



Estudios sociales. Revista de alimentación  
contemporánea y desarrollo regional  
ISSN: 2395-9169  
Centro de Investigación en Alimentación y  
Desarrollo, A.C.

## 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?

**Dávila-Borbón, Cristóbal; León-Balderrama, Jorge Inés; Preciado-Rodríguez, Juan Martín**

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, núm. 53, 2019

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

**Disponible en:** <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41760730012>

**DOI:** 10.24836/es.v29i53.713

## Artículos

# 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?

The effectiveness of the Innovation Stimulus Program (PEI) in Sonora. What factors influence the impact of the program on innovation and competitiveness of companies?

Cristóbal Dávila-Borbón \*

*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Mexico*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5550-6162>

Jorge Inés León-Balderrama \*\*a

*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Mexico*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3957-993X>

Juan Martín Preciado-Rodríguez \*\*\*

*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Mexico*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4997-0679>

Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, vol. 29, núm. 53, 2019

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Recepción: 08 Julio 2018

Recibido del documento revisado: 07

Agosto 2018

Aprobación: 16 Agosto 2018

DOI: 10.24836/es.v29i53.713

CC BY-NC

### Resumen

**Objetivo:** El estudio examina los impactos del PEI en el estado de Sonora, México, mediante el diseño de un modelo que permite evaluar el peso moderador de factores relacionados con las características de las empresas y las características del proyecto.

**Metodología:** Con la información proveniente de una encuesta propia aplicada a una muestra de 39 empresas, beneficiarias del programa, ubicadas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, se selecciona un modelo de regresión lineal múltiple que demuestra el efecto de una serie de variables que actúan como moderadores del impacto del programa sobre la innovación y la competitividad de las empresas beneficiarias. Para la selección del modelo se usa el criterio de información de Akaike (AIC).

**Resultados:** El impacto neto del programa sobre los insumos de innovación es definido por la calidad de las propuestas y la capacidad de asimilación del conocimiento, principalmente; mientras que los efectos netos sobre los productos son moderados por la existencia de departamento interno de I+D, la vinculación, la calidad de los proyectos y la capacidad de absorción del conocimiento.

**Limitaciones:** El tamaño de la muestra es muy reducido, lo que tiene implicaciones sobre el nivel de generalización de los hallazgos; los datos se basan en la percepción de los beneficiarios, por los que pueden estar sujetos a sesgos; el modelo no contempla variables de tipo contextual, como la intensidad tecnológica de los sectores.

**Conclusiones:** Se encontró evidencia de un efecto de contribución neta de los subsidios otorgados por el PEI a los recursos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de las empresas beneficiarias, por un lado, a los indicadores de desempeño empresarial y desempeño en innovación, por el otro. Este efecto se encuentra moderado por factores como la existencia de un departamento de I+D, el tamaño de la empresa, la capacidad de absorción, la capacidad de innovación, la calidad de las propuestas y la vinculación con universidades y centros de investigación.

**Palabras clave:** desarrollo regional++ PEI++ innovación++ impacto++ adicionalidad ++ moderadores++ Sonora.

#### Abstract

**Objective:** The study examine the impacts of PEI program in Sonora state by means of the construction of a model that allows to evaluate the moderating weight of factors related to firm 's characteristics and project 's characteristics.

**Methodology:** With the information obtained from an own survey applied to a sample of 39 beneficiary companies of the program, located in the city of Hermosillo, Sonora, a multiple linear regression model is designed to demonstrates the effect of a series of variables that act as moderators of the impact of the program on firm 's innovation and competitiveness. For the selection of the model, the Akaike information criterion is used.

**Results:** The net impact of the program on innovation inputs is defined by the quality of the proposals and the cability to assimilate knowledge, mainly; while the net effects on the products are moderated by the existence of an internal R & D department, the linkage, the quality of the projects and the capacity to absorb knowledge.

**Limitations:** The sample 's size is very small, which has implications on the level of generalization of the findings; data are based on the perception of the beneficiaries, for which they may be subject to biases; the model does not include variables of a contextual type, such as the technological intensity of the sectors.

**Conclusions:** There was evidence of a net contribution effect of the subsidies granted by the PEI to the R&D&I resources of the beneficiary companies, on the one hand, and to indicators of business performance and performance in innovation, on the other. This effect is moderated by factors such as internal R&D, size of the company, absorptive capacity, innovation capacity, proposals ' quality and links with universities and research centers.

**Keywords:** regional development, PEI, innovation, impact, additionality, moderators, Sonora.

## Introducción

La evaluación se está convirtiendo, progresivamente, en parte integrante de cualquier política de fomento a la I+D+i. Un estudio a nivel europeo sobre las principales características de diversas políticas de innovación (European Commission, 2006) revela que, aproximadamente, el 50 % de los programas encuestados tiene un presupuesto dedicado, específicamente, a la evaluación, mientras que casi dos tercios de los programas han incorporado un componente de evaluación ex-post (de impacto) dentro del diseño del esquema de incentivos. La utilidad de la evaluación ex post de los programas de apoyo a la I+D+i está relacionada con la información específica sobre el logro de los objetivos de política y sobre los impactos (cuantitativos y cualitativos) de los instrumentos específicos aplicados (EPEC, 2005).

En particular, los análisis de impacto están adquiriendo más relevancia, dada la creciente demanda de resultados observables (y cuantificables) sobre el efecto de las intervenciones de política. Los análisis de impacto representan un buen ejemplo de gobernanza ya que proporcionan transparencia al uso de fondos públicos, tanto en términos de relevancia como de efectividad. Además, dado que la implementación de una intervención de política, a veces, puede diferir de los objetivos originales; la evaluación también analiza "el cómo" las intervenciones de política se han realizado realmente (Cerulli y Poti, 2012).

A partir del 2009, en México, toman relevancia las subvenciones públicas directas como instrumento de apoyo a la innovación empresarial al iniciar entonces el PEI. Aunque, ha pasado casi una década desde que se introdujeron los primeros subsidios de este tipo, existe muy poca evidencia empírica convincente sobre sus impactos y efectividad. Este estudio tiene como objetivo llenar dos vacíos de investigación relacionados con este tema. En primer lugar, se analiza, con base en el enfoque de la adicionalidad, el impacto de los subsidios del PEI sobre las empresas sonorenses, contemplando no sólo el efecto sobre los recursos que las empresas destinan a la innovación (adicionalidad de input), sino, también, sobre los indicadores de competitividad y desempeño empresarial (adicionalidad de output). En segundo lugar, se examinan los impactos del programa mediante el diseño de un modelo que permita evaluar el papel moderador de una serie de factores relacionados con las características de las empresas y los relacionados con las características del proyecto.

El presente estudio pretende contribuir a la literatura especializada investigando, explícitamente, el efecto moderador de un conjunto de variables (relacionadas con rasgos y capacidades de las empresas y los proyectos) en la efectividad/impacto del programa de subsidios a la innovación y la I+D privada. La hipótesis central que guía esta investigación es que, cuando existe una relación positiva entre el apoyo público a I+D y las actividades de innovación de una empresa (adicionalidad), es más probable que se observe este fenómeno en empresas con una mezcla de atributos y capacidades que resulta "promotora" de la innovación, en lugar de en empresas con una mezcla de atributos y capacidades que resulte "restrictiva".

Con base en la información proporcionada por una encuesta propia aplicada a una muestra de 39 empresas beneficiarias del PEI en Sonora, se demuestra, por un lado, que el impacto de los subsidios a la I+D+i, enmarcados en el programa PEI, sobre los recursos propios que la empresa destina a la investigación y el desarrollo (la adicionalidad de input), es moderado, significativamente, por la capacidad de asimilación del conocimiento que posee la empresa y por la existencia de un departamento propio de I+D, así como por la vinculación con universidades y centros de investigación y la calidad de la propuesta. Por otro lado, se demuestra que el impacto neto del PEI sobre resultados, desempeño y la competitividad de la empresa (la adicionalidad de output) es moderado, significativamente, por la capacidad de innovación y la capacidad de asimilación del conocimiento de las empresas, entre otros factores.

El documento se ha organizado de la siguiente manera. En el primer apartado se expone la racionalidad teórica que justifica la política de promoción de la innovación en la actualidad, poniendo un énfasis especial en la utilización de los subsidios a la I+D+i privada. En el segundo, se realiza una revisión de los estudios previos sobre la efectividad de la política de subsidios a la innovación a partir de investigaciones empíricas previas en distintos países. En el tercer apartado se revisan los

estudios previos sobre el tema particular de los factores moderadores del impacto de los subsidios a la I+D+i privada y a partir de esta revisión se hace una propuesta de esquema de análisis de tales factores, misma que guía el análisis empírico realizado en este estudio. En el cuarto, se describe el método, particularmente el tipo de información empleada, la medición de las variables y los procedimientos utilizados en el estudio. El quinto apartado contiene los principales resultados de la investigación realizada en Sonora para el diseño un modelo que muestra el papel de los factores moderadores del impacto del programa. Finalmente, el documento contiene una discusión de los resultados obtenidos y las principales conclusiones del estudio.

## La racionalidad de los subsidios a la I+D+i privada

De acuerdo con los análisis sobre el tema, acumulados durante las últimas décadas, la racionalidad detrás de la provisión de apoyos públicos a la I+D+i de las empresas se explica por las denominadas “fallas del mercado”, las cuales residen en algunas características especiales de las actividades de I+D+i. En primer lugar, estas actividades se caracterizan por la baja “apropiabilidad” de sus resultados. Esto ocurre porque las empresas que no participan directamente en los esfuerzos de I+D+i pueden acceder de forma fácil y gratuita a los beneficios asociados con ella. Los estudios sobre el tema han constatado la existencia de externalidades positivas de las actividades de I+D+i (*knowledge spillovers*) y han demostrado también que los retornos privados de las empresas que realizan tales actividades son inferiores a los rendimientos sociales que estas pueden proveer, por lo que el papel que juega la intervención del gobierno consiste en pretender reducir esta distancia (Arrow, 1962). En segundo lugar, los rendimientos derivados de la inversión en I+D+i son exageradamente inciertos. Esta incertidumbre se ve intensificada por las “asimetrías de información” existentes entre quienes demandan fondos para la I+D+i y quienes los proveen (Aboody y Lev, 2000; Czarnitzki y Hottenrott, 2011). Las asimetrías generan imperfecciones en el mercado de capitales, cuyo efecto es el de provocar cierta ralentización de los fondos disponibles y, por lo tanto, restricciones financieras para las empresas que desean invertir en tales actividades. Pero, también, otros aspectos como la complejidad de los proyectos y la especificidad de los activos relacionados con los proyectos de inversión en I+D pueden hacer que sea, particularmente, difícil para los agentes juzgar el rendimiento esperado. Los proyectos de I+D+i son, difícilmente, apoyados por fondos privados debido a que se caracterizan por tener retornos sólo en el largo plazo y por ser de alta incertidumbre. Las empresas pueden, además, ser reacias a revelar los detalles de los proyectos a posibles inversores (Zhong, 2018). En tercer lugar, la I+D+i también carece de activos tangibles que puedan utilizarse como garantía para el acceso a créditos. Hall (2002), por ejemplo, observó que un alto porcentaje del gasto en I+D+i se dedica, en esencia, a los salarios de los investigadores; el conocimiento es tácito y está “atado” a los investigadores, quienes pueden abandonar

las empresas en cualquier momento. La intangibilidad de activos creada por la inversión en I+D+i puede hacer que el acceso a fondos externos sea mucho más costoso para estas actividades que para otros tipos de inversiones (Czarnitzki y Hottenrott, 2011). Finalmente, la I+D+i es una actividad que no se puede abandonar en etapas intermedias, lo que produce costos irre recuperables muy importantes que las empresas deben tener en cuenta cuando deciden el alcance de su compromiso de I+D. En tales condiciones, son muy altos los costos de entrada y salida del mercado, lo que implica que el mercado de la I+D esté muy lejos de la competencia perfecta y los gobiernos tengan argumentos adicionales para jugar un papel de como reguladores externos.

### **Estudios previos sobre el impacto de los subsidios a la I+D+i privada**

Los marcos teóricos para la evaluación de los programas públicos de apoyo a la I+D+i han recobrado un gran interés en la última década, como resultado del aumento de dichos programas prácticamente en todos los países de la OECD y en algunos países en desarrollo. Los responsables de la formulación de políticas en esta área esperan que el aumento los apoyos públicos a la I+D+i aumente la inversión en estas actividades, lo que a la larga acelerará el crecimiento económico. La pregunta central dentro del debate de evaluación está relacionada con la efectividad de las subvenciones a la I+D+i privada. Sin embargo, se utilizan diferentes herramientas y métodos para medir los beneficios de la política pública de innovación y tecnología (Georghiou y Roessner, 2000).

