



“Evaluación de impacto del incentivo tributario sobre el gasto en I+D en Chile”

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN ANÁLISIS ECONÓMICO**

Alumno: Camila Paz Arroyo From

Profesor Guía: Jorge Rivera

Santiago, marzo 2019

Contenido

| | |
|--|----|
| Evaluación de impacto del incentivo tributario sobre el gasto en I+D en Chile..... | 1 |
| 1. Introducción..... | 3 |
| 2. Marco conceptual..... | 4 |
| 2.1. Beneficios tributarios en Chile..... | 6 |
| 3. Revisión de literatura..... | 8 |
| 4. Hechos estilizados del programa de beneficio tributario en Chile..... | 11 |
| 5. Evaluación del programa..... | 14 |
| 5.1. Estrategia de identificación..... | 14 |
| 5.2. PSM covariables..... | 17 |
| 5.3. BLOP matching covariables..... | 18 |
| 5.4. Datos..... | 18 |
| 5.5. Balance PSM..... | 22 |
| 6. Resultados..... | 24 |
| 6.1. Resultados de la estimación del efecto del beneficio tributario utilizando PSM..... | 24 |
| 6.2. Resultados del Blop Matching..... | 25 |
| 6.3. Efectos heterogéneos por industria..... | 26 |
| 6.4. Análisis de robustez..... | 29 |
| 7. Conclusiones y discusiones de política..... | 29 |
| Referencias..... | 31 |
| Anexos..... | 35 |

1. Introducción

El desarrollo, la implementación y el uso de nuevas tecnologías a nivel mundial ha impulsado fuertes cambios en la forma de producción y de provisión de servicios, contribuyendo a la productividad. Los canales por los cuáles el avance tecnológico tiene efectos sobre la productividad dicen relación tanto con la forma de producción, como con procesos posteriores relacionados con el almacenamiento, transporte, entre otros. También con nuevas formas de procesamiento de materiales e información que involucran costos más bajos en la producción.¹

Desde la publicación de Solow (1957) se tiene una noción de cómo una parte considerable del ingreso y crecimiento de los países se ve impulsado por la productividad total de los factores, factor exógeno considerado como cambios tecnológicos que aumentan la productividad del trabajo y el capital. Si bien las críticas a este modelo motivaron una serie de modelos en las décadas posteriores², además incentivó una amplia gama de estudios empíricos con el fin de entender cuáles son los factores más relevantes que explican el crecimiento de los países³.

Las primeras estimaciones de los retornos del gasto en I+D y su relación con la productividad fueron realizados en los trabajos de Schultz (1953) y Griliches (1958). Los modelos posteriores desarrollados⁴ abordaron tópicos relacionados con las externalidades del conocimiento y sus efectos sobre el desarrollo, y la relación de la inversión en I+D, motivando modelos empíricos en ambas ramas. Se encontró, por ejemplo, evidencia de las externalidades relacionadas a la innovación, las cuáles alcanzan efectos incluso a nivel mundial (Coe & Helpman (1995)).

A pesar de la relación positiva entre productividad e innovación, como consecuencia de la existencia de externalidades positivas asociadas a la innovación, la subinversión en esta materia tiene relación con fallas de mercado que traen como consecuencia una subinversión en I+D⁵, justificando la intervención del estado que promueva el gasto en I+D.

Consecuencia de estas fallas de mercado se observa que, a nivel agregado, ocurre que todas las empresas tienden a invertir en I+D menos que lo socialmente óptimo, y Chile no es la excepción. En materia de innovación en I+D nuestro país aún se encuentra muy por debajo a los logros de los países OCDE (2,3% al año 2015)⁶, siendo el último en la lista con tan solo un 0,4% de gasto bruto en I+D como porcentaje del PIB, el cual no ha aumentado significativamente desde el 2007. Al año 2016, según los registros oficiales del ministerio de Economía hubo una disminución alcanzando un 0,37% del PIB.

1 Más detalles en “The next production revolution: Implications for governments and business” (OCDE, 2017).

2 Los cuales además de considerar otras variables en la ecuación, también significaron una modificación de los supuestos del modelo.

3 Modelos de crecimiento endógeno clasificados por Barro & Sala-i-Martin (1992) en 5 categorías según la fuente de crecimiento: Modelos AK: Rebelo (1991); Gasto público: Barro (1990); spillovers y aprendizaje: Romer (1986); Investigación y desarrollo: Romer (1990); Makiw, Romer & Weil (1992); Caselli, Esquivel & Lefort (1996); Bosworth & Collins (2003);

4 Ver Romer (1990); Grossmann & Helpman, (1991); Aghion & Howitt (1992).

5 Ver Arrow (1962) como referencia obligada a la existencia de fallas de mercado que afectan su provisión y, específicamente referido a fallas de mercado en cuestiones de I+D, ver Nelson (1959) y Hall (2005).

6 Ver Anexo 1.

En este escenario, la corrección de las fallas de mercado – al menos parcialmente- se hace necesario con el fin de aproximarse al óptimo social en materia de inversión en I+D. Si bien la literatura es abundante y heterogénea en la definición de mecanismos y programas adecuados para este fin, aquellos enfocados hacia la oferta de nueva tecnología, a través de financiamiento y subsidios, se presenta como una opción factible. Una de las políticas más reconocidas que han sido implementadas en los países desarrollados se refieren a los incentivos fiscales en I+D⁷.

De esta forma, al igual que otros países de la región, en Chile inició el programa de crédito tributario el año 2007 con el fin de promover el gasto en I+D en las empresas. Si bien casos como el de Argentina y Colombia fueron evaluados, en Chile aún no existe evidencia que permita respaldar la existencia de este tipo de programas y su efectividad en materia de innovación.

En este documento se analizará el efecto del beneficio tributario en Chile sobre la inversión en I+D futura de las empresas. Esta evaluación se realiza en el marco de un incentivo orientado únicamente a promover el gasto en I+D, con el fin de aportar a la información sobre la efectividad del beneficio y sus posibles resultados en materia de innovación. Los resultados de este trabajo indican que aquellas empresas que acceden al beneficio tributario aumentan entre un 2%-3% el gasto total en I+D en el periodo siguiente, con un mayor impacto en la inversión en I+D que se realiza al interior de la empresa. Este efecto persiste incluso 2 periodos después de recibir el beneficio. Estos efectos son heterogéneos por industria, donde agricultura y manufactura los sectores que muestran mayor aumento en el gasto en I+D en el periodo posterior a recibir el beneficio tributario.

En la sección 2 se verá el marco conceptual relacionado con la inversión en investigación y desarrollo, y una descripción de qué consiste el beneficio tributario en Chile. Luego, en la sección 3 se realiza la revisión de literatura asociada al tema, posteriormente en la sección 4 se analizan los hechos estilizados del programa de beneficio tributario en los últimos años. En la sección 5 se da a conocer la evaluación del programa, y en la sección 6 los resultados. Finalmente, se concluye en la sección 7.

2. Marco conceptual

La justificación para que el Estado realice intervenciones que promuevan la inversión (gasto) en I+D por parte de los privados, viene de la presencia de externalidades positivas asociadas a la inversión en I+D, y de las fallas de mercado existentes para su adecuada provisión. La evidencia reconoce que tanto la componente privada como pública está lejos de los niveles socialmente óptimos, y que esto se debe principalmente a las fallas de mercado que afectan su provisión (Arrow (1962); Nelson (1959)). Estas fallas se refieren en primer lugar a la existencia de comportamiento oportunista de las firmas que no realizan I+D en desmedro de aquellas que sí la realizan (comportamiento *free rider*).

En segundo lugar, existen externalidades positivas como resultado de la inversión que dificultan la completa apropiación de sus ganancias. El beneficio marginal social del conocimiento creado es

⁷ La evaluación de la implementación y su efectividad de estos instrumentos para varios países realizado por Hall & Van Reenen (2000); Mairesse & Lentile (2009); Hall & Maffioli (2008); Crespi & Zúñiga (2012).

mayor al beneficio marginal privado, por lo que, bajo competencia perfecta, y sin intervención del Estado, la provisión privada de I+D será menor al óptimo social.

Otro aspecto de la literatura que explica la provisión sub-óptima de I+D se refiere a la incertidumbre sobre el beneficio (privado) que se puede lograr, y por ende al mayor riesgo que se enfrenta quien financia estas actividades, aumentando los costos de la inversión. La propia naturaleza de la inversión en conocimiento restringe su inversión, en tanto sus resultados son intangibles y se obtienen en periodos más largos de tiempo. Relacionado con esto están las asimetrías de información y el riesgo moral que existe para quienes quieren financiar un proyecto de I+D y quienes la realizan, no obstante Hall & Lerner (2010) dan cuentas que son solo las empresas incipientes, y/o Pymes son las que más se ven afectadas por esto, ya que las grandes empresas suelen utilizar sus propios fondos para financiar los proyectos.

