

SEPARATA

El impacto del financiamiento público a la investigación y desarrollo en el desempeño de las empresas en México

Delia Margarita Vergara Reyes, Alex J. Guerrero, Guillermo Arenas Díaz y Joost Heijs

REVISTA

COMISIÓN
ECONÓMICA PARA
AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE



NACIONES UNIDAS

CEPAL

El impacto del financiamiento público a la investigación y desarrollo en el desempeño de las empresas en México

Delia Margarita Vergara Reyes, Alex J. Guerrero,
Guillermo Arenas Díaz y Joost Heijs

Recibido: 21/03/2022
Aceptado: 12/10/2023

Resumen

En este trabajo se evalúa el impacto de las ayudas a la innovación empresarial en el desempeño de las empresas mexicanas y se analizan sus prioridades, creando un perfil de las empresas que reciben frecuentemente esas ayudas. Se aplica el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión (*propensity score matching*) —en este caso como un emparejamiento basado en la probabilidad de ser beneficiario— a los datos provenientes de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) de 2017. Los resultados indican que el dinero público incentiva el gasto total en investigación y desarrollo, pero no tiene ningún efecto en el nivel inicial previsto del gasto en investigación y desarrollo cuando se considera el gasto neto (excluido el dinero público). Además, se encuentra que las ayudas tienen un efecto positivo en el desempeño empresarial y el capital humano, y que las empresas que frecuentemente reciben apoyo son las de servicios, las más innovadoras, grandes y competitivas, y las dedicadas al desarrollo tecnológico cercano al mercado más que las de investigación básica.

Palabras clave

Investigación y desarrollo, innovaciones tecnológicas, financiación, sector público, empresas industriales, evaluación de programas, metodología estadística, México

Clasificación JEL

H81, L25, O25

Autores

Delia Margarita Vergara Reyes es Investigadora Titular “B” de tiempo completo en el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Correo electrónico: verdel@unam.mx.

Alex J. Guerrero es docente ocasional en la carrera de Finanzas en la Facultad Jurídica, Social y Administrativa de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Correo electrónico: alex.guerrero@unl.edu.ec.

Guillermo Arenas Díaz es Asistente de Investigación en el Departamento de Economía Política de la Universidad Católica del Sagrado Corazón, Italia. Correo electrónico: guillermo.arenasdiaz@unicatt.it.

Joost Heijs es Profesor Titular en el Departamento de Economía Aplicada, Estructura e Historia de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Complutense de Madrid. Correo electrónico: joost@ccee.ucm.es.

I. Introducción¹²

Existen diversas razones que estimulan a los gobiernos a apoyar actividades innovadoras de las empresas. Primero, la innovación se considera clave para la competitividad internacional; en este sentido, México, en particular, necesita reactivar su productividad, estancada desde la década de 1990 y situada en 2021 en un nivel inferior al de 1993. Un argumento complementario que justifica las políticas de estímulo de la inversión empresarial en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) es la falta de incentivos de mercado para realizar tales actividades. Debido a la existencia de fallas de mercado, se produciría una subinversión, que alejaría a la economía del nivel socialmente óptimo en este tipo de actividades (Nelson, 1959; Arrow, 1962). Los altos costos y riesgos relacionados con la actividad innovadora se traducen en que las instituciones financieras del mercado sean reticentes a financiar la innovación. Por ello, las empresas financian sus gastos en I+D sobre todo con fondos propios (Hall, 2002; Spielkamp y Rammer, 2009). Además, tras la crisis financiera internacional de 2008 se restringió claramente el gasto en I+D+i, porque las empresas financian dicho gasto en gran parte con fondos propios derivados de sus beneficios, y estos han disminuido drásticamente en este período, y además porque el financiamiento alternativo disponible en los mercados financieros se redujo en forma notoria debido a la contracción del crédito.

En México se han puesto en marcha numerosos programas en apoyo a la innovación y a las actividades de I+D empresarial, entre los que destaca el apoyo directo a través de fondos otorgados a las empresas. Sin embargo, el gasto total destinado a la I+D no ha superado el 0,5% del PIB; a pesar de que en 2004 el gobierno se comprometió a destinar no menos del 1,0% del PIB (SEGOB, 2004), el máximo alcanzado fue un 0,45% del PIB, en 2010. En los años posteriores, esta proporción ha disminuido y en 2020 fue de un 0,30% del PIB (véase el cuadro 1).

Cuadro 1

México: productividad laboral e inversión en investigación y desarrollo (I+D), 1993-2021

	1993	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Productividad laboral ^a	19,80	20,40	18,80	18,70	19,80	19,60	18,90
Gasto total en I+D (En porcentajes del PIB)	0,22	0,31	0,41	0,45	0,43	0,30	-
Presupuesto público para I+D (En porcentajes del PIB) ^b	-	0,19	0,22	0,29	0,32	0,20 ^c	-
Gasto empresarial en I+D (En porcentajes del PIB)	0,03	0,09	0,17	0,16	0,07	0,05	-
Gasto en I+D realizado por el sector empresarial (En porcentajes) ^d	10,40	29,80	46,90	35,00	18,60	21,50	-

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), "Main Science and Technology Indicators", para los datos de 1993, y OECD.Stat.

^a PIB por hora trabajada, en dólares, a precios constantes de 2015 en paridad del poder adquisitivo (PPA).

^b Asignaciones presupuestarias gubernamentales para I+D.

^c Corresponde a 2019.

^d Gasto en I+D del sector empresarial como porcentaje del gasto bruto total en I+D.

En el caso del presupuesto público dedicado a la I+D (como porcentaje del PIB) se observa un crecimiento casi continuo, de un 0,19% en 2000 a un 0,32% en 2015. Desde entonces, sin embargo, se observa un descenso continuo, y en 2019 se registró un 0,20%, prácticamente el mismo nivel de principios de este siglo. Resulta llamativo y muy importante el hecho de que, paralelamente a estas tendencias negativas, el papel del esfuerzo innovador de las empresas sea cada vez menor. Mientras que en el período que va de 1993 a 2005 el gasto en I+D de las empresas se elevó del 10,4% al 46,9% del gasto bruto total en I+D, actualmente este sector solo invierte un 21,5% de ese total. En 2020, el gasto

¹ Esta investigación se realizó gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN302620) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

² Se agradece al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México el acceso proporcionado a los microdatos de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET).

de las empresas en este ámbito fue de solo un 0,05% del PIB, muy alejado del 0,17% registrado en 2005. Incluso con el establecimiento del apoyo público, el Gobierno mexicano no ha logrado incrementar la inversión, pública y privada, de modo que exista una tendencia clara y sistemática hacia el cambio tecnológico. Por ello, sería necesario hacer una evaluación de los programas implementados, a fin de que sus resultados sean considerados por el Gobierno en la elaboración de las políticas de fomento y contribuyan a asegurar el buen uso de los fondos públicos y el cumplimiento de sus propósitos en términos de eficiencia y efectividad.

El objetivo principal de tales evaluaciones debería ser un análisis de costobeneficio en términos de bienestar social. Solo si los costos en términos sociales netos fueran menores que los beneficios, la intervención estatal estaría justificada³. El problema es que tal análisis es casi imposible de realizar. El papel del Estado se puede interpretar solamente a partir de un gran número de supuestos sobre la relación causaefecto de la interacción entre las actividades públicas y privadas. La dificultad de atribuir de forma aislada el aumento del bienestar social a una determinada política tecnológica obliga a analizar su efecto en variables “intermediarias”. En el caso de las ayudas públicas a la I+D+i empresarial, dichas variables intermediarias serían el aumento del gasto privado en actividades de I+D+i (adicionalidad financiera), así como variables relacionadas con el comportamiento y los resultados de las empresas.

Según la literatura, la asignación de las ayudas públicas no es aleatoria, lo que implica un problema metodológico al momento de evaluar su impacto, conocido como sesgo de selección. Una opción para superar este problema consiste en la aplicación del método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión (*propensity score matching* (PSM)) —en este caso como un emparejamiento basado en la probabilidad de ser beneficiario—, en el que se empareja (igual) cada empresa subvencionada con una empresa sin ayudas (empresa de control). Una vez aplicada esta metodología, se puede comparar de forma directa el valor de las variables de interés de las empresas beneficiarias con el de las que no han obtenido ayudas; la diferencia reflejaría el impacto de la política pública (adicionalidad). La existencia de tal adicionalidad indica que las ayudas mejoran la competitividad del país a través de sus empresas y se puede concluir, por ende, que las políticas están justificadas.