Siguiendo el razonamiento neoclásico de las fallas del mercado, el enfoque tradicional para determinar la efectividad de los instrumentos de política de innovación se centra en el concepto de adicionalidad. La literatura de evaluación de impacto se centra en el estudio de la adicionalidad de los apoyos públicos otorgados a las empresas para promover la I+D+i. La adicionalidad puede ser entendida de tres maneras: a) los efectos sobre la dedicación de recursos a I+D+i (adicionalidad de input); b) sobre los resultados tecnológicos y comerciales de dichas actividades (adicionalidad de output) y c) sobre el comportamiento de la empresa (adicionalidad de behavior) (Georghiou, 2002; Clarysse et al., 2009).

#### *Estudios previos sobre la existencia de adicionalidades de input, output y comportamiento*

En cuanto a la adicionalidad de input, las subvenciones públicas a la I+D+i privada podrían tener un efecto negativo si las empresas beneficiarias deciden reducir sus propias inversiones en I+D+i, de forma que la financiación pública desplazaría parcial o totalmente la inversión privada. Con base en ello, numerosos estudios han intentado medir el impacto de los subsidios públicos sobre la I+D+i privada utilizando información de

distintos países y empleando diferentes metodologías. El resumen general de los estudios que examinan la adicionalidad de input presentado en el Cuadro 1, revisa un total de 226 estudios y muestra que la mayor parte de la evidencia empírica arrojada en los estudios indica un impacto positivo de los subsidios en el gasto de I+D de las empresas (122). De acuerdo a los resultados de estos estudios previos, la adicionalidad de input de los apoyos públicos directos a la I+D+i privada parece ser más fuerte para las empresas pequeñas y medianas, mientras que esta adicionalidad disminuye en los niveles más altos de los subsidios. Sin embargo, la evidencia de si el apoyo público desplaza a la inversión privada no es concluyente. Los resultados mixtos, los efectos positivos y negativos, indican que el apoyo directo del gobierno puede tener un impacto positivo en el gasto en I + D, pero no siempre.

**Cuadro 1**

Resumen de meta-evaluaciones y revisiones sistemáticas/críticas de estudios sobre adicionalidad de input

Estudio	Adicionalidad/ efecto positivo	Efecto Nulo o no significativo	Sustitución/ efecto negativo	Resultados Mixto	Total	Periodo de publicación
David, Hall y Toole, 2000	16	3	11	3	33	Pre-2000
García-Quevedo, 2004	38	19	17		74	Pre-2002
Correa, Andrés y Borja, 2013	Predominantes					2004-2011
Cunningham, Gök y Laredo, 2013	12	3	2	7	24	2000-2012
Zúñiga, Alonso, Forcadell y Galan, 2014	48	14	15		77	Pre-2011
Becker, 2015	Predominantes					Post-2000
WWCLEG, 2015	8	1	1	8	18	2000-2015
Total	122	40	46	18	226	

Fuente: elaboración propia.

Existen, también, numerosos estudios empíricos que han evaluado el impacto de los apoyos públicos directos a la I+D+i sobre los resultados de la innovación (adicionalidad de output) como los niveles de producción y ventas, nuevos productos, procesos de producción mejorados de las empresas receptoras, así como los que han evaluado el efecto sobre indicadores de desempeño empresarial, como productividad, rentabilidad, empleo y crecimiento. Los resultados de los estudios basados en meta-evaluaciones y la revisión sistémica/crítica de los estudios sobre el tema de la adicionalidad de output son presentados en el Cuadro 2. El cuadro presenta un sumario de las meta-evaluaciones y revisiones sistemáticas/críticas de los estudios sobre adicionalidad de output a nivel mundial en los últimos años. En resumen, la evidencia presentada sobre la adicionalidad de output a nivel de empresa sugiere que el apoyo directo del gobierno como subvenciones, o subsidios puede tener un impacto

positivo en los resultados de la innovación: mayor número de patentes, ventas de nuevos productos e introducción de nuevos procesos, pero no siempre. El mayor impacto en el producto de la innovación empresarial se encuentra generalmente para las PYME. De los 51 estudios revisados, 26 informan impacto positivo, mientras que 7 reportan impactos negativos, 13 mixtos y 5 impactos insignificantes. Esto indica la existencia de un impacto positivo modesto del apoyo gubernamental directo a la I+D+i sobre la adicionalidad de output de la empresa. Cabe señalar que estos resultados son aún más imprecisos en comparación con la adicionalidad de input debido a problemas asociados con la definición de “los resultados de la innovación”.

### Cuadro 2

Resumen de meta-evaluaciones y revisiones sistemáticas/críticas de estudios sobre adicionalidad de output

Estudio	Adicionalidad/ efecto positivo	Efecto Nulo o no significativo	Sustitución/ efecto negativo	Resultados Mixto	Total	Periodo de publicación
Cunningham, Gök y Laredo, 2013	7	2	4	4	17	2004-2012
WWCLEG, 2015	11	3		5	19	2000-2015
Petrin, 2018	8		3	4	15	2003-2017
Total	26	5	7	13	51	

Fuente: elaboración propia.

La revisión de la adicionalidad de comportamiento incluye dos meta-análisis sobre estudios empíricos. Uno para el periodo de 2003 a 2010 centrado en estudios sobre la Unión Europea y otros países de la OCDE y otro que revisa los hallazgos de seis estudios publicados en los últimos años, también en distintos países desarrollados. El resumen de los hallazgos se presenta en Cuadro 3. Cunningham, Gök y Laredo (2013) revisó siete artículos sobre la adicionalidad de comportamiento; todos ellos reportan un impacto positivo. Todos los estudios recientes revisados por Petrin (2018), excepto uno, también informan un impacto positivo de la financiación del gobierno en las decisiones de las empresas con respecto a la asignación del gasto en I+D en actividades y rutinas organizacionales promotoras de la innovación, excepto uno.

### Cuadro 3

Resumen de meta-evaluaciones y revisiones sistemáticas/críticas de estudios sobre adicionalidad de comportamiento

Estudio	Adicionalidad/ efecto positivo	Efecto Nulo o no significativo	Sustitución/ efecto negativo	Resultados Mixto	Total	Periodo de publicación
Cunningham, Gök y Laredo, 2013	7				7	2003-2010
Petrin, 2018	5		1		6	2009-2016
Total	12		1		13	

Fuente: elaboración propia.

## Estudios de evaluación de impacto del PEI en México

En el caso de los países en desarrollo, son más limitados en número los estudios encaminados a ofrecer una evaluación del impacto o efectividad de los apoyos públicos directos a las actividades de I+D+i llevadas a cabo en las empresas. Pastor, Rodríguez y Ramos (2017) encuentran que, en el caso de estudios sobre países latinoamericanos, se observa en general un efecto positivo de los programas de este tipo. En México el tema tampoco ha sido analizado con la misma profusión que en los países más desarrollados; sin embargo, ha capturado la atención de algunos analistas desde hace pocos años, quienes con diversos enfoques y niveles de análisis han examinado y tratado de hacer mediciones de los efectos de los programas de innovación sobre las empresas, las regiones y los sectores. Calderón (2011) realizó uno de los primeros estudios sobre el tema en nuestro país al evaluar los efectos del PEI con datos de 2009. En relación con la adicionalidad de input, identificó un efecto positivo significativo para las empresas con entre 10 y 250 trabajadores, pero en cuanto a la adicionalidad de output, sus resultados mostraron que el PEI no mejoró la probabilidad de que las empresas registraran patentes.

Unger (2014) realizó una evaluación de corte cuantitativo del impacto del PEI sobre empresas intensivas en tecnología para el periodo 2009-2013. El estudio se enfocó en identificar los sectores, ramas de actividad principal y tipos de empresas más beneficiadas por el programa. Sus hallazgos más sobresalientes señalan que varias empresas fueron beneficiadas económicamente para el desarrollo de más de un proyecto durante el periodo 2009-2013. Además, se hallaron resultados dispares entre estados, lo que se traduce en diversas capacidades de gestión de las oficinas regionales y estatales que gestionan los recursos PEI. Por otra parte, Núñez, Pérez, Sánchez y Martínez (2015) analizaron si un conjunto de programas de estímulos a la innovación, entre los cuales el PEI juega un papel relevante, han impactado a las capacidades de innovación de las empresas. Usando información agregada para el periodo 2009-2014 concluyen que el PEI ha impulsado a las empresas a aumentar la inversión en innovación; sin embargo, los datos disponibles no les permiten distinguir efectos positivos netos sobre el desempeño y el crecimiento económico, ni cómo el programa estaría agregando valor a la industria nacional o cómo estaría promovido una cultura de la innovación.

Medina-Reivera y Villegas-Valladares (2016) realizan una evaluación del impacto en conjunto de tres de los principales programas de estímulo a la innovación en México: Fomix, Fordecyt y PEI. Para identificar los efectos de estos programas sobre la inversión, la competitividad, la innovación y el bienestar, correlacionan los montos de los apoyos otorgados por estos programas con indicadores como el número de investigadores, el índice de innovación, el índice de competitividad y el índice de desarrollo humano, todos ellos a nivel de las entidades

federativas. Sus resultados muestran que las entidades en las que se han invertido mayores recursos, a través de los tres programas analizados y las que cuentan con mayor capital humano especializado, no son, necesariamente, las más innovadoras, competitivas y con mejor desarrollo humano

Moctezuma, López y Mungaray (2017) evalúan el PEI desde la perspectiva de su contribución al sistema de innovación de Baja California, el periodo 2009-2013. Los autores, mediante el enfoque de la adicionalidad de comportamiento, analizan los efectos del programa al interior de las empresas, y en el contexto de las redes que las empresas configuran al interactuar para transferir conocimiento. En este último aspecto, analizan el nivel de vinculación e interacciones entre los actores empresariales, científicos y gubernamentales del sistema de innovación de esa entidad. Los resultados muestran que, al condicionar el financiamiento de los proyectos de innovación a la vinculación de los actores empresariales y científicos, el PEI contribuye a fortalecer el sistema regional de innovación incentivando el 15 % de sus interacciones. Pastor, Rodríguez y Ramos (2017) desarrollan una evaluación empírica del PEI para el caso de San Luis Potosí, con una encuesta dirigida a pequeñas y medianas empresas beneficiarias de los apoyos de este programa durante 2009-2012. Los autores retoman el enfoque de la adicionalidad para la evaluación de impacto en sus tres dimensiones (input, output y comportamiento), aunque no miden la intensidad de los efectos particulares, sino la proporción de empresas que reportan efectos positivos en estas dimensiones. Sus resultados revelan que la mitad de las empresas reportan adicionalidad de input, mientras que un porcentaje mucho menor reporta efectos netos sobre nuevos productos desarrollados, patentes o cambios en las prácticas organizacionales. Solís-Lima, Ovando-Chico, Olivera-Pérez y Rodríguez-Lozada (2018) llevan a cabo una evaluación del PEI de alcance nacional para conocer su impacto en términos de aportación a la propiedad industrial en el periodo 2009-2016. Los resultados de esta investigación mostraron que, aunque las subvenciones PEI motivaron la vinculación entre los centros de investigación y las empresas para el desarrollo de tecnologías innovadoras, su aportación en términos de la generación de instrumentos de propiedad industrial ha sido más bien muy modesta. Asimismo, se encontró que las subvenciones no fueron otorgadas de forma equitativa a los diferentes tipos de empresas que participaron en el programa. Concluyendo que es necesario que esta política pública se evalúe y supervise con indicadores objetivos que permitan hacerla más efectiva.

### **Factores que influyen o moderan el impacto de los programas de apoyo a la I+D+i**

La mayoría de los estudios sobre el tema de la adicionalidad de los subsidios a la I+D+i se centran en su efecto promedio sobre las empresas. Pero algunos estudios han sugerido desde hace algunos años que los efectos pueden variar considerablemente. Busom (2000) advierte en su

estudio sobre esta variabilidad de los efectos, pero no aborda el tema de las fuente de la heterogeneidad de la intensidad de los efectos netos de los subsidios las actividades privadas de I+D+i. Wong y He (2003) son pioneros en advertir sobre la necesidad de estudiar los factores moderadores del impacto de los programas públicos de apoyo a la I+D+i, pero son muy pocos los estudios que han seguido posteriormente esta recomendación (Lee y Wong, 2009; Falk, 2007; Albors y Barrera, 2011). Sólo algunos estudios (p. ej. Aschhoff, 2009) han examinado más detalladamente esta cuestión y han encontrado que los efectos son heterogéneos según las características de la empresa receptora del subsidio y las características del proyecto (tamaño del subsidio, en particular).

#### *El efecto de las características de la empresa sobre el nivel de adicionalidad de los subsidios a la I+D+i*

La influencia del tamaño de la empresa en el rendimiento de los proyectos de I+D+i es un tema aún en debate. Bizan (2003) sostiene que el tamaño de la empresa influye en la probabilidad de éxito técnico y en la comercialización de los proyectos de I+D+i apoyados por el gobierno. Así mismo, Buisseret, Cameron y Georghiou (1995) sostienen que las grandes empresas pueden tener un desempeño superior, con respecto de las empresas pequeñas, en los proyectos de I+D+i apoyados con fondos públicos, ya que cuentan con más recursos y tienen una mayor tolerancia a las pérdidas potenciales. Por el contrario, algunos estudios plantean que las empresas pequeñas pueden ser más flexibles, menos burocráticas y más adaptables al cambio y a la innovación, en comparación con las empresas grandes (Acs y Audretsch, 1988). Desde esta última perspectiva, las pymes fuertemente involucradas en actividades de I+D tienden a ser más innovadoras que las grandes empresas y exhibir, por tanto, un mejor desempeño y rendimiento en proyectos financiados con subsidios públicos. En suma, independientemente que se trate de efectos positivos o negativos, los estudios previos coinciden en que el desempeño de proyectos de I+D+i apoyados con subsidios está relacionado con el tamaño de la empresa.

En la literatura especializada, es aceptado, ampliamente, que el desempeño innovador de una empresa esté, estrechamente, relacionado con sus capacidades internas de I+D, las que, a su vez, dependen de la intensidad de I+D+i de una empresa, los procesos de aprendizaje, así como experiencia en producción de conocimiento tecnológico (Berchicci, 2013). Los indicadores de las capacidades internas de I+D+i más comunes son, por ejemplo, los gastos de I+D+i de la empresa, el personal de I+D+i, la existencia de un departamento formal de I+D+i en la empresa o la regularidad de las actividades de I+D+i (Wanzenböck, Scherngell y Fischer, 2013). Los factores señalados suelen estar correlacionados y aparecen, simultáneamente, en la mayoría de las empresas. Autores como Wanzenböck, Scherngell y Fischer (2013) sostienen que la adicionalidad de los proyectos de I+D subsidiados aumenta con un mayor nivel de capacidades de I+D+i intramuros, es

decir, la probabilidad de concretizar la adicionalidad es mayor en empresas intensivas y experimentadas en las actividades de I+D+i.

El historial de los apoyos juega también un papel en el efecto de los subsidios en las empresas. Entre las principales contribuciones que abordan el tema de los antecedentes como receptores de subsidios de las empresas, cabe mencionar a Aschhoff (2009). La evidencia provista por la literatura existente indica que los subsidios otorgados a una empresa son relativamente persistentes a lo largo del tiempo, por lo que una empresa cuya actividad de I+D+i fue subsidiada en el pasado, tiene más probabilidades de ser subsidiada de nuevo. Sin embargo, desde el punto de vista teórico, no está claro cómo el historial de subsidios de una empresa afecta su nivel de inversión en I+D, ya que puede haber efectos opuestos de complementariedad y desplazamiento. Aschhoff (2009) describe la existencia de varias fuerzas en juego en esta relación. Las empresas que tuvieron éxito en el pasado en la obtención de subvenciones públicas para sus proyectos de I+D podrían beneficiarse de su experiencia, aprendizaje e información de ventajas en convocatorias posteriores de solicitudes de subvención. Dichas ventajas implican menores costos y mejores oportunidades de aplicación para empresas previamente financiadas; por lo tanto, sus probabilidades relativas de aplicar más a menudo aumentan (Zúñiga y Alonso, 2014).

Más recientemente, algunos analistas han demostrado que algunas capacidades cruciales, tales como la capacidad de absorción del conocimiento, están interrelacionadas con la forma en que los apoyos públicos directos afectan las actividades de I+D+i y el desempeño de la empresa que los reciben (Radas, Anić, Tafro y Wagner 2015). Desde la perspectiva de la “organización basada en los recursos”, las empresas pueden considerarse como un conjunto de recursos y capacidades tangibles e intangibles, donde los recursos pueden definirse como activos financieros, físicos, humanos, comerciales, tecnológicos y organizacionales utilizados por la empresa, y las capacidades se refieren a la habilidad de la empresa para desplegar y coordinar diferentes recursos (Nierves y Haller, 2014). La capacidad de absorción del conocimiento externo es una de las capacidades más importantes de la empresa; se define como la capacidad de una empresa para reconocer el valor de la nueva información, asimilarla y aplicarla con fines comerciales (Cohen y Levinthal, 2000). La capacidad de absorción influye en la creación de otras competencias organizacionales y proporciona a la empresa múltiples fuentes de ventaja competitiva. Esta capacidad se desarrolla acumulativamente: depende del nivel de conocimiento previo y se avanza a través de un proceso de acumulación de conocimiento que ocurre a través de diversas actividades, especialmente I+D. Su importancia radica en su impacto positivo directo en el rendimiento futuro de la innovación y la competitividad (Kostopoulos, Papalexandris, Papachroni y Ionnou, 2011). Al permitir que las empresas participen en I+D+i (lo que puede no ser posible sin asistencia pública), los instrumentos públicos permiten la acumulación de conocimiento, lo que a su vez retroalimenta la capacidad de absorción y mejora el desempeño futuro (Radas, 2015).

Además de la capacidad de absorción, la literatura proporciona una serie de resultados de investigación sobre las capacidades o combinaciones de ellas que se necesitan para desarrollar innovaciones. Se ha encontrado que la orientación del mercado y el conocimiento del cliente tienen roles clave en el desarrollo de innovaciones de productos (Hernández y Delgado, 2009). Danneels (2002) destaca la importancia de un enfoque proactivo que requiere una comprensión de las necesidades de los clientes que aún no han sido identificados. Herrmann, Gassmann y Eisert (2007) añaden que las capacidades de transformación y la propensión al riesgo son esenciales para desarrollar innovaciones radicales. Algunos estudiosos han descubierto que el desarrollo de innovaciones radicales exige la interrupción de las capacidades existentes o la creación de nuevas capacidades, mientras que el desarrollo incremental de la innovación requiere mejoras de las capacidades existentes (por ejemplo, Forsman y Annala, 2011). Finalmente, la colaboración entre organizaciones, que se ha introducido como un importante catalizador de la innovación, hace hincapié en las capacidades orientadas a la interacción para garantizar el éxito en el desarrollo de la innovación.

#### *El efecto de las características del proyecto sobre el nivel de adicionalidad de los subsidios a la I+D+i*

En lo que respecta a la vinculación, desde distintos enfoques teóricos se ha analizado el papel de las fuentes externas de conocimiento como determinantes del éxito de iniciativas y proyectos orientados a la innovación. El enfoque de la economía evolucionista considera que la innovación supone un proceso continuo interactivo de aprendizaje entre la empresa y los distintos agentes que le rodean (Breschi, Malerba y Orsenigo, 2000; Edquist, 2005). De forma similar los teóricos de las redes de innovación (Hakansson, 2015; Biemans 2018) sostienen que las empresas rara vez innovan por sí mismas y la introducción en el mercado de nuevos productos y procesos depende en gran medida de la habilidad de la empresa para establecer relaciones con los agentes externos. Chesbrough (2003) a través de su modelo de innovación abierta (*open innovation*), destaca también la importancia de las ideas externas para el proceso de innovación e incluso sugiere que la I+D interna ya no es una herramienta estratégica como lo había sido en el pasado. En general, podemos decir que existe evidencia empírica consistente a favor del papel que ejerce el conocimiento interno en la identificación y adquisición del conocimiento externo e, inversamente, del estímulo que otorga la adquisición externa de tecnología al desarrollo de actividades internas de I+D. Estos hallazgos corroboran la posibilidad que tiene la empresa para adoptar conjuntamente diversos mecanismos orientados a la obtención de tecnología, en otras palabras, que las estrategias hacer, comprar y cooperar, pueden coexisten en la estrategia global empresarial.

En las evaluaciones empíricas del efecto de los subsidios públicos sobre la inversión en I+D de las empresas, la mayoría de los estudios no han tenido en cuenta el monto del subsidio otorgado a la empresa.

Sin embargo, la cantidad de subsidios recibidos difiere mucho entre las empresas. Varios estudios se han centrado en medir el impacto de la cantidad de subsidio otorgada a las empresas. Guellec y Pottelsberghe (2000) encontraron una relación no lineal entre los subsidios públicos y la inversión privada en I+D, es decir, una curva en forma de U invertida. Aschhoff (2009) demuestra que se necesita un tamaño mínimo de subvención para aumentar el alcance de las actividades de I+D financiadas por la firma y señala que, para un determinado monto de subsidio, el signo de su efecto podría depender del tamaño del proyecto.

*Una propuesta de esquema de análisis de los factores que moderan el nivel de adicionalidad de los subsidios a la innovación*

Como parte final de esta sección, se presenta el esquema analítico diseñado para guiar el análisis empírico que se desarrolla en las secciones subsiguientes. En la Figura 1 se representan los distintos factores moderadores del impacto de los subsidios públicos sobre la innovación, el desempeño y la competitividad de las empresas apoyadas. Para los fines de este estudio consideramos como factores moderadores a las variables intervinientes que afectan la dirección y/o la fuerza del impacto de los subsidios públicos sobre la I+D+i privada (reduciéndola, incrementándola, anulándola o invirtiéndola). Esta definición conceptual es retomada de Baron y Kenny (1986), quienes establecen también que, en términos causales, los moderadores siempre funcionan como variables independientes; es decir, se les confiere un rol como variables causales de los cambios ocasionados por el programa en los recursos, resultados y comportamientos de las empresas apoyadas.



**Figura 1**

Esquema analítico de los factores moderadores del impacto de los subsidios a la innovación.

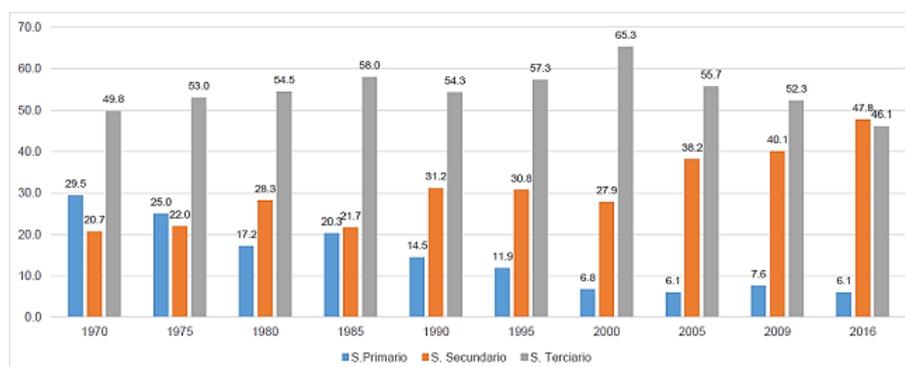
Fuente: elaboración propia.

Este marco de análisis se basa en trabajos empíricos previos en esta dirección (Falk, 2007; Clarysse, Wright y Mustar, 2009; Hsu, Horng y Hsueh 2009), pero amplía el alcance analítico de estos estudios centrándose explícitamente en las capacidades organizacionales dinámicas (Teece, 2014), estrechamente ligadas a la gestión estratégica del

conocimiento: la capacidad de absorción del conocimiento y la capacidad de innovación de las empresas.