De las fallas expuestas, y otras razones por las cuáles los gobiernos puedan intervenir en la producción de conocimiento en investigación y desarrollo⁸, se justifica la intervención por parte del Estado de proveer incentivos para que las firmas inviertan en I+D. Existe una amplia gama de políticas y programas que se han implementado con este propósito, diferenciándose en objetivos específicos y cada cual con sus respectivas ventajas y desventajas. En esta línea Steinmueller (2010), caracteriza diversas políticas aplicables con el fin de corregir las fallas de mercado vinculadas. El autor plantea que habría cuatro formas de hacer política: (i) aquellas enfocadas hacia la oferta de nueva tecnología (desarrollo de subsidios horizontales, financiación temática), (ii) aquellas referidas a políticas que buscan aumentar la oferta de factores complementarios (capital humano especializado), (iii) las que buscan incentivar la demanda por tecnología (subsidios de adopción de tecnología), y finalmente (iv) sobre el desarrollo de nueva institucionalidad, o redefinición de la existente, para apoyar la generación o creación de sistemas de innovación correctos.

Los incentivos tributarios a la inversión en I+D se encuentran en la primera categoría. Estos consisten en la deducción tributaria de un porcentaje de los gastos incurridos en I+D, lo que se traduce en una disminución de los impuestos a pagar por la empresa. A diferencia de los subsidios directos del Estado, donde este último puede escoger aquellas inversiones con mayor retorno social, el incentivo tributario es un subsidio del tipo horizontal, dirigido a todas las firmas. De esta forma, ningún sector productivo es privilegiado en particular⁹.

En segundo lugar, en general el monto del beneficio es una función creciente del gasto que realizan en I+D. Si bien el incentivo es de carácter neutral (no discrimina por tipo de firmas, sectores, entre otros), existe autoselección por parte de las firmas, postulando exclusivamente aquellas que logren más beneficio con el incentivo.

Si bien estos instrumentos permiten que sean las mismas empresas las que escojan en qué invertir los fondos de I+D, dejando fuera al Estado en la evaluación tanto ex ante como intermedia del proceso, presentan una serie de desventajas. En primer lugar, el Estado podría dejar de observar la

⁸ Impulsar la industria local es otro de los motivos por los cuáles los Estados intervienen en la promoción de inversión en I+D (Steinmuller (2009)).

⁹ Hay excepciones para países donde la política se aplica de manera focalizada, la que puede, a su vez, ser de diversa naturaleza: por tamaño de firma, por sectores, por edad de las firmas, etc. En todo caso, en la mayoría de los casos observados, la política detrás del mecanismo de incentivos es neutral.

naturaleza del proyecto, lo que podría llevar a que se aprueben proyectos que no sean deseables socialmente. Esto se podría profundizar, a su vez, por el hecho de que los proyectos aprobados no conversen entre sí, desaprovechando las posibles economías de ámbito, y la creación de cluster económicos que podrían generar economías de escala.

Al mismo tiempo existe un problema de riesgo moral por parte de las firmas que participan en el programa, pues estas podrían requerir exenciones de otros gastos no relacionados con el objetivo del programa. Disminuir este riesgo requiere de una clara definición de aquellas actividades relacionadas con I+D, y a su vez de la capacidad de control de las agencias fiscales (Steinmueller (2010)).

Por otro lado, la implementación del incentivo es otro aspecto relevante y que se presenta de forma heterogénea en los países en los que se ha llevado a cabo. Una primera definición en relación con el diseño del mecanismo es si este será de carácter incremental o por volumen. Si bien estos últimos son menos costosos¹⁰, pueden resultar ineficientes desde el punto de vista social, en la medida que las firmas inviertan lo mismo que antes del incentivo. Por otro lado, un esquema incremental podría desinhibir esfuerzos de empresas que no clasifiquen según los requisitos del programa pues, por ejemplo, los niveles mínimos exigibles en gasto de referencia podrían ser lo suficientemente elevados como para que no puedan participar, dejando afuera ideas que ex post habría sido interesante apoyar. En complemento, la financiación según esquemas incrementales puede tener efecto negativo hacia proyectos de larga duración, en la medida que el gasto en éstos no necesariamente ha de ser creciente en el tiempo.

2.1. Beneficios tributarios en Chile

El marco legal que en Chile rige los incentivos tributarios a la inversión en I+D está dada por la Ley 20.421, de enero del 2008, posteriormente modificada por la Ley 20.570, de marzo del 2012. La ley de beneficio tributario en Chile tiene por objetivo promover la inversión en I+D¹¹, a través de la reducción de un 35% de los recursos orientados a actividades de investigación y desarrollo de

¹⁰ Incentivos incrementales, es decir, se aplica sobre aquellas firmas que cumplen un crecimiento respecto cierto nivel de referencia preestablecido, requiere de mayores costos administrativos para la definición de los parámetros.

¹¹ Art 1 Ley 20.570:

- a) Investigación: la búsqueda metódica que tenga por objeto generar nuevos conocimientos en el ámbito científico o tecnológico, la que podrá ser básica o aplicada. Se entiende por Investigación Básica aquella que consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, con prescindencia de si tienen una aplicación o utilización determinada. La Investigación Aplicada consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico. Para efectos de esta ley la expresión "investigación" se entenderá referida tanto a la investigación básica como a la investigación aplicada.
- b) Desarrollo Experimental: en adelante indistintamente "desarrollo", consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes. Asimismo, se comprende el desarrollo de programas informáticos, siempre que dicho desarrollo dé lugar a mayor conocimiento con el objetivo de resolver en forma sistemática una incertidumbre científica o tecnológica o permita generar un mejoramiento sustancial e innovador en algún proceso, producto y/o servicio."

aquellas entidades debidamente certificadas por CORFO¹². El beneficio contempla tanto proyectos realizados con las capacidades propias de la empresa (intramuros¹³), como contratos de I+D (extramuros). En el caso de este último, el crédito corresponde al monto de los pagos efectuados correspondiente a los contratos de investigación realizados. Respecto al monto total del beneficio, el 35% se imputa contra la renta líquida imponible y el 65% se deduce como gasto necesario.

Otro aspecto que es relevante de la ley chilena es que los beneficios que se obtienen por incentivo tributario son complementarios a aquellos que las firman hayan podido obtener de otras fuentes públicas.

Respecto de los límites y uso beneficio tributario, se tiene que: (i) El tope de beneficio tributario es de 15.000 UTM por cada periodo anual; el remante reajustado puede arrastrarse para periodos tributarios posteriores. (ii) En caso de pérdidas tributarias, el beneficio puede arrastrarse reajustado por IPC hasta por 10 periodos posteriores; (iii) Una vez obtenido el beneficio, la ley permite su uso hasta el 31 de diciembre del año 2025; entre otros¹⁴.

Según lo que indica la ley a la inversión en I+D en Chile, el objetivo fundamental de la política es aumentar la inversión privada en I+D, siendo el foco del análisis de la evaluación de impacto en el caso chileno.

Finalmente se debe destacar que la nueva Ley que rige el beneficio tributario (Ley 20.570) es una modificación de la Ley inicial (20.241), manteniendo la base de ésta última. De lo que se conservó se tiene la proporción del beneficio tributable, un 35% como crédito imputable a la renta líquida imponible y 65% como gasto necesario para producir rento. Además, se mantienen los costos mínimos para invertir en caso de contrato de investigación y desarrollo o proyecto de investigación y desarrollo sean de 100 UTM. Por su parte, las principales modificaciones incorporadas son:

- i. Se incluye la modalidad intramuros que permite la ejecución de actividades de I+D con capacidad interna o de terceros, sin la necesidad de suscribir contratos con Centros de Investigación acreditados. En la modalidad original solo se podían realizar actividades de I+D a través de estos contratos¹⁵.
- ii. Se permite que a lo más un 50% de las actividades se realicen en el extranjero. En la modalidad inicial todas las actividades debían realizarse en Chile.

¹² 35% de crédito tributario contra el Impuesto de Primera Categoría sobre el monto invertido en actividades de I+D, certificadas por CORFO.

¹³ Intramuros: Conjunto de actividades realizadas por los contribuyentes usando sus propias capacidades o de terceros. En caso de existir subcontratación en el extranjero, no puede sobrepasar el 50% del total de gasto en I+D. Extramuros: Contrato de prestación de servicios suscrito entre una o más empresas con un centro de investigación inscrito en el Registro de Centros para la realización de actividades de I+D de CORFO, donde la totalidad de la actividad de I+D será ejecutada por el centro.