Los estudios de evaluación de las ayudas a la innovación en los países en desarrollo son escasos (Zúñiga-Vicente y otros, 2014; Vergara y otros, 2021), por lo que existe la necesidad de realizar evaluaciones de impacto. También en el caso de México se han encontrado pocos estudios empíricos que hayan realizado un análisis del impacto de las ayudas para la innovación con datos a nivel empresarial (véase el recuadro 1). Estos estudios están basados en una muestra de empresas pequeñas y medianas, aportan datos del siglo pasado y curiosamente no analizan el efecto en el gasto en I+D o innovación. Esto muestra que existe un vacío en la evaluación de las políticas tecnológicas, tan necesaria en épocas de crisis y turbulencias internacionales, cuando las empresas mexicanas han reducido claramente su esfuerzo innovador y han afrontado más limitaciones financieras a la hora de realizar innovación.

En atención a lo anterior, el objetivo de este trabajo, y su novedad principal, es comprobar si el dinero público destinado a financiar las actividades empresariales de I+D+i incentiva el gasto privado de las empresas innovadoras del país más allá del que habrían realizado en ausencia del apoyo, así como contrastar el efecto que este apoyo tiene en otras variables de desempeño de las empresas. Un segundo objetivo es definir el perfil de las empresas que han tenido un trato preferencial por parte de los organismos que ofrecen ayudas, analizando a las empresas que obtienen con más frecuencia dinero público. Dicho perfil se puede considerar como la prioridad revelada de los programas de apoyo, ya que refleja qué tipo de empresas participan de forma más frecuente en los programas estatales y cuáles han sido discriminadas negativamente.

³ Teniendo en cuenta simultáneamente los costos de oportunidad y los efectos negativos sobre empresas no apoyadas por la Administración Pública.

Recuadro 1

México: evaluación del efecto de las ayudas públicas a la innovación empresarial

En diversos estudios se evalúan las ayudas a la I+D y a la innovación en México con el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión, principalmente con datos cercanos al cambio de siglo en la etapa anterior a la gran recesión (1994-2005) (Tan y López-Acevedo, 2007; López-Acevedo y Tan, 2005 y 2010; López-Acevedo y Tinajero-Bravo, 2013). En estos trabajos se analiza el efecto de las ayudas en el empleo, la productividad y las ventas, pero no se incluye —posiblemente por falta de información— un análisis del efecto en el gasto en I+D de las empresas. En trabajos más recientes se utilizaron encuestas *ad hoc* respondidas por empresas beneficiarias del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) (Dávila-Borbón, León-Balderrama y Preciado-Rodríguez, 2019; Pastor, Rodríguez y Ramos, 2017; Moctezuma, López y Mungaray, 2017) y se encontró, en general, un efecto positivo de las ayudas en el esfuerzo innovador. La limitación de estos estudios es que el número de empresas que respondieron las encuestas fue muy bajo^a, lo que impide el uso de modelos econométricos y la generalización de los resultados al conjunto de las empresas innovadoras.

En tres estudios de evaluación se aplican métodos de análisis no convencionales en este campo. En el trabajo de Chávez (2020) se aplica una regresión “fuzzy” en discontinuidad y se encuentra que las ayudas influyen positivamente en el tamaño del personal dedicado a la innovación, pero no tienen efecto en el número de patentes ni en el gasto absoluto en I+D. En el trabajo de Martínez-Covarrubias, Lenihan y Hart (2017) se analiza el efecto de las ayudas en las mejoras de las cadenas globales de valor, aplicando un modelo de Heckman en dos etapas, pero no se encuentra un efecto significativo.

La evaluación de Moctezuma, López y Mungaray (2017) ofrece estadísticas descriptivas que analizan el efecto en diversas variables, la inversión, la vinculación externa, la participación de investigadores y estudiantes, la divulgación y la competitividad. Los autores concluyen que existe un número de proyectos que no se habrían llevado a cabo sin las ayudas públicas, mientras que otros se hubieran realizado también en su ausencia. Es decir, hay un grupo de empresas que presentan un efecto de sustitución.

Aunque en general todos estos estudios muestran un efecto positivo de las ayudas, su gran heterogeneidad —tanto en el plano metodológico como en lo referente a las variables en las que se evalúa el impacto— dificulta comparar o generalizar las conclusiones. Lo más llamativo es que solo en un estudio (Chávez, 2020) se analiza el efecto en el gasto en I+D de las empresas, que es —a nivel internacional— la variable más utilizada en este tipo de trabajos.

Fuente: H. Tan y G. López-Acevedo, “How Well Do Small and Medium Enterprise Programs Work? Evaluating Mexico’s SME Programs Using Panel Firm Data”, Washington, D.C., Banco Mundial, 2007; G. López-Acevedo y H. W. Tan, *Impact Evaluation of Small and Medium Enterprise Programs in Latin America and Caribbean*, Washington, D.C., Banco Mundial, 2010, y *Evaluating Training Programs for Small and Medium Enterprises: Lessons from Mexico*, Banco Mundial, 2005; G. López-Acevedo y M. Tinajero-Bravo, “Evaluating different types of enterprise support programs using panel firm data: evidence from the Mexican manufacturing sector”, *Economía*, vol. 14, N° 1, 2013; C. Dávila-Borbón, J. I. León-Balderrama y J. M. Preciado-Rodríguez, “La efectividad del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) en Sonora. ¿Qué factores influyen en el impacto del programa Rodríguez sobre la innovación y la competitividad de las empresas?”, *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, vol. 29, N° 53, 2019; M. D. P. Pastor, P. I. Rodríguez y A. E. Ramos, “Effects of public financing for innovation: microeconomic perspective based on a study of small businesses”, *Región y Sociedad*, vol. 29, N° 70, 2017; P. Moctezuma, S. López y A. Mungaray, “Innovación y desarrollo: programa de estímulos a la innovación regional en México”, *Problemas del Desarrollo*, vol. 48, N° 191, 2017; E. Chávez, “The effects of public R&D subsidies on private R&D activities in Mexico”, *PSE Working Paper*, N° 2019-73, *HAL Open Science*, 2020 [en línea] <https://shs.hal.science/halshs-02355106v3>; y J. L. Martínez-Covarrubias, H. Lenihan y M. Hart, “Public support for business innovation in Mexico: a cross-sectional analysis”, *Regional Studies*, vol. 51, N° 12, 2017.

^a En el estudio de Dávila-Borbón, León-Balderrama y Preciado-Rodríguez (2019) se encuestó a 39 empresas y en el de Pastor, Rodríguez y Ramos (2017) se obtuvieron 10 respuestas.

El trabajo tiene la siguiente estructura. A continuación (sección II) se describe la metodología utilizada (el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión); en la siguiente (sección III) se detallan las características de los datos utilizados y las variables de interés sobre los que se mide el impacto. En las secciones IV y V se presentan los análisis centrales del trabajo, referentes al impacto de las ayudas y las prioridades reveladas de las políticas, sobre la base del perfil de las empresas que participan más frecuentemente en los programas.

II. Correspondencia basada en la puntuación de la propensión como metodología de evaluación⁴

Se puede entender la adicionalidad de una ayuda pública como la diferencia en los indicadores de desempeño que surge de una intervención pública, que no existiría sin ella y que, por lo tanto, responde básicamente al efecto incentivador de la política pública. El efecto esperado del aporte financiero — con base en fondos públicos — a una empresa es que esta eleve su gasto mediante una suma adicional en I+D (Georghiou, 1994). Si se aplica un método de evaluación adecuado, la magnitud de ese gasto adicional reflejaría el efecto estimado (la adicionalidad financiera) que ha sido originado de forma clara por las ayudas y que no es atribuible a otros factores explicativos (causalidad mostrada).

La asignación de los subsidios no se realiza de forma aleatoria, sino en dos pasos diferentes. En primer lugar, las empresas deciden si están dispuestas a asumir los costos de solicitar el financiamiento público y, en segundo lugar, los organismos públicos seleccionan a las empresas receptoras sobre la base de sus criterios y objetivos. Por lo tanto, se debe tener en cuenta la autoselección de las empresas y la selección que realizan los organismos encargados del programa de financiamiento en el análisis de evaluación. De hecho, las empresas subsidiadas pueden diferir de las empresas no subsidiadas en características importantes y, por lo tanto, se debe tener en cuenta la selección que se realiza en el programa de apoyo (Heckman, 1979; Imbens y Wooldridge, 2008).

Se han desarrollado varias técnicas econométricas que permiten abordar y corregir este sesgo de selección, como la regresión en discontinuidad, las diferencias en diferencias o enfoques de variables instrumentales (Hünernund y Czarnitzki, 2019). Sin embargo, tomando en cuenta los datos disponibles en este estudio, se considera que el método más adecuado es el de correspondencia basada en la puntuación de la propensión (Angrist, 1998; Gerfin y Lechner, 2002; Smith y Todd, 2005).