## La importancia del PEI en la economía sonorense

En los últimos años, la estructura económica de Sonora se ha transformado radicalmente, gracias a un notable desarrollo de la industria de alto contenido tecnológico. Como puede observarse en la Gráfica 1, el sector industrial ha crecido sustancialmente en su aportación a la economía estatal, dejando muy atrás al sector primario, que fue la base del desarrollo económico en el pasado, y llegando incluso a superar al sector comercio y servicios en los años más recientes. Durante décadas, Sonora destacó por su vasta producción agropecuaria que la convirtió en “el granero de México” por su importante contribución a la producción nacional de alimentos básicos. Después de un proceso de industrialización incipiente y limitado al procesamiento de las materias primas producidas localmente es, especialmente, a partir de la llegada a la entidad de grandes inversiones en el sector automotriz, acontecida en los años ochenta, que se empieza a consolidar un proceso de industrialización y una economía basada en el desarrollo tecnológico. Hoy en día, la fuerza de trabajo altamente calificada y la innovación son las claves del desarrollo industrial orientado al mercado global.



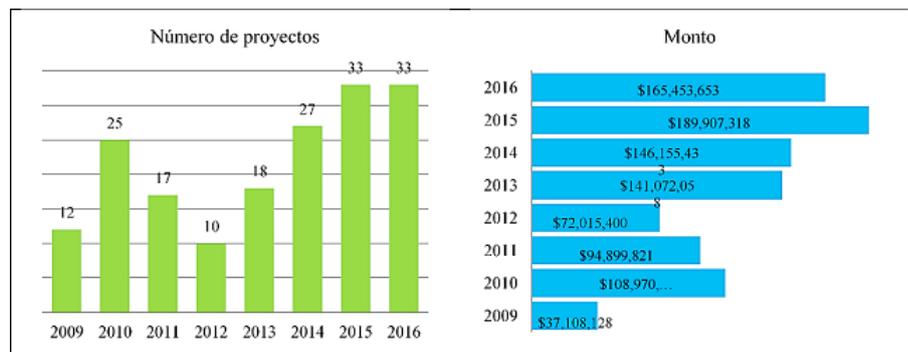
Gráfica 1

Estructura del PIB de Sonora, 1970-2016 (%).

Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI.

El análisis sectorial de la economía sonorense muestra una economía reconfigurada, en la que la industria de la transformación, caracterizada por su innovación y la incorporación de alta tecnología, se convierte en punta de lanza para pasar de una economía primaria exportadora, que caracterizó a la entidad por décadas, a una economía con una fuerte vocación industrial exportadora, que incursiona con intensidad y creciente presencia en sectores estratégicos globales, como los sectores automotriz, aeroespacial, autopartes o eléctrico y electrónico. Estas empresas con capitales internacionales y domésticos instaladas en Sonora, con la participación creciente de Pymes sonorenses, aportan partes o componentes para agregar valor parcial o total para la producción de bienes en diferentes lugares del mundo.

Desde los inicios del PEI en 2009, Sonora ha sido de las entidades más favorecidas en la asignación de los recursos. La Gráfica 2 permite observar la evolución de los apoyos dirigidos a la entidad en el periodo 2009-2016 en términos del número de proyectos apoyados y de los montos totales por año. El número de proyectos apoyados por años se ha triplicado en un lapso de siete años de vigencia del programa hasta 2016, mientras que los montos totales de los apoyos otorgados a la entidad han evolucionado a un ritmo más acelerado en el mismo periodo.



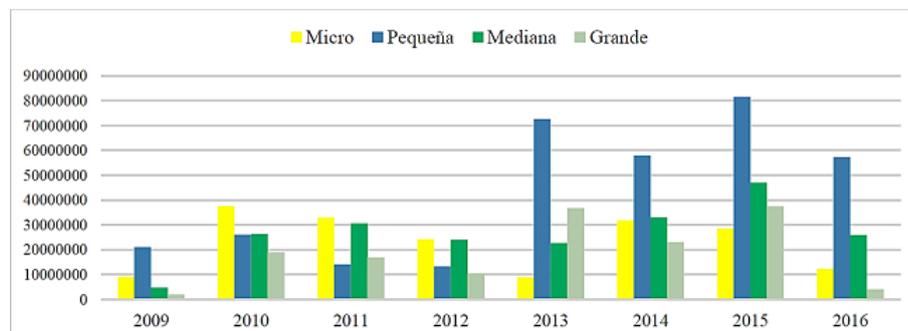
**Gráfica 2**

Evolución del PEI en Sonora, 2009-2016 (Número de proyectos apoyados y monto).

Fuente: elaboración propia con base en datos del Conacyt.

La entidad ocupa el noveno lugar en el ranking de las entidades que captan el mayor monto de apoyos. De acuerdo con Coneval (2012), el PEI ha sido congruente en su ejecución al evitar la concentración geográfica otorgando bolsas estatales y, por otro lado, ha incorporado la participación de las entidades federativas en la selección de proyectos y en la gestión del programa, lo que contribuye a que los proyectos aprobados sean pertinentes con las vocaciones de los estados y favorezcan el desarrollo regional.

En lo que respecta a la distribución de los apoyos por tamaño de empresa, en el caso de Sonora la mayor parte de los apoyos PEI han sido recibidos por las empresas pequeñas y medianas, especialmente en el periodo 2013-2016, ya que en los primeros años el PEI favoreció más a las empresas de tamaño micro (ver Gráfica 3).



**Gráfica 3**

Monto de los apoyos del PEI por tamaño de empresa en Sonora.

Fuente: elaboración propia con base en datos del Conacyt.

## Información, variables y procedimientos empleados en el estudio

El estudio empírico fue diseñado para comprobar el papel moderador de las variables contempladas en el esquema analítico, a partir de la experiencia particular del impacto que han tenido los subsidios otorgados mediante el PEI sobre empresas sonorenses beneficiarias del programa. A continuación, se describe el tipo de información utilizada, las variables contempladas y su medición, así como los procedimientos estadísticos empleados en el estudio.

### *La encuesta de evaluación de impacto del programa PEI en Sonora*

La información utilizada en este estudio se recabó mediante una encuesta propia aplicada en febrero-abril de 2018 a una muestra de 39 empresas apoyadas por el PEI. La encuesta se aplicó sólo a empresas de Hermosillo, Sonora, que han sido beneficiarias del programa en el periodo 2009-2015. Una acotación fue que las empresas pertenecieran a los sectores considerados estratégicos para que la entidad se incorpore a la economía basada en el conocimiento: agroindustrial/alimentario, automotriz, biotecnología/equipo médico, minería y otros. De esta manera la población total ascendió a un total de 83 empresas, mismas que fueron ubicadas mediante el padrón de beneficiarios publicado por el Conacyt en la página web del programa (2009-2013) y mediante la consulta de los resultados de las convocatorias para los años 2014 y 2015.

El cuestionario fue diseñado mediante la adaptación de otros aplicados en estudios empíricos similares. Los ítems e indicadores contenidos en la encuesta y las fuentes en las que se basó su diseño se tratan en la siguiente sección. La encuesta fue aplicada a mandos medios y altos y los cuestionarios fueron enviados como plantilla de Google, facilitando la respuesta y también el manejo de los datos generados, así como la tabulación de los mismos. Se enviaron en total de 80 cuestionarios vía electrónica; se obtuvo una tasa de respuesta del 49 % (39 empresas). Esta muestra de 39 empresas resulta suficiente en tamaño, con un margen de error del 10 %, un nivel de confianza del 90 % y un 50 % de variabilidad.

### *Las variables y su medición*

Para la medición de las variables independientes, en el caso de la adicionalidad de input, se emplearon ocho indicadores, especificados en el Cuadro 4. Se pidió a cada empresa que estimara, en un primer momento, la tasa de crecimiento anual de cada tipo de inversión en recursos destinados al desarrollo de actividades de I+D+i para los años posteriores a la ejecución del proyecto. De esta manera se obtuvo una estimación del efecto bruto de los subsidios del PEI sobre los recursos dedicados a las actividades de I+D+i en la forma de un indicador de tasa de crecimiento porcentual (que podía ser positiva o negativa). En

un segundo momento, se pidió a los informantes que estimaran cuál hubiera sido la tasa de crecimiento en el caso de que el apoyo no hubiera sido recibido, con el fin de estimar la denominada *situación contra-factual*, en base a la percepción y la experiencia propia de los beneficiarios del programa (esta tasa también podía ser positiva o negativa). Con la diferencia entre la tasa de crecimiento reportada como efecto del subsidio y la tasa de crecimiento estimada en la ausencia del subsidio, se obtuvo un indicador del efecto neto del programa, es decir, un indicador de la adicionalidad. La misma lógica y procedimiento fueron empleados para la medición de la adicionalidad de output, con la particularidad que en este caso se emplearon seis indicadores (Cuadro 4).

#### Cuadro 4

Las variables dependientes y los ítems empleados para su medición

Variables y descripción de los ítems empleados
<p><i>Adicionalidad de input</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 8 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión en equipo e infraestructura científica</li> <li>- No. de personal en I+D (nómina)</li> <li>- Inversión en sistemas de TIC's y <i>software</i>.</li> <li>- Inversión en herramientas, gestión y entrenamiento.</li> <li>- Inversión de I+D interna.</li> <li>- Inversión de I+D externa.</li> <li>- Inversión en adquisición de tecnología, patentes y licencias.</li> <li>- Inversión en servicios de consultoría externa no relacionados con I+D.</li> </ul>
<p><i>Adicionalidad de output</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 6 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de ventas</li> <li>- Nivel de exportaciones</li> <li>- Nivel de rentabilidad</li> <li>- Nivel de productividad</li> <li>- No. de empleos generados</li> <li>- No. de patentes y otras formas de propiedad intelectual solicitadas</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Para la adicionalidad de input se emplearon los indicadores: inversión en equipo y maquinaria científica, personal empleado en labores de I +D, inversión en sistemas de TIC y *software*, inversión en herramientas, gestión y entrenamiento, la inversión en proyectos internos de I+D, la inversión en proyectos de I+D con participación externa, inversión en adquisición de tecnología, patentes y licencias y la inversión en servicios de consultoría externa (Cuadro 4). La selección de los indicadores se basó en Hall y Maffioli (2008), Hsu, Horng y Hsueh (2009) y Clarysse, Wright y Mustar (2009).

Para la adicionalidad de output se emplearon indicadores de desempeño o competitividad empresarial y de resultados de innovación, de acuerdo a los indicadores propuestos por Hall y Maffioli (2008). En el Cuadro 4, los cinco primeros indicadores de la adicionalidad de output

corresponden a los que utilizamos para saber cuál fue el impacto del PEI sobre la competitividad de los beneficiarios, en términos de cambios en ventas, exportaciones, productividad, rentabilidad y empleos generados; mientras que el indicador de desempeño innovador está representado por el indicador número de patentes solicitadas.

En el Cuadro 5 se describen los ítems incluidos en el cuestionario aplicado y la forma en la que se midieron las distintas variables independientes contempladas en este estudio. Se inicia con algunas características de la empresa, como el tamaño y la existencia de departamentos de I+D propios y se continúa con las variables correspondientes a las particularidades de los proyectos de I+D+i que recibieron apoyos públicos en la forma de subsidios: existencia de vinculación con universidades y/o centros públicos de investigación, el monto del subsidio y la calidad de la propuesta.

## Cuadro 5

### Las variables independientes y los ítems empleados para su medición

Variable, ítems empleados y su descripción
<p><i>Tamaño de la empresa (Tamaño)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El log. del número de empleados de la empresa</li> </ul>
<p><i>Depto. propio de I+D (Depto I+D)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indica si la empresa informó haber contado con un departamento interno de I+D: 1, en caso afirmativo, 0 si no</li> </ul>
<p><i>Vinculación con universidades y centros de investigación (Vinculación)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indica si la empresa informó haber contado con vinculación para la realización del proyecto: 1, en caso afirmativo, 0 si no</li> </ul>
<p><i>Monto del apoyo (Monto)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El log. de la cantidad en pesos recibida como subsidio</li> </ul>
<p><i>La calidad y potencialidad del proyecto (Calidad del Proyecto)</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 4 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Factibilidad Técnica.</li> <li>- Factibilidad Comercial.</li> <li>- Grupo de trabajo.</li> <li>- RH especializados</li> </ul>
<p><i>Capacidad de Absorción - Adquisición (CapAb-Asimilación)</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 4 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa recolecta información sobre el desarrollo del sector mediante diálogos con socios de negocios</li> <li>- La empresa participa en seminarios y conferencias para actualizar y enriquecer su conocimiento técnico</li> <li>- La empresa asigna tiempo suficiente para el establecimiento de contactos con agentes que provean conocimientos e información sobre innovaciones en el sector</li> <li>- La empresa cuenta con habilidades para establecer contactos con agentes que provean conocimientos e información sobre las innovaciones en el sector</li> </ul> <p>Alfa Conbrach 0.846</p>
<p><i>Capacidad de Absorción - Asimilación</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 6 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa está siempre entre las primeras en reconocer los cambios en las posibilidades técnicas</li> <li>- La empresa está siempre entre las primeras en reconocer los cambios en las regulaciones sanitarias</li> <li>- La empresa está siempre entre las primeras en reconocer los cambios en la competencia del mercado</li> <li>- La empresa tiene habilidades suficientes para la detección de nuevas posibilidades de servicio al cliente</li> <li>- La empresa asigna tiempo suficiente para deliberar con asesores, con el fin de reconocer anticipadamente los cambios en el mercado</li> <li>- La empresa tiene las habilidades suficientes para deliberar con los asesores, sobre cómo los cambios en el mercado se pueden utilizar para realizar cambios organización de la planta</li> </ul> <p>Alfa Conbrach 0.781</p>
<p><i>Capacidad de Absorción - Transformación</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 5 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa registra y almacena conocimientos recién adquiridos para futuras referencias</li> <li>- La empresa reconoce oportunamente la utilidad del nuevo conocimiento externo para ampliar el propio conocimiento interno</li> <li>- En la empresa se discute con asesores externos cómo las tendencias en el mercado podrían ser utilizada para mejorar el negocio</li> <li>- La empresa asigna tiempo suficiente para la traducción de la información externa en adaptaciones al negocio propio</li> <li>- La empresa posee habilidades suficientes para traducir la información externa en adaptaciones a nuestro negocio</li> </ul> <p>Alfa Conbrach 0.754</p>
<p><i>Capacidad de Absorción - Explotación</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 3 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa puede traducir la información externa directamente en nuevas aplicaciones de negocios</li> <li>- La empresa aplica la información externa a nuestro negocio para contribuir a nuestra productividad</li> <li>- La empresa tiene las habilidades suficientes para convertir la información externa en resultados productivos</li> </ul> <p>Alfa Conbrach 0.744</p>
<p><i>Capacidad de Innovación</i></p> <p>Índice calculado a partir de estos 7 ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa tiene capacidad de reconocer y explotar el conocimiento externo en innovaciones</li> <li>- La empresa tiene capacidad de reconocer nuevas oportunidades para generar nuevos negocios redituables</li> <li>- La empresa tiene la capacidad de evaluar y asumir riesgos</li> <li>- La empresa tiene la capacidad de cultivar y explotar las relaciones en red</li> <li>- La empresa tiene la capacidad de generar innovaciones, implementar mejoras en productos existentes y explotar las innovaciones desarrolladas por otras empresas</li> <li>- La empresa tiene la capacidad de implementar cambios de manera rápida</li> <li>- La empresa tiene la capacidad para ganar clientes, expandir sus mercados e incrementar las ventas en negocios ya existentes</li> </ul> <p>Alfa Conbrach 0.939</p>

Fuente: elaboración propia.

En este trabajo, se sigue la conceptualización de la capacidad de absorción ofrecida por Zahra y George (2002), que reconocen cuatro aspectos de la capacidad de absorción: adquisición de conocimiento, asimilación, transformación y explotación. Zahra y George (2002) definen estas dimensiones de la siguiente manera: adquisición se refiere a la capacidad de la empresa para identificar y adquirir conocimiento generado externamente que es crítico para sus operaciones. La asimilación se refiere a las rutinas y procesos de una empresa que le permiten analizar un proceso, interpretar y comprender la información obtenida de fuentes externas. La transformación denota la capacidad de una empresa para desarrollar y refinar las rutinas que facilitan la combinación de los conocimientos existentes y los conocimientos recién adquiridos y asimilados. La explotación es una capacidad de organización que se basa en las rutinas que permiten a una empresa refinar, extender y aprovechar las competencias existentes o crear otras nuevas incorporando conocimiento adquirido y transformado en sus operaciones. Con base en esta conceptualización, se retomaron de varios estudios empíricos las escalas empleadas y validadas por los autores siguientes: Jiménez, Garcís y Molina (2011); Jansen, Van Den Bosch (2005); y Flatten, Engelen, Zahra y Brettel (2011). Los ítems contenidos para esta variable contenidos en el Cuadro 5 fueron medidos en una escala de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo), de acuerdo a cómo consideraron los informantes se encontraba su empresa respecto a las capacidades específicas mencionadas.

En lo que respecta a los ítems para medir la capacidad de innovación de las empresas, este estudio retoma los propuestos por Forsman (2011). En una escala que iba de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo), se les preguntó a las empresas encuestadas cómo consideraría que se encuentra su empresa en cuanto a estar dotada de las capacidades expresadas el Cuadro 5. De acuerdo con Forsman (2011) el primer ítem captura la habilidad de la organización empresarial para reconocer el conocimiento externo relevante, internalizar el nuevo conocimiento externo y explotar el nuevo conocimiento para innovar. El segundo, trata de la capacidad de las empresas para reconocer nuevas oportunidades, dimensionarlas para desarrollar nuevas soluciones y explotarlas para generar nuevos negocios redituables. También incluye reactivos para medir la capacidad de gestión del riesgo de la empresa y su capacidad de establecer y explotar relaciones colaborativas en red. Y, finalmente, la capacidad de innovación se mide mediante la incorporación de otros reactivos que miden la capacidad de la empresa de desarrollar mejoras tecnológicas e innovaciones de producto, la capacidad de implementar cambios de manera rápida y oportuna y que permiten medir el conocimiento que tiene la empresa del mercado y de sus clientes.

### *Procedimientos: análisis de correlación y selección del modelo mediante el criterio AIC*

Con el fin de tener una apreciación inicial del grado de relación entre las variables comprendidas en el estudio se realizó un análisis de correlación. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, que es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. Se procedió después a realizar la selección de un modelo de regresión lineal múltiple, con el fin de estimar la relevancia de las distintas variables como moderadores del efecto de los subsidios. Para este fin se empleó el método conocido como Criterio de Información de Akaike (AIC). El AIC es una medida de la calidad relativa de un modelo estadístico, para un conjunto dado de datos. Como tal, el AIC proporciona un medio para la selección del modelo. El método de selección de variables maneja un trade-off entre la bondad de ajuste del modelo y la complejidad del modelo. Se basa en la entropía de información: se ofrece una estimación relativa de la información perdida cuando se utiliza un modelo determinado para representar el proceso que genera los datos.

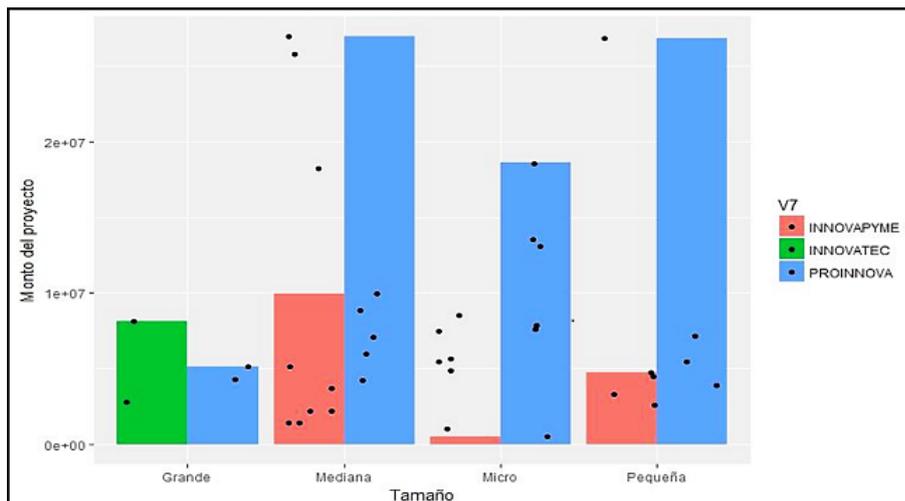
En el caso general, la AIC es:  $AIC=2k-2\ln(L)$

Donde k es el número de parámetros en el modelo estadístico, y L es el máximo valor de la función de verosimilitud para el modelo estimado.

## **Resultados: impacto de los subsidios del PEI en las empresas de Sonora y el papel moderador de distintas variables**

### *Características de la muestra*

Como se ha señalado, la encuesta se aplicó a una muestra de 39 empresas beneficiarias (durante el periodo 2009-2015) del programa PEI en Sonora. En la Gráfica 4 se exhibe la distribución de este conjunto de empresas de acuerdo a su tamaño, destacando que la mayor parte de las mismas corresponde al estrato de las empresas medianas (14 empresas), seguidas de las microempresas, que ascendieron a un total de 12, 8 de la categoría de las pequeñas empresas y sólo 4 consideradas como grandes empresas. Las empresas medianas son las que concentraron la mayor parte de los apoyos otorgados en el periodo, con un monto que ascendió a casi 40 millones de pesos (mdp). En segundo lugar, las pequeñas empresas con un monto acumulado en el periodo de alrededor de 33 mdp; en tercero, las microempresas con un monto de casi 20 mdp y, en último lugar, las empresas de tamaño grande con alrededor de 13 mdp acumulados en el periodo de estudio. Por otro lado, los apoyos fueron canalizados a estas empresas principalmente a través de la modalidad del programa denominada Proinnova con un monto acumulado de casi 80 mdp, muy por encima de la modalidad Innovapyme que concentró sólo alrededor de 15 mdp, y la modalidad Innovatec con un poco más de 8 mdp.

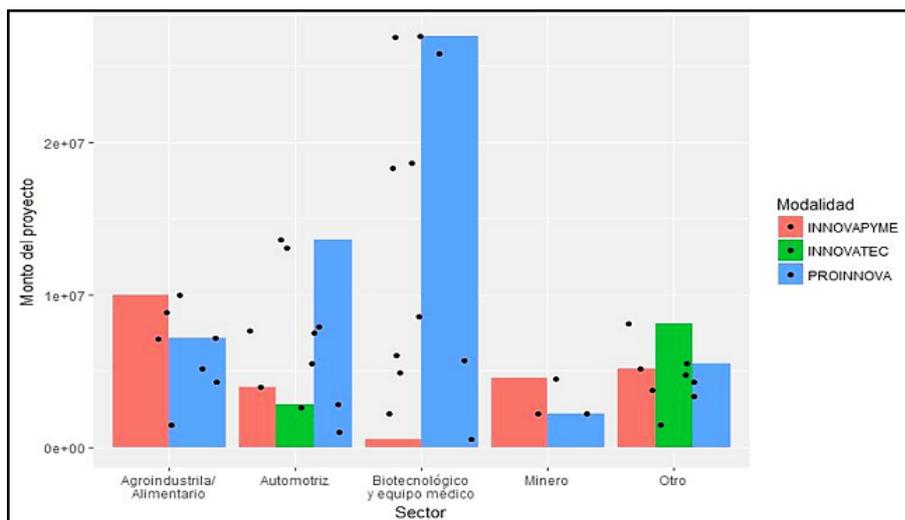


**Gráfica 4**

Distribución de las empresas por tamaño y distribución del monto de apoyo por modalidad del programa PEI y tamaño.

Fuente: elaboración propia.

La Gráfica 5, por otro lado, indica que los sectores de biotecnología y equipo médico han sido los más apoyados por el programa en la entidad, con un apoyo total cercano a los 30 millones de pesos destinados a apoyar a un total de 11 proyectos en este ramo. En segundo lugar, se encuentra el sector automotriz con 10 empresas apoyadas con un total acumulado en el periodo de estudio de aproximadamente 20 millones de pesos. En tercer lugar, está el sector agroindustrial y de alimentos con 7 empresas apoyadas y un monto de más de 17 millones de pesos. El sector minero ocupa la cuarta plaza con 3 empresas apoyadas y un monto de alrededor de 7 millones de pesos. El resto de los apoyos recibidos en el periodo se distribuye entre 8 empresas pertenecientes a sectores diversos.



**Gráfica 5**

Distribución de las empresas por sector y distribución del monto de apoyo por modalidad del programa PEI y sector.

Fuente: elaboración propia.