¹⁴ CORFO está encargado de la fiscalización durante la ejecución de los proyectos y contratos de I+D, sin perjuicio de las facultades del SII para materias tributarias. En cumplimiento de las facultades de fiscalización, CORFO mediante resolución fundada podrá revocar la certificación de los Centros de Investigación que no cumplan los requisitos establecidos en la ley.

¹⁵ Ley 20.570, Artículo 1: “Proyecto de Investigación y Desarrollo: es el conjunto de actividades realizadas por los contribuyentes utilizando sus propias capacidades o de terceros, que tengan por objeto la realización o ejecución de actividades de investigación, desarrollo, o ambas, conforme ellas se definen en el presente artículo, siempre que sea relevante para el desarrollo del país y se lleven a cabo principalmente dentro del territorio nacional, según lo establezca el Reglamento señalado en el artículo 16.(...)”

- iii. Se incorpora la modalidad de proyectos asociativos, los cuales consideran uno o más contribuyentes por postulación.
- iv. Aumenta el tope del beneficio tributario de 5.000 UTM a 15.000 UTM. Se elimina la restricción de que el beneficio tributario no podría exceder el 15% del ingreso bruto anual.
- v. Se flexibilizan los tipos de gastos acreditables en la Ley, inicialmente solo se contemplaban gastos definidos en los contratos de I+D, ahora la modalidad de proyectos de investigación considera además los gastos corrientes, ítems de gastos de operación, gastos en protección de propiedad industrial/intelectual y gastos de devaluación.
- vi. Se incorpora la modalidad de manifestación de intención, la cual permite acceder a parte del beneficio tributario (65% del gasto acreditado) antes de iniciar las actividades en I+D¹⁶.
- vii. Se simplifican los procesos de postulación para los centros de I+D.

3. Revisión de literatura

A partir de Griliches (1979, 1980) se modela una relación teórica entre innovación y sus factores (función de conocimiento), y a su vez entre la innovación y el producto (función de producción). Esta relación endógena ha presentado una serie de complicaciones a la hora de estimar la relación entre innovación y productividad de forma empírica. La doble simultaneidad entre desarrollo y la inversión en I+D ha llevado al uso de modelos CDM¹⁷ y la utilización de variables instrumentales para encontrar un efecto causal de la innovación sobre la productividad.

A su vez, existen dificultades en la medición de las variables de interés. Las medidas de innovación más utilizadas son el gasto en I+D y el número de patentes, el primero al referirse al *input* no garantiza efectividad de la innovación, sin embargo, tiene la ventaja de ser comparable a través de los países, a diferencia de las patentes las cuales presentan una alta heterogeneidad acorde a la industria, países, entre otros, dificultando la estandarización de la medida a usar.

Posterior a la implementación de los modelos CDM, la evidencia para los países en Europa ha usado diversas medidas de crecimiento económico (productividad de los trabajadores al interior de la firma, ventas, margen de ganancias, entre otros) se ha encontrado evidencia de que mayor innovación lleva a mayor productividad en las empresas¹⁸. El tamaño de la firma es importante tanto para la ejecución de actividades de innovación, como en el efecto sobre el desarrollo. Se

¹⁶ Ley 20.570, Artículo 4: “Con todo, los contribuyentes podrán hacer uso de los beneficios tributarios de esta ley, en la forma como a continuación se señala, sin contar con la certificación previa a que alude el inciso anterior. Para estos efectos, los contribuyentes deberán informar su intención de acogerse a esta modalidad de certificación a la CORFO, en la forma que ésta determine, dentro de los 30 días corridos desde el primer desembolso incurrido con motivo de un contrato de investigación y desarrollo.”

¹⁷ Crepon, Duguet & Mairesse (CDM) (1998), utilizando encuestas de innovación en Europa, fueron los primeros en utilizar las relaciones descritas por Griliches (1979), siendo pioneros en el uso de que después se denominarían modelos CDM.

¹⁸ Loof & Heshmati (2002); Janz et.al (2003); Klomp & Van Leeuwen (2001); Monhen et.al (2006).

encuentra una relación entre la innovación y la productividad mayor para firmas más grandes (Griffith et.al (2006)).

Para los países Latinoamericanos existe evidencia de que el gasto en I+D está relacionado con mayores innovaciones tecnológicas a nivel de empresa¹⁹ (en Argentina y Brasil), lo que no se traduce necesariamente en productividad. Al igual que la evidencia internacional, firmas más grandes invierten más en I+D (Crespi & Zúñiga (2012)²⁰, Benavente (2006)). Crespi & Zúñiga (2012) realizan un estudio para 6 países Latinoamericanos y encuentra que aquellas firmas que invierten más en conocimiento tienden a mostrar mayores avances tecnológicos dentro de la firma, y aquellas firmas que innovan tienden a tener mayor productividad laboral que aquellas que no lo hacen. En este estudio, una firma chilena con 100 trabajadores más incrementa su probabilidad de gastar en I+D en 10%²¹. Firmas que exportan en Chile también presentan mayor probabilidad de gastar en I+D en un 11%

Para el caso chileno la evidencia (Crespi y Katz (1999); Crespi (1999); Benavente (2005, 2006); Álvarez & Crespi (2001); Álvarez & Robertson (2004); Álvarez et. al (2010)) se ha realizado en base a la Encuesta Nacional de Innovación (INE)²². De los resultados de tiene que la productividad no se ve afectada por resultados innovadores o por gasto en I+D en el corto plazo. Por otro lado, el análisis microeconómico de la innovación en las firmas (Benavente (2006)) muestra que la probabilidad de reportar gastos en I+D está positivamente causado por haber gastado en estas actividades en el año anterior, donde firmas más grandes tienen una mayor probabilidad de realizar gastos en I+D, en la misma dirección que la evidencia internacional. Esto dice relación con las economías de escala y las facilidades que tienen este tipo de empresas para financiar estas actividades. Álvarez et. al (2010) realizan dos estimaciones para estimar el efecto de la innovación sobre la productividad. Concluyen que existe una inestabilidad de los resultados dependiendo de la fuente de datos que se utilice, lo que podría generar dudas en los análisis realizados basados en una encuesta. Una primera estimación arrojó que empresas más grandes tienen mayor probabilidad de invertir en I+D, a su vez que mayor intensidad de gasto en I+D aumenta la probabilidad de producir innovación y que mayor innovación aumenta la productividad. No obstante, una segunda estimación no dio cuenta de estos resultados, por lo que los autores concluyen que no existe un efecto de la innovación en la productividad.

En el marco del estudio de la efectividad de los programas de incentivos tributarios, la evidencia a nivel internacional es heterogénea dada la diversidad de estos instrumentos. Mairesse & Lentile (2009) determinan que se han utilizado 4 metodologías para la evaluación del impacto de los incentivos tributarios, entre los cuales se encuentran las metodologías cualitativas, modelos cuasiexperimentales, métodos de evaluación de programas binarios y estimaciones estructurales. En su mayoría, las investigaciones se basan en esta última²³, usualmente aplicado a determinar la elasticidad del costo de I+D en relación con la inversión.

19 Chudnovsky (2006); Arza & Lopez (2010).

20 Estimación de un modelo estructural común capaz de describir las relaciones entre inversión en conocimiento, medidas de resultados de innovación y productividad por firma. El gasto en innovación se mide como el logaritmo del gasto en innovación por trabajador.

21 Argentina 10%, Colombia 11%, Costa Rica 11%, Panamá 8%, Uruguay 17%.

22 4 versiones 1995, 1998, 2001, 2005.

23 Ver Anexo 2.

Parra Torrado (2013) por su parte resume los enfoques de las metodologías y el objeto de estudio de estas, la mayoría de la literatura pone énfasis en la evaluación de impacto sobre la inversión futura de I+D, no obstante, también se estudia el efecto sobre la decisión de invertir en I+D (Corchuelo (2006); Haegeland & Moen (2007)), sobre los salarios de los investigadores (Goolsbee (1998)), sobre resultados de innovación y productividad (Czarnitzki et.al (2011)), entre otros.

En España existen 6 instrumentos para promover la I+D al interior de las empresas²⁴, con una última actualización del programa el año 2013. Diversos artículos académicos y documentos de trabajo se han elaborado para evaluar la efectividad de estos beneficios. Corchuelo & Martínez-Ros (2009) encuentran un efecto positivo y significativo de los incentivos tributarios a I+D sólo en empresas grandes, y particularmente en aquellas que innovan. A su vez encuentran complementariedad entre los subsidios e incentivos tributarios a la I+D²⁵.

Por otro lado, Busom et. al (2014) evalúan el uso de subsidios y de incentivos tributarios. Encuentran que para las Pymes las restricciones financieras están relacionadas negativamente con la probabilidad de utilizar los incentivos tributarios a la I+D y relacionadas positivamente con la probabilidad de recibir subsidios. En complemento, Labeaga et. al (2014) encuentran que las empresas grandes utilizan más los incentivos tributarios a la I+D que las Pymes, no obstante, éstas últimas tienen mayor impacto del programa (medido como la elasticidad con respecto al costo de uso de I+D)²⁶.