El método de emparejamiento basado en la probabilidad de ser beneficiario permite responder directamente a la pregunta de cuánto habría invertido en I+D una empresa subvencionada si se encontrara en la situación contrafactual (sin apoyo público). Dado que esta situación contrafactual nunca es observable, debe estimarse para poder obtener el efecto del apoyo público. Basándose en el supuesto de que se observan todas las características importantes que impulsan la selección en el tratamiento, es decir, de que se cumple el supuesto de independencia condicional (Rubin, 1977), es posible aproximarse a esta situación contrafactual por medio de empresas que tienen las mismas características (o características muy similares) que las empresas subvencionadas, pero no han recibido dinero público. Para encontrar esas “parejas” similares, se emparejan las submuestras de empresas subsidiadas y no subsidiadas según la probabilidad de que reciban un subsidio. Sobre la base de una estimación *probit*, se obtiene la probabilidad condicional de que una empresa reciba un subsidio: $Pr(Sub_i = 1 | X = x)$. Esto significa que se comparan empresas subsidiadas con empresas que tenían la misma probabilidad de ser subsidiadas, pero no recibieron apoyo público. En función de este índice, se aplica una estimación de emparejamiento del vecino más cercano comparando cada

⁴ Véanse los detalles metodológicos, el desarrollo de los modelos y la selección de las variables usadas (que se detallan en la sección IV), en el manual sobre correspondencia basada en la puntuación de la propensión de Vergara y otros (2021).

empresa subsidiada con el contrafactual proyectado para estimar el impacto (Rosenbaum y Rubin, 1983; Dehejia y Wahba, 2002).

Por tanto, el efecto medio en las empresas subvencionadas se estima de la siguiente forma:

$$ATT = \frac{1}{N^T} \sum_{i=1}^{N^T} (Y_i^T - \hat{Y}_i^C) \quad (1)$$

donde Y_i^T es el valor de la variable de interés de las empresas subvencionadas; \hat{Y}_i^C es la situación contrafactual, y N^T es el número de empresas que recibieron dinero público.

Finalmente, para que el emparejamiento sea adecuado, se necesita suficiente soporte común entre la muestra de empresas tratadas y la muestra de empresas de control potenciales. Para ello, las muestras de empresas tratadas y de control deben tener suficiente solapamiento en términos de probabilidad de recibir un subsidio. Por lo tanto, se eliminarán las observaciones sobre las empresas tratadas con probabilidades mayores que el máximo y menores que el mínimo del grupo de control potencial.

III. Fuente de datos, variables del tratamiento e indicador del impacto

Debido a la implementación de encuestas de innovación, en un gran número de países se dispone actualmente de bases de datos sólidas que permiten estimar el impacto de las ayudas. Los modelos econométricos se usan para simular métodos experimentales y comparar el comportamiento de las empresas con y sin ayudas para la innovación. En el caso de México, existe la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET)⁵ para 2006, 2008, 2012, 2014 y 2017. Debido a la imposibilidad de emparejar los datos de distintas encuestas, el análisis se lleva a cabo con los datos más actuales, provenientes de la encuesta de 2017. La encuesta incluye a las empresas mexicanas con un mínimo de 20 personas ocupadas. La cobertura sectorial corresponde a las ramas establecidas por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) con relación al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte de 2013 (INEGI, 2013).

La encuesta incluye preguntas sobre las características estructurales de las empresas, así como sobre sus actividades innovadoras y comerciales, lo que permite realizar el análisis incluyendo un conjunto amplio de variables para calcular la probabilidad de que reciban un subsidio y evaluar la efectividad del dinero público más allá de las variables de gasto en innovación.

La base de datos cuenta con información de empresas innovadoras y no innovadoras. Se optó por seguir el criterio presente en la literatura previa (Czarnitzki y Licht, 2006; Czarnitzki y Lopes-Bento, 2013) y restringir el análisis a las empresas que sean innovadoras. Después de aplicar este criterio y eliminar a las empresas que no tienen información para las variables de interés, la muestra final quedó compuesta por 2.438 observaciones.

La encuesta de 2017 ofrece información de cada año (2014, 2015 y 2016) para la mayoría de los datos económicos, pero hay ciertas variables de las que solo se tiene el dato agregado para todo el período. Específicamente, en cuanto a los programas de apoyo, la información se refiere a los tres años de la encuesta, por lo que no es posible saber si cada empresa encuestada participó en alguno o en todos los años. Sin embargo, sí se dispone de información para cada año de la muestra respecto del monto de las ayudas directas a la I+D, lo que permite realizar el análisis de forma más precisa, retardando las variables de control y evitando así la endogeneidad en las estimaciones. Debido a esto, consideramos que la mejor opción es analizar el efecto del dinero público sin considerar la participación en otro tipo de programas.

⁵ Del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

El análisis se compone de dos partes principales. En la primera, en el tratamiento se considera una variable dicotómica que toma valor 1 cuando las empresas han recibido dinero público y valor 0 en caso contrario. Esta variable se utiliza para el cálculo de la probabilidad de recibir ayudas. En la segunda, para estimar el efecto del dinero público en los resultados empresariales, se optó por seguir el criterio de la literatura empírica disponible⁶, por lo que se analiza el efecto tanto en variables de esfuerzo innovador como en variables del desempeño empresarial. Por un lado, consideramos el gasto en I+D de las empresas en su transformación logarítmica⁷ y, además, el gasto en I+D como proporción del volumen de ventas, para evitar el efecto distorsionador que pueden tener las empresas más grandes sobre el efecto medio.

Considerando la disponibilidad de información sobre la cantidad de dinero público destinada a las empresas, se optó por incluir en el análisis gastos brutos y netos. El gasto neto en I+D corresponde a los gastos en I+D financiados con recursos propios, mientras que el gasto bruto en I+D también incluye la cuantía de las subvenciones públicas. Es decir, en el caso de los gastos netos, se excluyen las ayudas públicas para la estimación del efecto del tratamiento.

Cuando se usa el gasto neto en I+D como resultado del tratamiento, un resultado positivo implica que la empresa usó al menos todo el apoyo obtenido y aumentó su gasto en I+D inicialmente previsto, agregando fondos privados adicionales inicialmente no previstos (adicionalidad total). Un valor negativo implica que las ayudas tienen un efecto de sustitución parcial o un efecto de sustitución total (*full crowding-out*). En las estimaciones basadas en el gasto bruto en I+D, un valor positivo revela que, al menos, existe un efecto de adicionalidad parcial. Sin embargo, en este caso no está claro si el aumento del gasto en I+D es igual o menor que el monto del apoyo público obtenido.

Al usar la combinación de resultados sobre los efectos del tratamiento, se pueden definir tres tipos excluyentes de efectos de adicionalidad (véase el cuadro 2): i) adicionalidad total: la modalidad de apoyo incentiva a la empresa a aumentar su nivel de gasto neto en I+D inicialmente previsto con una cantidad mayor que los fondos públicos obtenidos; ii) sustitución parcial: la empresa incrementa sus gastos en I+D inicialmente previstos, pero con un monto inferior a los fondos públicos obtenidos, y iii) sustitución total: la empresa sustituye los fondos privados inicialmente previstos con los fondos públicos obtenidos, manteniendo su gasto en I+D en el mismo nivel previo a la ayuda (o por debajo de él). En este último caso, no hay adicionalidad financiera en absoluto, sino que se produce la situación que en la literatura se conoce como efecto de “sustitución total”.

Cuadro 2
Tipos de adicionalidad

		Efecto de las ayudas en los gastos netos ($\hat{\tau}_i^{neto}$)	
		$\hat{\tau}_i^{neto} > 0$	$\hat{\tau}_i^{neto} \leq 0$
Efecto de las ayudas en los gastos brutos ($\hat{\tau}_i^{bruto}$)	$\hat{\tau}_i^{bruto} > 0$	Adicionalidad total	Sustitución parcial ^a
	$\hat{\tau}_i^{bruto} \leq 0$	Imposible ^b	Sustitución total

Fuente: J. Heijs, A. J. Guerrero y E. Huergo, “Understanding the heterogeneous additionality of R&D subsidy programs of different government levels”, *Industry and Innovation*, vol. 29, N° 4, 2022.

^a O efecto de adicionalidad parcial.

^b Esto no es observable, debido a que el gasto neto es siempre inferior al gasto bruto; en consecuencia, un gasto neto positivo no puede darse conjuntamente con un gasto bruto negativo.

⁶ Véase una revisión de la información empírica reciente, centrada en el análisis de los subsidios, en Zúñiga-Vicente y otros (2014), Dimos y Pugh (2016) y Dimos y otros (2022).

⁷ Las variables transformadas logarítmicamente han sido ampliamente utilizadas. Véanse, por ejemplo, Czarnitzki y Licht (2006), Neicu (2019) y Huergo y Moreno (2017).

Dado que el dinero público puede influir en el desempeño de las empresas más allá de su esfuerzo innovador, se incluyen variables de desempeño y capacidades empresariales (Crespi, Tacsir y Vargas, 2016). Específicamente, como variables de desempeño se consideran el logaritmo del volumen de las ventas y las exportaciones, lo que permite contrastar el efecto positivo de las ayudas a la I+D en indicadores que determinan la rentabilidad y sostenibilidad de la empresa en el tiempo. Por último, se considera el efecto de las ayudas en el capital humano, medido por el número de empleados con título de tercer nivel como porcentaje del total de empleados. Este indicador permite conocer si las ayudas públicas influyen en la tecnificación y especialización de la planta laboral.

