

**ALGUNOS DETERMINANTES DE LA PROPENSIÓN
A LA INNOVACIÓN DE PRODUCTOS EN MÉXICO:
EL EFECTO DEL GASTO EN I&D Y
LOS *SPILLOVERS* DE CONOCIMIENTOS**

**SOME DETERMINANTS OF THE INNOVATION
PROPENSITY OF MEXICAN PRODUCTS:
THE EFFECT OF R&D EXPENDITURES
AND KNOWLEDGE SPILLOVERS**

Alba Verónica Méndez Delgado

Universidad Autónoma de Coahuila

Resumen: Se estima la intensidad del gasto en I&D y su relación con la propensión a innovar de las empresas manufactureras en México. Asimismo, se analiza el efecto directo de los *spillovers* de conocimientos sobre las innovaciones. Se encontró que los convenios con instituciones académicas y el financiamiento público afectan positivamente el gasto en I&D, y este aumenta la propensión a innovar. Los *spillovers* son relevantes y afectan positivamente a las innovaciones, los resultados muestran que si se excluyen los *spillovers* del análisis se genera una sobreestimación del efecto del gasto en I&D en las innovaciones.

Abstract: This paper estimates the intensity of R&D expenditure, and is related to the propensity to innovate in the Mexico's manufacturing firms. Moreover, the direct effect of knowledge spillovers over innovations is analyzed. The empirical analysis provides evidence that agreements with educational institutions and public financing has a positive effect over R&D expenditure and innovations. This paper concludes that the spillovers is relevant as they have a positive effect on the innovations; and the results show that excluding the spillovers from the analysis would generate an overestimation of R&D expenditure in innovations.

Clasificación JEL/JEL Classification: O33, O31

Palabras clave/keywords: innovación, *spillovers* de conocimientos, I&D, modelo CDM, innovation, knowledge spillovers, R&D, CDM model

Fecha de recepción: 05 XII 2016

Fecha de aceptación: 11 V 2017

1. Introducción

Las empresas deciden si invierten en investigación y desarrollo (I&D) para innovar y así aumentar su productividad. Se considera que en el proceso pueden existir externalidades positivas producidas por el conocimiento generado por las empresas, denominadas *spillovers* de conocimientos. Estas benefician a la economía en su conjunto, aunque para la empresa que las genera implica una menor redituabilidad al no poder cobrar por la totalidad de los resultados derivados de su I&D.

Para México es importante analizar qué factores incentivan la producción de innovaciones que lleven a una mayor productividad y, por tanto, al crecimiento de la economía. El objetivo de este trabajo es estudiar la relación del gasto en I&D y los *spillovers* de conocimiento con la innovación en productos. Se parte de la medición de los *spillovers* de conocimientos generados por las empresas que gastan en I&D, para estimar de una manera económicamente eficiente e insesgada la relación entre el gasto en I&D de una empresa y su desempeño en la innovación de productos.

Para analizar el efecto del gasto en I&D y de los *spillovers* en las innovaciones de productos se utiliza el modelo de Crepon, Duguet y Mairesse (1998), conocido como CDM, el cual se compone de tres etapas: primero se estima la intensidad del gasto en I&D de las empresas, en la segunda etapa se estima una función de producción de conocimientos (propensión a innovar) al utilizar la intensidad del gasto ajustada en la etapa anterior y considerar la existencia de *spillovers* de conocimientos. Finalmente, se relacionan las innovaciones con una variable *proxy* de la productividad laboral (ingresos por empleado). Para medir los *spillovers* de conocimientos se utiliza un sistema de ponderadores propuesto por Kaiser (2002) y Aiello y Cardamone (2008) que permite diferenciar la capacidad que tienen las empresas de acceder y asimilar el conocimiento que se genera en la economía.

La ventaja de utilizar el modelo CDM es que corrige sesgos de selección y de endogeneidad. A diferencia de los trabajos anteriores, en éste se incorpora al análisis el efecto de los *spillovers* como otro insumo de la función de producción de conocimientos. En la variable de *spillovers* se incorporan aspectos objetivos de la proximidad tecnológica y capacidad de asimilación de tecnología externa de las empresas.

Los datos utilizados en este trabajo se obtienen de la *Encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico* (ESIDET) del año 2012,

publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La encuesta contiene información detallada sobre el proceso de innovación a nivel empresa.¹

Los resultados indican que el gasto en I&D tiene una relación positiva y significativa con el financiamiento gubernamental y con la participación en convenios de colaboración. Los *spillovers* de conocimientos son relevantes y tienen un efecto positivo sobre la propensión a innovar de las empresas. También, encontramos que la omisión de los *spillovers* de conocimientos al estimar la función de producción de conocimientos produce una sobreestimación del efecto que la intensidad del gasto en I&D tiene en la innovación de productos por parte de las empresas. Por último, se confirma que existe una relación positiva entre el ingreso por empleado y las innovaciones, en México.

Desde la perspectiva de la teoría económica se puede recomendar la instrumentación de políticas públicas ante la existencia de *spillovers* de conocimientos. Su presencia puede beneficiar a la economía en su conjunto, mientras que para las empresas que realizan gasto en I&D y no se pueden apropiar por completo de sus rendimientos se puede generar un problema de subinversión. De tal forma que la generación de políticas que financien actividades de innovación o que incentiven la colaboración entre empresas o con instituciones educativas promoverían la generación de innovaciones y generarían un efecto positivo sobre la productividad del país.

El estudio se estructura de la siguiente manera: después de la introducción, la siguiente sección presenta la revisión de literatura relacionada con la función de producción de conocimientos y las aplicaciones empíricas del modelo CDM. En la tercera se describe la especificación del modelo y los datos; en la cuarta se muestra el análisis empírico y en la última sección se presentan las conclusiones.

2. Revisión de literatura

La principal herramienta para estudiar el efecto del gasto en I&D sobre la generación de nuevos conocimientos es la función de producción de conocimientos propuesta por Griliches (1979), la cual supone que la producción de nuevos conocimientos depende del gasto en I&D, pasado y presente, y de otros factores como los flujos de conocimientos externos a la empresa (*spillovers*).

¹ Los resultados presentados en nuestro artículo fueron revisados por el laboratorio de análisis de datos (LAD) del INEGI para que se cumplan los principios de confidencialidad de la información.

De las aplicaciones empíricas de la función de producción de conocimientos se ha encontrado un aumento en las innovaciones cuando crece el gasto privado en I&D y la investigación universitaria en una región (Griliches, 1979). Los *spillovers* producidos en las universidades tienden a estar más concentrados geográficamente que los que surgen de las empresas (Adams, 2002). El conocimiento generado en las universidades es más accesible, mientras que el privado está protegido por derechos de propiedad intelectual. Al analizar la proximidad tecnológica se puede confirmar que los *spillovers* se localizan en una región y sucede independientemente del tamaño de las empresas (Jaffe, 1989; Acs, Audretsch y Feldman, 1991; Anselin, Varga y Acs, 1997, 2000; Autant-Bernard, 2001).²

El gasto en I&D es uno de los insumos principales en la función de producción de conocimientos, Crepon, Duguet y Mairesse (1998) proponen un modelo, conocido como CDM, que relaciona la I&D con la innovación y ésta con la productividad. En el análisis empírico que realizan para Francia encuentran que el tamaño de la empresa afecta positivamente a la probabilidad de gastar en I&D y también observan una relación positiva entre el gasto en I&D y las innovaciones.

En Colombia, empresas medianas y grandes, exportadoras, con participación extranjera e intensivas en capital y aquéllas que gastan en I&D tienen una mayor probabilidad de innovar. La innovación tiene un efecto positivo en las ventas por empleado (Arbeláez y Parra, 2011). Los gastos en I&D y la adquisición tecnología tienen un impacto positivo en la introducción de nuevos productos y/o procesos en el mercado argentino, mientras que las empresas innovadoras tienen mayores niveles de productividad (Chudnovsky, López y Pupato, 2006). Por otro lado, las actividades que llevan a mayores niveles de productividad en Brasil son el cambio organizacional, la cooperación con clientes, el desarrollo de capital humano, la innovación de productos y el aprendizaje por exportaciones, la I&D tiene efecto en el largo plazo (Goedhuys, 2007). Para el caso de Chile, no se encuentra relación entre la productividad y las innovaciones (Benavente, 2006). Al revisar la robustez de los resultados se encuentra que el tamaño de las empresas aumentan la probabilidad de invertir en I&D, la intensidad del gasto en I&D incrementa la probabilidad de innovar en

² Jaffe (1989) utiliza patentes para representar las innovaciones, sin embargo, Scherer (1983), Mansfield (1984) y Griliches (1990) advirtieron que utilizar el número de patentes no es una medida adecuada como variable *proxy* de la producción de innovaciones debido a que no todas las innovaciones se registran como patentes. Acs, Audretsch y Feldman (1991) utilizan el número de innovaciones registradas por las empresas.

procesos y las empresas grandes tienen una mayor probabilidad de innovar en productos, mientras que la innovación en procesos incrementa la productividad en Chile (Alvarez, Bravo y Navarro, 2010).