En Latinoamérica, Crespi et. al (2016), realizan una evaluación del programa de incentivos tributarios en Argentina, el cual opera desde 1998. Utilizando datos de la ENIT²⁷ estiman modelos estructurales para calcular elasticidades de corto y largo plazo de la inversión de I+D con respecto al costo del uso del capital. Encuentran que, en la mayoría de los casos, el valor absoluto de la elasticidad es mayor que uno, tanto para corto como largo plazo, siendo indicativo que el incentivo tributario fue efectivo para estimular una mayor inversión en innovación por parte las empresas²⁸. No obstante, los resultados de estimaciones de tales elasticidades son heterogéneos respecto de si inversión es en bienes de capital o de I+D, como así por rama industrial, tamaño y porcentaje de capital extranjero de la firma. Se debe destacar que el programa argentino de incentivos tributarios difiere del chileno pues, entre otros aspectos, los instrumentos que se aplican son múltiples y con fines específicos.

Por su lado, en Colombia se evaluaron los instrumentos destinados a la promoción de la inversión en I+D. En particular, el esquema permite las deducciones de impuesto de renta y exenciones de IVA. Realizando el cruce de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) y datos administrativos de beneficios tributarios, se desarrolla una evaluación de impacto del programa sobre variables de desempeño de la firma, y sobre variables relacionadas con la actividad innovadora de la firma, a

24 Estos son: créditos por volumen de inversión en I+D, crédito incremental de inversión en I+D, cajas de patentes, crédito tributario a la innovación, créditos a los salarios de personas de I+D, y crédito al equipamiento para I+D. Adicionalmente algunas regiones del país tienen incentivos diferenciados, sobre los incentivos estatales nacionales.

25 Empresas que obtienen subsidios son más probables a la vez de utilizar incentivos tributarios a la I+D.

26 Para el detalle de la estimación ver **Anexo 3**.

27 Encuestas nacionales sobre innovación y conducta tecnológica de las empresas industriales.

28 Señalar que la evidencia indica que muchas veces las elasticidades de corto plazo son menores que uno. Además, otra regularidad interesante que se observa es que las elasticidades tienden a ser menores en países en desarrollo, reflejando la existencia de otras restricciones (por ejemplo, falta de infraestructura tecnológica o capital humano).

través de una estimación de *propensity score matching*. Se encuentra que el programa tiene incidencia positiva en la productividad total de los factores, con una variación entre 4,45%-16,2%, respecto de la productividad laboral, los beneficios tributarios tienen un impacto promedio entre 5,8% y 10,9% de aumento. Por otro lado, en relación con el número de productos, el efecto promedio es positivo, variando entre un 10% y 37%. Finalmente, no se encuentran efectos significativos en la innovación de procesos (Parra Torrado (2013)).

4. Hechos estilizados del programa de beneficio tributario en Chile

La iniciativa comienza el año 2008, regida por la Ley 20.241, a partir del 2012 se realizan modificaciones y comienza a regir la Ley 20.570. Esta última extiende el acceso del beneficio no solo para contratos (extramuros), sino además para proyectos I+D (intramuros), es decir, realizados con las capacidades de la misma empresa sin necesidad de tener que asociarse a centros externos. Por otro lado, se simplificó los requisitos para acceder a la ley y los procesos por los cuáles se podía postular al beneficio, entre otras modificaciones.

A finales del 2016, hubo un total de 717 postulaciones al programa, de las cuales 75 fueron rechazadas²⁹. Del total de proyectos aprobados, 533 fueron aprobados bajo la nueva ley. El monto total postulado por los contribuyentes fue de alrededor de 280 mil millones de pesos (entre el 2008-2016). De estos, la certificación fue de alrededor 190 mil millones de pesos, lo que equivale a alrededor de un 70% de los montos postulados en el periodo (Tabla 1).

Tabla 1: Montos totales postulados y certificados por año, en millones de pesos

| Año | Monto postulado | Monto certificado | Porcentaje |
|--------------|------------------------|--------------------------|-------------------|
| 2008 | 71,7 | 71,7 | 100% |
| 2009 | 582,2 | 582,2 | 100% |
| 2010 | 1.919,1 | 1.919,1 | 100% |
| 2011 | 3.386,2 | 3.386,2 | 100% |
| 2012 | 7.745,7 | 6.036,3 | 78% |
| 2013 | 24.759,3 | 18.508,2 | 75% |
| 2014 | 67.130,5 | 33.274,0 | 50% |
| 2015 | 76.497,8 | 51.133,7 | 67% |
| 2016 | 101.526,7 | 76.586,4 | 75% |
| Total | 283.619,3 | 19.1497,8 | 68% |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

Al observar los proyectos aprobados durante el 2008 y el 2016, se observa un aumento considerable de postulaciones aprobadas una vez que entra en vigor la Ley 20.571. Por otro lado, una vez que se extiende la certificación a gasto en I+D intramuros, el número de certificaciones de contratos disminuyó, representando tan solo un 2% el 2015 y un 8% del total de postulaciones certificadas al año 2016, (Tabla 2).

²⁹ Son rechazadas únicamente postulaciones realizadas bajo la Ley 20.570. El 2013 se rechazaron 4 proyectos, 25 el año 2014, 34 el 2015 y 12 el 2016.

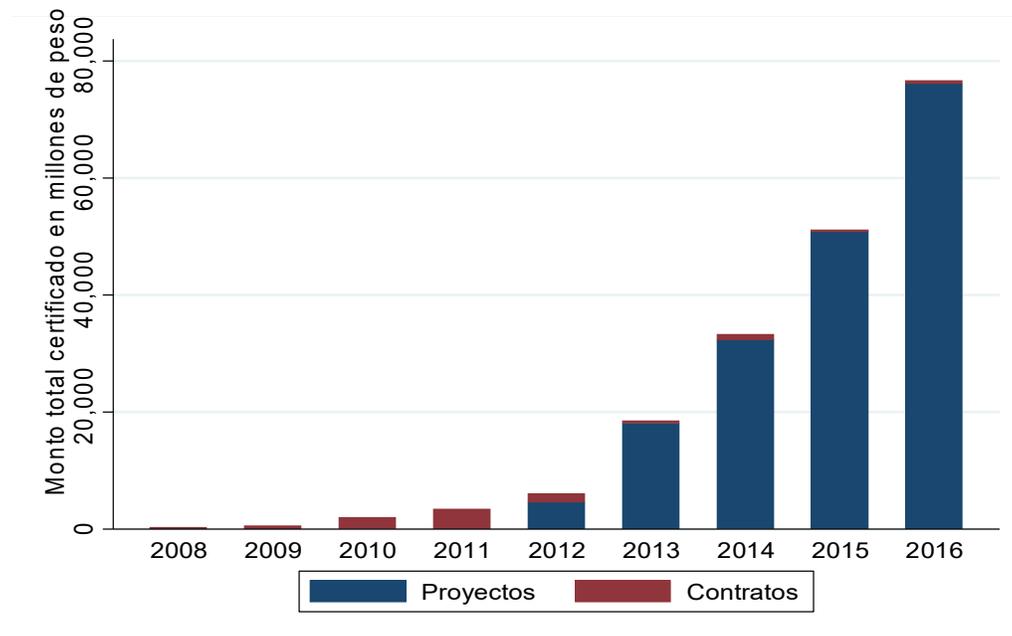
Tabla 2: Número de proyectos certificados por año y tipo de ley vigente

| Año de certificación | Ley 20.241 | Ley 20.571 | | Total |
|----------------------|------------|------------|-----------|-------|
| | Contratos | Contratos | Proyectos | |
| 2008 | 2 | | | 2 |
| 2009 | 9 | | | 9 |
| 2010 | 22 | | | 22 |
| 2011 | 48 | | | 48 |
| 2012 | 28 | 3 | 14 | 45 |
| 2013 | | 5 | 56 | 61 |
| 2014 | | 11 | 96 | 107 |
| 2015 | | 4 | 194 | 198 |
| 2016 | | 12 | 138 | 150 |
| Total | 109 | 35 | 498 | 642 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

El total de montos certificados aumentó 12 veces desde el año 2012, alcanzado un total de 76 mil millones de pesos dirigidos tanto a proyectos como contratos el año 2016. Del total de montos certificados por la Ley, la evolución de la proporción del total de los montos dirigidos a proyectos aumentó de un 76% el 2012, a casi un 100% el año 2016 (Figura 1).