IV. Variables independientes: el perfil de las empresas

Como se señaló, debido a la posibilidad de sesgo de selección en los programas, es necesario crear un grupo de control con copias perfectas. Con el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión se crea un grupo de esas características como base de la probabilidad de participar en las ayudas, que se calcula a partir del conjunto de variables⁸ que influyen en ella. Hasta ahora, no se cuenta con un marco teórico que indique el conjunto de variables relevantes (Heijs, Guerrero y Huergo, 2022; Vergara y otros, 2021), aunque existe una amplia literatura que ofrece argumentos para justificar la inclusión de ciertas variables para la asignación de las empresas tratadas y de control (véase Zúñiga-Vicente y otros, 2014; Vergara y otros, 2021).

Un amplio conjunto de estudios empíricos que aplican el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión presentan un cierto proceso de convergencia en cuanto al conjunto de variables incluidas en los modelos. En la práctica se ha estandarizado, en cierto modo, este conjunto de variables necesarias, pero muy pocos trabajos ofrecen argumentos teóricos a fin de justificar la inclusión de ciertas variables para el emparejamiento de las empresas tratadas y de control. Por lo anterior, en este estudio se sigue el modelo imperante y se incluyen las mismas variables que en los estudios previos⁹.

En el cuadro 3 se muestran los resultados, coeficientes (columna 1) y efectos marginales (columna 2) de la estimación de los determinantes de la probabilidad de ser beneficiario mediante un modelo *probit*. Para la estimación, todas las variables fueron retardadas un año, a fin de evitar problemas de doble causalidad, sobre todo en el caso de las variables relacionadas con las variables de interés (gastos en innovación o capital humano)¹⁰. Este primer paso del método permite obtener el perfil de las empresas que consiguen ayudas, que indica las prioridades reveladas de la administración pública. Es decir, revela de forma implícita el tipo de empresas que, *ceteris paribus*, han sido las más beneficiadas, de forma intencionada o no por las políticas, y las que han sido discriminadas negativamente. Un primer conjunto de variables que reflejan las prioridades implícitas de las ayudas son las características estructurales de la empresa, como su tamaño, su pertenencia sectorial, su edad, su comportamiento exportador y la estructura de propiedad.

⁸ Véase la descripción de las variables en cuadro A1.1 del anexo A1.

⁹ De hecho, la selección de las variables utilizadas se basa en la revisión de 55 estudios que aplican el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión para la evaluación de las ayudas a la I+D y la innovación, en la que se indican las variables de control utilizadas en cada uno de ellos y el signo del efecto estimado en la probabilidad de obtener ayudas estatales (véase Vergara y otros, 2021).

¹⁰ En estudios previos se considera necesario incorporar las variables o componentes de la variable de interés retardados en la estimación de la probabilidad de recibir ayudas (Aristei, Sterlacchini y Venturini, 2017; Afcha y Lucena, 2022).

Cuadro 3

Factores que influyen en la probabilidad de las empresas de participar en los programas de apoyo público a la innovación y desarrollo (I+D), modelo probit

	Apoyo público = 1			
	(1)	(2)		
	Coefficiente	S. E.	dy/dx	S. E.
Tamaño de las empresas				
0<x<100	-0,067	0,115	-0,012	0,021
100<x<200	Referencia			
200<x<500	-0,337***	0,131	-0,061***	0,024
x>500	-0,170	0,121	-0,031	0,022
Edad (log.)	-0,114**	0,045	-0,021**	0,008
Exportadora	0,274***	0,086	0,050***	0,016
Capital público	0,047	0,135	0,009	0,025
Multinacional (>50%)	-0,506***	0,155	-0,092***	0,028
Grupo	-0,138*	0,077	-0,025*	0,014
Capital humano	0,865***	0,185	0,158***	0,034
Investigación básica	-0,283**	0,131	-0,052**	0,024
Investigación aplicada	0,419***	0,105	0,076***	0,019
Desarrollo tecnológico	0,710***	0,085	0,130***	0,016
Sector de actividad:				
- Productores tradicionales industriales	-0,116	0,129	-0,021	0,023
- Proveedores tradicionales industriales	-0,108	0,131	-0,020	0,024
- Proveedores especializados industriales	0,052	0,165	0,009	0,030
- Industrias intensivas en escala	0,143	0,127	0,026	0,023
- Industrias basadas en la ciencia	0,319*	0,171	0,058*	0,031
- Servicios de alta tecnología	0,429***	0,120	0,078***	0,022
Año 2014	-0,202***	0,070	-0,037***	0,013
Test de Wald				
Dummies de sector χ^2 (6)	33,18***			
LR Chi ² (20)	321,7			
Logaritmo de verosimilitud	-814,9			
Pseudo R ²	0,165			
Observaciones	2 438			

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de datos de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) de 2017.

Nota: S.E: errores estándares robustos. Todas las variables han sido retardadas un período. Efectos marginales (dy/dx) calculados sobre las medias muestrales. Las estimaciones incluyen una constante. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,1 (significativo al 1%, al 5% y al 10%, respectivamente).

La variable más destacable de este conjunto es la que recoge el efecto del tamaño de la empresa, ya que tiene un papel fundamental como variable explicativa respecto de la asignación de los recursos públicos. Se podría suponer que las pequeñas y medianas empresas (pymes) tienen, por un lado, más dificultades para acceder a las ayudas porque cuentan con menos capacidad logística para detectar posibles ayudas y preparar las propuestas y, probablemente, con pocos proyectos subvencionables. Las grandes empresas, en cambio, disponen de más información y más proyectos subvencionables, y han transitado por un proceso de aprendizaje en la solicitud de ayudas, con lo que han creado ventajas de escala respecto de los costos —en dinero y tiempo— de preparar las solicitudes de subsidios (Heijs, 2001; Aerts y Schmidt, 2008; Neicu, 2019). Además, las empresas grandes suelen tener mejores contactos con los organismos y los funcionarios públicos que participan en el proceso de asignación. Asimismo, tienen una mayor probabilidad de innovar y de aplicar los resultados a diversas líneas productivas, lo que es importante, pues las entidades públicas buscarán maximizar la probabilidad de obtener resultados positivos de sus proyectos, eligiendo empresas que cuenten con mayor capacidad de innovación (Heijs, 2001; Hud y Hussinger, 2015).

Por otro lado, existen argumentos para suponer que las pymes deberían solicitar las ayudas con más frecuencia. Czarnitzki y Delanote (2015) señalan que estas ayudas serían más importantes para las empresas pequeñas, ya que ellas son más sensibles a los efectos negativos de las fallas de mercado¹¹, como el problema de la apropiabilidad (Arrow, 1962) y la incertidumbre (Dixit y Pindyck, 1994), en combinación con la información imperfecta, reflejada en su distribución asimétrica y especialmente en el hecho de que tales empresas tienen acceso limitado a ella (Czarnitzki y Delanote, 2015). Además, este tipo de empresas enfrentan muchas más restricciones financieras, por lo que necesitarían fuentes de financiamiento continuas fuera del mercado (Heijs, 2001; Canepa y Stoneman, 2008; Czarnitzki y Delanote, 2015); asimismo, existen programas especialmente diseñados para las pymes. Sin embargo, el efecto neto de todos estos posibles factores en el sesgo por tamaño en la asignación de las ayudas no está de todo definido. La mayoría de los estudios empíricos consideran que las empresas más grandes participarían más frecuentemente que las más pequeñas (Almus y Czarnitzki, 2003; Czarnitzki y Lopes-Bento, 2013 y 2014; Guerzoni y Raiteri, 2015). Sin embargo, en otros estudios se encuentra que el tamaño presenta una relación no lineal (Czarnitzki y Licht, 2006; Huergo y Moreno, 2017; Heijs, Guerrero y Huergo, 2022) y que con el aumento del tamaño se incrementa la probabilidad de las empresas de participar de las ayudas, pero existe un punto en el que este aumento tiene un efecto cada vez menor sobre la participación. Por ello, las empresas más grandes participarían más a menudo que las más pequeñas, mientras que las medianas presentarían una menor probabilidad de participar. Para captar el efecto que tiene el tamaño de la empresa, se incluye una variable que toma valor 1 cuando la empresa cuenta con 200 o más trabajadores. Como puede verse en el cuadro 3, este estudio muestra que las empresas grandes participan con menos frecuencia en las ayudas públicas, aunque no hay diferencias entre las empresas pequeñas y medianas. Se confirma la discriminación positiva de las empresas más pequeñas que, *ceteris paribus*, participan con mayor frecuencia en las ayudas.