Los diferentes estudios para países latinoamericanos utilizan el modelo CDM de base y se hacen algunas modificaciones. Entre los resultados destaca que las empresas grandes son las más innovadoras y que las exportaciones reportan un impacto positivo sobre la producción de innovaciones. En la mayoría de los casos se confirma una relación positiva entre la I&D y la generación de innovaciones, y de ésta con la productividad.³

Con base en la ESIDET 2010 y el modelo CDM Calderón (2012) encuentra en México una relación positiva entre el tamaño de las empresas y su decisión de gastar en I&D. Además, que el tamaño tiene un efecto positivo sobre la innovación. Dutrénit *et al.* (2013), con la misma metodología, observan en el sector servicios de este país una relación positiva entre la intensidad del gasto en innovación y las exportaciones con la probabilidad de innovar. Un análisis de la relación entre la I&D y la productividad a nivel sector de la industria manufacturera en México señala que, una vez controlado los problemas de endogeneidad y heterogeneidad, no hay evidencia de alguna relación entre la I&D y la productividad (Cabral y González, 2014).

Existen trabajos para México que utilizan las patentes como medida para la innovación y encuentran una influencia positiva del nivel de educación, la inversión extranjera, la concentración industrial, la inversión pública en las universidades, la aglomeración económica y los proyectos de investigación (Germán, Gutiérrez y Tovar, 2009; German y Gutiérrez, 2013). En estas investigaciones sobresale la importancia de la distribución geográfica de la actividad innovadora y la existencia de una relación positiva entre los *spillovers* y la generación de patentes (German y Gutiérrez, 2015).

Otro de los insumos principales de la función de producción de conocimientos son los *spillovers* de conocimientos. Los *spillovers* de conocimientos surgen de la creación de ideas o de conocimiento nuevo, que se caracteriza por ser no-rival, es decir, puede ser utilizado al mismo tiempo por otras personas o empresas. El conocimiento también es parcialmente exclusivo porque se puede restringir su uso, al menos por un periodo, a través de las patentes y otros instrumentos de protección de la propiedad intelectual. Dadas estas características, las empresas no pueden apropiarse por completo del conocimiento

³ Otros trabajos donde se hacen comparaciones entre países son los de Griffith *et al.* (2006), Raffo, Lhuillery y Miotti(2008) y Crespi y Zuñiga (2012).

derivado de su I&D, lo que genera *spillovers* tecnológicos (Keilbach, 2000; Acs, 2002). Las empresas pueden adquirirlos de otras empresas sin realizar una transacción de mercado, es decir, sin pagar total o parcialmente por la información que utilizan (Grossman y Helpman, 1991).

En la mayoría de las investigaciones basadas en el modelo CDM se utilizan como variables *proxies* de los *spillovers* las fuentes de información que promueven la innovación.⁴ Los datos para aproximar dichos *spillovers* se derivan de información subjetiva de las encuestas de innovación, porque dependen de la percepción de quienes evalúan la importancia de las fuentes de información para hacer innovaciones. Asimismo, se incorporan al modelo CDM como una variable que sólo influye en el gasto en I&D, de forma que captura el efecto indirecto de los *spillovers* sobre la producción de innovaciones (Mairesse y Mohnen, 2002).

A diferencia de los autores, Goya, Vayá y Surinach (2016) incluyen dos tipos de *spillovers* en su análisis: intrasectoriales estimados con la suma total de la I&D en cada sector donde consideran a todas las empresas como iguales y los intersectoriales que son la suma de la I&D de las empresas de otros sectores ponderado por la proporción de compras intermedias entre los sectores. Su trabajo se enfoca en el impacto de la I&D y las externalidades sobre la productividad en España. Encuentran que las empresas en sectores de baja tecnología se benefician en mayor medida de la I&D realizada por otras empresas del mismo sector, en tanto que, las empresas grandes aumentan sus ventas cuando se incrementa el gasto en I&D externo. También observaron que sus resultados confirman la relación planteada por el modelo CDM, es decir, el gasto de I&D afecta a las innovaciones y éstas afectan al nivel de productividad de las empresas positivamente.

3. Especificación del modelo

El modelo CDM propuesto por Crepon, Duguet y Mairesse (1998) se puede utilizar para evaluar el efecto del gasto en I&D en las innovaciones y el impacto de las innovaciones en la productividad. En este trabajo se analiza el efecto directo de los *spillovers* sobre las innovaciones, considerándolo como un insumo de la producción de conocimientos (Griliches, 1979).

⁴ Entre los trabajos que utilizan este tipo de variables se encuentran Mairesse y Mohnen (2002), Griffith *et al.* (2006), Raffo, Lhuillery y Miotti (2008), Calderón (2012) y Crespi y Zuñiga (2012).

El modelo CDM consta de tres etapas: en la primera se estima la intensidad del gasto en I&D (IID_i), las empresas deciden gastar o no en I&D. Si la respuesta es afirmativa, eligen el monto para tal gasto. La segunda etapa consiste en relacionar las innovaciones con la estimación de la intensidad del gasto en I&D. En la última etapa se utilizan las innovaciones estimadas en la segunda etapa para evaluar su efecto en la productividad de las empresas. Los estudios sobre innovaciones pueden estar afectados por sesgos de selección debido a que sólo una pequeña proporción de empresas realizan gastos en I&D y a esta población se restringen algunos análisis empíricos (Crepon, Duguet y Mairesse, 1998). Por otro lado, las empresas pueden destinar recursos para mejorar los procesos y productos sin contar con un área especial para la I&D, por lo que no todas las innovaciones se registran, aunque afecten la productividad. También puede presentarse un problema de endogeneidad entre los insumos requeridos para la producción de conocimiento nuevo y el resultado, reflejado en innovaciones o productividad. En este sentido, el modelo CDM busca mitigar los problemas de endogeneidad y selección. Antes de especificar el modelo se describe la base de datos que se utiliza para el análisis empírico.

3.1. Base de microdatos

En la *Encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico* (ESIDET) 2012 existe información de los ingresos, gastos y personal ocupado en las actividades de I&D tecnológico, así como los factores que favorecen y obstaculizan la innovación de las empresas (INEGI, 2015). La elaboración del cuestionario de la ESIDET y el levantamiento de la encuesta es resultado de un convenio entre el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Para el propósito del presente estudio la ESIDET tiene dos ventajas, la primera es que sigue la metodología de los manuales Frascati y Oslo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), ampliamente aceptada a nivel internacional y que forma parte de una tendencia de homogeneización en las encuestas de innovación. La segunda es que, por primera vez en México, la ESIDET correspondiente al año 2012 tiene representatividad a nivel de entidad federativa, esto permite utilizar variables *dummies* para controlar la heterogeneidad de las entidades federativas y, además, facilita la estimación de los *spillovers*.⁵

⁵ Hasta el momento no están disponibles los microdatos de la ESIDET 2014 y

La ESIDET del año 2012 captura 59 sectores de la actividad económica, entre servicios y manufactura. La unidad de observación está formada por empresas con veinte y más empleados. Las respuestas de las empresas hacen referencia a los años 2010 y 2011.⁶ Este trabajo se enfoca en el sector manufacturero. Como parte de la limpieza de la base de datos se eliminaron las empresas que reportaban ingresos y no registraron empleados, la submuestra está compuesta por 5 mil 393 empresas.

A partir de la información obtenida de la ESIDET encontramos que, en México, sólo doce por ciento de empresas realizan innovaciones. En promedio el gasto de las innovadoras asciende a 8,890 pesos, mientras que el promedio nacional es de 1,879 pesos. Veinte por ciento de empresas realizan gastos en I&D e innovaciones. Las empresas innovadoras tienen un tamaño promedio mayor que las no innovadoras. Se considera un hecho estilizado que las empresas grandes sean las que más gastan en I&D; además, son las que más tienden a innovar (Cohen y Klepper, 1996; Hall y Mairesse, 2006). Por lo que se espera una relación positiva entre el tamaño de las empresas, el gasto en I&D y la propensión a innovar.

En cuanto a la relación con el mercado externo, 45% de las empresas innovadoras exportan y sólo 30% de las no innovadoras exportan. La participación de capital extranjero es muy similar entre los dos tipos de empresas y la proporción de empresas con capital extranjero, mayor a 10%, es de 14 por ciento.

Solamente 4% de las empresas del país reciben financiamiento gubernamental; alrededor de 20% de las empresas innovadoras se benefician de dichos recursos. En cuanto a la colaboración con otras instituciones para generar innovaciones 29% de las empresas innovadoras están involucradas en dicho tipo de convenios.