Figura 1: Montos totales certificados por Ley I+D (en millones de pesos), por año y tipo de certificación



Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

Por su parte, el 35% de los montos certificados dan cuenta del máximo³⁰ costo del beneficio tributario para el Estado. Entre el 2008 y el 2016 este monto acumulado alcanzó 67 mil millones de pesos, este último año la estimación del costo alcanza 27 mil millones de pesos (Tabla 3). No obstante, el monto efectivo reembolsados es alrededor de un 20-30% del monto certificado. Al año 2016, el total del gasto rendido corresponde a un 0,000001% del PIB de dicho año. En total, los gastos rendidos alcanzan 48 mil millones de pesos, considerando aquellos gastos rendidos a partir del año 2012.

Tabla 3: Montos certificados y rendidos por año (en millones de pesos)

| Año | Contribuyentes | Monto certificado | 35% Crédito | Gasto rendido | Gasto rendido/ Monto certificado |
|--------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---|
| 2008 | 2 | 71,73 | 25,10 | | |
| 2009 | 9 | 582,22 | 203,78 | | |
| 2010 | 22 | 1.919,13 | 671,70 | | |
| 2011 | 48 | 3.386,19 | 1.185,17 | | |
| 2012 | 45 | 6.036,34 | 2.112,72 | 1.243,23 | |
| 2013 | 61 | 18.508,18 | 6.477,86 | 3.621,69 | 21% |
| 2014 | 107 | 33.274 | 11.645,90 | 10.115,44 | 20% |
| 2015 | 198 | 51.133,69 | 17.896,79 | 16.427,63 | 30% |
| 2016 | 150 | 76.586,37 | 26.805,23 | 16.287,09 | 32% |
| Total | 642 | 191.497,84 | 67.024,25 | 47.695,09 | 21% |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

En cuanto a los beneficiarios del programa, entre el 2008 y el 2016, el 83% de los beneficios I+D se han otorgado a proyectos o contratos en grandes empresas³¹. Esto se condice con que casi el 90% de los montos certificados han ido a grandes empresas, con un total de 160 mil millones de pesos³². Por otro lado, casi un 50% de los montos certificados fueron dirigidos al sector de agricultura, ganadería y silvicultura, un 25% a Explotación de minas y canteras, y un 19% a Industria manufacturera³³.

La distribución de los montos por región destaca que la RM concentra el 54% de los montos certificados hasta la fecha, seguido por las regiones del Biobío y Antofagasta con un 24% y 7% de los montos, respectivamente³⁴. La Tabla 4 destaca que la proporción de montos de proyectos/contratos en la RM ha disminuido en el último tiempo, alcanzando su máximo el año 2012.

³⁰ El monto efectivo gasto por las empresas no necesariamente es equivalente al monto certificado.

³¹ Para mayor detalle ver Anexo 4.

³² Para mayor detalle ver Anexo 5.

³³ Ver Anexo 6.

³⁴ Ver Anexo 7.

Tabla 4: Porcentaje de montos certificados asociados a cada región por año

| Región | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Antofagasta | | | | 1% | 4% | 15% | 9% | 10% | 1% |
| Valparaíso | | | | | 1% | 1% | 7% | 5% | 1% |
| Biobío | | 32% | 7% | 23% | 5% | 31% | 2% | 9% | 44% |
| Los Lagos | 100% | 7% | 1% | 30% | 6% | 3% | 5% | 8% | 1% |
| Metropolitana | | 61% | 92% | 40% | 77% | 50% | 68% | 55% | 45% |
| Otros | | | | 5% | 6% | 1% | 9% | 13% | 6% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Nota: En otros se encuentran las regiones de Tarapacá, Atacama, Coquimbo, O Higgins, Maule, Araucanía, Aysén, Magallanes, Los ríos, Arica y Parinacota. Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

5. Evaluación del programa

5.1. Estrategia de identificación

En concreto se busca encontrar el efecto promedio del programa de incentivos tributario sobre las empresas tratadas en cada cohorte (ATT³⁵) sobre el gasto futuro en innovación y desarrollo de estas empresas. No obstante, el ATT exige observar en el mismo periodo de tiempo a las empresas tratadas en dos escenarios distintos: con y sin el beneficio tributario, dado que esto no se puede, cualquier estimación llevará a la estimación del ATE (efecto del programa sobre las empresas) y un sesgo asociado al sesgo de selección existente debido a que las empresas que obtienen el beneficio tributario postulan a este, y por ende son distintas a aquellas que no lo hacen.

En este problema existen dos fuentes de sesgo. En primer lugar, las empresas postulan al beneficio y por ende aquellas firmas que presentan un proyecto son distintas a aquellas que no lo hacen. En segundo lugar, CORFO (institución a cargo) determina qué proyectos serán beneficiados condicional a características de la empresa, la calidad de la postulación y características del proyecto que se está postulando.

Se procederá a realizar una estimación a través de variables instrumentales para solucionar el sesgo de aquellas empresas que son escogidas para ser tratadas, y se mitigará el sesgo de selección existente dada la postulación al programa a través de un *propensity score matching* y *blp matching*. De esta forma, siendo N el número de empresas en la muestra, las que indexaremos por $i \in \{1, 2, \dots, N\}$. Para cada firma i , Z_i denota el indicador de presentación de propuesta de gasto en I+D, que toma el valor uno si presenta propuesta y cero en otro caso. Para cada firma i , $W_i(z)$ denota el indicador de recepción de tratamiento dado el vector de presentación de propuesta z ,

35 $ATT = E[Gasto_{I+D}(1) - Gasto_{I+D}(0) | T=1]$, lo que es equivalente a la siguiente igualdad:

$$ATT = ATE + sesgo$$

donde $W_i(z)$ toma el valor uno si la empresa recibe el tratamiento (los recursos públicos) y cero en otro caso. Para cada firma i , denotemos por $Y_i(z)$ el gasto potencial en I+D realizado por la empresa dado el vector de presentación de propuesta z . Finalmente, para cada firma i , sea X_i un vector de características previas a la presentación de la propuesta de gasto en I+D. Se trabaja con los siguientes supuestos:

- i. **Supuesto 1:** Si $z_i = z'_i$, entonces $W_i(z) = W_i(z')$ e $Y_i(z) = Y_i(z')$, no importando cómo $z = z'$ son elegidos, para toda empresa $i \in \{1, 2, \dots, N\}$.

Este supuesto implica que no existe interferencia entre empresas, es decir, que la postular con una propuesta de gasto en I+D por parte de una empresa no afecta las variables de resultado potenciales ($Y(z)$ y $W_i(z)$) del resto de las empresas. Por otro lado, no existen versiones ocultas de z que termine en variables de resultados distintas a aquellas denotadas por $Y_i(z)$ y $W_i(z)$. En el caso de este estudio, este supuesto es plausible dado que el rechazo de una postulación se debe a condiciones técnicas que los proyectos no contemplan³⁶ o inconsistencias dentro de este. Se puede afirmar entonces que la postulación de una empresa no implica el rechazo o aprobación de otra³⁷.

De esta forma, para cada firma i , $Y_i(z) = Y_i(z_i)$ y $W_i(z) = W_i(z_i)$.

- ii. **Supuesto 2:** $W_i(0) = 0$, para toda empresa $i \in \{1, 2, \dots, N\}$.

Esto quiere decir que aquellas empresas que no presentan propuesta de gasto en I+D, no pueden adjudicarse el beneficio tributario (ser tratadas). Dado esto, las empresas se pueden clasificar en dos grupos latentes:

$$G = \{i \mid W_i(1) = 1\}, P = \{i \mid W_i(1) = 0\}.$$

Donde G son aquellas empresas ganadoras, y P las perdedoras. Notas que las empresas P no están expuestas al tratamiento, independiente si se presentan o no.

- iii. **Supuesto 3:** $Y_i(0) = Y_i(1) \vee X_i$, para toda empresa $i \in P$.

Las distribuciones condicionales del gasto en I+D bajo participación y no participación dada las características de la empresa son idénticas. En otras palabras, postular a través de un proyecto no tiene efecto directo en el gasto I+D realizado por la empresa, sino que su efecto es indirecto a través de la adjudicación del beneficio tributario. En este contexto, el efecto causal de primera importancia está dado por el siguiente estimando:

³⁶ Los tres motivos de rechazo de un proyecto se encuentran a continuación: (i) Exclusión I: Pruebas y evaluaciones, una vez que un prototipo se transforma en un material, producto o proceso comercializable, que tengan como fin inmediato su inserción en el mercado. (ii) Exclusión II: Mejoras, adaptaciones y análisis de carácter rutinario, repetitivo o menor aplicadas en materiales, productos, servicios o procesos, aunque en ellos se utilice tecnología. (iii) Inconsistencia metodológica, objetivos y actividades.