Las grandes diferencias sectoriales — como la probabilidad de innovar, la oportunidad tecnológica y el nivel tecnológico de las empresas de ciertos sectores— implican que la necesidad de solicitar ayudas es heterogénea, así como la probabilidad de recibirlas. Por ello se ha incluido un conjunto de variables dicotómicas referidas al sector al que pertenece la empresa. Aunque la encuesta ofrece datos desagregados sobre la base de las actividades realizadas, el número de empresas de la muestra es reducido, especialmente en algunos sectores concretos, lo que impide analizarlos con un nivel alto de desagregación. Es por eso que en este estudio se utiliza una agregación sectorial basada en el comportamiento tecnológico de las empresas, siguiendo la propuesta de Pavitt (1984) y Bogliacino y Pianta (2016). Se detectan dos sectores donde se observa una participación claramente mayor: las industrias basadas en la ciencia y el sector de los servicios de alta tecnología.

Se puede destacar que las empresas del sector de las industrias basadas en la ciencia son las que han sido más beneficiadas por el Estado¹². Esto podría deberse al papel importante de este sector en el tejido industrial mexicano y el interés en atraer inversiones extranjeras — que benefician especialmente a este tipo de empresas—, aunque con los datos disponibles no es posible comprobar esa interpretación. Tal como ocurre en los países europeos (Herrera y Bravo, 2010; Hud y Hussinger, 2015; Afcha y García-Quevedo, 2016), también en México las empresas pertenecientes al sector de los servicios de alta tecnología y a las industrias basadas en la ciencia han sido discriminadas positivamente con un nivel de participación por encima de la media.

Una característica estructural utilizada frecuentemente en los estudios de evaluación es la edad de la empresa, cuya capacidad explicativa de la probabilidad de ser beneficiario es ambigua. Por un lado, se espera que las empresas con más experiencia — más antiguas— presenten mayores

¹¹ La idea de que las actividades innovadoras de las empresas pequeñas y medianas están más obstaculizadas por las fallas de mercado ha sido comprobada empíricamente en los estudios de Lerner (1999), Czarnitzki y Hottenrott (2011) y Hall y Lerner (2010).

¹² Los resultados estimados para cada sector se interpretan con respecto al sector de referencia (excluido del modelo), que en este caso es el de los “otros sectores”, que incluyen el sector agrario, los servicios de baja tecnología y el sector de la construcción.

probabilidades de ser beneficiarias, ya que podrían ser más cercanas a los gestores o funcionarios responsables de estas ayudas. Sin embargo, al mismo tiempo las empresas más antiguas podrían pertenecer a sectores más tradicionales, lo que implicaría un menor nivel tecnológico y menores oportunidades tecnológicas y, por lo tanto, una menor participación (Cerulli y Potì, 2012). Por otro lado, las empresas más jóvenes suelen presentar más restricciones financieras y algunas de ellas —las nuevas empresas de base tecnológica— son muy innovadoras, de modo que cuentan con un mayor número de proyectos factibles de ser subvencionados, lo que derivaría en una participación más frecuente en las ayudas (Czarnitzki y Lopes-Bento, 2013). En este estudio se ha incluido el número de años que tiene la empresa transformado logarítmicamente. En el modelo *probit* (véase el cuadro 3), la variable que recoge el efecto de la edad muestra un efecto negativo. Esto indica un menor nivel de participación en el apoyo público de las empresas más antiguas.

Otro aspecto frecuentemente incluido en los estudios empíricos es la capacidad exportadora de las empresas, para lo cual la variable introducida toma el valor 1 cuando la empresa ha realizado exportaciones (probabilidad exportadora). Se espera que el efecto sea positivo, ya que el mercado internacional es más competitivo que el mercado local, por lo que las empresas exportadoras presentarían una capacidad mayor para transformar las investigaciones en innovaciones de producto (Czarnitzki y Licht, 2006). Por un lado, su mayor participación se debería a que las propias empresas tendrían más capacidades innovadoras y empresariales, así como más experiencia en la preparación de las propuestas de un proyecto subvencionable. Pero también se debe al hecho de que muchos organismos públicos optan por una política de escoger a los ganadores (Wallsten, 2000; Blanes y Busom, 2004; Cantner y Kösters, 2012) y seleccionan a las empresas más competitivas, que han mostrado que pueden desempeñarse con éxito en los mercados internacionales, mucho más exigentes en materia de innovación. De hecho, muchos países tienen políticas activas de promoción de las exportaciones, incluso algunas de ellas basadas en la innovación, como es el caso de México¹³. Los resultados presentados en el cuadro 3 también muestran que las empresas exportadoras tienen una probabilidad claramente mayor de participar de las ayudas.

La información empírica muestra que la estructura de la propiedad es un factor influyente a la hora de determinar a las empresas receptoras de ayudas. Por esto, se han incluido variables que indican si las empresas cuentan con capital público, pertenecen a un grupo privado o tienen participación de capital extranjero (multinacional)¹⁴, mientras que las empresas individuales se incluyen en el análisis de forma implícita como variable de referencia. Se espera que el efecto de la presencia de capital extranjero en las empresas, debido a la discriminación positiva de las empresas locales o nacionales, sea negativo en relación con la recepción de ayudas. Se pueden confirmar las conclusiones de trabajos empíricos anteriores (Aerts y Schmidt, 2008; Czarnitzki y Lopes-Bento, 2011; Aristei, Sterlacchini y Venturini, 2017), ya que también en el caso mexicano las empresas que cuentan con capital extranjero participan con menor frecuencia en las ayudas públicas, así como las empresas que pertenecen a grupos empresariales. Por otra parte, las empresas que cuentan con capital público participan en la misma medida que las empresas individuales. Se puede concluir, por tanto, que la estructura de propiedad es un predictor importante de la asignación de ayudas.

Un segundo grupo de variables del modelo refleja las prioridades reveladas de los organismos públicos mexicanos¹⁵; se refiere al esfuerzo del comportamiento innovador y los resultados correspondientes (véase el cuadro 3). El primero considera la orientación de la I+D. Aunque algunos programas solo apoyan la I+D básica, que corresponde a actividades más alejadas del mercado, la

¹³ En el caso de México, existen algunos programas (Comisión Mixta para la Promoción de las Exportaciones (COMPEX)) que combinan la promoción de las exportaciones con las ayudas a la innovación.

¹⁴ Para el análisis, se considera que son empresas multinacionales las empresas que presentan una participación extranjera mayor o igual al 50% de su capital.

¹⁵ En México, los apoyos son otorgados a través de instituciones federales, como Secretarías de Estado y organismos públicos descentralizados, como el CONACYT.

mayoría de ellos apoyan teóricamente un amplio abanico de actividades innovadoras, que permitiría el acceso a todo tipo de empresas. Por otro lado, muchos programas exigen la presentación —mediante una convocatoria— de un proyecto claramente diseñado y planificado, lo que excluye —de forma implícita— actividades innovadoras incrementales. Por ello, sería importante analizar cómo influye la orientación innovadora elegida en la probabilidad de obtener ayudas. Se han incluido tres variables binarias que toman el valor 1 si las empresas desarrollan actividades orientadas a la investigación, aplicada y básica, o al desarrollo tecnológico.

Teóricamente, podría esperarse que las empresas que se orientan hacia la I+D básica tengan mayores posibilidades de acceder a las ayudas en comparación con las empresas orientadas hacia el desarrollo tecnológico, ya que la investigación, pese a presentar ganancias sociales elevadas, implica un alto nivel de riesgo. Por ello, se puede afirmar que es probable que las oportunidades de altas ganancias privadas por sí solas no siempre atraigan la cantidad de recursos socialmente convenientes (Nelson, 1959). En consecuencia, cabe esperar que las autoridades potencien este tipo de investigaciones, otorgándoles ayudas. Contrariamente a lo esperado en términos teóricos, la orientación hacia la investigación básica influye de forma negativa en la probabilidad de recibir ayudas. Una posible explicación es que la investigación básica se desarrolla principalmente en instituciones o centros de investigación como los del CONACYT y las universidades, entre otros, mientras que el número de empresas que realizan tales actividades es relativamente pequeño¹⁶. Por otro lado, las empresas orientadas hacia actividades cercanas al mercado —de desarrollo tecnológico— presentan una mayor probabilidad de participar en los programas. Una posible explicación al respecto podría ser que los organismos públicos de México apuestan, como se ha observado en otros países¹⁷, por proyectos que de alguna forma aseguren un cierto nivel de éxito con un efecto a corto plazo y su aplicación inmediata en el mercado. Además, el nivel de riesgo de proyectos fallidos resulta más grande en el caso de la I+D básica y, por ende, la probabilidad de éxito de los proyectos cercanos al mercado parece mayor. Esta podría ser la razón de que el Estado prefiera apoyar a este tipo de empresas innovadoras, cuyas actividades de I+D tienen una orientación más bien aplicada.