En el análisis que nos ocupa se utiliza la información espacial generada por la ESIDET 2012 para controlar por las diferencias entre las entidades federativas.⁷ La información por sectores se usa para

es por esto que se trabaja con la encuesta del año 2012.

⁶ Para procesar los datos a nivel empresa se trabajó en el LAD del INEGI, organismo que revisa y vigila el cumplimiento de los principios de confidencialidad de la información.

⁷ Para el ejercicio econométrico no se utilizan métodos espaciales debido a que la ESIDET tiene como unidad de observación las empresas, al no conocer la localización de los establecimientos se pueden generar sesgos en la información geográfica. Por otro lado, se complica la inferencia debido a que la muestra para algunas entidades federativas es muy pequeña y no hay desagregación geográfica al interior de los estados.

controlar efectos de heterogeneidad entre las empresas dedicadas a diferentes actividades económicas. Con el modelo CDM se pueden corregir en el análisis los sesgos de selección al considerar todas las empresas, realicen o no gasto en I&D o innovaciones. Por otra parte, se asume que hay endogeneidad entre los insumos de la innovación y la producción de innovaciones y, también, entre ésta y la productividad, por lo que la estimación del modelo CDM se hace en tres etapas. Primero se estima la intensidad del gasto, después se incorpora la variable como un determinante de la generación de innovaciones y al final se utilizan las innovaciones ajustadas en la ecuación de productividad. A continuación se detallan las etapas del modelo CDM.

3.2. Etapas del modelo CDM⁸

3.2.1. Primera etapa del modelo CDM

En esta etapa las empresas deciden si gastan o no en I&D, y se estima la intensidad del gasto en I&D. Para tal propósito se utiliza un modelo Tobit generalizado, Heckman propone estimar primero un modelo probit, que representa la decisión de las empresas de gastar o no en I&D, para obtener la inversa de Mills, que se incluirá en la ecuación principal para evitar estimaciones sesgadas ante la presencia de auto-selección en la decisión de las empresas a gastar o no en I&D (Wooldridge, 2002; Greene, 2003). El modelo Tobit generalizado se compone de las siguientes ecuaciones:⁹

Ecuación principal

$$IID_i = \beta_1 FO_i + \beta_2 EXP_i + \beta_3 CO_i + \beta_4 FIN_i + \beta_5 INFO_{1,i} + \beta_6 INFO_{2,i} + \beta_7 INFO_{3,i} + u_i \quad (1)$$

⁸ El modelo de Crepon, Duguet y Mairesse (1998) es la base de este trabajo y se ajusta con el modelo de Griffith *et al.* (2006), Calderón (2012) y Crespi y Zuñiga (2012).

⁹ Los supuestos del modelo Tobit generalizados son: las variables independientes y la propensión a gastar en I&D (SID_i) siempre se observan, mientras que el gasto en I&D (IID_i) sólo se observa cuando $SID_i=1$. Además, los errores son independientes de las variables explicativas. También se supone que (u_i, v_i) siguen una distribución normal bivalente con media cero, $var(u_i)=\sigma_1^2$, $cov(u_i, v_i)=\sigma_{12}$ y $var(v_i)=1$.

Ecuación de selección

$$SID_i = 1[\delta_1 FO_i + \delta_2 EXP_i + \delta_3 EM_i + \delta_4 CON_i + \delta_5 OBJ_i + \delta_6 OBST_{1,i} + \delta_7 OBST_{2,i} + \delta_8 OBST_{3,i} + v_i > 0] \quad (2)$$

En el cuadro 1 se presenta la descripción de las variables utilizadas en la ecuación principal y en la ecuación de selección. En el cuadro se indica la pregunta del cuestionario de la ESIDET, de donde se tomó la información para construir las variables. La variable dependiente de la ecuación principal es la intensidad de gasto en I&D (IID_i). El efecto del mercado externo se incorpora a través de la participación de capital extranjero (FO) y las exportaciones (EXD). Asimismo, se incluye la colaboración con otras empresas, institutos o universidades (CO) y si tiene acceso al financiamiento público (FIN). El error está representado por u_i .

En las primeras regresiones consideramos las fuentes de información de mercado ($INFO_1$), científicas ($INFO_2$) y públicas ($INFO_3$), modelo (a), variables que han sido utilizadas en otros trabajos empíricos para aproximar los *spillovers*. En una segunda ronda de regresiones se eliminan dichas variables, modelo (b), para comparar los resultados.

Cuadro 1*Descripción de variables para la estimación de la intensidad de gasto en I&D*

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
<i>Ecuación principal</i>			
<i>IID</i> gasto en I&D (variable dependiente)	Logaritmo de la suma del gasto de I&D, el gasto en innovaciones y el gasto en servicios científicos y tecnológicos entre el número de empleados de la empresa	2010-2011	p12.2.0 p16.1.0 p59.0 p39.00 p9.0.0b
<i>CO</i> colaboraciones	<i>Dummy</i> con valor de uno si la empresa colabora con otras empresas, instituciones o universidades	2010-2011	p51, respuestas 2, 3, 4
<i>FIN</i> financiamiento	<i>Dummy</i> con valor de uno si la empresa recibe financiamiento público	2010-2011	p61.5

Cuadro 1
(continuación)

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
<i>Ecuación principal</i>			
<i>INFO</i> ₁ información de mercado	Promedio de las respuestas sobre la importancia de los clientes, proveedores, competidores, consultorías y expertos como fuentes de información para hacer innovaciones	2010-2011	p66.12 a p66.18
<i>INFO</i> ₂ información científica	Promedio de las respuestas sobre la importancia de las universidades, instituciones de investigación pública o privada como fuentes de información para hacer innovaciones	2010-2011	p66.21, p66.22
<i>INFO</i> ₃ información pública	Promedio de las respuestas sobre la importancia de las patentes, conferencias, redes, seminarios y ferias como fuentes de información para hacer innovaciones	2010-2011	p66.23 a p66.26
<i>Ecuación de selección</i>			
<i>SID</i> Gasto en I&D	<i>Dummy</i> con valor de uno si la empresa gasta en I&D (<i>IID</i> >0)	2010-2011	<i>IID</i>
<i>EM</i> empleo	Número de empleados	2010	p9.0.0
<i>EM</i> ₁ empleo	<i>Dummy</i> con valor de uno si $EM \leq 50$	2010	<i>EM</i>
<i>EM</i> ₂ empleo	<i>Dummy</i> con valor de uno si $50 < EM \leq 250$	2010	<i>EM</i>
<i>EM</i> ₃ empleo	<i>Dummy</i> con valor de uno si $250 < EM \leq 500$	2010	<i>EM</i>
<i>EM</i> ₄ empleo	<i>Dummy</i> con valor de uno si $EM > 500$	2010	<i>EM</i>

Cuadro 1
(continuación)

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
<i>Ecuación de selección</i>			
<i>CON</i> índice de concentración	Ingreso de las ocho empresas más grandes entre el ingreso total del sector	2010	p10.0.0
<i>OBJ</i> objetivo de innovar	Dummy con valor uno si mantener la participación de mercado es un objetivo altamente o moderadamente significativos para la empresa	2010-2011	p64.5
<i>OBST</i> ₁ obstáculos a la innovación	Dummy con valor uno si los costos de innovación muy elevados son un obstáculo altamente o moderadamente significativos para la empresa	2010-2011	p65.2
<i>OBST</i> ₂ obstáculos a la innovación	Dummy con valor uno si los obstáculos derivados de la legislación vigente son altamente o moderadamente significativos para la empresa	2010-2011	p65.8
<i>OBST</i> ₃ obstáculos a la innovación	Dummy con valor uno si la falta de fuentes de financiamiento adecuadas son altamente o moderadamente significativos para la empresa	2010-2011	p65.3
<i>Variables en la ecuación principal y en la ecuación de selección</i>			
<i>FO</i> participación extranjera	Dummy con valor de uno si la participación de capital extranjero es mayor a 10%	2011	p5
<i>EXP</i> exportaciones	Ingresos por ventas en el mercado extranjero entre ingresos totales	2010	p10.1.2, p10.0.0
<i>EXP</i> ₁ exportaciones	Dummy con valor uno si $0 < EXP \leq 25\%$	2010	<i>EXP</i>
<i>EXP</i> ₂ exportaciones	Dummy con valor uno si $25\% < EXP \leq 50\%$	2010	<i>EXP</i>

Cuadro 1
(continuación)

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
<i>Variables en la ecuación principal y en la ecuación de selección</i>			
<i>EXP</i> ₃ exportaciones	<i>Dummy</i> con valor uno si $50\% < EXP \leq 75\%$	2010	<i>EXP</i>
<i>EXP</i> ₄ exportaciones	<i>Dummy</i> con valor uno si $EXP > 75\%$	2010	<i>EXP</i>

Fuente: Elaboración propia con datos de la ESIDET 2012, las preguntas del cuestionario se pueden consultar en http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesomicrodatos/doc/esidet/esidet2012/cuestionariosidet_2012.pdf.