³⁷ Si los motivos de rechazo estuviesen asociados a un fondo limitado de fondos no se cumpliría este supuesto, dado que la aprobación de un proyecto si podría determinar que otro quede fuera.

$$E[Y_i(1) - Y_i(0) | i \in G \dot{c}]$$

- iv. **Supuesto 4:** (i) $Z_i \perp \{Y_i(0), Y_i(1), W_i(1)\} \vee X_i$; y (ii) $\epsilon < Pr(Z_i=1 | X_i) < 1 - \epsilon$, para algún $\epsilon > 0$ pequeño.

La parte (i) del Supuesto 4 plantea que participar presentando propuesta es independiente de los resultados potenciales, una vez que ajustamos por las características previas de la empresa. Este supuesto se testea más adelante debido a que es posible que una empresa postule con un proyecto que de todas formas tenía presupuestado gastar y que por ende la postulación estaría asociada a mayor gasto en I+D. Por otro lado, la parte (ii) del supuesto establece que las probabilidades condicionales de presentar o no un proyecto dada las características de la empresa son positivas, permitiendo que podamos encontrar empresas que comparten las mismas características postulando y no postulando propuestas de gasto I+D. Para esto se debe cumplir que las empresas decidan postular independiente de la probabilidad de ser beneficiarias.

Con todo, el efecto del programa estará dado por:

$$ATT_G = \frac{E(Y(1) - Y(0) \vee X_i)}{E(W(1) - W(0) \vee X_i)}$$

Notar que el estimador es el equivalente al que se obtiene a través de variables instrumentales. En concreto, se utiliza la postulación al programa como un instrumento de ser beneficiario del impuesto tributario. Dado que $W(0) = 0$ el efecto de beneficio tributario estará dado por el efecto de postular sobre el gasto de I+D de postular sobre la probabilidad de ser beneficiario dado que se postuló. Con el fin de mitigar el sesgo de selección que existe debido a la postulación del programa se realizará una metodología de apareamiento con puntaje de propensión a ser tratado (*propensity score matching*), y posteriormente una estimación del efecto del tratamiento según el método *BLOP* desarrollado por Díaz et.al (2015), que es un método no paramétrico para la evaluación de impacto. Para efecto de estas dos últimas estimaciones se denominará tratadas a dichas empresas que postulan al beneficio y potencial grupo de control a aquellas que no postularon.

El *BLOP* tiene la ventaja en casos de bajo soporte común, y permite construir imputaciones de efecto potencial de unidades (empresas) a través de resolver un problema de optimización, a partir del cual, utilizando toda la muestra disponible de empresas con tratamiento opuesto a la unidad bajo análisis. El método *BLOP* no requiere que, a priori, existan unidades en ambos grupos que sean muy similares entre sí, cosa que ciertamente es una limitante cuando uno desea aplicar métodos usuales basados en vecinos más cercanos (problema de soporte común, ya discutido).

Las empresas que postulan con las del potencial grupo de control son distintas en materia de inversión de I+D (Tabla 10). Al emplear las metodologías de *PS* y *BLOP matching* se mitiga el sesgo. Acorde a Rosenbaum y Rubin (1983) se debe cumplir el supuesto de igualdad de observables, donde una vez que se controle por los observables la probabilidad de postular es igual

a la de no hacerlo³⁸, al utilizar estas metodologías este supuesto se cumple al comparar empresas con el mismo propensity score dados por la misma distribución de covariables.

De todas maneras, independiente de la estrategia de estimación que se utilice señalar que existen una serie de problemáticas asociadas a los datos y a la naturaleza del problema, las que se indican a continuación:

- i. En la ley se establece que el beneficio puede ser utilizado hasta el 31 de diciembre del año 2025, por ende, no es posible identificar cuando la empresa realiza el gasto asociado al proyecto que presentó. De esta forma, se entiende que una empresa será beneficiaria del incentivo tributario cuando se certifique el monto postulado y se observa el comportamiento de esta misma empresa en el futuro.
- ii. Dado que no es posible identificar el año ni el monto del gasto en I+D que fue postulado para el incentivo tributario, no es posible saber si existe aditividad en el gasto que efectúan las empresas, es decir, las firmas gastarán un monto fijo independiente del beneficio tributario³⁹. Como se ha expuesto, podría darse que el gasto observado perfectamente pudo haber sido ejecutado aún sin el incentivo. Para esto se asume que independiente del periodo en que la empresa rindió el gasto efectuado, el hecho de adjudicarse montos certificados tendría un efecto en su propensión a invertir en los periodos futuros.
- iii. El número de beneficiarios del programa ha ascendido en el tiempo, lo que da como resultado que el mayor número de tratados en los últimos años. De esta forma, efectos de segundo orden del programa, entendidos como modificación de los factores al interior de la empresa, innovaciones en los productos, ventas, entre otros no serán posibles de evaluar debido a la horizontalidad de tiempo, limitando la estimación a los efectos sobre la innovación futura en I+D.

5.2. PSM covariables

Lo primero que se debe tener en consideración con respecto a las covariables a utilizar en la estimación del *propensity* score es que estas deben ser previas a la postulación. El problema radica en que utilizar el rezago de las variables se pierde información sobre algunas empresas tratadas, pero sería incorrecto estimar el *propensity* score con variables que se pueden ver afectadas por el tratamiento en t ⁴⁰. La combinación de variables utilizadas para la estimación del *propensity* en cada cohorte dependerá del balance de los resultados una vez realizado el match entre postulantes y controles.

$$38 \Pr(Z=1/X) = \Pr(Z=0/X)$$

39 Supongamos una empresa que gasta 100 en I+D cada año, si esta postula con esos 100 y se le devuelven 35 aumentaría su gasto en I+D a 135 porque de su bolsillo seguirán saliendo 100. Esto es lo que se denomina aditividad, es decir, el incentivo tributario no promueve el gasto en investigación y desarrollo, sino que las empresas siguen gastando lo mismo que tenían pronosticado.

40 A modo de ejemplo, si se estima el *propensity* de aquellas empresas tratadas el 2010 con variables del 2010, es posible que, dado que estas variables hayan cambiado por el tratamiento, como por ejemplo la contratación de empleados calificados, por lo que se deben utilizar variables del 2009 para los tratados del 2010.

Se estimará el *propensity* basado en las siguientes variables:

- *venta* s_{t-1} : Monto en CLP de las ventas de la empresa en el periodo previo a la postulación y al tratamiento.
- *exportacion* s_{t-1} : Monto en CLP de las exportaciones de la empresa.
- *empleado* s_{t-1} : Número de empleados total de la empresa.
- % del capital de propiedad nacional
- Años de antigüedad: Esta variable se utiliza en el año t , puesto que no se ve afectada por el tratamiento, es un proxy de experiencia de la empresa suponiendo que más años de antigüedad implica más experiencia en el rubro.
- *share empleados calificado* s_{t-1} : Share empleados calificados al inicio del periodo, es decir, porcentaje de los empleados que son calificados, considerando aquellos que cuentan con magister o doctorado.
- *Gasto I+D* s_{t-1} : Gasto en innovación y desarrollo previo a la postulación.
- *Dummy* por sector económico.

Las variables Output estudiadas son:

- *In Gasto ID total* l_{t+i} : Suma del gasto intramuros y extramuros
- *In Gasto intramuros* s_{t+i} : Gasto total subcontratado dentro del país y fuera de este.
- *In Gasto extramuros* s_{t+i} : Gasto total dentro de la empresa

Donde i depende del periodo estudiado, y de la cantidad de años posteriores la postulación de los que se tenga información.

5.3. BLOP matching covariables

Se debe destacar que el Blop matching requiere que las variables se encuentren estandarizadas, por lo que se utilizarán las covariables en logaritmo. Las variables utilizadas para la estimación se encuentran a continuación:

- \log *venta* s_{t-1} : Monto en CLP de las ventas de la empresa en el periodo previo a la postulación y al tratamiento.
- \log *exportacion* s_{t-1} : Monto en CLP de las exportaciones de la empresa
- \log *empleado* s_{t-1} :
- % del capital de propiedad nacional: No tiene cambios, es una variable que va de 0 a 100.
- Años de antigüedad: Esta variable se utiliza en el año t , puesto que no se ve afectada por el tratamiento, es una proxy de experiencia de la empresa suponiendo que más años de antigüedad implica más experiencia en el rubro.
- *share empleados calificado* s_{t-1} : Share empleados calificados al inicio del periodo, es decir, porcentaje de los empleados que son calificados, es decir, cuentan con magister o doctorado.

- $\ln Gasto I+D_{t-1}$: Esta variable presenta un problema puesto que del total de postulantes solo una proporción cuenta con información previa, disminuyendo el número de postulantes.

La estimación vía BLOP no permite considerar las *dummies* por actividad económica como covariable, por lo que para ser comparable con el *PS Matching* se debe hacer una estimación exacta en industria, lo que restringirá los resultados a aquellas industrias con más de 2 postulantes en cada cohorte.

5.4. Datos

Se busca estimar el efecto del beneficio tributario en investigación y desarrollo sobre el gasto futuro en I+D de las empresas, de esta forma se procede a estimar el efecto de la postulación sobre el gasto en I+D corregido por la probabilidad de ser tratado dada la postulación. Con este fin se complementaron las bases de datos de ejecución del programa de beneficio tributario (Base CORFO) con aquella de Gasto y Personal en I+D de la división de Innovación del Ministerio de Economía. Como resultado se obtiene un panel de empresas desde el año 2009 hasta el 2015, la cual cuenta con información cuantitativa relativa a los recursos financieros y cantidad de personas, destinados a actividades de investigación y desarrollo, en el sector privado, el Estado, en Instituciones de Educación Superior y en las Instituciones Privadas sin fines de lucro (IPSFL). La base de datos consolidada es un panel no balanceado del año 2009 al 2015, con un total de 3419 empresas. Se debe tener consideración del análisis de la muestra como panel o como cohorte transversal.

Del total de empresas beneficiadas por el programa en CORFO, se dispone de información de un total de 206 certificaciones entre el 2009 y el 2014 (Tabla 5), equivalente a un total de 170 empresas, considerando que hay empresas que reciben más de una vez el beneficio. Se observa que a partir del año 2013 existen empresas que postularon con un proyecto y que no fueron beneficiadas.

Tabla 5: Número de certificaciones y postulaciones por año, total CORFO y disponibles panel I+D

| Año | Total CORFO | | Disponibles Panel I+D | |
|------|---------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | Postulaciones | Certificaciones | Postulaciones | Certificaciones |
| 2014 | 132 | 107 | 96 | 88 |
| 2013 | 65 | 61 | 47 | 45 |
| 2012 | 45 | 45 | 24 | 24 |
| 2011 | 48 | 48 | 35 | 35 |
| 2010 | 22 | 22 | 9 | 9 |
| 2009 | 9 | 9 | 5 | 5 |

| | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Tota l | 321 | 292 | 216 | 206 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|

Fuente: Elaboración propia a partir de Panel I+D, Ministerio de economía.

Para efectos de la estimación se realizará un análisis por cohorte transversal, aprovechando la estructura de panel para tener información de las empresas tratadas previas a la postulación y al tratamiento, considerando la información pasada como covariable para la elección del vecino más cercano, y posterior, para la estimación del efecto sobre el gasto futuro. El análisis por cohorte implica que para cada año la empresa se contabilice, así para el año 2009 y 2010 se observan 909 empresas, 2053 para el 2011 y 2012, luego 2241 empresas para el 2013, y 2304 empresas para el año 2014⁴¹.

Se restringirá el análisis a dichas empresas que postularon a través de la nueva Ley 20.570. Esto contempla empresas que postularon el año 2012, 2013 y 2014, no obstante, en la base de datos que se dispone no es posible identificar qué empresas postularon a través de la ley antigua y cuáles lo hicieron bajo la modificación de la nueva ley. De esta forma, no se considera el año 2012 puesto que hubo postulaciones en ambas leyes. Realizar la estimación únicamente estos dos años implica además que el supuesto 3 planteado en la estrategia de identificación sea más plausible. Este supuesto plantea que la decisión de postular no debe tener relación con la probabilidad de conseguir el beneficio tributario, condicional en las características de las empresas. Acorde a la Tabla 5, entre el 2008 y el 2012 la totalidad de empresas que postularon fueron beneficiarias del programa, existiendo la posibilidad de que las empresas postularan dependiendo de los resultados potenciales, es decir, postularan sabiendo que todas las empresas que presentaron un proyecto habían sido beneficiarias de la reducción de impuesto.

Para definir la variable de tratamiento en el *PSM* y en el *Blop*, se considerarán únicamente a aquellas empresas que postularon a partir del año 2013. SE considerarán únicamente a aquellas empresas que postularon una sola vez, las que corresponden al 85% del total de firmas (Error: no se encontró el origen de la referencia). Esto debido a que en considerar a aquellas empresas que han sido certificadas más de una vez puede implicar considerar como gasto futuro en I+D el monto certificado asociado al beneficio tributario en otro periodo.

Tabla 6: Número de empresas según el número de veces que postularon al beneficio

| Grupo | Número de años que postula | | | | Total |
|----------------|----------------------------|----|---|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 6 | |
| Total empresas | 115 | 16 | 3 | 1 | 135 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Panel I+D, Ministerio de economía.

Con todo se cuenta con un total de 115 empresas beneficiadas una sola vez. La Tabla 7 muestra el número de empresas que postulan, el total de empresas que fueron beneficiarias por año, y el potencial grupo de control para cada cohorte. En este grupo no se encuentran dichas empresas que postularon más de una vez al beneficio tributario.

⁴¹ No se consideran aquellas empresas del 2015 puesto que este periodo servirá únicamente para la estimación del efecto de I+D. De esta forma las empresas del año 2015 no ingresan al tratamiento ni al grupo de control.

Tabla 7: Número de firmas postulantes y beneficiarias por año, 2013 y 2014

| Año | Postulantes | Beneficiarias | Potencial grupo control |
|------|-------------|---------------|-------------------------|
| 2013 | 34 | 33 | 2096 |
| 2014 | 81 | 74 | 2127 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Panel I+D, Ministerio de economía.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que para realizar la estimación se debe tener empresas que cuenten con información pasada y futura, directamente después del tratamiento. De las empresas tratadas el 2013 (Tabla 8). Para el caso de las empresas tratadas el 2013, solo 23 de estas cuentan con información pasada, por lo que la estimación se restringe a estas firmas, el mismo criterio se aplica para los tratados del año 2014.

Tabla 8: Resumen de número de postulantes según información pasada y futura, 2013 y 2014

| | Total de postulantes | Total con información pasada | Total con información futura | Postulantes en la estimación |
|------|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 2013 | 34 | 23 | 32 | 23 |
| 2014 | 81 | 44 | 62 | 44 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Panel I+D, Ministerio de economía.

La desagregación de las empresas se realiza por actividad económica, la desagregación por CIU3 degenera los resultados al haber más de un sector por año que presenta tan solo una empresa postulante⁴². La Tabla 9 muestra la distribución de empresas tratadas según actividad económica.

Tabla 9: Distribución de empresas que postularon y del potencial grupo de control, por año y actividad económica

| Actividad económica | 2013 | | 2014 | |
|---|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| | Postulantes | Potencial grupo de control | Postulantes | Potencial grupo de control |
| Agricultura, caza y foresta | 2 | 144 | 4 | 164 |
| Bienes inmuebles, alquiler y actividad... | 11 | 562 | 18 | 605 |
| Comercio al por mayor y por menor: re... | 5 | 288 | 13 | 291 |
| Construcción | 1 | 74 | 2 | 66 |
| Educación | 0 | 10 | 0 | 9 |
| Electricidad, gas y suministro de agua | 0 | 42 | 2 | 42 |
| Hotelería y restaurantes | 0 | 29 | 0 | 29 |
| Intermediación financiera | 1 | 87 | 2 | 81 |
| Manufactura | 12 | 535 | 34 | 532 |
| Minería | 0 | 59 | 1 | 47 |
| Otras actividades de servicios | 0 | 59 | 2 | 61 |
| Pesca | 0 | 49 | 1 | 47 |
| Salud y trabajo social | 0 | 49 | 1 | 45 |
| Transporte, almacenamiento y comunicaciones | 2 | 109 | 1 | 108 |
| Total | 34 | 2096 | 81 | 2136 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Panel I+D, Ministerio de economía.

⁴² Ver Anexo 8.

A modo de síntesis en la Tabla 10 se presenta una lista con las características de las empresas que postularon al beneficio tributario entre el 2013 y el 2014, y aquellas empresas del panel que no postularon (potencial grupo de control). Se observa que en promedio las empresas postulantes invierten más del doble que el resto de las empresas de la muestra, e incluso más del cuatro veces si se trata de gasto en intramuros. La diferencia en el gasto extramuros no es significativa. En relación con las ventas las empresas postulantes no muestran una diferencia significativa en el nivel de ventas que aquellas que no lo fueron, lo mismo ocurre en el caso de las exportaciones, empleo total y personal con doctorado en la empresa. Si se observan diferencias significativas en el empleo de personas con magister y en el porcentaje de personal calificado al interior de la empresa.