Por otro lado, los resultados que obtienen las empresas no solo dependen de su orientación innovadora, sino también de la capacidad de sus gestores e investigadores. Se espera, en consecuencia, que las empresas con mejor capital humano tengan más opciones de lograr buenos resultados en sus actividades de innovación y cuenten con una mayor capacidad de presentar con éxito propuestas de proyectos a los organismos públicos que ofrecen ayudas (Cerulli y Potì, 2012). Por esto, se ha optado por incluir una variable que recoge el número de empleados que cuentan con estudios de educación superior respecto del total de empleados en las actividades de I+D (capital humano). En el modelo desarrollado en este trabajo, se confirma que un mejor nivel de capital humano en la empresa muestra un efecto positivo y significativo en su probabilidad de participar de las ayudas.

V. Análisis del efecto de las ayudas a la innovación sobre la base del método de emparejamiento

Una vez definido el perfil de las empresas subvencionadas, se presenta el efecto de las ayudas en términos de la adicionalidad financiera y el desempeño empresarial. En este estudio se han utilizado diferentes algoritmos de emparejamiento para comprobar la robustez de los resultados. Primero, para las estimaciones se ha considerado el emparejamiento solo para empresas que se encuentren dentro

¹⁶ La ESIDET, siguiendo la clasificación del Manual de Oslo, distingue entre tres tipos de actividades: investigación básica (realizada por un 9% de las empresas de la muestra); investigación aplicada (12,5%) y desarrollo tecnológico (28,7%).

¹⁷ Véase, por ejemplo, Cantner y Kösters (2012); Hottenrott y Richstein (2020); Heijs, Guerrero y Huergo (2022).

del área de soporte común¹⁸ y se permite volver a emplazar las empresas de control, por lo que una sola empresa sin ayuda puede ser empresa de control para más de una empresa tratada.

En el cuadro 4 se presentan los resultados de los distintos algoritmos de emparejamiento. La columna (1) muestra los resultados considerando el emparejamiento de las empresas beneficiadas con una única empresa de control, aquella con la probabilidad de ser beneficiaria más cercana. La columna (2) recoge los resultados para el algoritmo con una distancia máxima entre la empresa tratada y la de control (caliper), lo que implica que las empresas que no cuenten con una empresa de control que tenga una probabilidad de ser beneficiaria inferior a 0,015 no se incluirán en la estimación del efecto. Dado que el emparejamiento con una única empresa puede estar influido por valores atípicos de ciertas empresas, la columna (3) recoge las estimaciones obtenidas emparejando cada empresa beneficiada con hasta cinco empresas de control. Finalmente, la columna (4) muestra las estimaciones para el algoritmo de emparejamiento por Kernel (*Kernel matching*), que utiliza todas las observaciones como controles, ponderando el peso que tiene cada una sobre la base de la probabilidad de recibir ayudas. El cuadro 4 muestra que los resultados son robustos a los distintos algoritmos de emparejamiento, aunque el modelo preferido es el emparejamiento con una empresa de control y caliper de 0,015 (columna 2).

Cuadro 4
Efecto medio sobre las empresas tratadas

	(1)		(2)		(3)		(4)	
	NNM(1) Comm		NNM(1) Comm cal(0,015)		NNM(5) Comm		Emparejamiento por Kernel	
	ATET	S.E.	ATET	S.E.	ATET	S.E.	ATET	S.E.
Gasto total en I+D (respecto de las ventas)	0,131***	0,043	0,136**	0,053	0,147***	0,040	0,134***	0,043
Gasto neto en I+D (respecto de las ventas)	0,047	0,040	0,035	0,039	0,064**	0,028	0,046	0,029
Gasto total en I+D (log.)	1,006**	0,449	0,932**	0,442	1,192***	0,360	0,991***	0,240
Gasto neto en I+D (log.)	0,326	0,437	0,221	0,479	0,511	0,388	0,329	0,297
Capital humano	0,059*	0,033	0,074***	0,020	0,060**	0,026	0,216***	0,011
Ventas (log.)	0,546**	0,248	0,361**	0,179	0,543**	0,245	0,111	0,151
Exportaciones (log.)	1,341**	0,544	1,022***	0,353	1,476***	0,552	1,269***	0,337

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de datos de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) de 2017.

Nota: NNM (n) = emparejamiento con n empresas de control.

Comm = estimación restringida a las unidades dentro del área de soporte común.

cal(-) = distancia máxima permitida para el emparejamiento entre la probabilidad de ser beneficiaria de la empresa tratada y de la empresa de control.

ATET: efecto medio sobre los tratados (*average treatment effect on the treated*).

S. E. = errores estándares estimados mediante Bootstrap con 200 repeticiones.

Número total de tratados: total = 116; soporte común = 111; soporte común y caliper de 0,015 = 102.

*** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,1 (significativo al 1%, al 5% y al 10%, respectivamente).

El cuadro 4 muestra que el efecto del dinero público destinado al gasto en I+D en el esfuerzo innovador privado (gasto total en I+D en valor absoluto y como proporción de las ventas) es positivo y estadísticamente significativo. El resultado indica que las empresas participantes en los programas presentan un mayor esfuerzo innovador que las empresas contrafactuales que no participan. En concreto, en el caso de las empresas que reciben ayuda el gasto en I+D como porcentaje de las ventas es, como media, alrededor de 13 puntos porcentuales mayor que el de las empresas sin ayudas. Estos resultados son concordantes con los de estudios realizados previamente (Crespi, Tacsir y Vargas, 2016; Fernández-Sastre y Montalvo-Quizhpi, 2019; Huergo y Moreno, 2017) y permiten confirmar la presencia de adicionalidad parcial. Sin embargo, cuando se presta atención a las variables netas (gasto privado

¹⁸ El análisis se realiza con las empresas que son comparables, ya que muestran una probabilidad de ser beneficiarias cercana. Por tanto, se restringen de la estimación del efecto las empresas con valores de la probabilidad de ser beneficiarias extremos, mayores que el máximo y menores que el mínimo del grupo de control.

menos monto de la ayuda recibida) no se observa ningún efecto estadísticamente significativo, ni en la variable absoluta ni en la relativa a las ventas. Estos resultados coinciden con los de estudios previos (Busom, 2000; Hottenrott, Lopes-Bento y Veugelers, 2017; Neicu, 2019; Heijs, Guerrero y Huergo, 2022) e indican que no se puede rechazar la presencia de un efecto de adicionalidad parcial, es decir, que parte de las empresas podrían estar utilizando los fondos de forma no adecuada.

Con respecto a las variables de desempeño y capacidad empresarial, el cuadro 4 muestra que las ayudas han tenido un efecto positivo en los tres indicadores considerados. Las empresas receptoras de dinero público muestran un mayor porcentaje de personal con estudios de tercer nivel (7 puntos porcentuales). En cuanto al desempeño, aunque el efecto es positivo para las ventas y las exportaciones, los resultados muestran que el principal efecto se encuentra en las exportaciones.

Para comprobar que el emparejamiento fue correcto en términos estadísticos se realizó una prueba de comparación de medias de las variables de control utilizadas. Esta prueba permite analizar la similitud entre el grupo de control y el grupo de tratados utilizado para estimar el efecto, analizando los valores medios para cada una de las variables de la estimación de la probabilidad de ser beneficiario. La prueba de medias (véase el cuadro A1.2 del anexo A1) muestra que después del emparejamiento las medias respecto de estas variables del grupo de tratados y del grupo de control son estadísticamente iguales y, por lo tanto, los dos grupos se pueden considerar iguales.

VI. Conclusiones

Aunque la I+D y la innovación se consideran muy relevantes para la competitividad empresarial y para el desarrollo económico de un país, las fuertes restricciones financieras derivadas de la crisis y las dificultades para acceder a los créditos en el mercado financiero representan un obstáculo importante para las inversiones a nivel empresarial. Lo anterior resalta el papel del Estado como promotor de las inversiones en I+D+i con el objetivo de corregir las fallas de mercado. En el caso de México, las limitaciones financieras actuales implican además que tales políticas de apoyo se deben implementar de forma eficiente y eficaz, por lo que la evaluación de la intervención de los organismos públicos en la corrección de las fallas de mercado se torna fundamental.

Desde un punto de vista metodológico, la evaluación del impacto de las ayudas presenta problemas de sesgos de selección. Para mitigarlos, se utilizó el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión, una técnica no paramétrica. Dicho método proporciona dos tipos de resultados. Por un lado, identifica las prioridades reveladas o implícitas de los organismos estatales que asignan las ayudas, sobre la base del perfil de las empresas que participan con más frecuencia en dichas ayudas. En el caso de México, las empresas que reciben más apoyos son las del sector de los servicios, las más competitivas (exportadoras), las que cuentan con mayor nivel de capital humano y las orientadas en mayor medida hacia el desarrollo tecnológico, lo que indica que los organismos públicos dirigen los apoyos hacia las empresas con mayor probabilidad de mostrar resultados positivos. Dicho perfil es muy parecido al que se detecta en los resultados que proporcionan la mayoría de los estudios empíricos previos (Herrera y Heijs, 2007; Czarnitzki y LopesBento, 2011; Busom, Corchuelo y Martínez-Ros, 2017; Sterlacchini y Venturini, 2018).