En la ecuación de selección la variable dependiente *SID* toma valor de uno cuando la empresa realizó gasto en I&D. Las variables utilizadas como explicativas incluyen condiciones de la demanda a través de la variable *OBJ*, que indica si para la empresa mantener la participación de mercado es un objetivo importante y *CON* representa el grado de concentración económica por sector. Se incluyen algunos obstáculos para la innovación como costos elevados de innovación (*OBST*₁), los derivados de la legislación vigente (*OBST*₂) y la falta de financiamiento adecuado (*OBST*₃). Otra variable del modelo es el tamaño de la empresa (*EM*), que busca reflejar el acceso a financiamiento y las economías de escala (Mairesse y Mohnen, 2002). También se incluyen la relación con el mercado externo a través de la participación del capital extranjero (*FO*) y las exportaciones (*EXP*). Por último, el término v_i representa las perturbaciones de la estimación. En el análisis empírico se presentan las estimaciones de la ecuación de selección y de la ecuación principal del modelo Tobit generalizado.

3.2.2. Segunda etapa del modelo CDM

En esta etapa se estima la relación entre la intensidad del gasto en I&D ajustada (\widehat{IID}) en la etapa anterior y las innovaciones. En el

presente análisis se utilizan variables *proxies* de los *spillovers* para determinar su influencia en la generación innovaciones.¹⁰ La función de producción de conocimientos correspondiente a la segunda etapa del modelo CDM es la siguiente:

$$INN_i = \alpha_1 LSPILL_i + \alpha_2 \widehat{IID}_i + \alpha_3 FO_i + \alpha_4 EXP_i + \alpha_5 LEM_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

Donde INN_i es la producción de innovaciones, variable que toma valor de uno si la empresa introdujo al mercado productos nuevos o significativamente mejorados, y cero si no fue así. Para la estimación de la ecuación (3) se aplica un modelo *probit*, de forma tal que nos referimos a dicha ecuación como la propensión a innovar. Las variables explicativas principales son la intensidad del gasto en I&D ajustada (\widehat{IID}_i) y una variable *proxy* de los *spillovers* ($LSPILL$). Las variables de control son la participación de capital extranjero (FO), las exportaciones (EXP) y el tamaño de la empresa (LEM). El término ε_i es el error. La descripción de las variables se encuentra en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 2

Descripción de variables para la estimación de la propensión a innovar en productos

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
INN innovaciones (variable dependiente)	<i>Dummy</i> con valor de uno si la empresa introdujo al mercado productos nuevos o significativamente mejorados	2011	p50.1
\widehat{IID}_i intensidad del gasto en I&D	Este valor se estima en la primera etapa del modelo CDM	2010-2011	Etapa 1

¹⁰ En la literatura donde se utiliza el modelo CDM se ha abordado parcialmente la relación entre la producción de innovaciones y la presencia de *spillovers*.

Cuadro 2
(continuación)

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
<i>LSPILL spillovers</i>	Logaritmo de los <i>spillovers</i> (suma del gasto interno en I&D de las empresas diferentes a <i>i</i> , con o sin ponderación)	2010-2011	Sección 2.3
<i>LEM</i> empleo	Logaritmo del número de empleados	2010	<i>EM</i> (cuadro 1)

Fuente: Elaboración propia con datos de la ESIDET 2012, las preguntas del cuestionario se pueden consultar en http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesomicrodatos/doc/esidet/esidet2012/cuestionariosidet_2012.pdf.

3.2.3. Tercera etapa del modelo CDM

En la última etapa del modelo CDM se relaciona la innovación ajustada (etapa 2) con una variable *proxy* de la productividad laboral de las empresas. Se supone que la empresa emplea una tecnología Cobb-Douglas con rendimientos constantes (Crespi y Zuñiga, 2012). La ecuación de productividad es la siguiente:

$$Y_i = \phi_1 \widehat{INN}_i + \phi_2 K_i + \phi_3 EM_i + \eta_i \quad (4)$$

Donde Y es el ingreso por trabajador de las empresas, las innovaciones estimadas (en la etapa anterior) son \widehat{INN} , el capital físico K y se utiliza como control el tamaño de las empresas (EM). El término η_i representa el error. En el cuadro 3 se describen las variables.

Las variables usadas en el modelo son las que en la literatura se consideran para estudiar el comportamiento de la I&D, es decir, el tamaño de la empresa y las condiciones de mercado, tecnológicas y de financiamiento.¹¹ En la ecuación de intensidad del gasto en I&D se

¹¹ La selección de variables se hizo con base en los modelos de Crepon, Duguet y Mairesse (1998), Griffith *et al.* (2006), Crespi y Zuñiga (2012) y Calderón (2012).

consideran variables que representan el financiamiento y las colaboraciones de las empresas que, se supone, sólo afectan la innovación de forma indirecta. Esto implica una estructura del modelo que permite la identificación al utilizarlas como variables instrumentales (Crepon, Duguet y Mairesse, 1998). En todas las etapas del modelo CDM se incluye el tamaño de la empresa como variable explicativa ya que se busca considerar las economías de escala (Mairesse y Mohnen, 2002).

Cuadro 3
Descripción de variables para estimar el efecto sobre los ingresos por empleado

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
<i>Y</i> productividad	logaritmo del ingreso total de la empresa por trabajador	2011	p10.0, p9.0.0
\widehat{INN} innovaciones	Este valor se estima en la etapa 2	2011	
<i>K</i> capital físico	logaritmo de la inversión en activo fijo por trabajador	2011	p4.0, p9.0.0
<i>EM</i> empleo	<i>Dummies</i> de empleo (EM_i , $i=1,2,3,4$)	2010	Cuadro 1

Fuente: Elaboración propia con datos de la ESIDET 2012, las preguntas del cuestionario se pueden consultar en http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesomicrosdatos/doc/esidet/esidet2012/cuestionariosidet_2012.pdf.

La ventaja de utilizar el modelo CDM es que considera las relaciones endógenas entre las variables al sustituir los valores observados por los ajustados (\widehat{IID} , \widehat{INN}). Cabe señalar que en el modelo consideramos a todas las empresas, aquéllas que gastan en I&D o realizan alguna innovación y las que no, porque se supone que pueden existir esfuerzos de innovación que no se reportan. Antes de presentar los resultados describimos la forma en que se estiman los *spillovers* de conocimientos.

3.3. *Spillovers de conocimientos*

A través de la I&D las empresas producen nuevos conocimientos que pueden difundirse en la economía, de tal forma que otras empresas

pueden usar dicho conocimiento.¹² Por lo que una manera de definir los *spillovers* es: los conocimientos de una empresa que puede utilizar otra sin pago de por medio; la forma más sencilla de aproximar este tipo de *spillovers* es sumar el gasto en I&D de las otras empresas, es decir, el monto de I&D indirecto disponible para la empresa (Aiello y Cardamone, 2008). Una primera medida de los *spillovers* para la empresa i es la siguiente (Kaiser, 2002; Aiello y Cardamone, 2008):

$$SPILL_{0,i} = \sum_{j=1, j \neq i}^N ID_j \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

Donde las empresas están indexadas por i y j . $SPILL_{0i}$ es la suma del gasto intramuros en I&D (ID) de las empresas diferentes a i (cuadro 4). Se presentan dos problemas cuando se estima $SPILL_0$, se supone que todas las externalidades tecnológicas son relevantes para la empresa y que la capacidad de asimilar la tecnología no difiere entre empresas y sectores. Para incorporar las diferencias tecnológicas se utiliza un sistema de ponderadores propuestos por Kaiser (2002) y Aiello y Cardamone (2008) que se definen a continuación.

Cuadro 4
*Descripción de variables para estimar
los spillovers de conocimientos*

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
Gasto intramuros gasto en I&D	Son los gastos que hace la empresa para realizar un proyecto de I&D, en la misma empresa o en otras instalaciones	2010	p16.2.0
Gasto extramuros gasto en I&D	Son los pagos que la empresa otorga a terceros por realizar un proyecto de I&D, en la misma empresa o en otro lugar	2010	p12.1.0

¹² El estudio de los *spillovers* de conocimientos es un tema difícil de abordar; Krugman (1991) veía como obstáculo que no existiera un rastro o registro en papel de los flujos de conocimientos que se pudiera seguir y medir.