*Estadística descriptiva: estimaciones del nivel de impacto en base al criterio de adicionalidad*

En la encuesta se pidió, a cada beneficiario, que estimara la tasa de crecimiento anual de sus inversiones en actividades relacionadas con la I+D+i, primero para los años posteriores al subsidio recibido a través del PEI y, en un segundo momento, que estimaran cuál hubiera sido la tasa de crecimiento en ausencia del apoyo. En el Cuadro 6 se presentan las respuestas conteniendo el promedio de las 39 empresas participantes. Los impactos estimados fueron mayores en los casos la inversión en I+D intramuros, en personal dedicado a la I+D, en adquisición de tecnología y en equipos científicos. En todos los casos los informantes reconocieron que en la situación contra-factual las tasas de crecimiento hubieran sido inferiores a la observada realmente con el apoyo, por lo que se obtuvieron impactos netos positivos en cada rubro, tal como se muestra en la última columna del citado cuadro.

**Cuadro 6**

Adicionalidad de input: tasa de crecimiento de la inversión en insumos de la I+D+i (estimación efecto del subsidio vs estimación en ausencia del subsidio)

	T.C. % posterior al subsidio			T.C. % en ausencia del subsidio			Diferencia medias
	Min.	Máx.	Med.	Min.	Max.	Med.	
a) Inversión en equipo y maquinaria.	2.00	30.00	15.58	0.00	20.00	6.08	9.50
b) Inversión en sistemas de TIC y <i>software</i> .	1.00	30.00	13.04	0.00	15.00	4.79	8.25
c) Inversión en herramientas, gestión y entrenamiento.	0.00	40.00	14.83	0.00	35.00	6.92	7.92
d) Inversión de I+D interna	2.00	32.00	17.92	0.00	12.00	5.92	12.00
e) Inversión en I+D externa	0.00	27.00	11.17	0.00	10.00	3.38	7.79
f) Inversión en adquisición de tecnología, patentes y licencias.	0.00	50.00	15.62	0.00	20.00	4.96	10.67
g) Inversión en servicios de consultoría.	0.00	20.00	8.17	0.00	10.00	2.88	5.29
h) No. de personal en I+D.	2.00	31.00	16.92	0.00	15.00	6.42	10.50

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta

De acuerdo a las respuestas proporcionadas por las empresas participantes en la encuesta, los beneficiarios del programa PEI en Sonora perciben que los subsidios a la I+D+i tuvieron un efecto neto positivo sobre la competitividad de la empresa y el desempeño en términos de generación de innovaciones. El Cuadro 7 muestra los resultados de los indicadores usados para medir la adicionalidad de output, medida como

la diferencia de la tasa de crecimiento de cada indicador como efecto del subsidio y la tasa de crecimiento estimada para una situación en la que no se hubiera recibido el apoyo. De acuerdo a estos resultados los efectos netos del programa fueron mayores sobre los niveles de rentabilidad y productividad, seguido de la generación de innovaciones, el nivel de ventas, el número de empleos y, en último lugar, el nivel de exportaciones de la empresa.

**Cuadro 7**

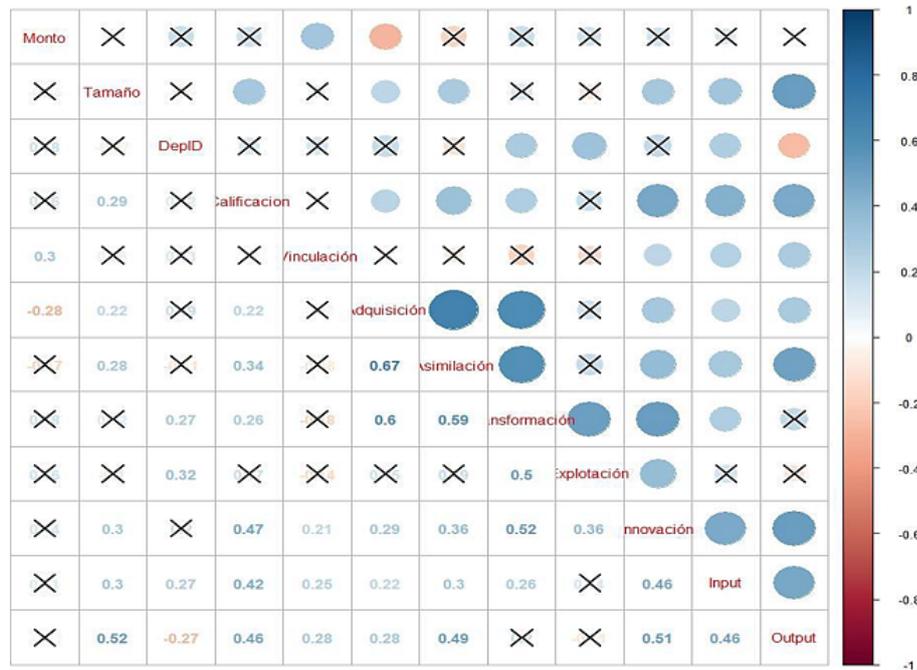
Adicionalidad de output: tasa de crecimiento de indicadores de desempeño (estimación efecto del subsidio vs estimación en ausencia del subsidio)

	T.C. % posterior al subsidio			T.C. % en ausencia del subsidio			Diferencia medias
	Min.	Máx.	Med.	Min.	Max.	Med.	
a) Nivel de ventas.	0.00	30.00	12.00	0.00	15.00	4.54	7.46
b) Nivel de exportaciones.	0.00	40.00	9.25	0.00	15.00	3.83	5.42
c) Nivel de rentabilidad.	1.00	266.00	33.54	0.00	150.00	17.08	16.46
d) Nivel de productividad.	1.00	35.00	13.79	0.00	20.00	5.08	8.71
e) No. de empleos generados.	0.00	25.00	10.67	0.00	14.00	3.62	7.04
f) No. patentes y otras formas de PI solicitadas.	0.00	35.0	13.62	0.00	20.00	5.16	8.46

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta

#### *Análisis de correlación entre las variables*

En la Gráfica 6 se presentan los resultados que permiten analizar la relación lineal entre las variables contempladas para la construcción del modelo predictivo de los niveles de adicionalidad de input y de output en el caso de las empresas beneficiarias del programa PEI del estado de Sonora en el periodo 2009-2015. Se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson para examinar la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables, que en nuestro caso se trata de variables continuas.



**Gráfica 6**  
Matriz de correlación.  
Fuente: elaboración propia.

En esta Gráfica 6, la intensidad del color representa la fuerza de la correlación o el valor del coeficiente de correlación, mismo que puede variar de  $-1$  a  $+1$ . Mientras mayor es el valor absoluto del coeficiente, más fuerte es la relación entre las variables. Para la correlación de Pearson, un valor absoluto de 1 indica una relación lineal perfecta. Una correlación cercana a 0 indica que no existe relación lineal entre las variables. El color en cambio, representa la dirección de la correlación. El color azul representa correlaciones positivas, mientras que el rojo las negativas. Se ha determinado si el coeficiente de correlación es significativo, y en los casos en que la correlación no es estadísticamente significativa se ha empleado una “X” para señalarlos.

Los resultados de este análisis muestran que existe una correlación positiva moderada entre la variable dependiente “adicionalidad de output” y varias de las variables independientes: tamaño de la empresa, calificación del proyecto, capacidad de asimilación del conocimiento, capacidad de innovación de la empresa; y con la otra variable dependiente. Mientras que se observa una correlación positiva baja-moderada con respecto a las variables vinculación y capacidad de adquisición del conocimiento. Solo con la variable existencia de departamento de I+D esta variable tiene una correlación negativa. En el caso de la variable adicionalidad de input, ésta presenta una correlación moderada con respecto a las variables capacidad de innovación y la calificación de la propuesta, mientras que la correlación es positiva, pero menos intensa con respecto a tamaño de la empresa, la existencia de departamento de I +D, vinculación y las distintas dimensiones de la capacidad de absorción del conocimiento con excepción de la capacidad de transformación del

conocimiento. La correlación entre las distintas variables dependientes sólo es moderada alta en unos pocos casos, por ejemplo, entre la capacidad de adquisición y la de asimilación del conocimiento, entre la capacidad de transformación y la de adquisición, entre la capacidad de explotación y la de transformación del conocimiento.

### Los modelos de regresión seleccionados

El Cuadro 8 presenta el resultado del ejercicio realizado para la selección del modelo de regresión múltiple para la adicionalidad de input. Como se ha señalado, este modelo fue seleccionado mediante el criterio de información de Akaike (el lector puede ver el comportamiento del AIC más adelante, en la Gráfica 4). De acuerdo a este procedimiento las variables seleccionadas para explicar la adicionalidad de input fueron las siguientes: existencia en la empresa de un departamento de I+D (Depto. I+D), la calidad del proyecto, la vinculación con universidades o centros de investigación y la capacidad de asimilación del conocimiento (CapAb-Asimilación). El Cuadro 4 resume los principales parámetros del modelo de regresión seleccionado, en el que observamos que la calidad de la propuesta posee el coeficiente de regresión parcial más alto, seguido de la variable vinculación, la capacidad de absorción del conocimiento y la variable relacionada con la existencia de departamento de I+D en las empresas. Se puede observar también que los errores estándar son bajos, lo que indica una buena precisión de la estimación. Los valores de nivel de significancia de los predictores son, máximo, del 10%, lo cual está acorde con el nivel de confianza del 90% que se ha establecido.

**Cuadro 8**

Modelo de regresión lineal múltiple seleccionado para la adicionalidad de input

Variables	$\beta$ estandarizado	$\eta$ estandarizado	t	sig.
Intercepto	-18.745	7.447	-2.517	0.0167*
Depto I+D	2.052	1.340	1.532	0.1349
Calidad del proyecto	2.987	1.410	2.118	0.0416*
Vinculación	2.227	1.317	1.691	0.1001
CapAb - Asimilación	2.182	1.424	1.532	0.1347

Signif. codes: '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos significan *grosso modo* que, en el caso de nuestro estudio, el nivel de adicionalidad de input (el efecto neto de los subsidios sobre los recursos y activos invertidos en actividades relacionadas con la I+D+i) puede ser explicado por los factores incluidos en este modelo resultante. En este caso, dos factores relacionados con las características del proyecto, uno relacionado con las características de la empresa (existencia de un departamento de I+D) y uno relacionado con las capacidades organizacionales de gestión del conocimiento externo: la capacidad de asimilación del conocimiento.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del modelo de regresión de los factores moderadores del impacto de los subsidios, en este caso, el correspondiente a la adicionalidad de output.

**Cuadro 9**

Modelo de regresión lineal múltiple seleccionado para la adicionalidad de output

Variables	$\beta$ estándar	$\sigma$ estándar	t	sig.
<i>Intercepto</i>	-33.0076	7.6564	-4.311	0.000145***
<i>Tamaño</i>	1.1749	0.4917	2.389	0.022941*
<i>Depto. I+D</i>	-3.8254	1.2565	-3.045	0.004634**
<i>Calidad del proyecto</i>	2.5647	1.4108	1.818	0.078457
<i>Vinculación</i>	3.1294	1.2489	2.506	0.017500*
<i>CapAb. - Asimilación</i>	2.7438	1.3802	1.988	0.055422
<i>Cap. Innovación</i>	3.3387	1.7308	1.929	0.062643

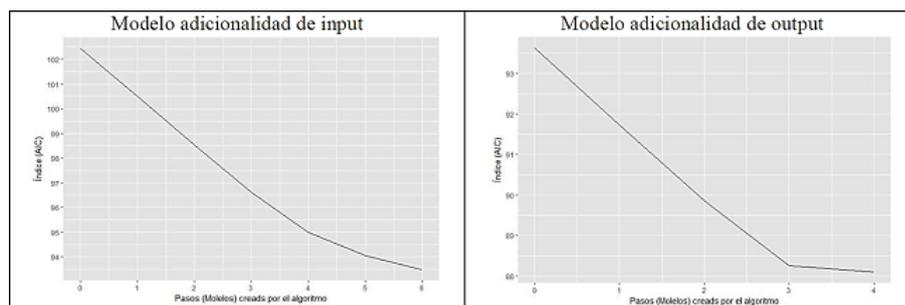
Signif. codes: '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fuente: elaboración propia.

En este caso son más las variables que actúan como moderadores del efecto de los subsidios. De nuevo la existencia de departamento interno de I+D, la vinculación con universidades y centros de investigación, la calidad del proyecto y la dimensión asimilación de la capacidad de absorción del conocimiento tienen un efecto neto sobre los productos derivados del apoyo recibido. Sin embargo, entre el subsidio a la innovación y los resultados contemplados como productos (adicionalidad de output) juegan también un papel moderador del efecto el tamaño de la empresa y la capacidad de innovación.

#### *El procedimiento resultante para la selección del mejor modelo*

La elección de cualquier modelo predictivo más apropiado es un dilema entre exactitud y simplicidad, buscar que el modelo ajuste mejor los datos (mejor representación) y por otro lado que se un modelo menos complejo al utiliza el menor número de variables para explicar el fenómeno. En este orden se eligen el Criterio de Información de Akaike (AIC), como el criterio base para la evaluación del modelo elegido. De acuerdo con Chatterjee y Hadi (2012), AIC busca balancear el conflicto entre exactitud y simplicidad y coinciden con Zamuel y Mount (2014) en la regla de elegir aquel con menor valor en este criterio. Chatterjee y Hadi (2012), también expresan que diferencia menor a dos en este criterio permite tratar dos modelos como estadísticamente iguales, y diferencias marcadas indican también diferencias significativas en la calidad de los modelos (Gráfica 7).



**Gráfica 7**

Comportamiento del Criterio de Información de Akaike (AIC).

Fuente: elaboración propia.

Los supuestos del modelo lineal son validados a través del análisis de residuales, los cuatro supuestos en los que se basa el modelo lineal: linealidad, homoscedasticidad, normalidad e independencia, son evaluados a través de la matriz de gráficos presentados en el Anexo 1. Para ambos modelos la representación visual valida el cumplimiento de cada supuesto

## Discusión de los resultados

La calidad de las propuestas es un factor que se ha utilizado en la literatura sobre el tema como un predictor relevante del nivel de adicionalidad de los subsidios a la I+D (Henningsen, Hægeland y Møen, 2015; Poti y Cerulli, 2011). Henningsen y colaboradores estiman la adicionalidad de los subsidios a la I+D a partir de los datos arrojados por las evaluaciones de las propuestas, encuentran que datos sobre la calidad general de las propuestas, especialmente los beneficios comerciales potenciales y la viabilidad de negocio, pueden predecir el éxito y los resultados de los proyectos financiados con fondos públicos.

El papel de la I+D interna en los modelos resultantes es contradictoria a primera vista. En el caso del modelo de adicionalidad de input, ésta tiene un papel moderador positivo, resultado que es coherente con los hallazgos de otros estudios (Wanzenböck, Scherngell y Fischer 2013; Berchicci, 2013). En el caso del papel moderador negativo de la I+D intramuros en la adicionalidad de output de los subsidios a la I+D+i, los resultados del modelo resultante contrastan con los arrojados por otros estudios. Por ejemplo, Lucena y Afcha (2014) encuentran que el grado de inversión de las empresas en I+D intramuros y los niveles de apertura en su innovación sirven como mecanismos de mediación entre los subsidios de I+D y la innovación empresarial, medida por la solicitud de patente y el número de nuevos productos introducidos al mercado. De igual forma Albors y Barrera (2011) encontraron que la I+D interna tiene un efecto moderador relevante sobre el impacto de los subsidios públicos de I+D en el rendimiento innovador

Los resultados señalan que la vinculación de las empresas beneficiarias con universidades y centros de investigación es un factor mediador positivo de la adicionalidad de input y de output de los subsidios a la

innovación. La revisión de literatura permitió ubicar sólo un antecedente de estudio sobre el papel mediador o moderador de la colaboración con universidades y centros de investigación en el efecto de adicionalidad de los subsidios públicos a la I+D+i. Lee y Wong (2009) en su estudio sobre empresas de Singapur también encontraron que las “colaboraciones innovadoras” juegan un papel mediador positivo entre los apoyos públicos a la innovación empresarial y el desempeño innovador resultante. La colaboración innovadora se define como la participación en proyectos conjuntos de I+D+i y otros proyectos de innovación tecnológica con socios externos como proveedores, competidores, clientes y universidades (Belderbos, Carree y Lokshin, 2004). La colaboración en innovación es un importante factor de apoyo en el proceso de innovación de la empresa porque permite el intercambio de conocimiento tácito a través de interacciones personales cara a cara.

Los resultados muestran también que la dimensión asimilación de la capacidad de absorción del conocimiento es un mediador del efecto de los subsidios públicos sobre la capacidad de innovación de la empresa (adicionalidad de input). La dimensión asimilación de la capacidad de absorción comprende la capacidad de la empresa para analizar, procesar, interpretar, internalizar y clasificar el nuevo conocimiento externo adquirido (Zahra y George, 2002). Estudios anteriores ya habían encontrado que los proyectos de I+D subsidiados tienen un efecto positivo significativo en la I+D interna (adicionalidad de input positiva), pero sólo si las empresas tienen capacidad de absorción, como es el caso del análisis realizado por Veugelers (1997). Sin embargo, en este caso no se descompone dicho factor en las dimensiones propuestas por Zahra y George, por lo que el presente estudio tiene el valor de evaluar el efecto mediador de las distintas dimensiones de la capacidad de absorción, tarea de la que no se tiene referencia en el pasado. La dimensión asimilación de la capacidad de absorción tiene también un efecto moderador positivo en el impacto de los subsidios sobre los resultados de las actividades de I+D+i de las empresas apoyadas (adicionalidad de output). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Escribano, Fosfuri y Tribó (2009), quienes en su estudio argumentan que las empresas con mayores niveles de capacidad de absorción pueden gestionar el conocimiento, fluyendo éste de manera más eficiente y estimulando los resultados innovadores.

Finalmente, el resultado que tiene que ver con el papel moderador de la capacidad de innovación de las empresas en la adicionalidad de output, es congruente con lo sugerido por Lee y Wong (2009) y Wong y He (2003) en torno a que factores endógenos a la empresa como el clima propicio a la innovación y la capacidad tecnológica juegan un papel positivo como moderadores del efecto de las políticas públicas en el desempeño empresarial.

## Conclusiones

Con información proveniente de una encuesta propia aplicada a una muestra de 39 empresas beneficiarias del programa, ubicadas en la ciudad

de Hermosillo, se encuentra evidencia de un efecto de contribución neta entre los subsidios otorgados por el PEI y los recursos de I+D+I de las empresas beneficiarias, por un lado, y los indicadores de desempeño empresarial y desempeño en innovación, por el otro. La información obtenida mediante la encuesta permitió también seleccionar un modelo de regresión lineal múltiple, mediante el criterio de información de Akaike, que incorpora distintos factores que actúan como moderadores del efecto de los subsidios.

Este estudio aporta al tema de las evaluaciones de efectividad/impacto de los programas gubernamentales que estimulan la innovación mediante subsidios, al menos de las siguientes tres formas: 1) su orientación regional, ya que se enfoca en los impactos efectivos del PEI sobre las empresas ubicadas en una región en particular, en este caso Sonora. Hasta ahora es muy escasa la evidencia empírica proveída con respecto a la efectividad de las subvenciones directas de apoyo a la I+D+i en regiones particulares; 2) este estudio “abre brecha” en abordar el tema de los factores moderadores del impacto de los subsidios a la I+D+I en el contexto latinoamericano. Sólo un puñado de autores de países más avanzados se interesaron en años recientes en mostrar el papel que juegan algunos atributos de las empresas (tamaño, historial de apoyos, I+D interna) como moderadores de la eficiencia de los apoyos públicos directos a la innovación empresarial, casi siempre desde la perspectiva de la adicionalidad (Fank, 2007; Aschhoff, 2009; por ejemplo), y también muy pocos han incorporado como moderadores capacidades organizacionales, como el “clima propicio a la innovación” (Wong y He, 2003), la propensión a establecer “relaciones colaborativas innovativas” (Lee y Wong, 2009) o el “comportamiento cooperativo” (Albors y Barrera, 2011); 3) algo que le confiere originalidad a este estudio es el hecho de que, con base en el enfoque de las capacidades dinámicas de la empresa, se incorporan al análisis las competencias y capacidades de las empresas que les permiten crear nuevos productos y procesos y responder oportunamente a las cambiantes condiciones del mercado. En el campo de los estudios de evaluación del impacto de los subsidios a la I+D+i sólo dos estudios han realizado con anterioridad un ejercicio parecido a este (Wong y He, 2003; Lee y Wong, 2009).

El estudio y sus resultados tienen algunas implicaciones de política pública. Institucionalmente, los resultados de la evaluación de impacto cumplen dos objetivos principales: 1) el aprendizaje, destinado a proponer mejoras de diversa índole para futuras políticas, generalmente, estas propuestas están dirigidas a administradores de programas; y 2) la legitimación, dirigida a niveles políticos superiores. Junto con los responsables de la formulación de políticas y los administradores, también los participantes y otras partes interesadas (como, por ejemplo, las asociaciones industriales) pueden interesarse por los resultados de la evaluación. Nuestros resultados en cuanto a los factores moderadores del impacto de los subsidios del PEI, en particular, deben ser de utilidad para seleccionar propuestas o proyectos con el mayor potencial de efectos netos

y magnificar el impacto de acuerdo a las características de las empresas solicitantes y las características de los proyectos.

El estudio tiene algunas limitaciones muy claras: 1) el tamaño de la muestra es muy reducido, lo que tiene implicaciones sobre el nivel de generalización de los hallazgos. La muestra sólo resultó suficiente para un nivel de confianza no óptimo y un considerable margen de error; 2) la calidad de los datos es cuestionable, puesto que se recurrió a información subjetiva en gran medida y sujeta a la percepción personal de los informantes. A pesar del esmero en cuidar la objetividad de los empresarios, es inevitable de las respuestas estén sujetas a sesgos o tendencias de acuerdo al interés de los participantes. Existen dos aspectos que tienen implicaciones importantes sobre la calidad de los datos empleados en este estudio: a) el limitado desarrollo de sistemas de estadísticas e indicadores confiables sobre las actividades de I+D+i desarrolladas por las empresas mexicanas dificulta enormemente la realización de investigaciones de corte empírico, y esta dificultad se agudiza en las regiones; b) aunado a ello, los agentes económicos y sociales carecen de una cultura de apertura y transparencia, mostrándose reticentes a compartir información de corte empresarial. Esta última condición se expresó en el caso de nuestro estudio en tasas de respuesta muy bajas durante la realización de la encuesta.

En concordancia, se sugieren las siguientes vertientes de interés para el desarrollo futuro de esta línea de investigación: a) incorporar al análisis otras capacidades dinámicas de las empresas, como la capacidad de adaptación a los mercados dinámicos y la capacidad de aprendizaje tecnológico, que no fueron contempladas en este análisis; b) resultaría interesante ampliar el modelo de análisis hacia uno de carácter más contingente, que tome en cuenta los factores contextuales como la influencia de los sistemas nacionales y regionales de innovación y la intensidad tecnológica y de competencia de los sectores económicos; c) retomar en futuras investigaciones el tema de la adicionalidad de comportamiento, que en este estudio no fue posible medir y operacionalizar, puesto que es un fenómeno de corte más cualitativo, consistente en la alteración de las rutinas y prácticas organizacionales; d) sería también interesante probar el modelo obtenido en otras entidades del país con el fin de hacer análisis comparativos entre regiones del país.

## Bibliografía

- Aboody, D. y Lev, B. (2000). Information asymmetry, R&D, and insider gains. *The Journal of Finance*, 55(6), 2747-2766.
- Acs, Z. J. y Audretsch, D. B. (1988). Innovation in large and small firms: A empirical analysis. *American Economic Review*, 78, 678-690.
- Albors G. J. y Barrera, R. R. (2011). Impact of public funding on a firm's innovation performance: Analysis of internal and external moderating factors. *International Journal of innovation management*, 15(06), 1297-1322.

- Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 609-626). Princeton University Press.
- Aschhoff, B. (2009): The effect of subsidies on R&D investment and success: do subsidy history and size matter?, *ZEW Discussion Papers*, No. 09-032. Mannheim.
- Baron R.M. y Kenny D.A. (1986). The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173 - 1182
- Becker, L. (2015). Effectiveness of public innovation support in Europe: Does public support foster turnover, employment and labour productivity?, *Discussion Papers*, Center for European Governance and Economic Development Research, No. 236,
- Belderbos, R., Carree, M. y Lokshin, B. (2004). Cooperative R&D and firm performance. *Research Policy* 33(10): 1477-1492.
- Berchicci, L. (2013). Toward an open R&D system: internal R&D investment, external knowledge acquisition and innovative performance. *Research Policy* 42 (1), 117-127
- Biemans, W. (2018). *Managing innovation within networks*. Routledge.
- Bizan, O. (2003). The determinants of success of R&D projects: Evidence from American Israeli Research alliances. *Research Policy*, 32, 1619-1640.
- Breschi, S., Malerba, F. y Orsenigo, L. (2000). "Technological regimes and schumpeterian patterns of innovation". *The Economic Journal*, 110, 388-410.
- Buisseret, T. J., Cameron, H. y Georghiou, L. (1995). What difference does it make? Additionality in the public support of R&D in large firms. *International Journal of Technology Management*, 10(4-6), 587-600.
- Busom, I. (2000). An empirical evaluation of the effects of R&D subsidies, *Economics of Innovation and New Technology* 9(2), 111-148.
- Calderón, A. (2011). Evaluación de los programas INNOVATEC, INNOVAPYME Y PROINNOVA de apoyos a la innovación empresarial durante 2009. mimeo.
- Cerulli, G. y Poti, B. (2012). Designing ex-post assessment of corporate RDI policies: conceptualisation, indicators and modelling. *World Review of Science, Technology and Sustainable Development*, 9(2-4), 96-123.
- Chatterjee S. y Hadi A.S. (2012). *Regression Analysis By Example*, Fifth Edition, Wiley. USA.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press.
- Clarysse, B., Wright, M. y Mustar, P. (2009). Behavioural additionality of R&D subsidies: a learning perspective. *Research Policy* 38, 1517-1533.
- Cohen, W. M. y Levinthal, D. A. (2000). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. In *Strategic Learning in a Knowledge economy* (pp. 39-67).
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2012). Evaluación de consistencia y resultados 2011-2012. México

- Correa, P., Andres, L. y Borja V.C. (2013). The impact of government support on firm R&D investments: a meta-analysis. *Policy Research Working Paper*, No. WPS6532, Washington, DC: World Bank.
- Cunningham, P., Gök, A. y Laredo, P. (2013). The impact of direct support to R&D and innovation in firms. *Nesta, Working Paper* No. 13/03.
- Czarnitzki, D. y Hottenrott, H. (2011). R&D investment and financing constraints of small and medium-sized firms. *Small Business Economics*, 36(1), 65-83.
- Danneels, E. (2002). The dynamics of product innovation and firm competencies. *Strategic Management Journal* 23 (12), 1095-1121.
- David, P., Hall, B., and Toole, A. (2000). Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence, *Research Policy*, Volume 29, Issues 4-5, pp. 497-529.
- Edquist, C. (2005). "Systems of innovation, perspectives and challenges". In: Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R. (Eds.). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, Oxford, pp. 181-208.
- EPEC - European Policy Evaluation Consortium (2005) *Study on the Use of Evaluation Results in the Commission*, May, Final report Dossier n.1: Synthesis, Brussels.
- Escribano, A., Fosfuri, A., y Tribó, J. A. (2009). Managing external knowledge flows: The moderating role of absorptive capacity. *Research Policy*, 38(1), 96-105.
- European Commission (2006). *Smart Innovation: A Practical Guide to Evaluating Innovation Programmes*, January, EC, Brussels-Luxembourg.
- Falk, R. (2007). Measuring the effects of public support schemes on firms' innovation activities: Survey evidence from Austria. *Research Policy* 36 (5), 665-679.
- Flatten, T.C., Engelen, A., Zahra, S. y Brettel, M. (2011). A measure of Absorptive capacity: Scale development and validation. *European Management Journal*, 29(2), 98-116.
- Forsman, H. y Annala, U. (2011). Small enterprises as innovators: shift from a low performer to a high performer. *International Journal of Technology Management*, 56(2/3/4), 154-171.
- García-Quevedo, J. (2004). Do Public Subsidies Complement Business R&D? A Meta-Analysis of the Econometric Evidence. *KYKLOS*, Vol. 57. Fasc. 1, 87-102
- Georghiou, L. (2002). Additionality and impact of R&D subsidies. *IWT Studies* 40, 57-64.
- Georghiou, L. y Roessner, D. (2000). Evaluating technology programs: tools and methods. *Research Policy* 29, 657-678.
- Guellec, D. y Van Pottelsberghe, B. (2000) The impact of public expenditure on business R&D. *STI Working Papers 2000/4*, OECD, Paris.
- Hakansson, H. (Ed.). (2015). *Industrial Technological Development* (Routledge Revivals): A Network Approach. Routledge.
- Hall, B. (2002). The financing of research and development. *Oxford Review of Economic Policy*, 18(1), 35-51.
- Hall, B. H. y Maffioli, A. (2008). Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: evidence from Latin America. *The European Journal of Development Research*, 20(2), 172-198.

- Henningsen, M. S., Hægeland, T. y Møen, J. (2015). Estimating the additionality of R&D subsidies using proposal evaluation data to control for research intentions. *The Journal of Technology Transfer*, 40(2), 227-251.
- Hernández E.M. y Delgado B.E. (2009). Product innovation in small manufacturers, market orientation and the industry's five competitive forces: empirical evidence from Spain. *European Journal of Innovation Management* 12 (4), 470-491.
- Herrmann, A., Gassmann, O. y Eisert, U. (2007). An empirical study of the antecedents for radical product innovations and capabilities for transformation. *Journal of Engineering and Technology Management* 24 (1-2), 92-120.
- Hsu, F., Horng F. y Hsueh, C. (2009). The effect of governmentsponsored R&D programmes on additionality in recipient firms in Taiwan. *Technovation* 29 (3), 204-217.
- Jansen, J., Van Den Bosch, F. y Volberda, H. (2005). Managing potential and realized absorptive capacity: how do organizational antecedents matter? *Academy of management journal*, 48(6), 999-1015.
- Jiménez B.M., García M.V. y Molina, L. M. (2011). Validation of an instrument to measure absorptive capacity. *Technovation* 31 (5/6), 190-202
- Kostopoulos, K., Papalexandris, A., Papachroni, M. y Ioannou, G. (2011). Absorptive capacity, innovation, and financial performance. *Journal of Business Research*, 64(12), 1335-1343.
- Lee, L. y Wong, P. K. (2009). Firms' Innovative Performance: The Mediating Role of Innovative Collaborations. *MPRA Paper* No. 16193
- Lucena, A. y Afcha, S. (2013). Public support for R&D, knowledge sourcing and firm innovation: Examining a mediated model with evidence from the manufacturing industries.
- Medina-Rivera, R., y Villegas-Valladares, E. (2016). Financiamiento de la ciencia, la tecnología y la Innovación en las regiones de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 20(38).
- Moctezuma, P., López, S., y Mungaray, A. (2017). Innovación y desarrollo: programa de estímulos a la innovación regional en México. *Problemas del desarrollo*, 48(191), 133-159.
- Núñez M.A., Perez H.P., Sánchez A.A., y Martínez, M.G. (2015). Are Government Incentives Driving and Intensifying the Firms Innovation Capabilities in Mexico? *The Triple Helix Association Magazine*; Volume 4 Issue 3, september 2015; pp. 15-22
- Pastor P.M., Rodríguez G.P y Ramos Á. A. (2017). Efectos del financiamiento público a la innovación: perspectiva microeconómica a partir de un estudio en pequeñas empresas. *Región y sociedad*, 29(70), 203-229.
- Petrin, T. (2018). A Literature Review on the Impact and Effectiveness of Government Support for R&D and Innovation. *ISIGrowth Working Paper* 5/2018 February.
- Poti, B. y Cerulli, G. (2011). Evaluation of firm R&D and innovation support: new indicators and the ex-ante prediction of ex-post additionality. *Research Evaluation*, 20(1), 19-29.
- Radas, S., Anić, I. D., Tafro, A. y Wagner, V. (2015). The effects of public support schemes on small and medium enterprises. *Technovation*, 38, 15-30.

Solís-Lima, A. S., Ovando-Chico, M. C., Olivera- Pérez, E., y Rodríguez-Lozada, M. Á. (2018). Evaluación del impacto de la política pública “Programa de Estímulos a la Innovación” en el contexto de la propiedad industrial en México. *European Scientific Journal*, ESJ, 14(4).

Teece, D. J. (2014). The foundations of enterprise performance: Dynamic and ordinary capabilities in an (economic) theory of firms. *The Academy of Management Perspectives*, 28(4), 328-352.

Unger, K. (2014). La nueva política de innovación y competitividad Sectores, entidades y empresas líderes. Documento de Trabajo E-586, CIDE.

Veugelers, R. (1997). Internal R & D expenditures and external technology sourcing. *Research Policy*, 26(3), 303-315.

Wanzenböck, I., Scherngell, T. y Fischer, M. (2013). How do firm characteristics affect behavioural additionalities of public R&D subsidies? *Technovation*, 33(2-3), 66-77.

Wong, P.K. y He, Z. L. (2003). The moderating effect of a firm's internal climate for innovation on the impact of public R&D support programmes. *Int. Jour. of Entrep. and Innov. Manag.*, 3(5-6), 525-545.

WWCLEG -What Works Centre for Local Economic Growth (2015). Innovation: Grants, Subsidies and Loans. *Evidence Review* 9, GB, London.

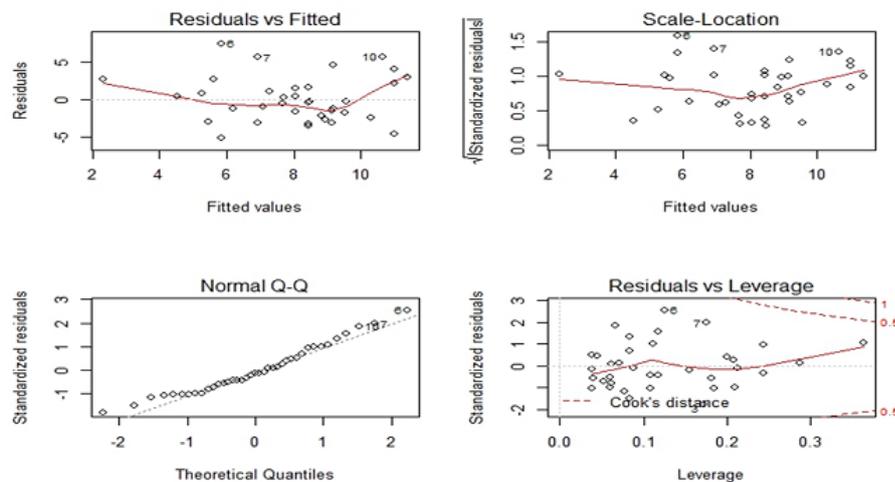
Zahra, S. y George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy Of Management Review*, 27(2), 185-203.

Zamuel, N. y Mount J. (2014). *Practical Data Science with R*, Manning Puvlication Co, NY, USA

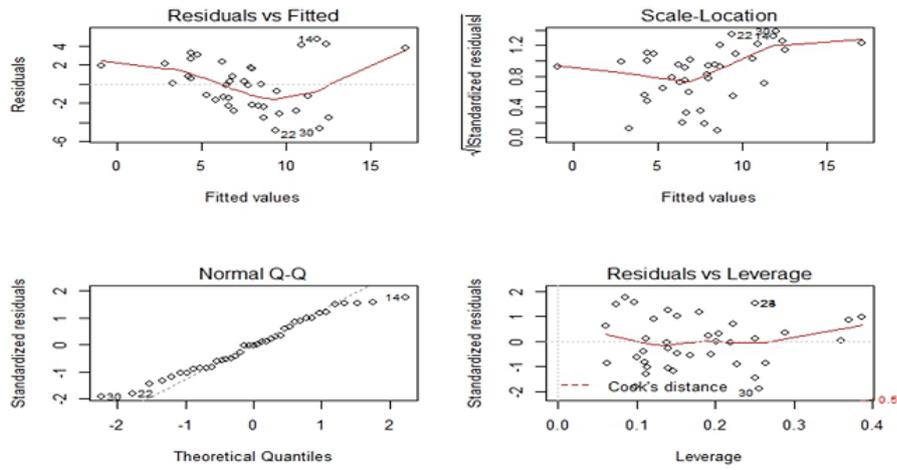
Zhong, R. I. (2018). Transparency and firm innovation. *Journal of Accounting and Economics*.

Zúñiga, V. J. A., Alonso B.C., Forcadell, F., y Galan, J.I. (2014). Assessing the Effect of Public Subsidies on Firm and R&D Investment: A Survey. *Journal of Economic Surveys*, Vol. 28, No. 1, pp. 36-67.

### Anexo 1 Análisis de residuales



Modelo Input



Modelo output

## Notas de autor

a

Autor para correspondencia. Dirección: jleon@ciad.mx