El segundo tipo de resultado que se obtiene del método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión —y que representa el objetivo principal del método— es la medición del impacto de las ayudas en las empresas. En este caso se detecta que los programas de apoyo de los organismos públicos mexicanos tienen un efecto positivo en el gasto total en I+D medido en valor absoluto y con respecto al valor de las ventas. En concreto, en el caso de las empresas que reciben ayuda, el gasto en I+D+i como proporción de las ventas es, como media, alrededor de 13 puntos

porcentuales mayor que el de las empresas sin ayudas. Sin embargo, una vez descontada la cantidad de dinero público recibido, se encuentra que las empresas no incrementan significativamente su gasto. Es decir, se confirma que los programas de ayudas públicas no incentivan a las empresas participantes a incrementar su esfuerzo innovador privado. Todo el incremento del gasto en I+D en las empresas apoyadas se financia con el subsidio público, sin que la empresa incremente los fondos privados, lo que en el cuadro 2 se presenta como sustitución parcial.

A pesar de lo anterior, la adicionalidad financiera generada por las ayudas es importante, ya que con ella las empresas con mayores gastos pueden dedicar más tiempo, empleados o activos a la actividad innovadora. Como se ha indicado, la actividad innovadora implica un riesgo alto tanto en términos tecnológicos como económicos, por lo que existe un conjunto de empresas que no apuestan por este tipo de actividades o limitan los gastos a proyectos de menor riesgo. Sin embargo, no cabe duda de que se deben incentivar estas actividades, de modo que las empresas fortalezcan sus capacidades tecnológicas para poder competir mejor en los mercados, lo que, en el caso de México, implicaría un mayor nivel competitivo del país en su conjunto.

Este estudio resulta novedoso porque —como se explica en el recuadro 1— es uno de los pocos, junto con el de Chávez (2020), en que se evalúa de forma directa el impacto de las ayudas a las I+D+i empresarial en México. Para ello se utiliza una muestra a nivel micro con datos empresariales individuales y se aplica el método de correspondencia basada en la puntuación de la propensión. Si bien existen otros estudios que estiman el impacto cuantitativo de tales ayudas en términos financieros, dichos trabajos están basados en una muestra con muy pocas observaciones o usan una metodología —aunque muy bien aplicada— atípica en el ámbito de estos estudios y que proporciona resultados difíciles de comparar a nivel internacional. Dentro de futuras líneas de investigación interesantes, se encuentra el análisis del tipo de empresas en que las ayudas del Estado a la I+D+i presentan un mayor o menor nivel de impacto, lo que permitiría ajustar los programas y evaluar qué tipo de programas tienen un impacto mayor. Hasta ahora, el tamaño limitado de la muestra no ha permitido analizar estos aspectos.

Bibliografía

- Aerts, K. y T. Schmidt (2008), “Two for the price of one? Additionality effects of R&D subsidies: a comparison between Flanders and Germany”, *Research Policy*, vol. 37, N° 5.
- Afcha, S. y J. García-Quevedo (2016), “The impact of R&D subsidies on R&D employment composition”, *Industrial and Corporate Change*, vol. 25, N° 6.
- Afcha, S. y A. Lucena (2022), “R&D subsidies and firm innovation: does human capital matter?”, *Industry and Innovation*, vol. 29, N° 10.
- Almus, M. y D. Czarnitzki (2003), “The effects of public R&D subsidies on firms’ innovation activities: the case of Eastern Germany”, *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 21, N° 2.
- Angrist, J. (1998), “Estimating the labor market impact of voluntary military service using social security data on military applicants”, *Econometrica*, vol. 66, N° 2.
- Arstei, D., A. Sterlacchini y F. Venturini (2017), “Effectiveness of R&D subsidies during the crisis: firm-level evidence across EU countries”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 26, N° 6.
- Arrow, K. (1962), “Economic welfare and the allocation of resources for invention”, *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton, Princeton University Press.
- Blanes, J. V. e I. Busom (2004), “Who participates in R&D subsidy programs? The case of Spanish manufacturing firms”, *Research Policy*, vol. 33, N° 10.
- Bogliacino, F. y M. Pianta (2016), “The Pavitt Taxonomy, revisited: patterns of innovation in manufacturing and services”, *Economia Politica*, vol. 33, N° 2.
- Busom, I. (2000), “An empirical evaluation of the effects of R&D subsidies”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 9, N° 2.
- Busom, I., B. Corchuelo y E. Martínez-Ros (2017), “Participation inertia in R&D tax incentive and subsidy programs”, *Small Business Economics*, vol. 48, N° 1.

- Canepa, A. y P. Stoneman (2008), "Financial constraints to innovation in the UK: evidence from CIS2 and CIS3", *Oxford Economic Papers*, vol. 60, N° 4.
- Cantner, U. y S. Kösters (2012), "Picking the winner? Empirical evidence on the targeting of R&D subsidies to start-ups", *Small Business Economics*, vol. 39, N° 4.
- Cerulli, G. y B. Potì (2012), "Evaluating the robustness of the effect of public subsidies on firms' R&D: an application to Italy", *Journal of Applied Economics*, vol. 15, N° 2.
- Chávez, E. (2020), "The effects of public R&D subsidies on private R&D activities in Mexico", *PSE Working Paper*, N° 2019-73, HAL Open Science [en línea] <https://shs.hal.science/halshs-02355106v3>.
- Crespi, G., E. Tacsir y F. Vargas (2016), "Innovation dynamics and productivity: evidence for Latin America", *Firm Innovation and Productivity in Latin America and the Caribbean*, Nueva York, Palgrave Macmillan.
- Czarnitzki, D. y J. Delanote (2015), "R&D policies for young SMEs: input and output effects", *Small Business Economics*, vol. 45, N° 3.
- Czarnitzki, D. y H. Hottenrott (2011), "R&D investment and financing constraints of small and medium-sized firms", *Small Business Economics*, vol. 36, N° 1.
- Czarnitzki, D. y G. Licht (2006), "Additionality of public R&D grants in a transition economy: the case of Eastern Germany", *Economics of Transition*, vol. 14, N° 1.
- Czarnitzki, D. y C. Lopes-Bento (2014), "Innovation subsidies: does the funding source matter for innovation intensity and performance? Empirical evidence from Germany", *Industry and Innovation*, vol. 21, N° 5.
- _____(2013), "Value for money? New microeconomic evidence on public R&D grants in Flanders", *Research Policy*, vol. 42, N° 1.
- _____(2011), "Evaluation of public R&D policies: a cross-country comparison", *World Review of Science, Technology and Sustainable Development*, vol. 9, No. 2/3/4.
- Dávila-Borbón, C., J. I. León-Balderrama y J. M. Preciado-Rodríguez (2019), "La efectividad del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) en Sonora. ¿Qué factores influyen en el impacto del programa Rodríguez sobre la innovación y la competitividad de las empresas?", *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, vol. 29, N° 53.
- Dehejia, R. H. y S. Wahba (2002), "Propensity score-matching methods for nonexperimental causal studies", *Review of Economics and Statistics*, vol. 84, N° 1.
- Dimos, C. y G. Pugh (2016), "The effectiveness of R&D subsidies: a meta-regression analysis of the evaluation literature", *Research Policy*, vol. 45, N° 4.
- Dimos, C. y otros (2022), "The relative effectiveness of R&D tax credits and R&D subsidies: a comparative meta-regression analysis", *Technovation*, vol. 115.
- Dixit, R. K. y R. S. Pindyck (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton, Princeton University Press.
- Fernández-Sastre, J. y F. Montalvo-Quizhpi (2019), "The effect of developing countries' innovation policies on firms' decisions to invest in R&D", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 143.
- Georghiou, L. (1994), *Impact of the Framework Programme on European Industry*, Comisión Europea.
- Gerfin, M. y M. Lechner (2002), "A microeconomic evaluation of the active labour market policy in Switzerland", *The Economic Journal*, vol. 112, N° 482.
- Guerzoni, M. y E. Raiteri (2015), "Demand-side vs. supply-side technology policies: hidden treatment and new empirical evidence on the policy mix", *Research Policy*, vol. 44, N° 3.
- Hall, B. H. (2002), "The financing of research and development", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 18, N° 1.
- Hall, B. H. y J. Lerner (2010), "The financing of R&D and innovation", *Handbook of the Economics of Innovation*, vol. 1, Amsterdam, Elsevier.
- Heckman, J. J. (1979), "Sample selection bias as a specification error", *Econometrica*, vol. 47, N° 1.
- Heijs, J. (2001), *Política tecnológica e innovación: evaluación de la financiación pública de I+D en España*, Consejo Económico y Social.
- Heijs, J., A. J. Guerrero y E. Huergo (2022), "Understanding the heterogeneous additionality of R&D subsidy programs of different government levels", *Industry and Innovation*, vol. 29, N° 4.
- Herrera, L. y E. Bravo (2010), "Distribution and effect of R&D subsidies: a comparative analysis according to firm size", *Intangible Capital*, vol. 6, N° 2.
- Herrera, L. y J. Heijs (2007), "Difusión y adicionalidad de las ayudas públicas a la innovación", *Revista de Economía Aplicada*, vol. 15, N° 44.
- Hottenrott, H., C. Lopes-Bento y R. Veugelers (2017), "Direct and cross scheme effects in a research and development subsidy program", *Research Policy*, vol. 46, N° 6.
- Hottenrott, H. y R. Riechstein (2020), "Start-up subsidies: does the policy instrument matter?", *Research Policy*, vol. 49, N° 1.