Cuadro 4
(continuación)

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Periodo</i>	<i>Pregunta en la ESIDET</i>
Tipo de investigación gasto intramuros	Gasto en investigación básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico	2010	P16.2.1, p16.2.2, p16.2.3
Sector gasto extramuros	Gasto extramuros dirigidos al sector productivo, a instituciones de educación superior y a otras instituciones	2010	p12.1.1 a p12.1.19
Madurez tecnológica	Promedio de las respuestas sobre la frecuencia con que las empresas adquieren tecnología, adaptan o modifican tecnología, generan o desarrollan tecnología, patentan o venden tecnología	2011	p46.1 a p46.7
<i>h</i> capital humano	Escolaridad promedio de los empleados dedicados a la I&D	2010	p17.1

Fuente: Elaboración propia con datos de la ESIDET 2012, las preguntas del cuestionario se pueden consultar en http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesomicrodatos/doc/esidet/esidet2012/cuestionariosesidet_2012.pdf.

3.3.1. Proximidad tecnológica de las empresas

Se supone que las empresas que comparten el mismo tipo de tecnología pueden, con mayor facilidad, apropiarse de los flujos de conocimientos generados por la I&D de otras empresas. Una forma de medir la cercanía tecnológica es con la correlación:

$$\omega_i = \frac{X_i X_j'}{((X_i X_i')(X_j X_j'))^{1/2}} \quad (6)$$

Donde X es un conjunto de variables que definen el espacio tecnológico de las empresas (i, j) . El vector de proximidad tecnológica (X) se construye con el gasto en I&D intramuros según el tipo de investigación que realizan las empresas, el gasto extramuros en I&D de acuerdo con el sector al que va dirigido y la madurez tecnológica de las empresas; información que obtuvimos de la ESIDET 2012 (descripción de las variables en el cuadro 4).

El ponderador definido en la ecuación (6) supone que la capacidad de absorción no varía en gran medida entre las empresas. Por ello ω_i es una matriz simétrica que contiene la correlación de los vectores de características tecnológicas de las empresas i y j , que es igual a la de j con i . Sin embargo, la dirección del flujo de conocimientos afecta la forma en que se transmite la tecnología debido a que cada empresa puede tener diferentes capacidades para absorber o asimilar los conocimientos externos (Kaiser, 2002).

3.3.2. Proximidad tecnológica de las empresas y capacidad de asimilación de tecnología externa

La heterogeneidad de las empresas hace que la absorción y el aprovechamiento del conocimiento externo difiera entre las empresas. Por lo que en la estimación de los *spillovers* se deben considerar dichos factores y para ello se tiene el siguiente ponderador:

$$\hat{\omega}_{ij} = \left[\frac{X_i X_j'}{((X_i X_i')(X_j X_j'))^{1/2}} \right] \left[\frac{h_i}{\max(h_i, h_j)} \right] \quad (7)$$

Donde, h representa al capital humano medido como la escolaridad de los empleados dedicados a la I&D en la empresa (cuadro 4). Con esto consideramos la capacidad de asimilación que depende del capital humano de las empresas.

Con los ponderadores ω_i y $\hat{\omega}_{ij}$ se genera una medida de los *spillovers*, al multiplicar el gasto en I&D (ID_j) y el ponderador correspondiente, en el caso de $\hat{\omega}_{ij}$ sería:

$$SPILL_{\hat{\omega},i} = \sum_{j=1, j \neq i}^N \hat{\omega}_{ij} ID_j \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

En la ecuación (8) el gasto en I&D de otras empresas ($i \neq j$) está ponderado por las diferencias sectoriales y la capacidad de asimilación de las empresas ($SPILL_{\omega,i}$). Con este sistema de ponderación se busca aproximar el flujo de conocimientos o los *spillovers* entre empresas al suponer que se facilitan entre similares en términos tecnológicos y ante una mayor capacidad de absorber tecnología externa a las empresas.

Al considerar la proximidad tecnológica ($SPILL_{\omega}$), la diferencia entre las empresas según su estado de innovación, se encontró que las empresas innovadoras tienen mayores *spillovers* de conocimientos. Si además de las similitudes tecnológicas se incluye la capacidad de absorción ($SPILL_{\omega}$) se conserva la ventaja de las empresas innovadoras. Los *spillovers* se calculan entre los sectores (intersectoriales) y dentro de cada sector (intrasectoriales).

4. Análisis empírico: el modelo CDM

En el cuadro 5 se presentan los resultados de la primera etapa del modelo CDM. En la columna 1 está la ecuación de selección que no cambia entre los diferentes modelos de intensidad del gasto en I&D. En la ecuación principal, primero se incluyen las fuentes de información para la innovación de las empresas (*INFO*) (modelo (a), columna (2)) y en la siguiente se excluyen (modelo (b), columna (3)).

Cuadro 5
Decisión e intensidad de gasto en I&D

Variables	Ecuación de selección Variable dependiente: SID (1)	Variables	Ecuación principal Variable dependiente: IID	
			Modelo (a) con INFO (2)	Modelo (b) sin INFO (3)
FO^*	-0.031** (0.011)	FO^*	0.471*** (0.141)	0.471*** (0.141)
EXP_1^*	0.071*** (0.012)	EXP_1^*	0.182 (0.110)	0.185 (0.110)
EXP_2^*	0.055** (0.018)	EXP_2^*	0.091 (0.166)	0.087 (0.167)

Cuadro 5
(continuación)

Variables	Ecuación de selección Variable dependiente: SID (1)	Variables	Ecuación principal	
			Variable dependiente: IID	
			Modelo (a) con INFO (2)	Modelo (b) sin INFO (3)
EXP_3^*	-0.002 (0.019)	EXP_3^*	0.601* (0.262)	0.597* (0.265)
EXP_4^*	0.033* (0.017)	EXP_4^*	0.227 (0.162)	0.180 (0.162)
EM_2^*	0.067*** (0.008)	CO^*	0.419*** (0.110)	0.470*** (0.110)
EM_3^*	0.123*** (0.018)	FIN^*	1.849*** (0.124)	1.909*** (0.122)
EM_4^*	0.155*** (0.020)	$INFO_1$	0.053 (0.215)	—
CON	0.036 (0.024)	$INFO_2$	0.343* (0.148)	—
OBJ^*	0.072*** (0.009)	$INFO_3$	0.366 (0.216)	—
$OBST_1^*$	-0.008 (0.007)	N	11,679	11,679
$OBST_2^*$	-0.019** (0.007)	L	-10,424	-10,437
$OBST_3^*$	0.007 (0.008)	χ^2	933	913
		ρ	0.619	0.587
		χ^2_ρ	39	33
		P_ρ	0.000	0.000
		AIC	21,055	21,075
		AIC	21,821	21,819

Notas. El asterisco en las variables indica que son dicotómicas. Los coeficientes de la ecuación de selección corresponden a los efectos marginales cuando CON está en la media, OBJ en uno y el resto de las variables están en cero. Los coeficientes de las ecuaciones principales corresponden a los efectos marginales cuando las variables $INFO$

están en la media y el resto de las variables están en cero. Se utilizan variables *dummies* por sector y entidad federativa. Errores estándar robustos entre paréntesis. Nivel de significancia *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

El modelo parte de un proceso de auto-selección a gastar en I&D para comprobar si existe tal relación, se estima el coeficiente de correlación de los errores de la ecuación principal y de selección. Se confirma que la parte observada de la decisión de gastar en I&D está correlacionada con la parte no observada de la intensidad del gasto en I&D (ρ , cuadro 5).

Con la ecuación de selección se estiman los efectos marginales que indican el efecto sobre la probabilidad de gastar en I&D ante un cambio en las variables explicativas (cuadro 5, columna (1)). Para la interpretación de resultados se consideró a una empresa pequeña que no tiene relación con el mercado exterior, en un ambiente de concentración promedio y cuyo objetivo al innovar es mantener su participación en el mercado. También se caracteriza por ser optimista ya que no considera relevantes los obstáculos como el alto costo de innovar, la legislación vigente o la falta de financiamiento adecuado.

Una empresa mediana (EM_2) tiene una probabilidad 7% mayor que una empresa pequeña (EM_1) de gastar en I&D (cuadro 5, columna (1)). La probabilidad de gastar en I&D aumenta 12 y 16 por ciento si consideramos a empresas grandes (EM_3 y EM_4) en relación con las pequeñas. El impacto de ser una empresa exportadora (EXD_1 , EXD_2 y EXD_4) es positivo y significativo sobre la probabilidad de gastar en innovación respecto a las que no tienen relación con el mercado externo. Dicha relación se ha encontrado en aplicaciones empíricas del CDM en países de América Latina (Benavente (2006); Chudnovsky, López y Pupato (2006); Goedhuys (2007); Arbeláez y Parra (2011); Calderón (2012); Crespi y Zuñiga (2012); Dutrénit *et al.* (2013)).

Una empresa pequeña sin relación con el mercado externo, en un sector con concentración promedio y que no considera significativos los obstáculos a innovar tiene una probabilidad de gastar en I&D mayor en 7% en relación con las empresas que no consideran importante el objetivo de mantener su participación en el mercado. Por otro lado, una empresa que considera como un obstáculo la legislación vigente $OBST_2$ reduce su probabilidad de invertir en I&D cerca de 2% respecto a las que no la consideran así.

Después de ajustar los coeficientes de la ecuación principal por la selección muestral se obtiene el efecto de las variables sobre la

esperanza del logaritmo del gasto en innovación cuando éste se observa (cuadro 5, ecuación principal). Los coeficientes indican el efecto promedio sobre la intensidad del gasto en I&D (IID) cuando las fuentes de información ($INFO$) están en la media y el resto de las variables en cero.

Si una empresa gasta en I&D y se convierte en una empresa con una participación de capital extranjero superior a 10% (FO), su gasto en I&D aumenta 47 por ciento. El efecto de las exportaciones sobre el monto de inversión en I&D no es significativo en la mayoría de los casos. El gasto en I&D es mayor cuando las empresas exportan entre 50 y 70 por ciento de sus ventas totales (EXD_3).

El efecto marginal del financiamiento gubernamental (FIN) es superior a la unidad y nos indica una alta influencia de dicho factor para determinar el monto de gasto dirigido a la producción de innovaciones. Por otra parte, si una empresa que gasta en I&D decide celebrar algún convenio de colaboración, aumentaría el gasto en I&D cerca de 50 por ciento. Las variables relacionadas con las fuentes de información científicas ($INFO_2$) son significativas y con signo positivo.

Entre los dos modelos, (a) y (b) del cuadro 1, no se puede elegir uno como el mejor, debido a que las diferencias en los criterios de información son pequeñas. Si consideramos el criterio de información de Akaike (AIC) el mejor es el modelo (a), mientras que el criterio de información Bayesiano (BIC) indica evidencia débil de mejor ajuste del modelo (b) sobre el (a). Con los estadísticos que se presentan no se puede confirmar que incluir en la ecuación principal las fuentes de información ($INFO$), variables *proxies* de los *spillovers*, mejoren el ajuste del modelo.

A través de una función de conocimientos se relaciona la propensión a innovar en productos con la intensidad del gasto en I&D (ajustada, \widehat{IID}) de las empresas y los *spillovers* de conocimientos, que son las principales variables explicativas del modelo. Las regresiones realizadas se diferenciaron por tipo de *spillovers*, según el ponderador y si eran intrasectoriales o intersectoriales.¹³

Entre las diferentes estimaciones de la ecuación de innovación sobresale el efecto de los *spillovers* ponderados por la proximidad tecnológica y la capacidad de asimilación de las empresas ($LSPILL_{\hat{\omega}}$). Cuando se emplea esta variable el modelo presenta un mejor ajuste

¹³ Los *spillovers*, en logaritmos, que no utilizan ponderador son $LSPILL_0$, aquéllos que sólo incorporan la similitud tecnológica, $LSPILL_{\omega}$ y los que, además, incluyen la capacidad de asimilación tecnológica de la empresa, $LSPILL_{\hat{\omega}}$.

y se observa una reducción en el coeficiente de la intensidad de gasto en I&D (\widehat{IID}).¹⁴ En cuanto a las diferencias intrasectoriales e intersectoriales, se encontró que los modelos que utilizan *spillovers* intersectoriales tienen un mejor ajuste.

Para simplificar el análisis de los resultados nos concentramos en los *spillovers* ponderados con la proximidad tecnológica y la capacidad de asimilación de las empresas a nivel intersectorial ($LSPILL_{\hat{\omega}}$). La elección de este indicador se hizo en función de los criterios de información (AIC y BIC) de las diferentes especificaciones de la ecuación (3) utilizada para estimar la propensión a innovar (cuadros 8 y 9 del apéndice).

Cuando se incluyen los *spillovers* para estimar la propensión a innovar las regresiones tienen un mejor ajuste. En el cuadro 6 los estadísticos AIC y BIC son menores cuando se incorpora la variable de los *spillovers*. El coeficiente estimado de los *spillovers* tiene signo positivo y es significativo. La probabilidad de innovar aumenta 12% ante un cambio en el nivel de los *spillovers* de uno por ciento.

El coeficiente estimado de la intensidad de gasto en I&D (\widehat{IID}) disminuye si se incluye la medida de los *spillovers* que considera la proximidad tecnológica y la capacidad de asimilación de tecnología de las empresas ($LSPILL_{\hat{\omega}}$). Cuando no se consideran los *spillovers*, el incremento de 1% del gasto en I&D (\widehat{IID}) aumenta la probabilidad de innovar 81% (cuadro 6, columna (3)). Si se incorpora el efecto directo de los *spillovers* en la propensión a innovar, un incremento de 1% del gasto en I&D aumenta la probabilidad de innovar 51% (columna (4)). El coeficiente estandarizado muestra que el efecto de \widehat{IID} es más alto cuando se excluyen los *spillovers* de la estimación de la propensión a innovar. Al aplicar el modelo de Karlson, Holm y Breen (2012), que permite comparar entre modelos *probit* anidados, se puede confirmar que el efecto de la \widehat{IID} en la innovación se sobreestima en el modelo que no incluye los *spillovers*.

A partir de la estimación de la función de conocimientos se obtienen dos resultados importantes: primero, los *spillovers* son relevantes para la producción de innovaciones y, segundo, al incluirlos en el modelo se observa que hay una sobreestimación del efecto del gasto en I&D.

En la sección anterior no se pudo determinar qué modelo de la intensidad del gasto en I&D es el que tiene un mejor ajuste, por lo que estimamos la ecuación de innovaciones con los dos modelos

¹⁴ Los resultados con *spillovers* distintos a $LSPILL_{\hat{\omega}}$ se encuentran en los cuadros 8 y 9 del apéndice

(cuadro 6). El coeficiente de los *spillovers*, cuando se ajusta la *IID* con los modelos (a) y (b), es positivo y significativo. Con el modelo (a) el crecimiento de 1% de los *spillovers* aumenta la probabilidad de innovar en productos 12%; similar al resultado obtenido con el modelo (b), sus coeficientes estandarizados también son cercanos. Si sólo se consideran los *spillovers* en la segunda etapa del CDM, la probabilidad de innovar aumenta 51% cuando crece 1% el gasto en I&D (cuadro 6, columna (4)). El efecto es mayor al encontrado cuando se incluyen los *spillovers* en las dos etapas (cuadro 6, columna (2)).

Cuadro 6

Propensión a innovar en productos con estimaciones de \widehat{IID} de los modelos (a) y (b)
Variable dependiente: innovación en productos (INN)

Variables	\widehat{IID} del modelo (a)		\widehat{IID} del modelo (b)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
\widehat{IID}	0.680*** (0.029)	0.405*** (0.034)	0.811*** (0.032)	0.512*** (0.038)
$LSPILL_{\omega}^a$	2.593	1.544	2.946	1.861
	–	0.124*** (0.005)	–	0.119*** (0.005)
		1.331		1.283
FO^*	-0.239*** (0.059)	-0.133* (0.063)	-0.291*** (0.059)	-0.169** (0.063)
	-0.273	-0.152	-0.333	-0.194
EXP^*	-0.086 (0.044)	0.027 (0.047)	-0.130** (0.045)	-0.012 (0.048)
	-0.133	0.042	-0.201	-0.018
LEM	0.084*** (0.016)	0.024* (0.017)	0.093*** (0.016)	0.031* (0.017)
	0.324	0.092	0.358	0.118
N	11,644	11,644	11,644	11,644
R_p^2	0.142	0.231	0.159	0.239
LL	-3,261	-2,921	-3,197	-2,892

Cuadro 6
(continuación)

Variables	\widehat{IID} del modelo (a)		\widehat{IID} del modelo (b)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
χ^2	1,012	1,445	1,101	1,408
<i>AIC</i>	6,607	5,929	6,477	5,869
<i>BIC</i>	6,916	6,245	6,786	6,186
<i>P_{corr}</i>	90.41	91.13	90.47	91.33

Notas. Modelo *Probit*. Efectos marginales con $FO = 0$, $EXD = 0$ y el resto de las variables en la media. Errores estándar robustos entre paréntesis. En el tercer renglón coeficientes estandarizados (beta). En todos los casos se controla con *dummies* por sector y por entidad federativa. El asterisco indica que son variables *dummy*. Los *spillovers* son intersectoriales. Nivel de significancia *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

En los resultados de la propensión a innovar con las estimaciones del modelo (b) se observa que las variables de la relación con el mercado extranjero tienen efectos negativos. En tanto que el tamaño de las empresas tiene una relación positiva con la producción de innovaciones.

