

IMPACTO Y ADICIONALIDAD DE LOS SUBSIDIOS PÚBLICOS A LA I+D+I PRIVADA. UN ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LOS APOYOS DEL PEI EN SONORA

Cristóbal Dávila Borbón¹

Jorge Inés León Balderrama²

Juan Martín Preciado Rodríguez³

RESUMEN

En México toman relevancia las subvenciones públicas directas como instrumento de apoyo a la innovación empresarial, a partir del año 2009, al iniciar entonces el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI). Aunque ha pasado casi una década desde que se introdujeron los primeros subsidios de este tipo, existe muy poca evidencia empírica convincente y confiable sobre sus impactos y efectividad. Este estudio tiene como objetivo llenar dos vacíos de investigación relacionados con este tema. En primer lugar, analizar el impacto de los apoyos públicos directos (subsidios) otorgados a las empresas sonorenses en el marco del Programa de Estímulos a la Innovación bajo el enfoque de la adicionalidad, analizando no solo el efecto sobre los recursos que las empresas destinan a la innovación (adicionalidad de input) sino también los efectos sobre los indicadores de competitividad y desempeño empresarial. En segundo lugar, examinar los efectos mediadores de diversos factores entre los subsidios públicos y los tipos de adicionalidad señalados, mediante la construcción de un modelo que permita evaluar el peso predictivo de aspectos relacionados con las características de las empresas y los relacionados con las características del proyecto.

Para el primer propósito el documento considera dos niveles de impacto potencial: la adicionalidad de input y la adicionalidad de output. Con información proveniente de una encuesta propia aplicada a una muestra de 39 empresas beneficiarias del programa ubicadas en la ciudad de Hermosillo, encontramos 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 diseñar un modelo de regresión lineal múltiple, mediante el criterio de información de Akaike, que incorpora distintos factores que actúan como mediadores del efecto de los subsidios sobre los indicadores de adicionalidad considerados.

Palabras Clave: Subsidio a I+D, Adicionalidad, Sonora.

¹ Mtro. En Educación; Estudiante del Doctorado en Desarrollo Regional del CIAD, AC.; e-mail: cristobal.davila@estudiantes.ciad.mx

² Dr. En Ciencias Sociales; Investigador titular en el CIAD, AC.: e-mail: jleon@ciad.mx

³ Dr. En Ingeniería ; Investigador asociado en el CIAD, AC.; e-mail: mpreciado@ciad.mx

Introducción

La innovación se considera como la base del crecimiento económico sostenido y una prioridad para los gobiernos en los países desarrollados (Moyeda y Arteaga, 2016; Dutrénit, 2010; OCDE/FCCYT, 2012) ya que entre sus ventajas están: a) posibilidad de desarrollar capacidades científicas, tecnológicas y de innovación; b) promueve el dinamismo y competitividad de una economía, lo que redundaría en productos de valor agregado y mayor interacción entre los agentes del sistema de innovación; c) sus resultados o productos se expresan en términos de servicios, bienes nuevos o mejora de procesos que se registran en el producto interno bruto (PIB). Tales ventajas parecen evidentes de desarrollar, pero existe un largo trecho entre todas las etapas de un proceso de innovación, que van desde la primera idea hasta la comercialización de un nuevo o mejorado producto, proceso o servicio. A pesar de estas limitantes, los procesos de innovación se necesitan para el crecimiento económico de cualquier país.

En este esfuerzo, los países de América Latina han desarrollado una serie de políticas y programas para impulsar la ciencia y la tecnología (CT), mediante inversiones en investigación, desarrollo tecnológico e innovación (IDTI). Con estas inversiones, se estaría en posibilidad de que las actividades en innovación se capitalicen al introducir nuevos o mejorados productos y servicios; eficientar los procesos, mejorar la estructura organizacional e incrementar sus activos intangibles, tales como patentes, licencias, *know-how*, sus marcas e imagen ante los clientes (OCDE, 2012). Entre las diversas herramientas e instrumentos existentes (OCDE, 2010), los estímulos fiscales y los subsidios a la I+D son los que se han implementado con mayor alcance en México. Para su comprensión, hemos de contextualizar que ambos programas han operado en distintos momentos y bajo dos programas principales de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt): Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT) 2001-2006⁴ y el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) 2008-2012. En éste último, a partir del año 2009 y hasta el momento, se instrumenta el PEI que tiene como objetivos: el incrementar la competitividad de las empresas, la creación empleos de calidad, la protección de propiedad intelectual, formación de recursos humanos de alta especialidad y la integración de redes de innovación y alianzas estratégicas.

Ante este panorama, el presente documento busca evaluar el impacto del programa PEI calculando el efecto neto de la adicionalidad, así como los factores mediadores de tal efecto. Para lograr tal objetivo se muestra en el primer apartado la racionalidad que existe detrás del apoyo a la I+D, considerando algunas características principales, así como su importancia para desarrollar diversas capacidades. Seguido se describen las ventajas del enfoque de adicionalidad y su clasificación, considerándolo como un medio de evaluación entre muchas otras propuestas para evaluar el impacto de programas de CT.

Posteriormente se señalan algunos estudios previos, así como los avances con este enfoque a nivel internacional y nacional, observando que no existen estudios enfocados regionalmente con la metodología propuesta en este estudio. También se describen algunos retos y problemas encontrados para la medición de la adicionalidad. Como tercer apartado se muestran los moderadores de la variabilidad; es decir las características de la empresa, las características del proyecto y las capacidades organizacionales. Cada dimensión cuenta con indicadores respectivos para explicar el efecto de la adicionalidad. Posteriormente se describe el procedimiento metodológico, los elementos la encuesta diseñada, la medición de las variables dependientes e independientes. También se analizan los resultados mediante una correlación de Pearson y una regresión lineal múltiple para determinar los factores que actúan como mediadores o modeladores de la adicionalidad. Por último, se presenta la

⁴ Este programa introdujo en sus documentos la reflexión de la palabra *innovación* dentro de los procesos de la ciencia y tecnología.

discusión de los resultados y las conclusiones en relación con los objetivos planteados y algunas aportaciones para futuras líneas de investigación.

1. 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 reside en algunas características especiales de las actividades de I+D+i en general.

- a) Las actividades de I+D se caracterizan por la baja apropiabilidad de sus resultados. Esto es especialmente cierto mientras más lejos de la comercialización se encuentren las actividades de I+D. Esto ocurre porque las empresas que no participan directamente en los esfuerzos de I+D pueden acceder de forma fácil y gratuita a los beneficios asociados con ella. Al tiempo que los estudios sobre el tema han constatado la existencia de externalidades positivas de las actividades de I+D (knowledge spillovers) se ha demostrado también que los retornos privados de las empresas que realizan tales actividades son generalmente inferiores a los rendimientos sociales que estas pueden proveer, y el papel que juega la intervención del gobierno consiste en pretender reducir esta distancia (Arrow, 1962).
- b) Las ganancias empresariales derivadas de la inversión en I+D se caracterizan por su alta incertidumbre, que se intensifica por las asimetrías de información existentes entre quienes demandan fondos para la I+D y quienes los proveen (Aboody & Lev, 2000; Czarnitzki & Hottenrott, 2011). Estas asimetrías generan imperfecciones en el mercado de capitales, cuyo efecto general 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.
- c) La I+D 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 se dedica esencialmente a los salarios de los investigadores; el conocimiento es tácito y está “atado” a los investigadores, quienes pueden abandonar las empresas en cualquier momento.
- d) Finalmente, la I+D+i es una actividad que no se puede abandonar en etapas intermedias, lo que produce costos irrecuperables muy importantes que las empresas deben tener en cuenta cuando deciden el alcance de su compromiso de I+D. En estas 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 como reguladores externos.

2. El enfoque de la adicionalidad para evaluar el impacto de los apoyos públicos a la I+D+i privada

Para la evaluación de impacto existe innumerable literatura al respecto, y la mayoría está centrada en metodología econométrica y de corte cuantitativo. A pesar de ello, se ha observado el uso de herramientas cualitativas que permiten profundizar en la evaluación de elementos que conforman la dinámica del crecimiento para la ciencia, tecnología e innovación (CTI). Entre la metodología se encuentra el análisis de costo beneficio, benchmarking, bibliometría, estudios econométricos y la metodología del marco lógico (OCDE, 2010); así como también diversos manuales con una serie de indicadores para medir la innovación, tales como el manual de Oslo y Frascati. Uno de lo más cercanos

para medir la adicionalidad sería el estudio *contra-factual*, que persigue la comparación de un *grupo ex ante* y un grupo *ex post* para realizar comparaciones en el tiempo en búsqueda de diferencias.

Hasta el momento, el enfoque de adicionalidad ha sido aplicado usando distintos indicadores tal como el desempeño innovador, la importancia del tamaño de la empresa y la I+D interna, entre otros. La revisión de literatura sugiere entonces que en México y a nivel regional-local existe un vacío acerca de la identificación de las capacidades del nuevo tipo, las denominadas capacidades de absorción del conocimiento, así como de las capacidades de innovación. La importancia entonces, radica en ampliar los estudios que tomen en cuenta esas capacidades y las potencialidades que pueden identificarse y desarrollarse a favor de la IDTI.

Respecto de la adicionalidad se comenta su correspondencia con una perspectiva neoclásica, ya que busca atender las fallas del mercado, justificando la intervención del gobierno a través de financiamientos para la CTI. En concordancia, la adicionalidad se puede sintetizar como los efectos netos que no hubieran ocurrido en la ausencia de la intervención pública (Antonioli & Marzucchi, 2010) y su construcción tiene sus orígenes en algunos estudios de la década de los noventa, como el estudio de Buisseret et al. (1995) que buscó evaluar la adicionalidad existente de las empresas grandes, gracias al apoyo gubernamental. Posteriormente Georghiou (2002) argumenta que la adicionalidad es la proporción de salidas o resultados bajo los procesos de investigación y desarrollo que son apoyados por financiamientos públicos; esperando que no exista el llamado desplazamiento o *crowding out* de los recursos.

En tal dinámica, se generó el concepto de adicionalidad de *input*, consistente en evaluar el incremento del gasto en I+D+i empresarial como consecuencia de la obtención de la ayuda; lo que implica asumir en cierta forma que, un mayor gasto en I+D+i genera como efecto un aumento en la capacidad innovadora de los agentes económicos (Afcha, 2011). En línea con establecer los resultantes del financiamiento público, se acuña el término y enfoque de adicionalidad de *outputs* para estimar la efectividad de la empresa que recibe la ayuda para crear innovaciones. La crítica más frecuente al respecto, recae en la dificultad de identificar el producto resultante del proceso de innovación, y su correspondencia directa con las actividades de I+D+i realizadas (Georghiou, 2004). No existe entonces, una clara linealidad en el tiempo para establecer las causas de la adicionalidad, debido exclusivamente a los *outputs*.

Por otra parte, luego de innumerables trabajos sobre adicionalidad de *inputs* y de *outputs*, el enfoque de *behavior* presenta una clara diferencia con los dos anteriores, ya que no se enfoca en medir la adicionalidad de forma cuantitativa y según Georghiou (2002), podría ser el tipo de adicionalidad más confiable para su análisis, ya que mide los efectos más duraderos sobre las empresas. Tal enfoque se presenta como una perspectiva evolucionista que fija su atención en el proceso de aprendizaje generado a raíz de la acción gubernamental y en los cambios que afectan a los agentes en sí mismos; y más exactamente, en la forma en que estos tienen lugar para identificar la evidencia cualitativa generada a partir de los procesos y actividades de innovación.

3. Estudios previos sobre el impacto y adicionalidad de los subsidios a la innovación

Los estudios encontrados sobre adicionalidad varían en sus aplicaciones y responden a cortes econométricos (Falk, 2007; Autio et al., 2008), dejando por un lado el impacto social; lo que provoca no reconocer los indicadores sobre *behaviors*, ya que se concentran en indicadores cuantitativos.

Entre los primeros acercamientos sobre adicionalidad, Georghiou (2002) comenta que el concepto se refiere a la proporción de salidas o resultados bajo los procesos de investigación y desarrollo que son apoyados por financiamientos públicos. Así mismo, el autor señala que no solo hay resultados de *input* y

output, sino también de *behavior*; que es un efecto que toma lugar entre los compañeros de trabajo, mientras realizan sus labores en las cuales aprenden mutuamente a partir de las interacciones generadas como efectos de las acciones de I+D.

En el Reino Unido Clarysse et al. (2009) analizaron determinantes de la adicionalidad de comportamiento mediante una encuesta telefónica a 192 beneficiarias de fondos de investigación y desarrollo, utilizando estadística descriptiva y el método de Heckman. Concluyeron que el aprendizaje organizacional e interorganizacional aumenta la adicionalidad de comportamiento. En otro estudio internacional, Wanzenbock (2013) utilizó un modelo de regresión binario y buscó estimar cómo las características de la empresa influyen la adicionalidad de comportamiento. Como conclusión sostiene que la adicionalidad de los proyectos de I+D subsidiados aumenta con un mayor nivel de capacidades de I + D, es decir, la probabilidad de concretizar la adicionalidad es mayor en empresas intensivas y experimentadas de I + D.

En América Latina tenemos un estudio de Hall y Mafioli (2008) quienes evaluaron el impacto del financiamiento del desarrollo tecnológico, utilizando econometría cuasiexperimental mediante encuestas y registros administrativos de las empresas. Comentan como resultados que no hubo sustitución del financiamiento y sí hubo incidencia positiva en actividades de I+D. También infieren cambios hacia una actitud más proactiva de las empresas hacia actividades innovadoras.

Entre otros estudios relacionados con la adicionalidad de *behavior*, Knockaert et al. (2014) midieron las capacidades cognitivas de adicionalidad a partir de redes organizacionales de aprendizaje, con el objetivo de analizar las condiciones bajo las cuales los intermediarios de tecnología contribuyen al conocimiento y redes de insumo. Como conclusión comentan que hay una relación positiva entre capacidades de absorción y la competencia de adicionalidad generada mediante las empresas tecnológicas intermediarias.

Entre uno de los estudios mayormente consultados en México, se encuentra el de Calderón (2011) que evaluó el impacto de adicionalidad del programa PEI mediante el método matching combinado con diferencia en diferencias, determinado que existe un impacto de adicionalidad positivo atribuible a la implementación del programa; sin embargo, no mejoró la probabilidad de que la empresa patente. En otro estudio para observar la adicionalidad del mismo programa PEI, Pastor et al. (2015) aportaron evidencia sobre la adicionalidad en las empresas beneficiarias a través de un cuestionario con preguntas de opción múltiple; como resultados comentaron que hay indicios de adicionalidad de insumos en el 50% de las empresas y el 20% de la muestra solicitó derechos de propiedad industrial.

Como los anteriores ejemplos, el cúmulo de investigaciones empíricas sobre adicionalidad para evaluar políticas públicas sobre CT, es innumerable y vasto en la diversidad de los indicadores que se miden; sin embargo, las limitantes continúan respecto de identificar los factores que precisamente, adicionan con algún efecto. En contraste, el objetivo del presente estudio es identificar dichos factores.

4. Factores que influyen o median el efecto de los subsidios a la innovación

La mayoría de los estudios existentes sobre el tema de la adicionalidad de las apoyos directos a la I+D+i en la forma de subsidios 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 aborta el tema de las fuentes de la heterogeneidad o disparidad de la intensidad de los efectos netos de los subsidios las actividades privadas de I+D+i. 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).

4.1 El efecto de las características de la empresa sobre el nivel de adicionalidad

a) *El tamaño de la empresa.* La influencia del tamaño de la empresa en el rendimiento de los proyectos de I+D+i es un tema sujeto aún a debate. Bizan (2003) sostiene que el tamaño de la empresa influye en la probabilidad de éxito técnico y la duración de la comercialización de los proyectos de colaboración en I+D apoyados por el gobierno. Adicionalmente, Buisseret et al. (1995) argumentan que las empresas más grandes pueden tener un desempeño de proyectos de I+D+i apoyados con fondos públicos más alto, como resultado de tener más recursos y una mayor tolerancia a las pérdidas potenciales que las empresas más pequeñas. Los estudios anteriores sugieren, por lo tanto, que las empresas más grandes pueden tener un rendimiento superior de innovación en proyectos subsidiados en comparación con las empresas más pequeñas. Un tamaño grande de la empresa influye positivamente en el rendimiento de la innovación. Al mismo tiempo, 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 (Vossen y Nooteboom, 1996). Desde esta perspectiva, las pymes fuertemente involucradas en actividades de I+D tienden a ser más innovadoras que las grandes empresas y exhibir por lo tanto, un mejor desempeño y rendimiento en proyectos financiados con subsidios públicos. 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.

b) *Capacidades de I+D.* Es ampliamente aceptado que el desempeño innovador de una empresa está estrechamente relacionado con sus capacidades internas de I+D, las que a su vez, dependen de la intensidad de I+D 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 más comunes son, por ejemplo, los gastos de I+D de la empresa, el personal de I+D, la existencia de un departamento formal de I+D en la empresa o la regularidad de sus actividades de I+D (Galende y de la Fuente, 2003). Estos factores suelen estar correlacionados y aparecen simultáneamente en la mayoría de las empresas. Autores como Wanzenbock (2013) sostiene que la adicionalidad de los proyectos de I+D subsidiados aumenta con un mayor nivel de capacidades de I+D, es decir, la probabilidad de concretizar la adicionalidad es mayor en empresas intensivas y experimentadas de I+D.

c) *Historial de subsidios.* Entre las principales contribuciones que abordan el tema de los antecedentes como receptores de subsidios de las empresas, cabe mencionar a Aschhoff (2009) y González y Pazó (2008). La evidencia proveída 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 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 complementaridad y desplazamiento. 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 de aplicación y mejores oportunidades y por lo tanto, sus probabilidades relativas de aplicar más a menudo aumentan. Además, se espera que sus aplicaciones se adapten mejor al criterio de subsidio, lo que aumenta sus probabilidades de recibir una subvención. Por lo tanto, esperaríamos que los proyectos de empresas financiadas con anterioridad fueran seleccionados con mayor frecuencia.

4.2 El efecto de las características del proyecto sobre el nivel de adicionalidad

a) *Vinculación*. El papel de las fuentes externas de conocimiento. 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 et al., 2000; Edquist, 2005). De forma similar los teóricos de las redes de innovación (Hakansson, 2015) 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 en establecer relaciones con los agentes externos. 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.

b) *El monto del subsidio*. 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.

4.3 El efecto de las capacidades organizacionales

a) El papel de la *capacidad de Absorción*. Algunos analistas más recientemente 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 las empresa que los reciben (Radas et al., 2015). De acuerdo con algunos enfoques de los estudios organizacionales 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 (Nieves y Haller, 2014). 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 et al., 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 et al., 2015).

b) El efecto de la *Capacidad de Innovación*. 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

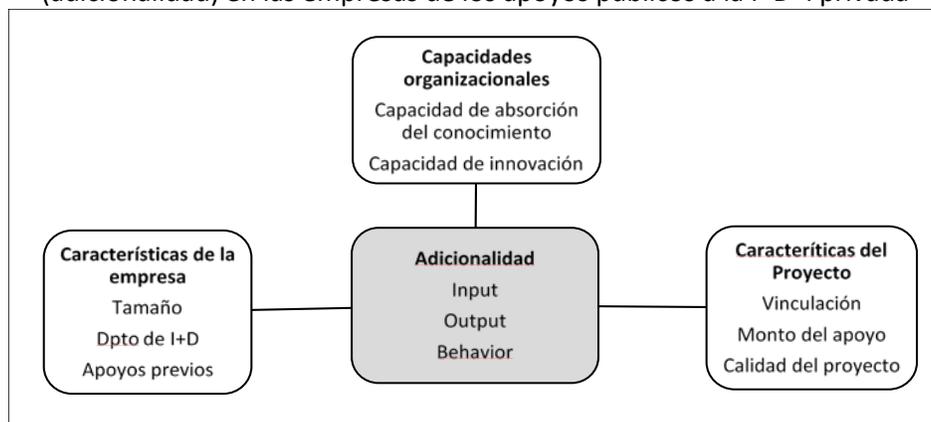
conocimiento del cliente tienen roles clave en el desarrollo de innovaciones de productos (Hernández-Espallardo y Delgado-Ballester, 2009). Algunos estudiosos han descubierto que el desarrollo de innovaciones radicales exige la interrupción de las capacidades existentes o la creación de nuevas capacidades, mientras que el desarrollo incremental de la innovación requiere mejoras de las capacidades existentes (Forsman y Annala, 2011).

Por su parte, Forsman (2011) propone tres dimensiones para el análisis de la capacidad de innovación de las empresas: los recursos internos, las capacidades y los recursos externos obtenidos a través de la creación de redes. La literatura sugiere que el nivel de inversiones en I+D es la principal medida de los recursos internos. Las capacidades se examinarán sobre la base de los aspectos siguientes: capacidades dinámicas y explotación del conocimiento, capacidades de interacción, propensión al riesgo, orientación al cliente y conocimiento del mercado, y capacidades gerenciales para explotar rápidamente las oportunidades e implementar el cambio. De acuerdo con este autor los recursos externos obtenidos a través de las redes se concretan en tres tipos de beneficios: la colaboración en la creación de conocimiento, en la adquisición de recursos y los beneficios adquiridos a través de la colaboración para el desarrollo tecnológico.

4.4 Una propuesta de esquema para el análisis de los factores que influyen en 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 sesiones subsiguientes. En este esquema (figura 1) se representan los distintos factores impulsores del desempeño de los proyectos que cuentan con subsidios públicos para las actividades empresariales de I+D+i. Este marco de análisis se basa en trabajos empíricos previos en esta dirección (ver Falk, 2007; Clarysse et al., 2009; Hsu et al., 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.

FIGURA 1. Esquema analítico de los determinantes del impacto positivo neto (adicionalidad) en las empresas de los apoyos públicos a la I+D+i privada



Fuente: Elaboración propia

5. El método: información, variables y procedimientos empleados en el estudio

Este trabajo se basa en los objetivos centrales de identificar los efectos netos del PEI, así como los factores mediadores o modeladores de la variabilidad de la adicionalidad. Para lograrlo, se han tomado en cuenta las características de la empresa, las características del proyecto y las capacidades organizacionales, mediante la encuesta aplicada a las empresas beneficiarias del apoyo en el estado de Sonora. Con este fin, en este apartado se describe la selección de la muestra, el diseño y aplicación de la encuesta, la medición de las variables dependientes e independientes y los procedimientos para el análisis de la información.

5.1 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 específicamente a empresas ubicadas en Hermosillo, Sonora, que resultaron beneficiadas en las convocatorias comprendidas en el periodo 2009-2015 y bajo la acotación de que estas 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. La población total de empresas beneficiarias, bajo las anteriores restricciones, ascendió a un total de 83, que fueron ubicadas mediante el padrón de beneficiarios publicado por Conacyt en la página web del programa (2009-2013) consultando los resultados de las convocatorias para los años 2014 y 2015.

El cuestionario fue diseñado, mediante la adaptación de otros aplicados en estudios empíricos sobre la evaluación de impacto y adicionalidad de programas de apoyo a la innovación empresarial mediante subvenciones directas. La siguiente sección trata de los ítems e indicadores contenidos en la encuesta y de las fuentes en las que se basó su diseño. La encuesta fue aplicada a mandos medios y altos y los cuestionarios fueron enviados como plantilla de Google, facilitando la respuesta de la misma y también el manejo y tabulación de los datos generados. El uso de una plantilla, bajo la plataforma de Google, hizo posible tener información en tiempo real, ya que al agregarse más respuestas las tablas generadas en Excel se actualizarán automáticamente, permitiendo así contar con información al instante; dado que Google manda una notificación cada vez que una encuesta es respondida correcta y completamente. Se enviaron un total de 80 cuestionarios vía electrónica, obteniendo una tasa de respuesta del 49% (39 empresas). La muestra de 39 empresas que respondieron el cuestionario, resulta suficiente en tamaño para una población de 83, con un margen de error del 10%, un nivel de confianza del 90% y una variabilidad del 50%.

5.2 Las variables y su medición

5.2.1 Medición de las variables dependientes

Para conocer la *adicionalidad de input* de las empresas beneficiarias del PEI en Sonora, en la encuesta 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 estimado de la política sobre la cantidad de 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 en los insumos de I+D+i de las empresa beneficiarias del programa en el estado de Sonora. En el caso de la *adicionalidad de input* se emplearon 8 indicadores, especificados en el cuadro 1. La misma lógica y procedimiento fueron empleados para la medición de la *adicionalidad de output*, con la particularidad que en este caso se emplearon 6 indicadores.

CUADRO 1. Las variables dependientes y los ítems empleados para su medición

Variables y descripción de los ítems empleados

Adicionalidad de input

Índice calculado a partir de estos 8 ítems:

- Inversión en equipo e infraestructura científica
- No. de personal en I+D (nómina)
- Inversión en sistemas de TIC's y software.
- Inversión en herramientas, gestión y entrenamiento.
- Inversión de I+D interna.
- Inversión de I+D externa.
- Inversión en adquisición de tecnología, patentes y licencias.
- Inversión en servicios de consultoría externa no relacionados con I+D.

Adicionalidad de output

Índice calculado a partir de estos 6 ítems:

- Nivel de ventas
- Nivel de exportaciones
- Nivel de rentabilidad
- Nivel de productividad
- No. de empleos generados
- No. de patentes y otras formas de propiedad intelectual solicitadas

Fuente: Elaboración propia

Para identificar si hubo efectos positivos netos del programa sobre los recursos invertidos por la empresa para la realización de actividades de I+D+i se emplearon indicadores de tasa de crecimiento de inversión en equipo y maquinaria científica, el personal empleado en labores de I+D, la inversión en sistemas de TIC's y software, la inversión en herramientas, gestión y entrenamiento, la inversión en proyectos internos de I+D, la inversión en proyectos de I+D con participación externa, la inversión en adquisición de tecnología, patentes y licencias y la inversión en servicios de consultoría externa (cuadro 1). La selección de los indicadores se basó en las investigaciones empíricas de Hall y Maffioli (2008), Hsu et al. (2009) y Clarysse et al. (2009).

Para identificar los efectos netos o de *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 (2008:18). En el cuadro 1, los 5 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 innovativo está representado por el indicador número de patentes solicitadas.

5.2.2 Medición de las variables independientes

En el cuadro 2 se describe el tipo de información recolectada mediante la encuesta y la forma en 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 subsidios y la calidad de la propuesta.

Respecto de la *capacidad de absorción del conocimiento*, se sigue la conceptualización ofrecida por Zahra y George (2002), reconociéndole cuatro aspectos: *adquisición, asimilación, transformación y explotación*. Los autores definen éstas cuatro dimensiones de la siguiente manera:

- La *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 retoman de varios estudios empíricos, las escalas empleadas y validadas por los autores siguientes: Jiménez-Barrionuevo et al. (2011); Tepic et al. (2012); Jansen et al. (2005); Camisón y Forés (2010) y Flatten et al. (2011). Los ítems contenidos para esta variable, contenidos en el cuadro 2 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 en el cuadro 2. De acuerdo con Forsman (2011:749), 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.

CUADRO 2. Las variables independientes y los ítems empleados para su medición

| Variable, ítems empleados y su descripción |
|---|
| <i>Tamaño de la empresa (Tamaño)</i> |
| - El log. del número de empleados de la empresa |
| <i>Depto. propio de I+D (Depto I+D)</i> |
| - Indica si la empresa informó haber contado con un departamento interno de I+D: 1, en caso afirmativo, 0 si no |
| <i>Vinculación con universidades y centros de investigación (Vinculación)</i> |
| - Indica si la empresa informó haber contado con vinculación para la realización del proyecto: 1, en caso afirmativo, 0 si no |
| <i>Monto del apoyo (Monto)</i> |
| - El log. de la cantidad en pesos recibida como subsidio |
| <i>La calidad y potencialidad del proyecto (Calidad del Proyecto)</i> |
| Índice calculado a partir de estos 4 ítems: |
| - Factibilidad Técnica. |
| - Factibilidad Comercial. |
| - Grupo de trabajo. |
| - RH especializados |
| <i>Capacidad de Absorción – Adquisición (CapAb-Asimilación)</i> |
| Índice calculado a partir de estos 4 ítems: |
| - La empresa recolecta información sobre el desarrollo del sector mediante diálogos con socios de negocios |
| - La empresa participa en seminarios y conferencias para actualizar y enriquecer su conocimiento técnico |
| - La empresa asigna tiempo suficiente para el establecimiento de contactos con agentes que provean conocimientos e información sobre innovaciones en el sector |
| - La empresa cuenta con habilidades para establecer contactos con agentes que provean conocimientos e información sobre las innovaciones en el sector |
| Alfa Conbrach 0.846 |
| <i>Capacidad de Absorción - Asimilación</i> |
| Índice calculado a partir de estos 6 ítems: |
| - La empresa está siempre entre las primeras en reconocer los cambios en las posibilidades técnicas |
| - La empresa está siempre entre las primeras en reconocer los cambios en las regulaciones sanitarias |
| - La empresa está siempre entre las primeras en reconocer los cambios en la competencia del mercado |
| - La empresa tiene habilidades suficientes para la detección de nuevas posibilidades de servicio al cliente |
| - La empresa asigna tiempo suficiente para deliberar con asesores, con el fin de reconocer anticipadamente los cambios en el mercado |
| - 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 |
| Alfa Conbrach 0.781 |
| <i>Capacidad de Absorción - Transformación</i> |
| Índice calculado a partir de estos 5 ítems: |
| - La empresa registra y almacena conocimientos recién adquiridos para futuras referencias |
| - La empresa reconoce oportunamente la utilidad del nuevo conocimiento externo para ampliar el propio conocimiento interno |
| - En la empresa se discute con asesores externos cómo las tendencias en el mercado podrían ser utilizada para mejorar el negocio |
| - La empresa asigna tiempo suficiente para la traducción de la información externa en adaptaciones al negocio propio |
| - La empresa posee habilidades suficientes para traducir la información externa en adaptaciones a nuestro negocio |
| Alfa Conbrach 0.754 |
| <i>Capacidad de Absorción - Explotación</i> |
| Índice calculado a partir de estos 3 ítems: |
| - La empresa puede traducir la información externa directamente en nuevas aplicaciones de negocios |
| - La empresa aplica la información externa a nuestro negocio para contribuir a nuestra productividad |
| - La empresa tiene las habilidades suficientes para convertir la información externa en resultados productivos |
| Alfa Conbrach 0.744 |
| <i>Capacidad de Innovación</i> |
| Índice calculado a partir de estos 7 ítems: |
| - La empresa tiene capacidad de reconocer y explotar el conocimiento externo en innovaciones |
| - La empresa tiene capacidad de reconocer nuevas oportunidades para generar nuevos negocios redituables |
| - La empresa tiene la capacidad de evaluar y asumir riesgos |
| - La empresa tiene la capacidad de cultivar y explotar las relaciones en red |
| - La empresa tiene la capacidad de generar innovaciones, implementar mejoras en productos existentes y explotar las innovaciones desarrolladas por otras empresas |
| - La empresa tiene la capacidad de implementar cambios de manera rápida |
| - La empresa tiene la capacidad para ganar clientes, expandir sus mercados e incrementar las ventas en negocios ya existentes |
| Alfa Conbrach 0.939 |

Fuente: Elaboración propia

5.3 Procedimientos empleados para el análisis de la información

5.3.1 Análisis de correlación

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. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

5.3.2 Selección del modelo de los factores moderadores de la adicionalidad de los subsidios

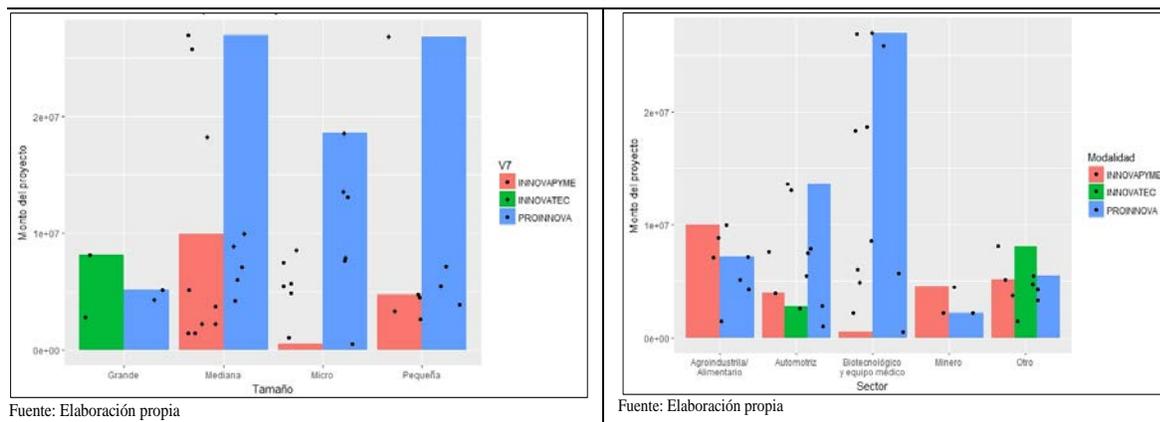
Con la información obtenida de la encuesta sobre características de las empresas y sus capacidades, así como algunos atributos clave de los proyectos, se procedió a realizar la selección de un modelo de regresión lineal múltiple, con el fin de estimar la relevancia de distintas variables candidatas a ser predictores o mediadores del nivel de variabilidad de la adicionalidad, tanto de input como de output. 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. Este 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.

6. Resultados

a) 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 1 sección izquierda, 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.

GRAFICA 1. Distribución de las empresas y monto de subsidios por tamaño y sector



Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

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.

La grafica 1 sección derecha, 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.

b) Estadística descriptiva

En consonancia con los procedimientos establecidos, en el cuadro 3, se muestra una estimación por parte de la empresa beneficiaria, acerca de tasa de crecimiento en ausencia del subsidio y un tasa de crecimiento posterior al subsidio. Para todos los indicadores se muestran los valores promedio, así como los efectos netos positivos; entre los más grandes tenemos el nivel de rentabilidad, la inversión en I+D externa, la inversión en adquisición de patentes y tecnologías y el número de personal en I+D.

CUADRO 3. La adicionalidad promedio de input y de output de las empresas encuestadas expresadas en tasas de crecimiento (estimación efecto del subsidio - 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 Eq. científico | 2.00 | 30.00 | 15.58 | 0.00 | 20.00 | 6.08 | 9.50 |
| b) Inversión en TICs y software | 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 externa, | 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 |
| 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 | 35.000 | 13.62 | 0.00 | 20.00 | 5.16 | 8.46 |

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta

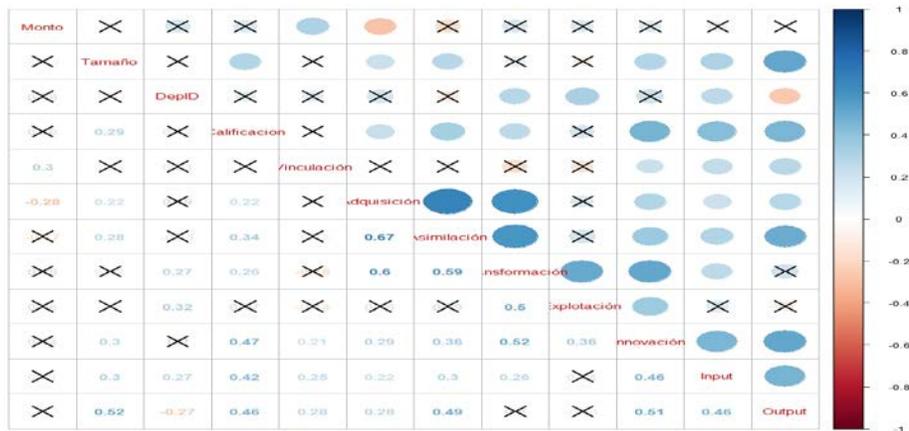
c) Análisis de correlación

En el gráfico 2 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.

En esta gráfica 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.

GRAFICO 2. Matriz de correlación

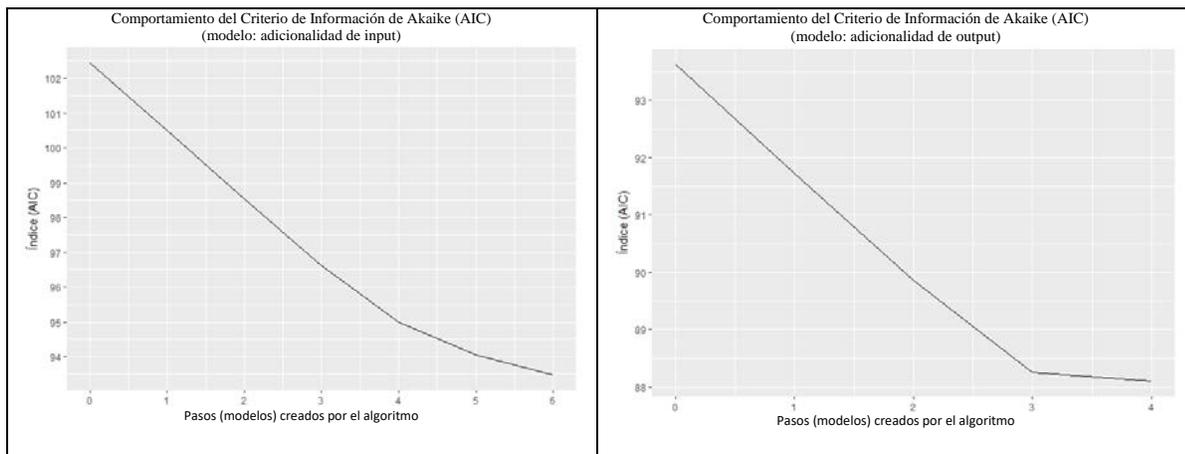


Fuente: Elaboración propia

d) Los modelos de regresión seleccionados

Para el caso de ambos tipos de adicionalidad, 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 sea un modelo menos complejo al utilizar 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 (gráfico 3). 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.

GRAFICO 3. Comportamiento del criterio AIC en la selección de los modelos



Fuente: Elaboración propia

El cuadro 4 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 Aikake (el cual comprendió 7 etapas en total antes de llegar al modelo seleccionado). Como resultado las variables seleccionadas para explicar la *adicionalidad de input* fueron las siguientes: existencia de un departamento de I+D, la calidad del proyecto, la vinculación con universidades o centros de investigación y la capacidad de asimilación del conocimiento (CapAb-Asimilación).

CUADRO 4. Modelos de regresión lineal múltiple seleccionados por el AIC

| Variables | β estándar | ϵ estándar | t | sig. |
|---|---------------------|------------------------|--------|-------------|
| Variable dependiente: adicionalidad de input | | | | |
| <i>Intercepto</i> | -18.745 | 7.447 | -2.517 | 0.0167* |
| <i>Depto I+D</i> | 2.052 | 1.340 | 1.532 | 0.1349 |
| <i>Calidad del proyecto</i> | 2.987 | 1.410 | 2.118 | 0.0416* |
| <i>Vinculación</i> | 2.227 | 1.317 | 1.691 | 0.1001 |
| <i>CapAb - Asimilación</i> | 2.182 | 1.424 | 1.532 | 0.1347 |
| Variable dependiente: adicionalidad de output | | | | |
| <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.

Esta tabla resume los principales parámetros del Modelo de Regresión Lineal Múltiple seleccionado, en el que observamos que la calidad del proyecto posee el coeficientes de regresión parcial (estandarizado) 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 observa 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% establecido.

Los resultados obtenidos significan *grosso modo* que, en el caso de nuestro estudio, el nivel de *adicionalidad de input* - el efecto neto sobre los recursos y activos invertidos en actividades relacionadas con la I+D+i en las empresas- de los subsidios directos recibidos por empresas sonorenses a través del programa PEI, puede ser explicado por los factores incluidos en este *modelo* resultante. En este caso, dos factores relacionados con las características del proyecto (calidad del proyecto y existencia de vinculación con universidades y centros de investigación); 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), pueden explicar el nivel del efecto neto del programa PEI sobre los recursos destinados a actividades relacionadas con la I+D+i.

7. 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 et al., 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 y 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 intramuros 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 (Wanzenbock, 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 (2013) 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.

Nuestros resultados arrojan 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 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 innovativo resultante. La colaboración innovadora se define como la participación en proyectos conjuntos de I+D y otros proyectos de innovación tecnológica con socios externos como proveedores, competidores, clientes y universidades (Belderbos et al., 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 (Lundvall y Borrás, 1998).

Los resultados muestran 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 las 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 et al. (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

Este estudio buscó contribuir a la literatura sobre evaluación de la efectividad e impacto de los esquemas públicos de apoyo a la innovación, por lo que se enfoca en los efectos de un programa de subsidios sobre las empresas ubicadas en una región en particular, buscando contribuir al entendimiento de cómo la política de innovación del Estado mexicano impacta efectivamente a un territorio y una sociedad específica, que cuenta con un perfil productivo y una cultura empresarial particular. En este caso se trata de las empresas del estado de Sonora que han sido beneficiadas con los apoyos. Hasta ahora no es para nada abundante la evidencia empírica proveída con respecto a la efectividad de las subvenciones directas de apoyo a la I+D+i en regiones particulares. Lo más cercano a este estudio en el caso de México lo representa el trabajo de Pastor et al. (2015) realizado en San Luis Potosí. El trabajo sugiere indicios sobre adicionalidad de insumos en el 50% de las empresas y el 20% de la muestra solicitó derechos de propiedad industrial. A pesar de ello, no ofrece un modelo predictivo en comparación con el presente.

Entre las limitantes del estudio están: a) los resultados no son generalizables ya que la muestra es pequeña. A pesar de ello, se construyó un medio para identificar algunos factores que explican la adicionalidad; b) hay un sesgo positivo en las respuestas por tratarse de percepciones y estimaciones; c) no es un estudio experimental ni cuasiexperimental, ya que no existe un grupo de control como en el caso de métodos *contra-factuales*; es un nuevo camino por explorar; d) se requiere mayor participación por parte de las empresas y los agentes de CTI para el logro de resultados generalizables y de mayor alcance; e) no hay análisis de contexto. Se sugiere un análisis por sectores sobre la intensidad tecnológica.

A partir de los resultados descritos en el presente, la interrelación entre las variables se hace evidente y se ha comprobado la injerencia de los factores mediadores que nos ayudan a comprender la variabilidad de la adicionalidad. Las *características de la empresa* como el tamaño y el departamento de I+D denotan importancia como factores predictores de adicionalidad. Las *características del proyecto* como la vinculación y la calidad del proyecto también sugieren producir efectos sobre las actividades de IDTI. Por su parte, la capacidad de *asimilar* el conocimiento y las *capacidades de innovación* se hacen imprescindibles para producir resultados. Con dichos factores se aporta nueva evidencia de indicadores que pueden potenciar la innovación en las empresas y permiten la construcción de un modelo explicativo predictivo de la adicionalidad que aportan los programas de I+D privada, gracias al subsidio.

En este tenor, se aporta un modelo para continuar con la evaluación de políticas de CTI, considerando por ejemplo, el mejorar la calidad de las propuestas para obtener resultados predictores de adicionalidad. Por otra parte, también se puede reforzar el papel que la vinculación juega a través de la creación de redes para transferir el conocimiento entre el sector público y privado, incluyendo de forma mayormente interactiva la participación de las instituciones de educación superior y los centros públicos de investigación. La potencialidad se sigue observando y las capacidades de innovación y de absorción del conocimiento (adquisición, asimilación, transformación y explotación) se muestran indispensables como parte de las ventajas dinámicas competitivas y organizacionales que requiere nuestro país para su crecimiento económico. Aún queda camino por recorrer para identificar y retroalimentar métodos de evaluación oportunos para el país y las regiones.

REFERENCIAS

Artículos

Aboody, D., & Lev, B. (2000). "Information asymmetry, R&D, and insider gains", *The Journal of Finance*, 55(6), 2747-2766.

Afcha, S. (2011). "El impacto de los subsidios a la I+D en la empresa: Evidencia empírica sobre enfoques alternativos de evaluación", *Revista CTS_ Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Vol. 6, No. 17, pp: 139-159.

Albors-Garrigos, J., & 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.

Antonoli, D. & Marzucchi, A. (2010). "The behavioural additionality dimension in innovation policies", *Working papers 201010*, University of Ferrara, Department of Economics.

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, Birgit (2009). "The effect of subsidies on R&D investment and success: do subsidy history and size matter?", *ZEW Discussion Papers*, No. 09-032, ZEW, Mannheim.

Autio, E., Gustafsson, R., Kanninen, S. (2008). "First- and second-order additionality and learning outcomes in collaborative R&D programs", *Research Policy*, 37, 59–76.

Belderbos, R., Carree, M. and 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.

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., & 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 Madrid, Ángel (2011). *Evaluación de los programas INNOVATEC, INNOVAPYME y PROINNOVA de apoyos a la innovación empresarial durante 2009*. México: COLMEX.

Camisón, C., & Forés, B. (2010). "Knowledge absorptive capacity: New insights for its conceptualization and measurement", *Journal of Business Research*, 63(7), 707-715.

- Cerulli, (2008).** “Modelling and measuring the effects of public subsidies on business R&D: Theoretical and Econometric Issues”. *Ceris-Cnr*, W.P. No. 3/2008.
- Clarysse, B., Wright, M., & Mustar, P.** (2009). “Behavioural additionality of R&D subsidies: A learning perspective”, *Research Policy*, 38(10), 1517-1533.
- Czarnitzki, D., & Hottenrott, H.** (2011). “R&D investment and financing constraints of small and medium-sized firms”, *Small Business Economics*, 36(1), 65-83.
- Dutrénit, G.; Capdevielle, M.; Corona A., J.; Puchet A., M.; Santiago, F. y O. Vera-Cruz, A.** (2010). *El sistema nacional de innovación mexicano: instituciones, políticas, desempeño y desafíos*. México: UAM.
- 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.
- Escribano, A., Fosfuri, A., & Tribó, J. A.** (2009). “Managing external knowledge flows: The moderating role of absorptive capacity”, *Research policy*, 38(1), 96-105.
- Falk, Rahel** (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. A., & Brettel, M.** (2011). “A measure of Absorptive capacity: Scale development and validation”, *European Management Journal*, 29(2), 98-116.
- Forsman, H.** (2011). “Innovation capacity and innovation development in small enterprises. A comparison between the manufacturing and service sectors”, in *Research Policy*, 2011; vol 40, pp.739-750.
- Forsman, H., & 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.
- Galende, J. & de la Fuente, J. M.** (2003). “Internal factors determining a firm’s innovative behavior”, *Research Policy* 32(5),715–736.
- Georghiou L.** (2002). “Impact and additionality of innovation policy”, *Innovation Science and Technology IWT observatory*, 40, 57-65.
- Georghiou, L.** (2004): “Evaluation of Behavioural additionality. Concept paper”, en L. Georghiou, B. Clarysse, G. Steurs, V. Bilsen y J. Larosse (coords.): “Making the difference. The evaluation of Behavioural additionality of R&D subsidies”, *IWT Studies*, Vol. 48, pp. 7-20.
- González, X. & C. Pazó** (2008). “Do Public Subsidies Stimulate Private R&D Spending?”, *Research Policy*, 37, 371–389.
- Guellec, D. & van Pottelsberghe, B.** (2000). “The impact of public expenditure on business R&D”, *STI Working Papers* 2000/4, OECD, Paris.
- Hall, B.** (2002). “The financing of research and development”, *Oxford Review of Economic Policy*, 18(1), 35–51.

Hall, B. H., & 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., & 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-Espallardo, M., Delgado-Ballester, 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.

Hsu, Fang-Ming, Horng, Der-Juinn, Hsueh, C.C. (2009). "The effect of government sponsored R&D programmes on additionality in recipient firms in Taiwan", *Technovation*, 29 (3), 204-217.

Jansen, J. J., Van Den Bosch, F. A., & Volberda, H. W. (2005). "Managing potential and realized absorptive capacity: how do organizational antecedents matter?", *Academy of management journal*, 48(6), 999-1015.

Jiménez-Barrionuevo, M. M., García-Morales, V. J., & Molina, L. M. (2011). "Validation of an instrument to measure absorptive capacity", *Technovation*, 31, (5/6), 190-202. doi: 10.1016/j.technovation.2010.12.002

Knockaert, M.; Spithoven, A. & Clarysse, B. (2014). "The impact of technology intermediaries on firm cognitive capacity additionality", *Technological Forecasting & social Change*, 81 (2014) 376-387.

Kostopoulos, K., Papalexandris, A., Papachroni, M., & Ioannou, G. (2011). "Absorptive capacity, innovation, and financial performance", *Journal of Business Research*, 64(12), 1335-1343.

Lee, L., & Wong, P. K. (2009). "Firms' Innovative Performance: The Mediating Role of Innovative Collaborations", *MPRA Paper* No. 16193

Lucena, A., & Afcha, S. (2013). "Public support for R&D, knowledge sourcing and firm innovation: Examining a mediated model with evidence from the manufacturing industries", *Working paper* No. 2014-06-0002.

Lundvall, B. Å., & Borrás, S. (1998). "Innovation Policy in the Globalising Learning Economy-Summary". Aarlborg University, European Commission, TSER Central Office.

Moyeda M., Candelario y Arteaga G., Julio (2016). "Medición de la innovación, una perspectiva microeconómica basada en la ESIDET-MBN 2012 en Realidad, datos y espacio, revista internacional de estadística y geografía", Vol. 7, Num. 1., enero abril 2016.

Nieves, J., & Haller, S. (2014). "Building dynamic capabilities through knowledge resources", *Tourism Management*, 40, 224-232.

Pastor, María; Rodríguez, Paola & Ramos, Adriana (2015), "Adicionalidad del financiamiento público a la innovación en pequeñas empresas", *Congreso internacional de contaduría, administración e informática*, Ciudad Universitaria, México.

Poti, B., & 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., & Wagner, V. (2015). "The effects of public support schemes on small and medium enterprises", *Technovation*, 38, 15-30.

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.

Tepic, M., Trienekens, J. H., Hoste, R., & Omta, S. W. F. (2012). "The influence of networking and absorptive capacity on the innovativeness of farmers in the Dutch pork sector", *International Food and Agribusiness Management Review*, 15(3), 1-33.

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

Vossen, R. W., & Nooteboom, B. (1996). "Firm size and participation in R&D", In A. Kleinknecht (Ed.), *Determinants of innovation - the message from new indicators* (pp. 155-168). Macmillan Press.

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

Wong, P. K., & He, Z. L. (2003). "The moderating effect of a firm's internal climate for innovation on the impact of public R&D support programmes", *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 3(5-6), 525-545.

Zahra, S. A., & George, G. (2002). "Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension", *Academy of management review*, 27(2), 185-203.

Libros

Biemans, W. (2018). *Managing innovation within networks*. Routledge.

Chatterjee Samprit and Hadi Alí S. (2012). *Regression Analysis By Example*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.

Hakansson, H. (Ed.). (2015). *Industrial Technological Development* (Routledge Revivals): A Network Approach. Routledge.

OCDE (2010). *La medición de la innovación. Una nueva perspectiva*. México: OECD.

OCDE (2012). *La innovación en las empresas: una perspectiva microeconómica*. México: OECD.

OCDE/FCCYT (2012). *La estrategia de innovación de la OCDE. Empezar hoy el mañana*. México: FCCYT/OECD.

Zamuel Nina & Mount John (2014). *Practical Data Science with R*, Manning Publication Co, NY, USA.