- Hud, M. y K. Hussinger (2015), "The impact of R&D subsidies during the crisis", *Research Policy*, vol. 44, N° 10.
- Huergo, E. y L. Moreno (2017), "Subsidies or loans? Evaluating the impact of R&D support programmes", *Research Policy*, vol. 46, N° 7.
- Hünernmund, P. y D. Czarnitzki (2019), "Estimating the causal effect of R&D subsidies in a pan-European program", *Research Policy*, vol. 48, N° 1.
- Imbens, G. W. y J. M. Wooldridge (2009), "Recent developments in the econometrics of program evaluation", *Journal of Economic Literature*, vol. 47, N° 1.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2013), *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2013* [en línea] <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001661.pdf>.
- Lerner, J. (1999), "The government as venture capitalist: an empirical analysis of the SBIR Program", *Journal of Business*, vol. 72, N° 3.
- López-Acevedo, G. y H. W. Tan (2010), *Impact Evaluation of Small and Medium Enterprise Programs in Latin America and Caribbean*, Washington, D.C., Banco Mundial.
- (2005), *Evaluating Training Programs for Small and Medium Enterprises: Lessons from Mexico*, Banco Mundial.
- López-Acevedo, G. y M. Tinajero-Bravo (2013), "Evaluating different types of enterprise support programs using panel firm data: evidence from the Mexican manufacturing sector", *Economía*, vol. 14, N° 1.
- Martínez-Covarrubias, J. L., H. Lenihan y M. Hart (2017), "Public support for business innovation in Mexico: a cross-sectional analysis", *Regional Studies*, vol. 51, N° 12.
- Moctezuma, P., S. López y A. Mungaray (2017), "Innovación y desarrollo: programa de estímulos a la innovación regional en México", *Problemas del Desarrollo*, vol. 48, N° 191.
- Neicu, D. (2019), "Evaluating the effects of an R&D policy mix of subsidies and tax credits", *Management and Economics Review*, vol. 4, N° 2.
- Nelson, R. R. (1959), "The simple economics of basic scientific research", *Journal of Political Economy*, vol. 67, N° 3.
- Pastor Pérez, M. D. P., P. I. Rodríguez Gutiérrez y A. E. Ramos Ávila (2017), "Effects of public financing for innovation: microeconomic perspective based on a study of small businesses", *Región y Sociedad*, vol. 29, N° 70.
- Pavitt, K. (1984), "Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, vol. 13, N° 6.
- Rosenbaum, P. R. y D. B. Rubin (1983), "The central role of the propensity score in observational studies for causal effects", *Biometrika*, vol. 70, N° 1.
- Rubin, D. B. (1977), "Assignment to treatment group on the basis of a covariate", *Journal of Educational Statistics*, vol. 2, N° 1.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación) (2004), "Decreto por el que se adiciona el artículo 9 Bis de la Ley de Ciencia y Tecnología", *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 1 de septiembre.
- Smith, J. A. y P. E. Todd (2005), "Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators?", *Journal of Econometrics*, vol. 125, N° 1-2.
- Spielkamp, A. y C. Rammer (2009), "Financing of innovation - thresholds and options", *Management & Marketing*, vol. 4, N° 2.
- Sterlacchini, A. y F. Venturini (2018), "R&D tax incentives in EU countries: does the impact vary with firm size?", *Small Business Economics*, vol. 53, N° 3.
- Tan, H. y G. López-Acevedo (2007), "How Well Do Small and Medium Enterprise Programs Work? Evaluating Mexico's SME Programs Using Panel Firm Data", Washington, D.C., Banco Mundial.
- Vergara Reyes, D. M. y otros (2021), *Evaluación de la política tecnológica: propensity score matching*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Wallsten, S. J. (2000), "The effects of government-industry R&D programs on private R&D: the case of the small business innovation research program", *The Rand Journal of Economics*, vol. 31, N° 1.
- Zúñiga-Vicente, J. Á. y otros (2014), "Assessing the effect of public subsidies on firm R&D investment: a survey", *Journal of Economic Surveys*, vol. 28, N° 1.

Anexo A1

Cuadro A1.1
Descripción de las variables utilizadas

Variable	Descripción
Gasto total en I+D (log.)	Gasto total privado en actividades de I+D, en logaritmos
Gasto neto en I+D (log.)	Gasto privado en actividades de I+D, en logaritmos, descontando las ayudas recibidas, en logaritmo
Gasto total en I+D como proporción de las ventas	Gasto total privado en actividades de I+D como porcentaje de las ventas
Gasto neto en I+D como proporción de las ventas	Gasto privado en actividades de I+D, en logaritmos, descontando las ayudas recibidas, como porcentaje de las ventas
Capital humano	Número de trabajadores con título de tercer nivel o superior respecto del total de trabajadores
Ventas (log.)	Volumen total de ventas en el período t, en logaritmos
Exportaciones (log.)	Volumen total de exportaciones en el período t, en logaritmos
Pavitt1	= 1 Productores tradicionales industriales
Pavitt2	= 1 Proveedores tradicionales industriales
Pavitt3	= 1 Proveedores especializados industriales
Pavitt4	= 1 Industrias intensivas en escala
Pavitt5	= 1 Industrias basadas en la ciencia
Pavitt6	= 1 Servicios de alta tecnología
Tamaño de la empresa	
0-100	= 1 si la empresa tiene entre 0 y 100 trabajadores
101-200	= 1 si la empresa tiene entre 101 y 200 trabajadores
201-500	= 1 si la empresa tiene entre 201 y 500 trabajadores
Más de 500	= 1 si la empresa tiene más de 500 trabajadores
Edad (log.)	Logaritmo natural del número de años de la empresa
Exportadora	= 1 si la empresa realizó exportaciones
Capital público	= 1 si la empresa cuenta con capital público
Multinacional	= 1 si la empresa tiene participación de capital extranjero mayor o igual al 50%
Grupo	= 1 si la empresa pertenece a un grupo empresarial
Investigación básica	= 1 si la empresa dedica gasto en innovación a la investigación básica
Investigación aplicada	= 1 si la empresa dedica gasto en innovación a la investigación aplicada
Desarrollo tecnológico	= 1 si la empresa dedica gasto en innovación al desarrollo tecnológico

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A1.2
Prueba de igualdad de medias

Variable	Antes del emparejamiento			Después del emparejamiento		
	Tratado	Control	p> t	Tratado	Control	p> t
Tamaño de la empresa						
0<x<100	0,525	0,476	0,057	0,402	0,314	0,190
200<x<500	0,116	0,173	0,004	0,147	0,147	1,000
x>500	0,219	0,203	0,429	0,333	0,412	0,249
Edad (log.)	2,715	2,819	0,012	2,860	2,903	0,753
Exportadora	0,451	0,282	0,000	0,422	0,422	1,000
Capital público	1,058	1,026	0,028	1,049	1,039	0,827
Multinacional (>50%)	0,111	0,174	0,001	0,127	0,206	0,134
Grupo	1,483	1,467	0,692	1,343	1,225	0,322
Capital humano	0,183	0,005	0,000	0,111	0,110	0,977
Investigación básica	0,090	0,007	0,000	0,147	0,186	0,455
Investigación aplicada	0,235	0,009	0,000	0,284	0,235	0,427
Desarrollo tecnológico	0,507	0,018	0,000	0,608	0,578	0,671
Sector de actividad:						
- Productores tradicionales industriales	0,145	0,309	0,000	0,127	0,127	1,000
- Proveedores tradicionales industriales	0,116	0,222	0,000	0,108	0,088	0,640
- Proveedores especializados industriales	0,069	0,068	0,960	0,029	0,000	0,082
- Industrias intensivas en escala	0,161	0,112	0,003	0,118	0,147	0,538
- Industrias basadas en la ciencia	0,077	0,032	0,000	0,078	0,059	0,582
- Servicios de alta tecnología	0,269	0,097	0,000	0,382	0,422	0,570
Año 2014	0,409	0,501	0,000	0,373	0,412	0,568
Año 2015	0,591	0,499	0,000	0,627	0,588	0,568

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Valores correspondientes al emparejamiento mediante NNM(1), imposición del soporte común y caliper de 0,015.



www.cepal.org/revista



NACIONES UNIDAS

CEPAL

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE