveles de eficiencia en el aprendizaje escolar. Por su parte, Cáceres et al. (2014) miden la eficiencia mediante el método de envolvimiento de datos (DEA) de 15 departamentos en una universidad chilena, resultando el 33% de los departamentos en la frontera de eficiencia.

En México este tipo de estudios se han enfocado en evaluar la eficiencia y productividad de los sistemas de innovación regional y estatal (Valdez-Lafarga et al., 2015), las universidades (Güemes-Castorena, 2008; Antonio et al., 2012; Becerril-Torres et al., 2012), y las facultades y departamentos universitarios (Altamirano-Corro et al., 2014). Sin embargo, no existe ningún trabajo centrado en la evaluación de la eficiencia de las OTTs (CONACYT, 2013).

En cuanto a los trabajos que estudian la medición y evaluación en el desempeño productivo de la TTU, algunos autores utilizan una metodología de programación lineal denominada DEA y la aplican a universidades en el Reino Unido (Chapple et al., 2005). Esta técnica mide las diferentes unidades productivas de acuerdo con su nivel de eficiencia para establecer las unidades de análisis de referencia (unidades de mayor preferencia). De esta forma, se calculan los índices de eficiencia individual para cada unidad productiva. En una segunda etapa, una serie de modelos econométricos se diseñan utilizando la técnica estocástica de frontera (SFE) para identificar los factores relevantes para determinar tanto la eficiencia y los niveles de ineficiencia a nivel global y regional (Chapple et al., 2005; Glass et al., 2006). Estos estudios resaltan el contexto particular en materia de transferencia de tecnología en un país como México donde no existe una legislación del tipo del acta Bayh- Dole, la cual surgió en EEUU.

En México tampoco existe una iniciativa de ley del tipo de esta acta, de ahí la conveniencia de la metodología utilizada por estos autores para la identificación de los factores que explican la eficiencia en TT. Por todo ello, el objetivo de este trabajo es medir y evaluar los niveles de eficiencia alcanzados por las unidades de transferencia tecnológica. Utilizando la metodología introducida por Thursby y Kemp (2002), Chapple et al. (2005) y Glass et al. (2006), se busca lograr este objetivo. Así, este estudio diseña tanto un modelo paramétrico (SFE), como un modelo no paramétrico (DEA) con los datos recogidos de la investigación empírica llevada a cabo entre las oficinas de transferencia y de vinculación universitaria en México en el período 2012 a 2013. Asimismo, este estudio presenta un modelo de panel de datos dinámico para analizar los factores que contribuyen a la productividad y eficiencia en el período comprendido entre el año 2014 al 2016.

Este trabajo contribuye a la literatura académica al evaluar contextos donde este tipo de iniciativas públicas aún son marginales. Este estudio busca contribuir en forma teórica a explicar los niveles de eficiencia y productividad en países con nivel medio de desarrollo tecnológico. Asimismo, este análisis empírico pretende sentar un precedente para la evaluación de la productividad en unidades de transferencia de tecnología en Latinoamérica y asentar la utilidad de esta metodología para los diseñadores de política pública tecnológica y los directores de las IES, los cuales tendrán una base para impulsar mejores prácticas en la transferencia de tecnología universitaria.

De esta manera, este artículo se estructura postulando en la siguiente sección 2, una revisión teórica del impacto de la innovación científica en el desarrollo económico; así como los antecedentes y el conjunto de indicadores internos y externos que explican la productividad en las IES y en los centros de investigación pública. En la sección 3, se introduce la metodología para estimación de los modelos empíricos utilizados en la estimación de la eficiencia relativa de las universidades y centros de investigación. La sección 4 y 5 describen la característica de los datos y los resultados obtenidos en nuestro(s) modelo(s). Finalmente en la sección 6 se presentan las conclusiones y una agenda para futuras investigaciones.

Economía de la innovación tecnológica y productividad empresarial

Enfoques teóricos sobre la innovación científica, el cambio tecnológico en las empresas y el desarrollo económico

La revisión literaria en torno a las principales aportaciones teóricas sobre innovación y gestión de la administración tecnológica nos remite a las ideas seminales de Joseph A. Schumpeter, quien resalta el papel central de la “creación disruptiva” del empresario en el proceso del desarrollo económico (Schumpeter; 1950). Este concepto consiste en resaltar el preponderante papel que juegan las continuas oleadas de descubrimientos e innovaciones que se dan entre emprendedores con espíritu empresarial, y que permiten que éstos obtengan mayores capacidades y ventajas competitivas para posicionarse con mejores cuotas de mercado e incluso con monopolios temporales, al desplazar los antiguos esquemas de producción y organización (Wernerfelt, 1984; Scherer, 1986). De acuerdo a este enfoque teórico, la innovación es el factor más relevante que impulsa el crecimiento económico y el bienestar social de un país o una región (Mansfield, 1984; Griliches, 1986; Fagerberg, 1994).

Hasta la década de 1970, la teoría económica predominante, basada en postulados neoclásicos, consideraba que la tecnología era básicamente información y que su proceso de producción era exógena al sistema económico y a las empresas innovadoras. Este modelo del cambio tecnológico conceptualizaba la I+D como una actividad aislada, llevada a cabo en centros de investigación, y ajena a incentivos del mercado. Las nuevas tecnologías se consideraban información de carácter público y fácilmente imitable. Este modelo supone que la transferencia tecnológica es un proceso automático sin costes significativos basado en el mecanismo de “la mano invisible”. (Heijs y Buesa, 2016).

Un modelo teórico alternativo al modelo lineal de corte neoclásico del cambio tecnológico lo constituye el modelo interactivo o evolucionista, desarrollado en los años ochenta, que

implica cambios radicales para la gestión tecnológica de las empresas o el diseño de la política tecnológica por parte de la administración pública. La teoría evolucionista se basa en una fuerte crítica hacia la teoría neoclásica. La escuela evolucionista censura a la teoría neoclásica en el tratamiento exógeno de la innovación como determinante del crecimiento. Asimismo, esta corriente de pensamiento critica las simplistas afirmaciones neoclásicas de que la información científica es un bien público sin costo, fácilmente apropiable y que en última instancia, el desarrollo económico tiende hacia un equilibrio general maximizador (Nelson y Winter, 1974).

En la teoría evolucionista, se considera que el cambio tecnológico y el crecimiento económico son dos procesos interactivos. El cambio tecnológico se fundamenta en una dinámica evolutiva con incrementos graduales de eficiencia técnica, productividad y precisión de procesos; este cambio ocurre dentro de un contexto con diversos agentes y organismos del sistema también denominado ecosistema de innovación y del tejido productivo, que se desarrolla y adapta a partir de las capacidades tecnológicas disponibles en empresas e institutos de I+D, las condiciones, oportunidades y de las decisiones empresariales (de los empresarios, ingenieros y científicos) sobre las posibilidades tecnológicas futuras y su rentabilidad económica (Dosi et al., 1994; Nelson, 2009). De este modo, la transferencia de tecnología es un proceso costoso y acumulativo y sigue trayectorias históricas de cambios y mejoras continuas (Dosi, 1997).

La creciente complejidad e interdisciplinariedad científica exige de la innovación; las empresas y universidades interactúan y cooperan en rutinas para mejorar sus habilidades y capacidades técnicas en ambientes de altos conocimientos tácitos y difíciles de codificar (Cohen y Levinthal, 1989; Nonaka, 2008; Polanyi, 2009). Esta exigencia de diversificación en los distintos campos tecnológicos se ha tornado en un requisito demasiado costoso en términos financieros y de tiempo para las empresas (Teece, 1992). De esta manera, el conjunto de actores que se involucra en los procesos de cooperación para la innovación incluyen empresas, instituciones académicas, laboratorios científicos, gestores de recursos financieros, especialistas legales en propiedad intelectual (PI), ONGs y agentes del gobierno (Nelson y Winter, 1982).

En las últimas décadas el enfoque de la misión de las universidades en la sociedad se ha transformado radicalmente, pasando de ser entidades generadoras de investigación básica a participar activamente en el desarrollo económico (Etzkowitz y Viale, 2010; Stephan, 2012). Durante la década de los 90 y primeros años del 2000, la evaluación del impacto y de los resultados en materia de transferencia de tecnología universitaria se enfocó en una multitud de factores incluyendo a los resultados en materia económica producto del desarrollo tecnológico (Roessner y 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 y Bozeman, 1998).

En consecuencia, la literatura ha abordado el estudio sobre la serie de acuerdos, licencias, creación de nuevas empresas, contratos y condiciones de uso de la propiedad intelectual entre las universidades, los laboratorios federales y la industria (Link et al., 2003; Lockett et al., 2005; Phan y Siegel, 2006; Siegel et al., 2007). Asimismo, otros estudios teóricos se han enfocado en las oficinas de transferencia de tecnología (OTTs) cuya función principal ha sido facilitar la transferencia de conocimiento y comercialización a través del licenciamiento a la industria de las invenciones universitarias u otras formas de PI (Colyvas et al., 2002; Friedman y Silberman, 2003; Siegel et al., 2004; Belenzon y Schankerman, 2009).

Otra serie de estudios se han enfocado en análisis sobre los flujos de inversión en investigación y desarrollo, y el positivo impacto sobre las economías locales producto de los *spillovers* de conocimiento (Audretsch et al., 2005; Caldera et al., 2010). De este modo, diversos estudios señalan que los fondos públicos para la investigación universitaria también han sido asociados con mayores niveles de eficiencia en TT (Etzkowitz, 2002; Powers y Mc Dougall, 2005). En respuesta, los gobiernos interesados en fomentar la actividad industrial y la innovación tecnológica han canalizado significativos recursos públicos a las universidades y centros de investigación. De acuerdo a Mowery y Nelson (2015), mayores niveles de inversión pública para I+D conlleva mayores niveles de descubrimientos con alto potencial industrial, lo cual implica un mayor conjunto de invenciones protegidas susceptibles de ser comercializadas a través de la transferencia tecnológica universitaria (Grimaldi et al., 2011).

Mientras 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 es un factor relevante en la efectividad de la investigación y la transferencia de conocimiento (Autio et al., 1995; Lynn, 1996; Bozeman, 2000).

Diversos artículos académicos han analizado la relación entre el gasto dedicado a inversiones en propiedad intelectual, aplicación y mantenimiento de patentes y una eficiente transferencia de conocimiento universitario (Carlson y Fridh, 2002; Siegel, Waldman et al., 2004; Powers y McDougall, 2005; Mc Devitt et al., 2014). Asimismo, la literatura ha resaltado que sólidos portafolios de patentes ayudan a alcanzar ventajas competitivas sostenibles y una mayor eficiencia en resultados en materia de transferencia de resultados de investigación científica (Nerkar y Shane, 2003; Schilling, 2010).

Evaluación del desempeño en la transferencia de resultados de investigación

La literatura académica se ha centrado en analizar los resultados y la productividad de los gastos en inversión para investigación y desarrollo en tres niveles: (1) sistemático, (2) universidad y sus departamentos, (3) unidades de transferencia de conocimiento científico v.g. OTTs.

El primer nivel se ha enfocado en medir el impacto sobre la industria y la economía nacional. En un trabajo seminal, Griliches (1979) plantea una metodología para estimar el impacto que tienen los gastos privados y públicos en investigación científica sobre el producto bruto en la economía y en sectores con industrias intensivas en capital asociadas al conocimiento. Este autor señala la necesidad de marcar diferencias entre los retornos en investigación básica y aplicada, así como los efectos de transmisión de conocimiento entre empresas – *spillovers*-. Por su parte, Heher (2005, 2006) estima que los retornos sobre las inversiones en ciencia y tecnología son positivos y oscilan entre el 2% y 3% con retrasos de 10 años a nivel institucional y de hasta 20 años a nivel nacional.

En segundo nivel se encuentran estudios que en diversos países se han realizado para medir el desempeño administrativo, productividad y de eficiencia en universidades y facultades. Por ejemplo Glass et al. (2006) analizando datos para 98 universidades en el Reino Unido durante 1996 indica que los rangos en los niveles de eficiencia han aumentado durante una

década. En EEUU se han desarrollado una amplia serie de artículos académicos enfocados en la productividad de las IES donde la varianza en productividad encontrada es menor a la observada en instituciones en el Reino Unido. Por ejemplo, Reichmann (2004) analiza 118 universidades americanas encontrando que las de menor desempeño solamente son 32% menos productivas que las más eficientes. Este resultado revela un mayor grado de homogeneidad en las universidades americanas que sus contrapartes europeas; por otra parte, Cobert (2000) en un estudio sobre los 24 principales programas de maestría en administración de negocios en los EEUU mostró diferencias de tan solo 8% en eficiencia educativa. Finalmente, diversos estudios incluyendo instituciones en Canadá (Mc Millan y Chan, 2006), Austria (Leitner et al., 2007), Australia (Worthington y Lee, 2008), entre otros, también han analizado la productividad y eficiencia operativa en educación superior. El estudio en Canadá analiza 45 universidades utilizando los métodos DEA y SFE, si bien encuentra divergencia de resultados en cada método, por otra parte, logra resultados consistentes en el orden de las eficiencias individuales de las universidades. El estudio en Austria, enfatiza que tanto las universidades grandes como pequeñas, poseen niveles de eficiencia, resaltando que no existe un nivel de escala simple para determinar el establecimiento en la frontera de eficiencia. Finalmente, el estudio de 35 universidades en Australia entre 1998 y 2003 arroja un crecimiento anual en productividad del 3.3% debido principalmente al progreso tecnológico.

En un tercer grupo de estudios, la principal línea de investigación gira en torno al rendimiento y productividad de las actividades en materia de transferencia tecnológica y en el desempeño de las OTTs. Existen estudios basados en análisis financieros de pérdidas y ganancias (P/L) de las oficinas de transferencia de tecnología (Trune y Goslin, 1998; Abrahms et al., 2009), y a partir de la década que inicia en el año 2000, diversos estudios utilizan: (1) los enfoques basados en funciones de producción, y (2) el enfoque de funciones de producción de frontera (Bonaccorsi y Dario, 2004). Mientras en el primer caso se construye una función para estimar a través de la ecuación de regresión la tendencia promedio de las observaciones; en el segundo caso, se construyen modelos basados a partir de un punto óptimo de referencia en la frontera. Siegel y Phan (2004) describen la estimación estocástica de frontera (SFE) y al análisis envolvente de datos (DEA) como las dos herramientas más ampliamente utilizadas para llevar a cabo esta evaluación.

Mientras, el método DEA utiliza la programación lineal para determinar niveles de eficiencia, este no está limitado por los supuestos ligados a los análisis paramétricos tradicionales de regresión, como es el supuesto de la independencia entre las variables independientes. Estos modelos incorporan factores organizativos y externos que influyen directa o indirectamente en el rendimiento de la transferencia de tecnología. El otro método recurrentemente utilizado en el estudio de la eficiencia es el denominado de frontera estocástica (SFE), el cual consiste en un modelo paramétrico con dos funciones: (a) de eficiencia y (b) de ineficiencia técnica respectivamente (Aigner et al., 1977; Meeusen y Van Den Broeck, 1977). El método estima una frontera de eficiencia mediante el uso de una función de producción y calcula los parámetros de la función de producción mediante el uso de regresión. Al ser un método paramétrico permite construir pruebas de hipótesis y la construcción de los niveles estadísticos de confianza.

La tabla 1 recoge los principales trabajos realizados sobre la eficiencia de la transferencia de tecnología universitaria y las OTTs. Las variables principales de entrada-salida (*input-outputs*) utilizadas en estos modelos incluyen a los gastos para investigación y desarrollo (I+D), ingresos por licenciamiento, número de licencias, número de empresas fundadas, regalías, número de

acuerdos de investigación, número de notificaciones de inventos, tamaño de la OTT, gastos en propiedad intelectual, y patentes aplicadas y/o obtenidas. A continuación se detalla cada uno de los estudios señalando metodología, muestra, enfoque y las combinaciones de variables utilizadas.

Tabla 1

Trabajos empíricos sobre la eficiencia de la transferencia de tecnología universitaria y de las OTTs

Trabajo de Investigación	Muestra/ Países	Método	Enfoque	Variables Input	Variables Output
Thursby y Kemp (2002)	112 universidades en EEUU	DEA combinado con un análisis de regresión	Actividades de transferencia de tecnología universitaria (UITT)	Tamaño OTT Financiación federal Bio. facultad Ing. facultad Físicas. facultad Bio calidad Ing. calidad Físicas calidad	Financiación de la Industria Regalías Notificaciones Aplicaciones por nuevas patentes Licencias
Thursby y Thursby (2002)	64 universidades en EEUU	DEA (3 etapas). Calcula factores totales de productividad para cada etapa (TFP)	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs)	Etapas 1: Financiación federal e industrial Personal en OTT Etapas 2: Notificaciones Calidad de facultad Etapas 3: Notificaciones Aplicaciones por patente	Etapas 1: Notificaciones Etapas 2: Aplicaciones por patente Etapas 3: Licencias y acuerdos de opciones
Siegel et al. (2003)	89 universidades en EEUU	SFE	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs)	Notificaciones Tamaño de la OTT Gastos legales	Acuerdos por licencias Ingresos por licencias
Chapple et al. (2005)	98 universidades en el R.U.	DEA y SFE	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs)	Ingresos para la investigación Notificaciones Tamaño de la OTT Gastos legales PI	Acuerdos por licencias Ingresos por licencias
Glass et al. (2006)	98 universidades en R.U.	DEA y SFE	Actividades de transferencia de tecnología universitaria (UITT) y actividades de enseñanza	Staff académico Gastos de inversión en capital	Investigación Enseñanza

Anderson et al. (2007)	57 universidades en EEUU	DEA	Actividades de transferencia de tecnología universitaria (UITT)	Gasto en investigación	Licencias, número de SPOs e Ingreso por licencias, patentes aplicadas, patentes otorgadas
Siegel et al. (2008)	120 universidades en EEUU y R.U.	SFE	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs)	Gasto en investigación, Gastos externos en PI, staff en OTT, calidad de la facultad, edad de la OTT	Licencias, número de SPOs e Ingreso por licencias
Agostini y Johnes (2009)	184 universidades en R.U. e Italia	DEA	Actividades de transferencia de tecnología universitaria (UITT)	Total de recursos financieros Número total de empleados y profesores Estudiantes de doctorado	Número de estudiantes graduados Número de becas externas Número de acuerdos de I+D patrocinados
Zhang et al. (2011)	59 institutos de investigación en China	DEA	Actividades de transferencia de tecnología universitaria (UITT)	Gasto de apoyo para I +D Personal Staff Equipo para Ciencia y Tecnología	Número de alumnos postgraduados en entrenamiento Citas Artículos Internacionales
Ali y Ahmad (2013)	18 Facultades en Universidad de Qassim (Arabia Saudita)	DEA	Actividades de transferencia de tecnología universitaria (UITT)	Estudiantes Staff tiempo completo	Número de Bachilleres graduados Número de Investigadores
Monteiro. (2013)	18 universidades de Portugal	DEA	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs)	Staff en la OTT Gastos de la OTT	Notificaciones Inv. Aplicaciones de Patentes Num. spin offs Acuerdos I+D
Altamirano Corro et al., (2014)	51 Facultades de Ingeniería en México	DEA y RNA	Actividades de transferencia de tecnología y conocimiento universitaria (UITT)	Profesores con posgrado y SNI Num. Cuerpos Académicos consolidados	Programas acreditados Programas posgrado Capacidades académicas

Rossi (2014)	80 universidades en el Reino Unido	DEA y análisis de Regresión	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs) y Universidades	Becas para Investigación Staff en TT Staff en ciencias naturales y medicina Staff en ingeniería y técnica Staff en Cs sociales y negocios Staff en artes y humanidades	Num. Notificación de Inventos Num. contratos de consultoría Num. Contratos de Investigación Días para desarrollo y capacitación Eventos académicos públicos
Tseng et al., (2014)	20 grandes universidades en EE UU	Ponderación en base a 6 factores y corrección de efectividad de patentamiento	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs)	Ingresos TTO Notificaciones de inventos No. Aplic. Pats. No. Pats. otorgadas No. Licencias No. Start ups.	Dos Indicadores ponderados: OPM y PCR
Curi et al. (2015)	30 universidades en Francia	DEA	Oficinas de transferencia de tecnología (OTTs)	Empleados TC Num. Publicaciones Nivel Intensidad I+D	Aplicación y extensión de patentes Software copyrights

Fuente: elaboración propia

Thursby y Kemp (2002) utilizan el método DEA con el enfoque Malmquist, con el fin de rastrear el cambio de la productividad total de factores en 112 unidades de TT en EE UU en el período 1991-1996. Estos autores utilizan como variables de entrada, el tamaño de la OTT y el ingreso para financiación federal en I+D por área de ciencia; y como variables de salida, ingresos de financiación de la industria, número de licencias, regalías por licencias, número de notificaciones y aplicaciones por patente. Por su parte, Thursby y Thursby (2002) aplicaron un modelo DEA en tres etapas a 64 universidades, evaluando en cada fase las variables de entrada (*input*) que contribuyen al crecimiento de las variables de salida (*output*). Anderson et al. (2007) evaluaron 57 universidades durante el año 2004. Estos autores utilizaron los gastos en investigación como variable de entrada (*input*), y los ingresos por licencias, el número de licencias, número de opciones ejecutadas, el número de start-up, y las patentes aplicadas y otorgadas con ajustes de ponderación como variables de salida (*output*). Los resultados sugieren que los ingresos de licencias totales en 54 de las 57 universidades analizadas se podrían incrementar por 659 millones de dólares mejorando sus índices de eficiencia.

Existe un estudio representativo que usa SFE evaluando la eficiencia en TT en 89 universidades en EEUU entre 1991 y 1996 (Siegel et al. 2003). Este estudio utiliza los ingresos por licencias como variable dependiente y tres variables independientes: (a) divulgaciones de invenciones, (b) el número de personal de la OTT y (c) monto en gasto legal asociado a patentes. En otro estudio elaborado por Siegel et al. (2008), utilizando SFE se evalúan 120 OTTs en el Reino Unido y EEUU, corroborando una menor eficiencia en universidades del Reino Unido con respecto a las de EEUU.

Por último, algunos estudios buscan aprovechar los beneficios complementarios de los dos enfoques anteriores. Así, Chapple et al. (2005) aplicaron ambos métodos para evaluar el número de licencias en 98 universidades en el Reino Unido, estimando un nivel de eficiencia entre el 26% al 29% utilizando SFE, y un rango de entre el 15% al 35% al usar el método DEA. Lo anterior, implica un margen significativo de potencial productivo para alcanzar la frontera técnica. En tanto, Glass et al. (2006) también evaluaron el desempeño relativo de la transferencia de tecnología en universidades del Reino Unido utilizando tanto SFE y la DEA. Desarrollaron un modelo de dos etapas. En la etapa uno, utilizaron DEA para la evaluación inicial de la eficiencia e identificaron factores de ineficiencia ligados a efectos ambientales y de gestión; en tanto que en la fase dos, identificaron el ruido estadístico.

La mayoría de estudios que miden la eficiencia de la transferencia de tecnología se refieren a universidades de EE UU. Thursby y Kemp (2002), Thursby y Thursby (2002) y Anderson et al. (2007) utilizan DEA para medir la eficiencia en cada universidad; por su parte, Siegel et al. (2003) aplica el método SFE para estudiar los factores que influyen en el rendimiento a nivel del conjunto global de las universidades observadas. Thursby y Kemp (2002) identificaron 54 universidades eficientes de un total de 81 universidades, las cuales representan el 67%. Este estudio encontró variaciones positivas en las eficiencias durante el período 1991-1996. La eficiencia mostró un crecimiento promedio del 7,9% anual, que podría dividirse en un 0,4% de universidades que lograron mejorar su productividad y un 7,5% producto de la expansión de la frontera de eficiencia. Por otra parte, Anderson et al. (2007) encontró solamente 7 universidades eficientes entre 54, equivalentes al 13%. Ambos estudios utilizaron el método VRS (retornos a escala variables). Cuatro universidades: *Brigham Young University*, *California Institute of Technology*, Instituto de Tecnología de Georgia, y el Instituto Tecnológico de Massachusetts fueron identificados como eficientes por ambos estudios.

La principal diferencia en estos estudios de medición de la eficiencia en la transferencia de tecnología universitaria y las oficinas de transferencia de tecnología radica en el uso como *input* u *output* de algunas variables. Por ejemplo, mientras la mayoría de los estudios utilizan los ingresos para investigación como variable *input*, Glass (2006) la identifica como variable *output*. Por otra parte, Thursby y Kemp (2002), establecen el número de divulgaciones de invenciones como variable de salida – *output* – para evaluar la eficiencia de la transferencia de tecnología de las universidades, mientras que dos estudios, Siegel et al. (2003) y Chapple et al. (2005) la definen como una variable de entrada – *input* – para medir la eficiencia de la oficina de transferencia de tecnología universitaria. La razón se encuentra en el proceso que conlleva a la divulgación de una invención por parte de la facultad, y el papel de la oficina de transferencia de tecnología de la universidad.

Estas OTT's coadyuvan a fomentar la participación de los científicos en su decisión por divulgar nuevos descubrimientos, pero al fin de cuentas, son las facultades universitarias las que tienen la potestad de aprobar si la divulgación será compartida o no. Es solamente hasta que la divulgación es revelada que inicia el trabajo de la OTT. Así, las responsabilidades de OTT son evaluar y valorar la divulgación, proteger intelectualmente a las tecnologías aplicando por registro de patentes, vender contratos de licencia para la industria, recolectar las regalías y hacer cumplir los acuerdos contractuales con los titulares de licencias. Por lo tanto, la divulgación es una variable de entrada cuando el objetivo del modelo es medir la eficiencia de la OTT (Siegel et al., 2004). Por otro lado, la divulgación debe considerarse como una variable de salida en el modelo de la medición de la eficiencia de la actividad de transferencia en la universidad (UITT).

Por otro lado, Anderson et al (2007), resalta la importancia de los estudios comparativos sobre los índices de eficiencia de las universidades de EE UU con respecto a sus similares de Canadá, Europa o Asia para determinar fuentes de ventajas tecnológicas en diferentes geografías. Este autor anticipa similitudes y discrepancias que universidades de EEUU poseen con otras IES en diferentes regiones geográficas. Asimismo, un grupo de países menos desarrollados en materia de TTU han emprendido también estudios comparativos para evaluar la productividad y eficiencia de las IES. Por ejemplo, Agostini y Johnes (2009) analizaron los niveles de eficiencia de universidades en el Reino Unido e Italia, encontrando niveles superiores de productividad en el primer país – 0.82 vs. 0.70 – durante los periodos 2002-2003 y 2004-2005. Sin embargo, también hallaron que las universidades italianas mejoraban su desempeño técnico acercándose a la frontera de eficiencia de manera más sistemática durante el período que sus contrapartes inglesas.

En otro estudio internacional, Zhang et al., (2011) evalúan los niveles de eficiencia en 59 institutos de investigación en China utilizando el método DEA. Utilizando como variables de entrada el gasto para I+D, tamaño del staff y equipo para ciencia, y como variables de salida, el número de alumnos posgraduados, las citas y el número de artículos publicados internacionales. Este estudio concluye que existen incrementos anuales de productividad del 12.5% entre 1998 y 2005. Por otra parte, Ali y Ahmad (2013) utilizando la misma metodología miden el nivel de eficiencia de 18 facultades en la universidad de Qassim en Arabia Saudita, señalando que el nivel de eficiencia alcanza en promedio 68%, y donde solo 3 facultades llegan al nivel máximo de frontera. En Portugal, Monteiro (2013) analiza 18 OTTs entre 2007 y 2011, indicando que la productividad crece en etapas tempranas de la TT, v.g. notificación de inventos y aplicaciones por patentes, sin embargo, disminuye en etapas avanzadas, es decir creación de *spin offs* o nuevos acuerdos para I+D. Finalmente, países desarrollados, pero que recién empiezan sus procesos formales en TTU, también se han abocado en medir la eficiencia de sus OTTs. Así, en un estudio en Francia, Curi et al. (2015) encontró que si bien en promedio las OTTs en este país han incrementado su productividad en el corto plazo, OTTs recién creadas en contextos de escuelas de medicina y hospitales muestran niveles negativos de eficiencia.

En México, a pesar de que los estudios para medir la eficiencia de las universidades es limitado (Güemes-Castorena, 2008), un reciente trabajo combinando la metodología DEA con la de redes neuronales artificiales (RNA) evalúa a 51 facultades de ingeniería en México en el período 2003 a 2008. El estudio destaca una gran dispersión entre las unidades más eficientes que alcanzan un 97% y las menos eficientes que logran tan solo 15% (Altamirano-Corro et al., 2014).

En los últimos años, nuevos enfoques se han llevado a cabo para medir las productividades y eficiencia. Así Rossi (2014) ha incorporado nuevas variables de salida para ampliar los resultados de la TTU, incluyendo contratos de consultoría, días para desarrollo y capacitación, y eventos académicos públicos. Por su parte, Tseng (2014) construye un índice ponderado basado en seis variables de entrada, tales como los ingresos de la OTT, las notificaciones de inventos, el número de aplicación y otorgamiento de patentes, y el número de licencias y *start ups* creadas.

En resumen y siguiendo los principales trabajos teóricos aquí enumerados, se han elegido como variables *input* de nuestro modelo a los gastos de investigación para I+D (Thursby y Kemp, 2002; Thursby y Thurby, 2002; Chapple et al., 2005; Anderson et al., 2007; Siegel et al., 2008), el número de empleados profesionales empleados en la OTT (Siegel et al., 2008;

Zhang et al., 2011; Monteiro, 2013) y el gasto en propiedad intelectual (Siegel et al., 2003; Chapple et al., 2005; Siegel et al., 2008; Monteiro, 2013). En tanto que como variables *output* utilizamos el gasto privado para investigación y desarrollo y el número de acuerdos privados universidad-industria para investigación y desarrollo (Thursby y Thursby, 2002; Thursby y Kemp, 2002; Agostini y Johnes, 2009; Monteiro, 2013; Rossi, 2014). Cabe señalar que otras variables incluidas el número de notificaciones de inventos, y el número e ingreso por licencias fueron descartadas en nuestro modelo debido a los reportes poco sistemáticos y prácticamente nulos en México.

Por último, cabe señalar que las variables relacionadas con la calidad de la facultad como son la edad y tamaño de la oficina de transferencia, si bien son recursos asociados al nivel de capital humano y al grado de experiencia de la OTT que se espera estén altamente correlacionados con los productos de TT, estos efectos y sus relaciones son considerados como factores, no como variables de entrada o de salida en la construcción de modelos DEA.

Metodología

Muestra

Los sujetos de este estudio son 21 OTTs y oficinas de vinculación industrial en las IES mexicanas. Es necesario señalar el retraso existente en México respecto a la creación de OTTs con respecto a otros países. Es a partir de la conformación de la red de OTTs impulsada por el CONACYT y Secretaría de Economía (SE) en el año de 2011, que las primeras oficinas certificadas se establecen en diferentes instituciones académicas, empresariales y gubernamentales en el país. Esto implica un retraso de más de 40 años respecto a las primeras OTTs fundadas en los EEUU a raíz del acta Bayh-Dole. De ahí que resulte problemático la recolección de variables que tradicionalmente han sido utilizadas en otros estudios empíricos sobre TT.

La fuente principal de nuestros datos se constituye a través de 2 solicitudes de información enviadas a 19 centros públicos de investigación adscritos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a 10 de las principales universidades públicas y privadas en México que realizan operaciones en TT. Estas solicitudes fueron realizadas a través del portal del Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI) durante los meses de marzo a mayo del 2014, y de abril a junio del 2017. En la primera solicitud, se obtuvieron respuestas completas en 21 IES, de las cuales el 62% poseía una OTT certificada por el CONACYT. En la segunda solicitud se obtuvieron respuestas completas en 19 IES en donde todas las entidades académicas con excepción de una sola, poseen una OTT operando dentro de la institución.

Una segunda fuente de información la conforma la base de datos solicitada al CONACYT sobre el programa de estímulos a la innovación (PEI) para los años 2012 y 2013, la cual complementó la información sobre el número y cantidad total de acuerdos de I+D+i entre la industria e instituciones académicas. Cabe señalar que el PEI se conforma por tres programas denominados Innovatec, Innovapyme y Proinnova, los cuales aglutinan la principal fuente de recursos destinados a proyectos de innovación en el país. Una tercera fuente de información proviene del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), oficina a la que se le solicitó por medio del IFAI, el monto total de gastos expedidos por institución académica para la solicitud, revisión, otorgamiento y mantenimiento de patentes. Finalmente la información

concerniente al PIB y el indicador de intensidad en I+D por entidad federativa fueron extraídos a partir de la página del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). La tabla 3 recoge las estadísticas descriptivas de los datos para el análisis DEA y SFE.

Medición de las variables

En la encuesta solicitada se obtuvieron datos por cada IES y/o CPIs de: (1) el gasto privado en I+D en millones de pesos corrientes, el cual es transformado en su logaritmo natural; (2) el número de contratos entre empresas privadas y universidades; (3) el gasto público en I+D en millones de pesos corrientes, el cual es transformado en su logaritmo natural; (4) el gasto en propiedad intelectual por las unidades de TT en millones de pesos corrientes, el cual es transformado en su logaritmo natural; (5) el tamaño por número de empleados especializados de las OTTs; (6) la información sobre si la institución cuenta con escuela de medicina; y (7) el grado de intensidad regional en I+D medido por grado de inventos regionales por entidad federativa sobre el total nacional.

Finalmente, siguiendo a Siegel et al. (2003), se establecieron una serie de factores internos (organizativos) y externos (del entorno) identificados como variables de control y de medición para el modelo de ineficiencia técnica equivalentes al grado de intensidad en I+D, el porcentaje del PIB regional, la condición pública o privada de la IES, y la existencia o no de escuela de medicina en la institución académica (Siegel et al. 2003; Chapple et al. 2005).

Diseño de los modelos econométricos

Para realizar el análisis se diseñan dos modelos complementarios buscando incorporar el conjunto de variables explicativas seleccionadas de los mecanismos de transferencia de tecnología, los cuales incluyen un conjunto de variables institucionales y organizacionales internas – *input*–, y de resultados –*output*–. De este modo se estima la productividad relativa de las unidades de transferencia de tecnología universidad-industria (UITT). Así, este estudio se enfoca en el método de estimación de frontera estocástica (SFE) desarrollado por Aigner et al. (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977), complementado por el método DEA. A continuación se describe con mayor detalle cada método.

DEA es un método de análisis de frontera a partir de estadística no paramétrica, el cual fue originalmente diseñado para medir no solamente el desempeño financiero de organizaciones, sino para incluir otros elementos cuantitativos y cualitativos de los insumos (*inputs*) y productos (*outputs*) que están relacionados con la eficiencia (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978). El método DEA ha sido utilizado para medir el desempeño y eficiencia de indicadores operativos en unidades productivas que van desde pequeñas comunidades (Marshall y Shortle, 2005), hasta países y naciones (Golany y Thore, 1997). DEA utiliza algoritmos de programación lineal para crear una *frontera* de unidades eficientes, la cual “envuelve” a otras unidades relativamente menos eficientes.

Una de las principales ventajas del método DEA es que permite la ausencia de una especificación formal de una relación funcional entre los *inputs* y *outputs*. Asimismo, DEA permite utilizar una amplia variedad de entradas y salidas sin asignarles un juicio de valor a priori a los costos y precios sombra de estos *inputs* y *outputs* (Charnes et al, 1994). La formulación DEA evalúa la eficiencia relativa de una unidad productiva al estimar para cada

unidad la medición de outputs ponderados sobre inputs ponderados. Existen diversos variantes de los programas DEA. El modelo básico para estimar la frontera con rendimientos constantes a escala (CRS) y orientación output puede formularse a través de la solución a la siguiente expresión matemática:

$$\begin{aligned} \min & \frac{\sum_{m=1}^M v m x_{mi}}{\sum_{s=1}^S \mu s y_{si}} \quad (1) \\ \text{s.a.} & \\ \min & \frac{\sum_{m=1}^M v m x_{mj}}{\sum_{s=1}^S \mu s y_{sj}} \geq 1, \quad \forall j \\ \mu s, v m & \geq 0, \quad \forall s, m \end{aligned}$$

donde:

x_{im} es la cantidad consumida por la unidad productiva i del input m

y_{is} es la cantidad producida por la unidad productiva i del output s

v_m es el costo del input m

μ_s es el precio del output s

el modelo anterior suele simplificarse a través del siguiente programa lineal equivalente:

$$\begin{aligned} \min & \sum_{m=1}^M v m x_{mi} \quad (2) \\ \text{s.a.} & \\ \sum_{s=1}^S \mu s y_{si} & = 1 \\ \sum_{s=1}^S \mu s y_{sj} - \sum_{m=1}^M v m x_{jm} & \leq 0, \quad \forall j \\ \mu s, v m & \geq 0, \quad \forall s, m \end{aligned}$$

El algoritmo anterior busca el conjunto de precios que minimizan el coste de producción de la unidad i con respecto al valor de su producto, sujeto a que el mínimo coste debe ser igual a 1. Si la unidad i es eficiente, el coste = 1; si es ineficiente, el coste es mayor a 1. El programa calcula los índices de eficiencia relativa de cada una de las unidades de la muestra. Los índices se presentan como su inverso para indicar el grado de ineficiencia de los valores inferiores a 1.

El modelo de rendimientos variables a escala (VRS) más realista incorpora un elemento adicional o término independiente e_i , cuando $e_i > 0$ implica que la función objetivo no pasa por el origen. Solamente si e_i asume el valor = 0, la función objetivo pasa por el origen y se asume CRS. De este modo el modelo VRS se expresa mediante:

$$\min \sum_{m=1}^M v_m x_{mi} + e_i \quad (3)$$

s.a.

$$\sum_{s=1}^S \mu_s y_{si} = 1$$

$$\sum_{s=1}^S \mu_s y_{sj} - \sum_{m=1}^M v_m x_{jm} - e_j \leq 0, \quad \forall j$$

$$\mu_s, v_m \geq 0, \quad \forall s, m$$

Una forma de medir las ineficiencias de escala producto de un tamaño inadecuado de la unidad productiva puede ser expresada mediante la siguiente razón:

$$ES = \frac{EF_{CRS}}{EF_{VRS}} \quad (4)$$

Asimismo, con el panel de datos se puede utilizar el análisis envolvente de datos como programa para medir el cambio de productividad en el tiempo. Fare et al. (1994) sugiere como una medida del factor Total de Productividad cambiar el medio geométrico de dos índices Malmquist, uno de los cuales se basa en la tecnología en período t y el otro en la tecnología en período $t + 1$, ó

$$m(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t)$$

$$= \left[\frac{d^t(x_{t+1}^+, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)} \times \frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

$k = t$ o $k = t + 1$, las funciones de distancia $d(\cdot)$ se definen como $[d^k(x_k, y_k)]^{-1} =$

λ_0

sujeto a

$$-\theta y_{i,k} + Y_k \lambda \geq 0$$

$$x_{i,t} - X \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

y

$$[d^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \lambda_0$$

sujeto a

$$-\theta y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$x_{i,t+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

y

$$[d^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \lambda_0$$

sujeto a

$$-\theta y_{i,t} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$x_{i,t} - X_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0.$$

El segundo modelo denominado SFE genera una función de producción (o coste) de frontera con un término de error estocástico que consta de dos componentes: un error aleatorio convencional o “ruido blanco”, y un término que representa las desviaciones de la frontera, equivalente a la ineficiencia relativa. SFE suele contrastarse con el análisis envolvente de datos (DEA). En SFE, una función de producción se estima de la siguiente forma: $y_i = X_i\beta + \varepsilon_i$ (5) donde el subíndice i denota la universidad i , y el producto, X el vector de insumos, β el vector de parámetros desconocidos, y ε es un término de error con dos componentes, $\varepsilon_i = V_i - U_i$, donde U_i representa un término de error no negativo para dar cuenta de la ineficiencia técnica, o el remanente necesario para producir un producto en la frontera, dado el conjunto de los insumos utilizados, y V_i es un término de error simétrico aleatorio. El supuesto estándar (Aigner et al, 1977) es que U_i y V_i asumen las siguientes distribuciones:

$$U_i \sim \text{i.i.d. } N^+(0, \sigma^2 u), U_i \geq 0 \quad (6)$$

$$V_i \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma^2 v) \quad (7)$$

Es decir, se supone que el término de ineficiencia (U_i) asume una distribución semi-normal, es decir, las universidades se establecen (1) “en la frontera”, ó (2) por debajo de ella. Algunas variantes del modelo incluyen distribuciones truncadas a cero, exponenciales y gamma. Un parámetro importante en este modelo es $\gamma = \sigma^2 u / (\sigma^2 v + \sigma^2 u)$, la proporción del error estándar de la ineficiencia técnica respecto al error estándar de ruido estadístico, el cual está limitado entre 0 y 1. Cabe resaltar que $\gamma = 0$ bajo la hipótesis nula de una ausencia de la ineficiencia, lo que significa que toda la varianza se puede atribuir a ruido estadístico. En los últimos años, se han desarrollado modelos SFE que permiten que el término de ineficiencia técnica pueda ser expresado como una función de un vector de variables ambientales y de organización. Esto es consistente con la idea de que las desviaciones de la frontera (que miden la ineficiencia relativa en las unidades de transferencia de tecnología) están relacionadas con factores institucionales y organizativos. El modelo asume que U_i se distribuyen de forma independiente con truncamientos en cero de $N(mi, \sigma^2 u)$ de distribución con $mi = Zi\delta$ (8) en la que Z es un vector de variables ambientales, institucionales y organizacionales que de acuerdo a nuestra hipótesis influyen en la eficiencia y δ es un vector de parámetros

En nuestro caso, se han utilizado los programas econométricos para ordenador LIMDEP.10 y NLOGIT.5 y así poder estimar los parámetros de los vectores β y δ a través del método de máxima verosimilitud (MV), y a partir de la estimación simultánea de la función de producción y la ecuación con los términos de ineficiencia. Sobre la base de estos valores de los parámetros, se calculan las estimaciones de productividad relativa. La especificación de la ecuación (5) se basa en el marco de la función de producción de conocimiento desarrollada por Griliches (1979), adaptada aquí al ingreso y número de contratos entre las universidades y la industria, como un proxy utilizado del producto (*outcome*) de la transferencia tecnológica entre universidad-empresa. Así, se establece una función producción *Cobb-Douglas* log-lineal de los ingresos/número de contratos con tres entradas (*inputs*):

$$\ln(\text{PRIVEXP}_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{PUBEXP}_i) + \beta_2 \ln(\text{PIEXP}_i) + \beta_3 \ln(\text{OTTSIZE}_i) + V_i - U_i \quad (9)$$

donde la variable PRIVEXP son los montos de gasto privado entre la industria y la academia anuales, PUBEXP el gasto total público en I + D + i anual, PIEXP el gasto en propiedad intelectual incluyendo solicitud, búsqueda y mantenimiento de patentes, OTTSIZE equivale al número de empleados especializados medios anuales en la OTT, con el término de ineficiencia técnica (U_i) expresado como:

$$U_i = \delta_0 + \sum_k \delta_k ENV_i + \sum_m \theta_m ORG_i + \mu_i \quad (10)$$

Donde ENV y ORG son vectores de los factores ambientales y de organización, respectivamente, y μ es el término de perturbación clásica. Sin embargo, hay una falta de medidas sistemáticas de ORG (Siegel et al., 2003). La ecuación estimada sólo contiene los siguientes factores ambientales / institucionales (ENV):

$$U_i = \delta_0 + \delta MED_i + \delta PPUBLIC_i + \delta RINDRD_{ij} + \delta QINDOUT_{Tij} + \mu_i \quad (10a)$$

donde MED y PUBLIC son variables *dummy* que indican si la universidad tiene una facultad de medicina, y INDRD_{ij} y INDOUT_{ij} son índices de intensidad en I + D de la industria anual, y el crecimiento promedio de la producción real anual en el estado (j) de la Universidad i , respectivamente, durante el período de la muestra 2012-2013.

Tabla 2
Especificaciones de las funciones de producción en TT y determinantes de eficiencia relativa

Variables Output, Input y de eficiencia relativa	Modelos de función de producción			
	1	2	3	4
Variables dependientes u output:				
Gasto Privado I+D			✓	✓
Número de acuerdos I+D	✓	✓		
Variables independientes o input:				
- Gasto público para I+D	✓	✓	✓	✓
- Gastos legales para PI	✓	✓		
Tamaño del personal especializado de la OTT	✓	✓	✓	✓
Modelo de ineficiencia				
Dummy por existencia de escuela de medicina		✓		✓
Índice de intensidad I+D basado en capacidad inventiva por entidad federativa		✓		✓

Fuente: Elaboración propia

En la búsqueda por verificar la continuidad de nuestros resultados anteriores, se elaboraron 2 modelos con una nueva muestra para los períodos 2014 a 2016. En contraste con la primera muestra de los años 2012 y 2013, se obtuvieron 19 respuestas completas y consistentes de IES en México. Las 6 instituciones que no respondieron o fueron inconsistentes con respecto a la primera muestra fueron: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste –CIBNOR–,

Centro de Investigaciones Avanzadas –CINVESTAV–, Colegio de Posgraduados –COLPOS–, Universidad Nacional Autónoma de México –UNAM–, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey –ITESM–, y el Instituto Nacional de Ecología –INEEC–. Sin embargo, se agregaron 4 nuevas instituciones con respecto a la primera muestra incluyendo al Instituto Nacional de Energías Limpias –INEL–, Universidad Autónoma Metropolitana –UAM–, Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías Competitivas –CIATEC–, y el Instituto Politécnico Nacional –IPN–.

En estos modelos, la variable dependiente utilizada fue el número de contratos academia industria durante el período de referencia, y como variables independientes se estimaron: el gasto público a través del programa PEI, el gasto reportado en propiedad intelectual y el número de empleados en la OTT de las IES. Tanto el primer modelo de regresión binomial negativo de efectos variables, así como el segundo modelo de datos de paneles dinámicos se estimaron utilizando el programa estadístico STATA 12, en base a una muestra balanceada de 19 grupos de IES con un total de 57 observaciones.

Resultados

La tabla 3 presenta la descripción estadística de nuestra primera muestra. Así es posible observar que la institución académica promedio genera 34 acuerdos de colaboración patrocinada por la industria generando un ingreso de 48.4 millones de pesos (mdp), recibe un promedio de 176.5 mdp en apoyos federales para la investigación, emplea 4 especialistas en sus unidades de TT y eroga 98.2 mil pesos anuales en gastos legales de propiedad intelectual.

Tabla 3
Estadísticas descriptivas de datos para análisis DEA y SFE

Variables	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Casos
Gasto Privado I+D	48 417 315	49 156 390	650 000	212 505 000	42
Número de Acuerdos I+D entre Empresas Privadas e Instituciones de Educación Superior	33.66667	38.33082	2.0	189.0	42
Gasto Público en I+D	176 588,859	129 005 000	2 139 000	404 436 000	42
Gasto en Propiedad Intelectual	98 148.48	120 076.8	100.0	449 656	42
Número de Empleados Especializados en OTT	3.666667	5.276116	0.0	25.0	42
Dummy existencia de escuela de medicina	0.333	0.354	0	1	42
Índice de Intensidad I+D por Entidad Federativa	7.771667	10.03221	.01	33.05	42

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la matriz de coeficientes de correlación (tabla 4) muestra, como cabría esperar, elevados niveles entre las dos variables dependientes: gasto total privado en acuerdos academia-industria (LOGPRIVE) y número de acuerdos de I+D entre las empresas e IES (LOGCONTP) igual a 0.7378. También como cabría esperarse el coeficiente entre gasto en propiedad intelectual y el tamaño de la OTT muestra un moderado nivel de correlación del 0.458. El resto de las variables no muestran signos de alta asociación lineal.

Tabla 4
Matriz de coeficientes de correlación

	Gasto Priv. I+D	Num. Contratos Univ-Ind	Gasto Púb. I+D	Gasto Prop Int	Staff OTT	Índice int. I+D
Gasto Priv. I+D	1.00000					
Num. Contratos Univ-Ind	.73787	1.00000				
Gasto Púb. I+D	.37037	.14285	1.00000			
Gasto Prop Int	.33858	.36336	.17930	1.00000		
Staff OTT	.18844	.12314	.01232	.45891	1.00000	
Índice intensidad I+D	-.04559	.12716	-.36074	.06725	.31439	1.00000

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5 recoge los resultados de los modelos DEA. Como puede observarse, los datos arrojados por estos modelos presentan un relativo grado de heterogeneidad en la composición de los niveles de eficiencia en las unidades de TT en México. La función estimada tiene como variable *output* el logaritmo del gasto privado en I+D y como variables *input* el logaritmo del gasto público para I+D, el logaritmo del gasto institucional en PI y el tamaño por empleados especializados de la OTT. En el modelo calculado con rendimientos constantes a escala se presenta un promedio de eficiencia de .86 con una desviación estándar del .075, un valor mínimo de 0.64 (INECC) y un máximo de 1.0 (CIDESI, CIMAT).

Tabla 5
Resultados de modelos DEA

Institución	Año	Índice de eficiencia DEA (CCR) Rendimientos Constantes a Escala	Índice de eficiencia DEA (VCR) Rendimientos Variables a Escala	Cambio en Eficiencia Técnica
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIADAC)	22012	.77276	.85717	1.0389
	22013	.80440	.90244	
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ)	22012	.88989	.95440	1.03266
	22013	.91895	.97876	
Centro de Tecnología Avanzada A.C. (CIATEQ)	22012	.87588	1.00000	1.01739
	22013	.89049	1.00000	

Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C. (CIBNOR)	22012	.75872	.87388	1.02364
	22013	.77666	.88646	
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)	22012	.78308	.88426	0.921063
	22013	.72126	.80526	
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY)	22012	.80060	.88311	0.98012
	22013	.78486	.87562	
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)	22012	1.00000	1.00000	0.967738
	22013	.98622	.98622	
Centro de Investigación y Desarrollo en Electroquímica, S.C. (CIDETEQU)	22012	.85528	.92683	0.958439
	22013	.82216	.92442	
Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C (CIMAV)	22012	.83540	.94845	1.00343
	22013	.83827	.95631	
Centro de Investigación en Matemáticas A.C. (CIMAT)	22012	.98312	.99415	1.01919
	22013	1.00000	1.00000	
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV)	22012	.85886	.99992	1.0568
	22013	.90764	1.00000	
Centro de Investigaciones en Óptica A.C. (CIOPTAQ)	22012	.86640	.89669	1.03898
	22013	.90018	.92769	
Centro De Investigación En Química Aplicada (CIQA)	22012	.82348	.94238	1.00366
	22013	.82649	.93995	
Colegio de Posgraduados (COLPOS)	22012	.93980	1.00000	0.964524
	22013	.91761	.97511	
Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA)	22012	.87040	.93957	1.06298
	22013	.92522	.97652	
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)	22012	.84810	.94345	1.08238
	22013	.91797	.98936	
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)	22012	.64336	.71415	1.24255
	22013	.79723	.79723	
Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación (INFOTEC)	22012	.93163	1.00000	0.885561
	22013	.83406	1.00000	
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT)	22012	.80829	.91446	0.956827
	22013	.77339	.87415	
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	22012	.90104	.98408	0.980224
	22013	.88322	.98200	
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)	22012	.88867	.97727	0.997723
	22013	.88664	.99689	
PROMEDIO TOTAL		.8583	.9383	1.011

Fuente: Elaboración propia

En el modelo con rendimientos variables a escala, el promedio general de eficiencia aumenta a .938 con una desviación estándar de .065, en este caso el valor mínimo observado equivale a .714 (INECC) y las instituciones que se ubican en la frontera de eficiencia son el CIATEQ, CIDESI, CINVESTAV, CIMAT, e INFOTEC. Esto representa que el 23% del total se encuentran en niveles de eficiencia sobre la frontera. Al calcular el índice Malmquist que mide el cambio en la productividad total anual no se observó un cambio significativo entre 2012 y 2013, el cual representó tan solo 1.1% de incremento. Por otro lado al identificar el cambio en las unidades de eficiencia individual o progreso técnico por IES, se observan cambios significativos en instituciones tales como el INECC, la cual a pesar de ser la institución más ineficiente en la muestra, observó un cambio positivo del 24% entre 2012 y 2013. Finalmente al calcular la eficiencia de escala producto global nos arroja un índice del 91%.

En otro modelo calculado donde la variable *output* se representa como el logaritmo de número de contratos privados entre la industria y la academia el nivel de eficiencia global disminuye al 61% lo que implica niveles de ineficiencia promedio cercanos al 40%, con una desviación estándar del 22.5% y con una alta dispersión donde el valor mínimo igual a .13 nuevamente lo obtiene el INECC y el valor máximo de 1.0 lo alcanzan el CIDESI, CIMAT, y CINVESTAV.

Por otra parte, con base en los datos de la muestra se diseñó el modelo complementario estocástico de frontera (SFE) con la variable dependiente logaritmo del gasto total privado para I+D (LOGPRIVE). Este modelo fue primeramente contrastado con un modelo translog, el cual fue rechazado al aceptarse la hipótesis nula de que el modelo *Cobb Douglas* era más adecuado¹. Los resultados del modelo SFE con una distribución en la parte de ineficiencia normal truncada a cero se presentan en la tabla 6.

Los resultados muestran un valor de sigma (u)=.58 y un valor de gamma cercano a la unidad, lo que implica el rechazo de la hipótesis nula ($H_0=0$) de que existe ausencia de ineficiencia. En el modelo se puede observar que solo la variable logaritmo del gasto público en I+D es significativa a un nivel del 5%. Este indicador de elasticidad indica que un aumento del 1% del gasto público en I+D impactará en .48% en inversión privada en acuerdos universidad e industria. El modelo arroja un valor χ^2 de 35.2 por encima del valor crítico 14.3 al 99% que nos permite afirmar que el modelo SFE con el componente de ineficiencia es superior al modelo tradicional OLS.

Tabla 6
Resultados del modelo estocástico de frontera (Normal truncado a cero)

Gasto Privado para I+D	Coficiente	Error estándar	Z	Prob. z >Z*
Componente estocástico del modelo de frontera				
Constante	3.92406**	1.87177	2.10	.0360
Gasto Público I+D	.48759**	.22142	2.20	.0277
Gasto en Prop Int	.05461	.14214	.38	.7008
Tamaño OTT	-.00214	.00979	-.22	.8268
Media de la distribución truncada				

¹ El valor arrojado por el test con distribución $\chi^2 = 6.31 < 16.27$ con 9 gdl al 5% de acuerdo las tabla 1 (Kodde y Palm, 1986).

Constante	.16415	.27555	.60	.5514
Parámetros para componentes aleatorios de e(i)				
ln_sigmaU	.37892	15.31912	.02	.9803
ln_sigmaV	-6.96806	118.9063	-.06	.9533
Heteroscedasticidad en la varianza de u(i) truncada				
Pública o Privada	-.56486	15.28020	-.04	.9705
Esc. Medicina	-2.77953	3.61667	-.77	.4422
Intensidad I+D	.00148	.03862	.04	.9694

***, **, * ==> Significatividad al 1%, 5%, 10% nivel.

Por otro lado, no parece existir incidencia en el gasto en propiedad intelectual ni en el tamaño de la OTT en la especificación del modelo planteado. En lo que respecta al modelo de ineficiencia, si bien poseen los coeficientes esperados, tampoco parecen ser significativos. Es decir, el carácter público (la inmensa mayoría de las instituciones realizando TT), y el poseer una escuela de medicina deben impactar positivamente (signo negativo) sobre los gastos privados en I+D. La muestra recopila datos en aquellas IES que se localizan precisamente en entidades con altos niveles de inventiva y desarrollo, por lo que la variable I_DINTEN no posee ningún efecto en el modelo.

Tabla 7

Índices de eficiencia con base en el modelo SFE con distribución media truncada a cero

Institución	Año	Grado de eficiencia
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIADAC)	2012	0.365584
	2013	0.513756
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ)	2012	0.738796
	2013	0.797906
Centro de Tecnología Avanzada A.C. (CIATEQ)	2012	0.832947
	2013	0.857857
Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C. (CIBNOR)	2012	0.438761
	2013	0.515201
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)	2012	0.512721
	2013	0.292094
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.(CICY)	2012	0.466077
	2013	0.438307
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)	2012	0.823424
	2013	0.741688
Centro de Investigación y Desarrollo en Electroquímica, S.C. (CIDETEQU)	2012	0.628729
	2013	0.626233
Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C (CIMAV)	2012	0.727797
	2013	0.747415

Centro de Investigación en Matemáticas A.C. (CIMAT)	2012	0.815556
	2013	0.826913
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV)	2012	0.996725
	2013	0.996632
Centro de Investigaciones en Óptica A.C. (CIOPTAQ)	2012	0.544052
	2013	0.650843
Centro De Investigación En Química Aplicada(CIQA)	2012	0.692455
	2013	0.688779
Colegio de Posgraduados (COLPOS)	2012	0.589001
	2013	0.782529
Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA)	2012	0.699951
	2013	0.796116
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)	2012	0.711496
	2013	0.82582
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)	2012	0.215406
	2013	0.232079
Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación (INFOTEC)	2012	0.373272
	2013	0.29664
Instituto Potosino de Inv. Científica y Tecnológica (IPICYT)	2012	0.593871
	2013	0.479829
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	2012	0.996725
	2013	0.996632
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)	2012	0.986279
	2013	0.986955
PROMEDIO TOTAL		0.66

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el promedio de la eficiencia técnica del modelo equivale a 0.66 (ver tabla 7), de esta manera, el modelo SFE puede compararse con el último modelo DEA, el cual se basa en la variable *output* logaritmo del número de contratos privados I+D donde el promedio de eficiencia alcanza un valor de 0.61. Sin embargo en contraste con el modelo DEA, este modelo presenta mayores niveles de heterogeneidad entre las IES.

Es necesario señalar que la principal causa de la alta dispersión de los resultados de los modelos DEA y SFE se debe a las diferentes magnitudes en recursos que poseen cada IES en México. Es posible argumentar que mientras los modelos DEA reflejan niveles de eficiencia y productividad relativa, los modelos SFE muestran índices de eficiencia absoluta a partir de valores medios resultados de una regresión. Así, existen IES con relativamente altos valores DEA y bajos niveles en índices SFE. Para ilustrar lo anterior se muestra la tabla 8, con datos de variables y resultados en algunas IES seleccionadas. De este modo, al comparar dos IES con un alto nivel de contraste es posible ilustrar los resultados obtenidos. Por ejemplo, el INEEC obtuvo contratos privados –variable *output*– con un valor de \$650 mil pesos, con montos de

gasto público para I+D –variable input– de \$257 millones de pesos en 2012. En el otro extremo, el CINVESTAV obtuvo contratos academia-industria por un monto de \$109.2 millones de pesos impulsados a través de un monto de gasto público en I+D por \$97.5 millones de pesos en el 2013, es decir, este centro de investigación alcanzó un resultado 168 veces mayor con aproximadamente una tercera parte de la inversión destinada al INEEC. Así el INEEC obtuvo índices DEA en el rango 0.64-0.71 y 0.215 en el modelo SFE. En tanto CINVESTAV logró ´resultados DEA en el rango .90-1.00 y 0.997 en SFE.

Tabla 8
 Datos de IES seleccionadas

Institución	Año	Gasto Priv. I+D (millones)	Gasto Púb. I+D (millones)	Gasto (miles)	PI	Num. Staff en OTT	DEA CCR	DEA VCR	SFE
CIADAC	2012	\$9.48	\$363.17	\$4.85	0		.772	.857	.365
	2013	\$23.21	\$353.19	\$10.26	0		.804	.902	.513
CICESE	2012	\$18.98	\$242.19	\$215.18	7		.783	.884	.512
	2013	\$3.58	\$157.65	\$107.06	7		.721	.805	.292
CIMAT	2012	\$25.54	\$6.90	\$5.00	0		.983	.994	.815
	2013	\$22.84	\$4.34	\$5.00	0		1.00	1.00	.827
CIQA	2012	\$53.59	\$292.76	\$72.87	2		.823	.942	.692
	2013	\$48.87	\$246.59	\$162.72	2		.826	.929	.688
CINVESTAV	2012	\$156.59	\$404.44	\$205.54	0		.858	.999	.997
	2013	\$109.26	\$97.49	\$269.96	0		.907	1.00	.997
INEEC	2012	\$0.65	\$257.00	\$10.20	0		.643	.714	.215
	2013	\$2.50	\$272.00	\$0.00	0		.797	.797	.232
INFOTEC	2012	\$1.90	\$5.70	\$0.00	5		.921	1.00	.373
	2013	\$0.71	\$2.14	\$16.40	5		.834	1.00	.296
UNAM	2012	\$69.54	\$70.96	\$383.22	10		.901	.984	.997
	2013	\$91.66	\$135.49	\$449.66	25		.883	.982	.997
ITESM	2012	\$69.37	\$91.04	\$314.63	10		.889	.977	.986
	2013	\$148.14	\$205.40	\$319.62	16		.886	.997	.987

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, es posible señalar que un conjunto de IES dotadas de menores recursos y altamente especializados como CIADAC, CICESE e INFOTEC obtienen menores índices SFE resultando en un rango de 0.29 a 0.36; en contraste, IES con múltiples segmentos de investigación y mayores oportunidades de vinculación institucional como UNAM, ITESM y CINVESTAV alcanzan niveles en el rango de 0.98 a 1.00 en los modelos DEA y SFE. En el promedio del total de IES se encuentra CIQA, la cual alcanzó un monto de contratos privados con valor \$48.870 millones en 2013, muy cerca del promedio de \$48.417 millones (v. tabla 3). De esta manera, CIQA obtuvo un índice de 0.68 muy cerca del promedio global SFE equivalente a 0.66. Finalmente, se expone el caso de CIMAT, la cual obtuvo contratos por \$22.8 millones en

2013, con tan solo un gasto público en I+D de \$4.34 millones. Esto la llevó a obtener un índice DEA-VCR igual a 1.00 y SFE equivalente a 0.82.

Por otra parte, la tabla 9 muestra los resultados obtenidos de los modelos binomial negativo y de datos de panel dinámico aplicados a nuestra segunda muestra de IES para el período 2014-2016.

Tabla 9

Resultados de los modelos binomial negativo y de panel dinámico

Núm. de Acuerdos Pub-Priv	Coeficiente	Error estándar	Z	Prob. $ z > Z^*$
Modelo binomial negativo de efectos aleatorios α				
Constante	-4.923**	2.258	-2.18	0.029
LN Gasto Público I+D	.4571***	.1178	3.88	0.00
LN Gasto en PI	-.0149	.0648	-0.23	0.818
Tamaño OTT	.0136	.0194	0.70	0.483
Log likelihood = -228.029				
Wald Chi2(3) = 16.04 Prob > Chi2 = 0.0011				
***, **, * ==> Significatividad al 1%, 5%, 10% nivel.				
Núm. de Acuerdos Pub-Priv	Coeficiente	Error estándar	Z	Prob. $ z > Z^*$
Modelo de panel dinámico - estimación Arellano-Bond β				
Núm. de Acuerdos Pub-Priv L1	.9438***	.0768	12.29	0.000
Gasto Público I+D	1.02e-06***	5.82e-08	17.49	0.000
Gasto en PI	0	ND		
Tamaño OTT	0	ND		
Instrumento para ecuación diferenciada: (1) Número de acuerdos Público-Privados				
Wald Chi2 (1) = 151.06 Prob > Chi2 = 0.000				

α Se aplicó el test del Multiplicador de Lagrange de Breusch-Pagan y se rechazó $H_0 \text{ var}(u)=0$

β Estimado por el método generalizado de momentos (GMM), test AR(1) y estimador robusto White/Huber/Sandwich

Estos resultados preliminares muestran una relativa continuidad en la productividad del gasto público a través del PEI sobre el número de acuerdos entre la academia y la industria en México². Sin embargo, el gasto en propiedad intelectual y tamaño de especialistas laborando en las OTTs no parece incidir, al igual que en nuestra primera muestra, sobre índices de eficiencia en las IES. Por otra parte, de acuerdo al resultado del modelo de datos de panel dinámico, se establece que existe un proceso de aprendizaje acumulativo en las IES. Es decir, aquellas entidades educativas que han formalizado acuerdos y convenios en años previos, poseen una probabilidad promedio de 94% de renovar o crear nuevos esquemas de colaboración con la industria.

² El coeficiente B1 = .4571 del modelo semi-log, se puede interpretar como una elasticidad. El incremento de X (gasto pub I+D) en 1% conduce a incrementos en Y (número de acuerdos) en una proporción de B1/Y. V. Greene, W. (2011). *Econometric Analysis*. 7th Ed. New York: Prentice Hall

Conclusiones

En este artículo se presentan los resultados de los niveles de eficiencia en unidades de transferencia de tecnología a través de análisis empírico paramétrico y no paramétrico. Dichos resultados señalan que existe heterogeneidad en la eficiencia de unidades de TT en México, especialmente entre aquellas que han puesto en marcha una OTT y aquellas que no poseen alguna en operación. Asimismo, existe heterogeneidad entre las IES con una amplia gama de investigaciones científicas –UNAM, CINVESTAV, ITESM– y, entre aquellas especializadas en un solo segmento –INEEC, CIADAC–. No obstante, la comparación entre los periodos 2012 a 2013 no parece mostrar ningún cambio significativo en la productividad global de las unidades de TT. Asimismo, el estudio permite discernir variables que inciden en cambios de productividad relativa entre 2012 y 2016 como es el gasto público para I+D, así como la experiencia previa en la gestión de convenios entre las IES y empresas privadas.

El presente trabajo constituye una investigación seminal sobre la productividad relativa de las unidades de TT en México y establece una base para la medición sistemática y continua de estas organizaciones académicas. Al enfocarse en las unidades de TTU en México, este estudio va más allá de los realizados por Guemes-Castorena (2008) y Antonio et al., (2012) que se enfocan solamente en el análisis de la productividad en universidades públicas. Asimismo, este estudio contrasta con el realizado por Altamirano-Corro et al., (2014) cuyo objetivo es evaluar facultades de ingeniería en México.

Aun cuando otros trabajos en Latinoamérica han señalado factores tipo *input* y *output* para determinar los niveles de eficiencia de la ciencia y tecnología (Agapitova et al., 2002), este estudio contribuye a una mejor comprensión de los determinantes de la eficiencia en las OTTs y las universidades en México, al diseñar un tipo de función de producción con insumos y productos no utilizados anteriormente en el país.

Algunos estudios en México han señalado la necesidad de establecer modelos adecuados para una eficiente TTU (Feria, 2011; Necochea et al., 2013), por tanto, este trabajo contribuye en la misma línea al recomendar la implantación de un sistema de evaluación y control para estos esquemas. Este trabajo asimismo contribuye para el diseño de futuras políticas en innovación y desarrollo tecnológico. Al señalar que diferentes niveles de intensidad en I+D regionales no parecen impactar en mayores niveles de TT, es posible deducir que una política orientada a fortalecer esquemas de especialización regional permita acceder a mayores niveles de eficiencia. Esto deberá ser relevante en la medida que otras regiones del país, tradicionalmente con mayor atraso tecnológico, se incorporen a los procesos de TT universitaria.

Una contribución adicional de este estudio es la determinación de parámetros de valores de insumos que los directivos de OTTs y universidades deben alcanzar para una eficiente TTU. Lo anterior es relevante para la planeación organizativa del gasto en propiedad intelectual, el staff y personal especializado a contratar en OTTs, y la búsqueda de ingresos de financiación pública para I+D.

No obstante, este trabajo posee varias limitaciones. Por una parte, la restricción de nuestra primera muestra a tan solo dos periodos de tiempo –2012 a 2013–. Asimismo, el estudio no distingue los ingresos públicos ni privados por rama científica (Thursby y Kemp, 2002). Este análisis tampoco incorpora variables tales como estudiantes de posdoctorado o número de profesores realizando actividades de I+D, lo que, al parecer, ha sido muy relevante en los estudios sobre eficiencia de la TTU en países menos desarrollados (Agostini y Johnes, 2009;

Zhang et al., 2009; Ali et al., 2013). Por otra parte, este estudio tampoco incorpora variables que incipientemente se han detectado en México a partir del año 2016, como son las notificaciones sistemática de inventos, la negociación de licencias exclusivas y no exclusivas, y la creación de empresas tipo *spin off*. Por último, es de esperarse el desarrollo de futuros trabajos de tipo cualitativo para determinar con mayor precisión porque algunas IES tienen variaciones tan drásticas en períodos cortos de tiempo en el número de acuerdos academia-industria e inversión privada para I+D. Todo lo anterior permitirá enriquecer los resultados de este estudio.

Por último, el establecimiento de nuevas unidades de eficiencia relativa (*benchmarking*) podrían señalar los verdaderos niveles de competitividad que poseen las IES y CPIs mexicanas en un contexto supranacional en materia de transferencia tecnológica. Mientras que a nivel local, la incorporación de nuevas OTTs regionales y especializadas conlleven a un mayor nivel de dispersión en los niveles de eficiencia, será necesario realizar análisis comparativos de la heterogeneidad observada en otros países con la que ocurre en México (Chapple et al., 2005). Asimismo, futuros trabajos podrían contemplar la comparación en el desempeño de unidades de TT con otras OTTs empresariales y gubernamentales. Finalmente, se ha afirmado que con la notable excepción del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), las universidades privadas en México escasamente están participando en dinámicas de TT, de allí la importancia de que futuros análisis evalúen el desempeño productivo de este tipo de instituciones.

Referencias

- Abrahms, I., Leung, G., Stevens, A., (2009). How U.S. Technology Transfer Offices Tasked and Motivated are- Is It All about the Money? *Research Management Review*, 17(1), 1-34.
- Albornoz, O. (1997). La cuestión de la productividad, rendimiento y competitividad académica del personal docente y de investigación en América Latina y el Caribe. La educación superior en el siglo XXI. Una visión de América Latina y el Caribe, 1. Mimeo.
- Ali, A., Ahmad, B. (2013). Evaluating the efficiency of faculties in Qassim University. Using data envelopment analysis. In: Banker R., Emrouznejad, A., Bal, H., Alp, I., Ali, M. (2013). *Data Envelopment Analysis and Performance Measurement*. Samsun, Turkey: Proceedings of the 11th International Conference of DEA, June.
- Agapitova, N., Holm-Nielsen, L., Vukmirovic, O. G. (2002). The evolution of science & technology: Latin America and the Caribbean in comparative perspective. Washington, DC: World Bank; Latin America and the Caribbean Regional Office.
- Agarwal, R., Shah, S. (2014). Knowledge sources of entrepreneurship: Firm formation by academic, user and employee innovators. *Research Policy*, 43, 1109-1133. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.04.012>
- Agasisti, T.; Johnes, G. (2009). Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country. *Education Economics*, 17, 59-79. <https://doi.org/10.1080/09645290701523291>
- Aigner, D., Lovell, C. A. K., Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6, 21-37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- Altamirano-Corro, A., Peniche-Vera, R. D. R. (2014). Metodología AED-RNA para la estimación de la eficiencia institucional: El caso de las dependencias de educación superior (DES) de ingeniería de México. *Nova scientia*, 6(12), 356-378. <https://doi.org/10.21640/ns.v6i12.59>
- Anderson, T., Daim, T., Lavoie, F. (2007). Measuring the efficiency of university technology transfer. *Technovation*, 27, 306-318. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.10.003>
- Antonio, A. C., Domingo, G. M., Humberto, B. O., Alvaro, L. L., Alvaro, L. R., Del Rocío, P. V. R. (2012). Measuring the institutional efficiency using data envelopment analysis and analytic hierarchy process: The case of a Mexican University. *African Journal of Business Management*, 6(50), 11923-11930. <https://doi.org/10.5897/AJBM10.770>

- Audretsch, D. B., Lehmann, E. E., Warning, S. (2005). University spillovers and new firm location. *Research Policy*, 34, 1113-1122. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.05.009>
- 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.
- Becerril-Torres, O. U., Álvarez-Ayuso, I. C., Nava-Rogel, R. M. (2012). Frontera tecnológica y eficiencia técnica de la educación superior en México. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(54), 793-816.
- Belenzon, S., Schankerman, M., (2009). University knowledge transfer: private ownership, incentives, and local development objectives. *Journal of Law and Economics* 52(1), 111-144. <https://doi.org/10.1086/595763>
- Bok, Derek. (2003). *Universities in the Marketplace: the Commercialization of Higher Education*. New Jersey: Princeton University Press.
- Bonaccorsi, A., Dario, C. (2004). Econometric approaches to the analysis of productivity of R&D systems. In: Moed, H., Glanzel, W., Schmoch, U. (Eds). *Handbook of Quantitative Science and Technology Research: The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publisher, 51-74. https://doi.org/10.1007/1-4020-2755-9_3
- Bozeman, B. (2000). Technology Transfer and Public Policy: a review of research and theory. *Research Policy*, 29, 627-655. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1)
- Cáceres, H., Kristjanpoller, W., Tabilo, J. (2014). Analysis of Technical Efficiency and its Relation with Performance Evaluation Results in a Chilean University. *Innovar*, 24(54), 199-217. <https://doi.org/10.15446/innovar.v24n54.46720>
- Caldera, A., Debande, O. (2010). Performance of Spanish universities in technology transfer: An empirical analysis. *Research Policy*, 39, 1160-1173. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.05.016>
- Carlsson, B., Fridh, A. (2002). Technology transfer in United States universities: A survey and statistical analysis. *Journal of Evolutionary Economics*, 12, 199-232. <https://doi.org/10.1007/s00191-002-0105-0>
- Chapple, W., Lockett, A., Siegel, D., Wright, M. (2005). Assessing the relative performance of U.K. university technology transfer offices: parametric and non-parametric evidence. *Research Policy*, 34, 369-384. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.01.007>
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the Inefficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research* 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A., Seiford, L. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Boston: Kluwer Academic Press. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0637-5>
- Cobert A., Levary, R., Shaner, M. C. (2000). Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA. *European Journal of Operational Research*, 125, 656-669. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00275-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00275-1)
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The economic journal*, 99(397), 569-596. <https://doi.org/10.2307/2233763>
- Colyvas, J., Crow, M., Gelijns, A., Mazzoleni, R., Nelson, R., Sampat, B. N. (2002). How Do University Inventions Get into Practice? *Management Science*, 48(1), 61-72. <https://doi.org/10.1287/mnsc.48.1.61.14272>
- CONACYT (2013). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018. México: CONACYT.
- Crow, M., Bozeman, B. (1998). *Limited by Design: R&D Laboratories in the US National Innovation System*. New York: Columbia University Press.
- Curi, C., Daraio, C., Llerena, P. (2015). The productivity of French technology transfer offices after government reforms. *Applied Economics*, 47(28), 3008-3019. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1011318>
- Debackere, K., Veugelers, R. (2005). The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links. *Research Policy*, 35, 321-342. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.003>
- Deutsch, J., Dumas, A., Silber, J. (2013). Estimating an educational production function for five countries of Latin America on the basis of the PISA data. *Economics of Education Review*, 36, 245-262. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2013.07.005>
- Di Gregorio, D., and Shane, S. (2003). Why do some universities generate more start-ups than others? *Research Policy*, 32, 209-227. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00097-5](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00097-5)
- Dosi, G., & Nelson, R. R. (1994). An introduction to evolutionary theories in economics. *Journal of evolutionary economics*, 4(3), 153-172. <https://doi.org/10.1007/BF01236366>

- Dosi, G. (1997). Opportunities, incentives and the collective patterns of technological change. *The economic journal*, 107(444), 1530-1547. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.1997.tb00064.x>
- Etzkowit, H. (2002). *MIT and the Rise of Entrepreneurial Science*. London: Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203216675>
- Etzkowit, H., Viale, R. (2010). Polyvalent knowledge and the Entrepreneurial University: A Third Academic Revolution? *Critical Sociology*, 36, 4.<https://doi.org/10.1177/0896920510365921>
- Fagerberg, J. (1994) Technology and International Differences in Growth Rates. *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXII, (September)
- 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.
- Feria, V., Hidalgo, A. (2011). Towards a transfer model of scientific and technological knowledge: the case of Mexico. In: *Proceedings of the 20th IAMOT Conference*. Miami.
- Fitzgerald, C., Cunningham, J. A. (2015). Inside the university technology transfer office: mission statement analysis. *The Journal of Technology Transfer*, 40, 1-12.
- Friedman, J., Silberman, J. (2003). University technology transfer: do incentives, management and location matter? *Journal of Technology Transfer*, 28, 17-30. <https://doi.org/10.1023/A:1021674618658>
- Glass, J.C., McCallion, G., McKillop, D., Stringer, K. (2006). A 'technically level playing field' profit efficiency analysis of enforced competition between publicly funded institutions. *European Economic Review*, 50, 1601-26. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2004.10.011>
- Golany, B., Thore, S. (1997). Restricted Best Practices Selection in DEA: An Overview with a Case Study Evaluating the Socio-Economic Performance of Nations. *Annals of Operations Research* 73(1), 117-140. <https://doi.org/10.1023/A:1018916925568>
- Griliches, Z. (1979), Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth, *The Bell Journal of Economics*, 10, 92-116. <https://doi.org/10.2307/3003321>
- Griliches, Z. (1986): Productivity, R&D and Basic Research at Firm Level, Is there still a relationship?. *American Economic Review*, Vol. 76, No. 1, p. 141-154.
- Grimaldi, R., Kenny, M., Siegel, D., Wright, M. (2011). 30 years after Bayh-Dole: Reassessing academic entrepreneurship. *Research Policy*, 40, 1045-1057 <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.04.005>
- Guerrero, M., Cunningham, J. A., Urbano, D. (2015). Economic impact of entrepreneurial universities' activities: An exploratory study of the United Kingdom. *Research Policy*, 44(3), 748-764. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.008>
- Güemes-Castorena, D. (2008). *A DEA Decision Making Model for Higher Education Funding. The Case of Mexico's Public State Universities*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller Pub.
- Heher, A. D. (2005). Implications for technology Transfer Benchmarks for Developing Countries. *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, 4(3), 207-225. <https://doi.org/10.1386/ijtm.4.3.207/1>
- Heher A.D. (2006) Return on Investment in Innovation: Implications for Institutions and National Agencies. *The Journal of Technology Transfer*, 31, 403-414. <https://doi.org/10.1007/s10961-006-0002-z>
- Heijs, J., & Buesa, M. (2016). *Manual de economía de innovación*. IAI, Universidad Complutense de Madrid
- Henderson, R., Jaffe, A., Tractenberg, M. (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. <https://doi.org/10.1162/003465398557221>
- Kelley, M.R. (1997). From mission to commercial orientation: perils and possibilities for federal industrial technology policy. *Economic Development Quarterly*, 11(4), 313-328. <https://doi.org/10.1177/089124249701100404>
- Kodde, D., Palm, F. (1986). Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. *Econometrica*, 54(5), 1243-1248. <https://doi.org/10.2307/1912331>
- Lach, S., Schankerman, M. (2004). Royalty sharing and technology licensing in universities. *Journal of European Economic Association*, 2(2/3), 252-264. <https://doi.org/10.1162/154247604323067961>

- Leitner, K., Priksosovits, J., Schaffhauser-Linzatti, M., Stowasser, R., Wagner, K. (2007). The impact of size and specialization on universities' department performance: a DEA analysis applied to Austrian universities. *Higher Education*, 53, 517-538. <https://doi.org/10.1007/s10734-006-0002-9>
- Lerner, J. (2005). The University and the startup: Lesson from the past two decades. *The Journal of Technology Transfer*, 30(1-2), 49-56. <https://doi.org/10.1007/s10961-004-4357-8>
- Link, A. N., Scott, J. T., Siegel, D. S. (2003). The economics of intellectual property at universities: an overview of the special issue. *International Journal of Industrial Organization*, 21, 1217-1225. [https://doi.org/10.1016/S0167-7187\(03\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0167-7187(03)00080-8)
- Link, A. N., Scott, J. T. (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. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.05.015>
- Lockett, A., Wright, M. (2005). Resources, capabilities, risk capital and the creation of university spin-out companies. *Research Policy*, 34, 1043-1057. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.05.006>
- Lynn, L.H., Reddy, N.M., Aram, J.D. (1996). Linking technology and institutions - the innovation community framework. *Research Policy*, 25(1), 91-106. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)00817-5](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)00817-5)
- Mansfield, E. (1984): R&D and Innovation Some Empirical Findings. En: *R&D, Patents and Productivity*. Chicago, University of Chicago Press.
- Marshall, E., Shortle, J. (2005). Using DEA and VEA to Evaluate Quality of Life in the Mid-Atlantic States. *Agricultural and Resource Economics Review*, 34(2), 185-203. <https://doi.org/10.1017/S1068280500008352>
- McDevitt, V. L., Mendez-Hinds, J., Winwood, D., Nijhawan, V., Sherer, T., Ritter, J. F., Sanberg, P. R. (2014). More than money: The exponential impact of academic technology transfer. *Technology and innovation*, 16(1), 75. <https://doi.org/10.3727/194982414X13971392823479>
- McMillan, M. L., Chan, W. H. (2006). University efficiency: A comparison and consolidation of results from stochastic and non-stochastic methods, *Education Economics*, 14, 1-30. <https://doi.org/10.1080/09645290500481857>
- Meeusen, W., Van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18, 435. <https://doi.org/10.2307/2525757>
- Monteiro, A. (2013). The Efficiency of Portuguese Technology Transfer Offices and the Importance of Universities Characteristics. Master Thesis. Universidade do Porto.
- Mowery, D., Nelson, R., Sampat, B., Ziedonis, A. (2015). *Ivory tower and industrial innovation: University-industry technology transfer before and after the Bayh-Dole Act*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- Necoechea-Mondragón, H., Pineda-Domínguez, D., Soto-Flores, R. (2013). A Conceptual Model of Technology Transfer for Public Universities in Mexico. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(4), 24-35. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000500002>
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1974). Neoclassical vs. evolutionary theories of economic growth: critique and prospectus. *The Economic Journal*, 84(336), 886-905. <https://doi.org/10.2307/2230572>
- Nelson R., Winter, Sidney, G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard Business School Press, Cambridge.
- Nelson, R. R. (2009). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA., Harvard University Press.
- Nerkar, A., Shane, S. (2003). When do start-ups that exploit patented academic Knowledge survive? *International Journal of Industrial Organization*, 21, 1391-1410. [https://doi.org/10.1016/S0167-7187\(03\)00088-2](https://doi.org/10.1016/S0167-7187(03)00088-2)
- Nonaka, I. (2008). *The knowledge-creating company*. Harvard Business Review Press.
- O'Kane, C., Mangematin, V., Geoghegan, W., Fitzgerald, C., (2015). University technology transfer offices: The search for identity to build legitimacy. *Research Policy*, 44, 421-437. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.08.003>
- O'Shea, R., Allen, T. J., Chevalier, A., Roche, F. (2005). Entrepreneurial orientation, technology transfer and spinoff performance of U.S. universities. *Research Policy*, 34, 994-1009. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.05.011>
- Phan, P.H., Siegel, D.S. (2006). The effectiveness of university technology transfer: lessons learned from qualitative and quantitative research in the US and UK. *Foundations and Trends in Entrepreneurship*, 2, 66-144. <https://doi.org/10.1561/03000000006>
- Polanyi, M. (2009). *The tacit dimension*. University of Chicago press.

- Powers, J. B., McDougall, P. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2003.12.008>
- Reichmann, G. (2004). Measuring university library efficiency using data envelopment analysis. *Libri*, 54, 136-146. <https://doi.org/10.1515/LIBR.2004.136>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.1994.tb01473.x>
- Rogers, E., Yin, J., Hoffman, J. (2000). Assessing the effectiveness of Technology Transfer Offices at US Research Universities. *Journal of the Association of University Technology Managers*, 12, 47-80.
- Rossi, F. (2014). The efficiency of universities' knowledge transfer activities: A multi-output approach beyond patenting and licensing. CIMR Working Papers. No. 16. University of London.
- Saxenian, A. L. (1996). *Regional Advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128*. Boston: Harvard University Press.
- Scherer, F. M. (1986). *Innovation and growth: Schumpeterian perspectives*. MIT Press Books, 1.
- Schilling, M. A. (2010). *Strategic Management of Technological Innovation*. (3rd Ed.) New York: Mc Graw Hill.
- Schumpeter, J. A. (1950): *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York, Harper & Row, 1950
- Shane, S. (2001). Technological opportunities and new firm creation. *Management Science*, 47, 205-220. <https://doi.org/10.1287/mnsc.47.2.205.9837>
- Shane, S. (2004a). *Academic Entrepreneurship; University Spinoffs and Wealth Creation*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Shane, S. (2004b). Encouraging university entrepreneurship? The effect of the Bayh-Dole Act on university patenting in the United States. *Journal of Business Venturing*, 19(1), 127-151. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(02\)00114-3](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(02)00114-3)
- Siegel, D.S., Waldman, D., Link, A. (2003). Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study. *Research Policy*, 32, 27-48. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00196-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00196-2)
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jengetecman.2003.12.006>
- Siegel, D.S., Phan, P.H., (2004.) *Analyzing the Effectiveness of University Technology Transfer: Implications for Entrepreneurship Education*. Working Paper No. 0426. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY.
- Siegel D., Wright, M. (2007). Intellectual property: the assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 529-540. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grm033>
- Siegel, D., Wright, M., Chapple, W., Lockett, A. (2008). Assessing the relative performance of University Technology Transfer in the US and UK: A Stochastic Distance Function Approach. *Economics of Innovation and New Technology*, 17(7-8), 717-729. <https://doi.org/10.1080/10438590701785769>
- Stephan, Paula, (2012). *How Economics Shapes Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674062757>
- Storper, M. (1995). Regional technology coalitions: an essential dimension of national technology policy. *Research Policy*, 24(6), 895-913. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)00810-8](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)00810-8)
- Teece, D. J. (1992). Competition, cooperation, and innovation: Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress. *Journal of economic behavior & organization*, 18(1), 1-25. [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(92\)90050-L](https://doi.org/10.1016/0167-2681(92)90050-L)
- Thursby, J. G., Jensen, R., Thursby, M. C. (2001). Objectives, Characteristics and Outcomes of University Licensing: A Survey of Major U.S. Universities. *Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), 59-72. <https://doi.org/10.1023/A:1007884111883>
- Thursby, J. G., Kemp S. (2002). Growth and productive efficiency of university intellectual property licensing. *Research Policy*, 31, 109-124. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00160-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00160-8)

- Thursby, J. G., Thursby, M. C. (2002). Who is selling the Ivory Tower? Sources of Growth in University Licensing. *Management Science*, 48(1), 90-104. <https://doi.org/10.1287/mnsc.48.1.90.14271>
- Trune D., Goslin L. (1998). University Technology transfer programs a profit/loss analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 57, 197-204. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(97\)00165-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(97)00165-0)
- Tseng, A. A., Raudensky, M. (2014). Performance evaluations of technology transfer offices of major US research universities. *Journal of Technology Management & Innovation*, 9(1), 93-102. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242014000100008>
- Valdez-Lafarga, C., Balderrama, J. I. L. (2015). Efficiency of Mexico's regional innovation systems: an evaluation applying data envelopment analysis (DEA). *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 7(1), 36-44. <https://doi.org/10.1080/20421338.2014.979652>
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic management journal*, 5(2), 171-180. <https://doi.org/10.1002/smj.4250050207>
- Worthington, C.; Lee, B. (2008). Efficiency, technology and productivity change in Australian universities, 1998-2003, *Economics of Education Review*, 27, 285-298. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2006.09.012>
- Wright, M., Birley, S., Mosey, S. (2004a). Entrepreneurship and University Technology Transfer. *Journal of Technology Transfer*, 29(3), 235-246. <https://doi.org/10.1023/B:JOTT.0000034121.02507.f3>
- Wright, M.; Vohora, A., Lockett, A. (2004b). The Formation of High-Tech University Spinouts: The Role of Joint Ventures and Venture Capital Investors. *Journal of Technology Transfer*, 29, 3-4. <https://doi.org/10.1023/B:JOTT.0000034124.70363.83>
- Wright, M., Clarysse, B., Mustar, P., Lockett, A. (2007). *Academic entrepreneurship in Europe*. London: Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781847205575>
- Zhang, D., Banker, R. D., Li, X., Liu, W. (2011). Performance impact of research policy at the Chinese Academy of Sciences. *Research Policy*, 40(6), 875-885. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.03.010>