Los criterios de información *AIC* y *BIC* indican que al utilizar el modelo (b) para estimar el gasto en I&D e incluir la variable de *spillovers*, los resultados tienen un mejor ajuste. Aunque en la etapa anterior del CDM no se pudo elegir entre los modelos (a) y (b), la estimación derivada del modelo (b) contribuye a un mejor ajuste de la propensión a innovar en productos. Con los resultados obtenidos se encuentra respaldo para utilizar los *spillovers* en la segunda etapa del modelo CDM.

En la última etapa del modelo CDM se relaciona la producción de innovaciones estimada en la etapa anterior y la productividad laboral. La ESIDET 2012 no cuenta con información suficiente para estimar la productividad laboral de las empresas, por lo que se utilizaron los ingresos de la empresa por empleado como una variable *proxy* de su productividad.

En el cuadro 7 se observa que hay un efecto positivo de la propensión a innovar estimada (\widehat{INN}) sobre la productividad laboral. Para México, Calderón (2012) y Dutrénit *et al.* (2013) han confirmado esta relación positiva de la producción de innovaciones y la productividad

laboral. La escala de la empresa medida a través del tamaño de la empresa afecta positivamente a la productividad.

Cuadro 7

Una aproximación a la productividad laboral
Variable dependiente: Y (ingresos/número de empleados)

<i>Variables</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Coefficiente estandarizado</i>
(1)	(2)	(3)	(4)
\widehat{INN}	0.879***	(0.100)	0.179
K	0.102***	(0.013)	0.179
EM_2^*	0.605***	(0.086)	0.230
EM_3^*	0.785***	(0.096)	0.226
EM_4^*	0.596***	(0.085)	0.248
R^2	0.264		

Notas. MCO. Errores *bootstrap* entre paréntesis. En la cuarta columna coeficientes estandarizados (beta). En todos los casos se controla con *dummies* por sector y por entidad federativa. El asterisco indica que son variables *dummy*. Nivel de significancia *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

5. Conclusiones

A partir del modelo CDM encontramos que existe una relación positiva entre la participación del capital extranjero en las empresas, el establecimiento de convenios de colaboración y el financiamiento gubernamental con el nivel de gasto en I&D de las empresas. Los *spillovers* tienen un efecto relevante y positivo sobre la innovación de productos por parte de las empresas que se benefician de ellos. Cuando los *spillovers* se excluyen de la estimación de la relación entre la inversión en I&D y la propensión a innovar en productos, los parámetros presentarían un sesgo. Dicho sesgo lleva a sobreestimar el efecto del gasto en I&D en la propensión a innovar en productos. Esto podría llevar a sostener que el retorno privado del gasto en I&D para las empresas, en términos de resultados con valor comerciable,

es mayor al que efectivamente obtienen. En la última etapa del modelo CDM se encuentra un efecto positivo de las innovaciones sobre la productividad laboral.

El rendimiento social y privado de la I&D es alta en los países en desarrollo, así que la intervención del gobierno puede ser provechosa si las empresas están subinviertiendo (Crespi, Maffioli y Rasteletti, 2014). La subinversión en I&D puede explicarse por la presencia de *spillovers* de conocimientos, lo que es reflejo de la dificultad de las empresas de cobrar por los conocimientos derivados de su gasto en I&D. Los resultados obtenidos en este trabajo revelan la pertinencia de la elaboración de política pública dirigida a la innovación, ya que sugieren la necesidad de apoyos gubernamentales para compensar el rendimiento privado de la I&D.

En México, la proporción de gasto en I&D respecto al PIB es baja en comparación con países desarrollados y emergentes (OCDE, 2015), por lo que existe un área de oportunidad para mejorar los niveles de innovación. En el presente estudio se detectó que el financiamiento que reciben las empresas y los convenios de colaboración con otras empresas e instituciones dedicadas a la investigación tienen un efecto positivo sobre el gasto en I&D y se encontró que este último afecta positivamente la innovación.

Una estrategia de política sugerida implicaría incrementar el financiamiento público y promover el establecimiento de convenios de investigación, recomendaciones que coinciden con las realizadas por la OCDE (2010). El objetivo sería compartir el riesgo de la inversión en I&D que realizan las empresas. El resultado esperado es que las empresas tengan mayores posibilidades de innovar y generen un círculo virtuoso para la economía del país. Dicho efecto positivo se vería beneficiado ante la presencia de externalidades positivas como los *spillovers* de conocimientos.

Agradecimientos

Agradezco el apoyo financiero PROMEP, apoyo a la incorporación de NPTC (DSA/103.5/16/10616), así como los comentarios de dos dictaminadores anónimos y del Dr. Angel Calderón Madrid (CEE-Colmex), albamendez@uadec.edu.mx.

Referencias

- Acs, Z.J. 2002. *Innovation and the growth of cities*, Edward Elgar.
- , D.B. Audretsch y M.P. Feldman. 1991. Real effects of academic research: Comment, *American Economic Review*, 82(1): 363-367.
- Adams, J.D. 2002. Comparative localization of academic and industrial spillovers, *Journal of Economic Geography*, 2(3): 253-278.
- Aiello, F. y P. Cardamone. 2008 R&D spillovers and firms' performance in Italy. Evidence from a flexible production function, *Empirical Economics*, 34(1): 143-166.
- Alvarez, R., C. Bravo Ortega y L. Navarro. 2010. Innovation, R&D, investment and productivity in Chile, IDB Working Paper Series, núm. IDB-WP-190.
- Anselin, L., A. Varga y Z. Acs. 1997. Local geographic spillovers between university research and high technology innovations, *Journal of Urban Economics*, 42(3): 422-448.
- . 2000. Geographic and sectoral characteristics of academic knowledge externalities, *Papers in Regional Science*, 79(4): 435-443.
- Arbeláez, M.A. y M. Parra. 2011. Innovation, R&D investment and productivity in Colombian firms, IDB Working Paper Series, núm. IDB-WP-251.
- Autant Bernard, C. 2001. The geography of knowledge spillovers and technological proximity, *Economics of Innovation and New Technology*, 10(4): 237-254.
- Benavente, J.M. 2006. The role of research and innovation in promoting productivity in Chile, *Economics of Innovation and New Technology*, 15(45): 301-315.
- Cabral, R. y F.J. González. 2014. Gasto en investigación y desarrollo y productividad en la industria manufacturera mexicana, *Estudios Económicos*, 29(1): 27-55.
- Calderón Madrid, A. 2012. Análisis del impacto en productividad de las actividades de desarrollo tecnológico e innovaciones de las empresas: aplicación del modelo CDM en el caso de México (mimeo).
- Chudnovsky, D., A. López y G. Pupato. 2006. Innovation and productivity in developing countries: A study of Argentine manufacturing firms' behavior (1992-2001), *Research Policy*, 35(2): 266-288.
- Cohen, W.M. y S. Klepper. 1996. A reprise of size and R&D, *Economic Journal*, 106(437): 925-951.
- Crepon, B., E. Duguet y J. Mairessec. 1998. Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level, *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2): 115-158.
- Crespi, G., A. Maffioli y A. Rasteletti. 2014. Invirtiendo en ideas: políticas de estímulo a la innovación, en G. Crespi, E. Fernández y E. Stein (comps.) *¿Cómo repensar el desarrollo productivo? Políticas e instituciones sólidas para la transformación económica*, Banco Interamericano de Desarrollo, pp. 65-117.
- Crespi, G. y P. Zuñiga. 2012. Innovation and productivity: Evidence from six Latin American countries, *World Development*, 40(2): 273-290.

- Dutrénit, G., C. de Fuentes, F. Santiago, A. Torres y N. Gras. 2013. Innovation and productivity in the service sector. The case of Mexico, Discussion Paper, núm. IDB-DP-293.
- German Soto, V. y L. Gutiérrez. 2013. Assessing some determinants of the regional patenting: An essay from the Mexican states, *Technology and Investment*, 4(3): 1-9.
- . 2015. A standardized coefficients model to analyze the regional patents activity: Evidence from the Mexican states, *Journal of the Knowledge Economy*, 6(1): 72-89.
- y S.H. Tovar. 2009. Factores y relevancia geográfica del proceso de innovación regional en México, 1994-2006, *Estudios Económicos*, 24(2): 225-248.
- Goedhuys, M. 2007. The impact of innovation activities on productivity and firm growth: Evidence from Brazil, UNU-MERIT, Working Papers Series, núm. 2007-002.
- Goya, E., E. Vayá y J. Suriñach. 2016. Innovation spillovers and firm performance: Micro evidence from Spain (2004-2009), *Journal of Productivity Analysis*, 45(1): 1-22.
- Greene, W.H. 2003. *Econometric Analysis*, Prentice Hall.
- Griffith, R., E. Huergo, J. Mairesse y B. Peters. 2006. Innovation and productivity across four European countries, *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4): 483-498.
- Griliches, Z. 1979. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth, *Bell Journal of Economics*, 10(1): 92-116.
- . 1990. Patent statistics as economic indicators: A survey, *Journal of Economic Literature*, 28(4): 1661-1707.
- Grossman, G.M. y E. Helpman. 1991. *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press.
- Hall, B.H. y J. Mairesse. 2006. Empirical studies of innovation in the knowledge-driven economy, *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5): 289-299.
- INEGI. 2015. *Encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico (ESIDET) 2012*, <<http://www.inegi.org.mx>>
- Jaffe, A.B. 1989. Real effects of academic research, *American Economic Review*, 79(5): 957-970.
- Kaiser, U. 2002. Measuring knowledge spillovers in manufacturing and services: An empirical assessment of alternative approaches, *Research Policy*, 31(1): 125-144.
- Karlsou, K.B., A. Holm y R. Breen. 2012. Comparing regression coefficients between same-sample nested models using logit and probit: A new method, *Sociological Methodology*, 42(1): 286-313.
- Keilbach, M. 2000. Spatial knowledge spillovers and the dynamics of agglomeration and regional growth, en *Spatial Knowledge Spillovers and the Dynamics of Agglomeration and Regional Growth*, Serie Contributions to Economics, capítulo 4, Physica-Verlag.
- Krugman, P. 1991. *Geography and Trade*, MIT Press.
- Mairesse, J. y P. Mohnen. 2002. Accounting for innovation and measuring innovativeness: An illustrative framework and an application, *American Economic Review*, 92(2): 226-230.

- Mansfield, E. 1984. Using linked patent and R&D data to measure interindustry technology flows. Comment, en Z. Griliches (comp.) *R&D, Patents, and Productivity*, cap. 20, University of Chicago Press, pp. 462-464.
- OCDE. 2010. *Perspectivas OCDE: México, políticas clave para un desarrollo sostenible*, OECD Publishing.
- . 2015. *Estudios económicos de la OCDE: México 2015*, OECD Publishing.
- Raffo, J., S. Lhuillery y L. Miotti. 2008. Northern and Southern innovativity: A comparison across European and Latin American countries, *The European Journal of Development Research*, 20(2): 219-239.
- Scherer, F.M. 1983. The propensity to patent, *International Journal of Industrial Organization*, 1(1): 107-128.
- Wooldridge, J.M. 2002. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT Press.

Anexo

Cuadro 8
Propensión a innovar en productos (modelo (a))

Variables	Sin SPILL	Spillovers intersectoriales			Spillovers intrasectoriales		
		SPILL ₀	SPILL _ω	SPILL _Δ	SPILL ₀	SPILL _ω	SPILL _Δ
\widehat{IID}	0.680*** (0.029)	0.676*** (0.029)	0.665*** (0.031)	0.405*** (0.034)	0.675*** (0.029)	0.648*** (0.030)	0.424*** (0.034)
$LSPILL$	2.593	2.576	2.535	1.544	2.571	2.471	1.617
	-	-0.208 (0.132)	0.350** (0.107)	0.124*** (0.005)	0.010* (0.005)	0.361*** (0.077)	0.123*** (0.005)
FO^*	-0.239*** (0.059)	-0.237*** (0.059)	-0.238*** (0.059)	-0.133* (0.063)	-0.235*** (0.059)	-0.233*** (0.059)	-0.166** (0.063)
EXP^*	-0.273	-0.271	-0.272	-0.152	-0.268	-0.267	-0.190
	-0.086 (0.044)	-0.085 (0.044)	-0.075 (0.044)	0.027 (0.047)	-0.090* (0.044)	-0.072 (0.044)	-0.007 (0.047)
	-0.133	-0.132	-0.116	0.042	-0.139	-0.112	-0.011

Cuadro 8
(continuación)

Variables	Sin SPILL	Spillovers intersectoriales			Spillovers intrasectoriales		
		SPILL ₀	SPILL _ω	SPILL _{ω̂}	SPILL ₀	SPILL _ω	SPILL _{ω̂}
		<i>LEM</i>	0.084*** (0.016)	0.083*** (0.016)	0.085*** (0.016)	0.024 (0.017)	0.082*** (0.016)
	0.324	0.318	0.326	0.092	0.317	0.308	0.127
<i>N</i>	11,644	11,644	11,644	11,644	11,644	11,644	11,644
<i>R_p²</i>	0.142	0.142	0.147	0.231	0.142	0.147	0.225
<i>LL</i>	-3,261	-3,259	-3,241	-2,921	-3,259	-3,242	-2,943
<i>χ²</i>	1,012	1,009	1,034	1,445	1,009	1,015	1,364
<i>AIC</i>	6,607	6,604	6,569	5,929	6,604	6,569	5,972
<i>BIC</i>	6,916	6,920	6,886	6,245	6,921	6,886	6,289
<i>P_{corr}</i>	90.41	90.41	90.43	91.13	90.36	90.28	91.24

Notas. Modelo *probit*. Efectos marginales con $FO = 0$, $EXD = 0$ y el resto de las variables en la media. Errores estándar robustos entre paréntesis. En el tercer renglón coeficientes estandarizados (*beta*). La variable \widehat{IID} está construida a partir del modelo (a), cuadro 1. En todos los casos se controla con *dummies* por sector y por entidad. El asterisco en las variables indica que son variables *dummy*. Nivel de significancia *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Cuadro 9
Propensión a innovar en productos (modelo (b))

<i>Variables</i>	<i>Sin SPILL</i>	<i>Spillovers intersectoriales</i>			<i>Spillovers intrasectoriales</i>		
		<i>SPILL₀</i>	<i>SPILL_ω</i>	<i>SPILL_{ω̂}</i>	<i>SPILL₀</i>	<i>SPILL_ω</i>	<i>SPILL_{ω̂}</i>
		<i>IID</i>	0.811*** (0.032)	0.807*** (0.032)	0.795*** (0.033)	0.512*** (0.038)	0.805*** (0.032)
<i>LSPILL</i>	2.946 —	2.930 -0.188 (0.122)	2.888 0.341** (0.106)	1.861 0.119*** (0.005)	2.926 0.009 (0.005)	2.826 0.337*** (0.079)	1.947 0.118*** (0.005)
<i>FO*</i>	-0.291*** (0.059)	-0.289*** (0.059)	-0.289*** (0.059)	-0.169** (0.063)	-0.286*** (0.059)	-0.283*** (0.059)	-0.202** (0.063)
<i>EXP*</i>	-0.333 -0.130** (0.045)	-0.331 -0.129** (0.045)	-0.330 -0.119** (0.045)	-0.194 -0.012 (0.048)	-0.328 -0.134* (0.045)	-0.324 -0.116* (0.045)	-0.231 -0.047 (0.047)
<i>LEM</i>	-0.201 0.093*** (0.016)	-0.199 0.092*** (0.016)	-0.184 0.093*** (0.016)	-0.018 0.031 (0.017)	-0.207 0.091*** (0.016)	-0.180 0.089*** (0.016)	-0.073 0.039* (0.017)
	0.358	0.352	0.358	0.118	0.351	0.341	0.151

Cuadro 9
(continuación)

<i>Variables</i>	<i>Sin SPILL</i>	<i>Spillovers</i>			<i>Spillovers</i>		
		<i>intersectoriales</i>			<i>intrasectoriales</i>		
		<i>SPILL₀</i>	<i>SPILL_ω</i>	<i>SPILL_{ω̂}</i>	<i>SPILL₀</i>	<i>SPILL_ω</i>	<i>SPILL_{ω̂}</i>
<i>N</i>	11,644	11,644	11,644	11,644	11,644	11,644	11,644
<i>R_p²</i>	0.159	0.159	0.164	0.239	0.159	0.163	0.235
<i>LL</i>	-3,197	-3,195	-3,178	-2,892	-3,195	-3,180	-2,909
<i>χ²</i>	1,101	1,097	1,113	1,408	1,097	1,093	1,326
<i>AIC</i>	6,477	6,475	6,443	5,869	6,475	6,446	5,903
<i>BIC</i>	6,786	6,792	6,759	6,186	6,792	6,763	6,220
<i>P_{corr}</i>	90.47	90.47	90.57	91.33	90.51	90.48	91.45

Notas. Modelo *probit*. Efectos marginales con $FO = 0$, $EXD = 0$ y el resto de las variables en la media. Errores estándar robustos entre paréntesis. En el tercer renglón coeficientes estandarizados (*beta*). La variable \widehat{IID} está construida a partir del modelo (b), cuadro 1. En todos los casos se controla con *dummies* por sector y por entidad. El asterisco en las variables indica que son variables *dummy*. Nivel de significancia *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$