Tabla 10: Balance de variables de interés para empresas que postularon al beneficio tributario y empresas que no postularon (potencial grupo de control)

| | (1) Empresas que postularon al beneficio | | (2) Empresas del potencial grupo de control | | ttest (2-1) |
|--|--|-------------|---|-------------|-------------|
| | Promedio | Ds | Promedio | Ds | |
| VARIABLES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO | | | | | |
| Gasto en I+D (en miles de pesos) | 223.013 | 645.099 | 102.201 | 1030.322 | -1.9* |
| Gasto en I+D intramuros (miles de pesos) | 214.699 | 646.073 | 64.188 | 519.870 | -2.5** |
| Gasto en I+D extramuros (miles de pesos) | 8.314 | 38.017 | 38.012 | 713.306 | 2.6** |
| Ventas (miles de pesos) | 84.639.096 | 298.945.152 | 54.296.716 | 433.359.660 | -1.1 |
| Exportaciones (miles de pesos) | 13.145.655 | 54.485.794 | 10.148.231 | 139.520.218 | -0.5 |
| Empleo total | 455 | 1.026 | 308 | 1.026 | -1.5 |
| Empleo magister | 10 | 33 | 4 | 37 | -1.8* |
| Empleo doctores | 4 | 20 | 1 | 21 | -1.5 |
| Porcentaje de empleados calificados | 8 | 16 | 5 | 13 | -1.8* |

Fuente: Elaboración propia a partir de Panel I+D, Ministerio de economía. Nota: Se consideran a las empresas que postularon como un solo grupo, independiente del año de la postulación.

5.5. Balance PSM

La implementación de la metodología PSM se sustenta en una serie de supuestos que deben ser testeados antes de estimar el efecto del tratamiento.

El primer supuesto fundamental es el de soporte común, es decir, existen tratados con una unidad de control comparable. El tamaño de la base de datos en comparación el número de tratados es

favorable para este supuesto, debido a que existen alrededor de 2000 empresas en el potencial grupo de control para cada año. Contar con un mayor número de potenciales controles que de tratamiento es beneficioso debido a que existe un *trade off* entre el número de covariables a incluir para la estimación del *propensity* y el soporte común, de esta forma es posible aumentar las covariables y disminuir el sesgo de selección existente por la no inclusión de variables relevantes que pueden estar correlacionadas con el *outcome*.

En segundo lugar, se debe demostrar que una vez realizado el *propensity* el grupo de control es idéntico en observables que el grupo de tratados. La elección del número de vecinos más cercanos para estimar el ATT y de las covariables para la estimación del *propensity* se hace privilegiando el balance de las variables entre el grupo de control y tratamiento para cada año que se estima el efecto del incentivo tributario y privilegiando los valores de los estadísticos del balance indicados por Rubin (2001)⁴³.

Se debe recordar que para la estimación del PSM se utiliza a los postulantes como tratados y a los no postulantes como potencial grupo de control. La Tabla 11 muestra los resultados del balance del PSM, donde se tiene el *ttest* de las variables utilizadas en la estimación del *propensity* una vez que se hace el match entre el grupo de tratados y de controles para cada año. También se muestra el ratio de varianzas entre tratados y controles. Denota que ninguna diferencia de medias es estadísticamente significativa (*ttest*), por otro lado, el ratio de varianzas $V(T)/V(C)$ acorde a Rubin (2001) debe ser cercano a 1 una vez realizado el match y la diferencia no debe ser estadísticamente significativa. Este criterio se cumple de mejor forma para los postulantes del año 2014⁴⁴.

Tabla 11: Resultados test de Rubin, metodología Propensity Score Matching, años 2013 y 2014

| Variable | | 2013 | | 2014 | |
|------------------------|---|----------|------------|-------|------------|
| | | ttest | V(T)/ V(C) | ttest | V(T)/ V(C) |
| ventas_t-1 | U | 6.2*** | 85.77* | 0.56 | 0.66 |
| | M | 0.42 | 0.97 | 0.38 | 1.56 |
| Exportaciones_t-1 | U | 1.48 | 2.02 | | |
| | M | 0.18 | 1.32 | | |
| Empleo_total_t-1 | U | 1.05 | 0.61 | 0.17 | 0.35* |
| | M | 0.26 | 1.87 | 0.28 | 0.76 |
| Empleto_tota_t-1_2 | U | -0.07 | 0.02* | | |
| | M | 0.5 | 3.28* | | |
| Exportaciones_t-1_2 | U | 0.398*** | 0.40* | | |
| | M | 0.21 | 1.38 | | |
| ventas_t-1 | U | | | -0.12 | 0.03* |
| | M | | | 0.4 | 1.02 |
| priv_propiedad_nac_t-1 | U | 0.79 | 0.40* | -1.34 | 1.39 |
| | M | 0.05 | 1.38 | -0.27 | 1.09 |
| agno_antiguedad_t-1 | U | 3.98 | 2.71* | 1.72* | 1.79 |
| | M | -0.05 | 0.79 | 0.15 | 1.27 |
| gasto_id_total_t-1 | U | 0.83 | 0.67 | 0.1 | 0.06* |
| | M | 0.96 | 0.54 | 0.15 | 1.19 |

43 Acorde a Rubin (2001), el estadístico B (*absolute standardized difference in the means of the propensity scores*) no debe ser mayor a la mitad de una desviación estándar. Por su parte, el estadístico R (*ratio of the variances of the propensity score*) debe estar entre los márgenes [0,5 y 2].

44 Para mayor detalle ver el Anexo 9 y 10.

| | | | |
|------------------------------------|---|------|-------|
| gasto_id_total_t-1_2 ⁴⁵ | U | -0.4 | 0.00* |
| | M | 0.3 | 1.51 |

Finalmente, acorde a Rubin (2001) el estadístico B se encuentra fuera de rango para la mayoría de los casos, y el R se encuentra en los rangos adecuados (0,5-2) en ambos años una vez que se realiza el match entre postulantes y controles.

Tabla 12: Estadísticos del balance PSM posterior al match entre postulantes y el grupo de control, muestra 2013 y 2014

| Año | | MeanBias | B | R |
|------|------------------|----------|-------|-------|
| 2013 | <i>Unmatched</i> | 17.1 | 69.6* | 1.21 |
| | <i>Matched</i> | 3.3 | 39.5* | 0.82 |
| 2014 | <i>Unmatched</i> | 9.2 | 10.3 | 0.00* |
| | <i>Matched</i> | 3.4 | 21.8 | 1.06 |

Por otro lado, la distribución del *propensity score* entre el grupo de control y tratamiento mejora una vez se realiza el match para todos los años (Anexo 11). Previo al *match* entre el grupo de control y tratamiento se compara la distribución del *propensity* de todas las empresas que se encuentran en cada cohorte, denota una diferencia importante en las distribuciones previo a la selección del grupo de control (gráfico izquierdo de cada figura). Una vez se selecciona el grupo de control, se equiparán las distribuciones del *propensity* entre ambos grupos.

6. Resultados

6.1. Resultados de la estimación del efecto del beneficio tributario utilizando PSM

Se debe destacar que para cada estimación se utilizan covariables de $t-1$ y se estima el efecto sobre el gasto total de la empresa en I+D, gasto intramuros y extramuros de años consecutivos, utilizando 10 vecinos más cercanos, número que se obtuvo tras optimizar el balance de ambos grupos una vez se realiza el pareo. Cabe recordar que el efecto del beneficio tributario está dado por:

$$ATT = \frac{E(Y(1) - Y(0) \mid X_i)}{E(W(1) \mid X_i)}$$

⁴⁵ Las variables al cuadrado permiten dar más peso en la estimación del *propensity*.

De esta forma, el numerador del efecto del programa está dado por el resultado de los *PSM* para los años 2013 y 2014 (Tabla 13). Estas estimaciones, con el mayor número de empresas postulantes en soporte común y mejores estadísticos de balance dan cuenta de que dichas empresas que postularon al beneficio tributario el año 2013 gastan en I+D al año consecutivo un 3,4% más que aquellas que no lo hicieron, este efecto se mantiene si se observa el gasto total en I+D al año 2015 (3,14%). Por su parte, las empresas postulantes del 2014 tienden a invertir en I+D al año siguiente un 2% más, impulsado por el gasto al interior de la empresa (intramuros).

Tabla 13: Resultados del *PSM*, postulantes 2013 y 2014

| Año | Output | Postulantes 2013 | | Postulantes 2014 | |
|------|--------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| | | ATE | Soporte común | ATE | Soporte común |
| 2014 | (1) ln_gasto_total | 3,44** | 23 | | |
| | (2) ln_extra | 1,59* | 23 | | |
| | (3) ln_intra | 3,59** | 23 | | |
| 2015 | (1) ln_gasto_total | 3,14** | 22 | 2,02** | 40 |
| | (2) ln_extra | 1,4 | 22 | 0,11 | 40 |
| | (3) ln_intra | 3,05** | 22 | 2,06** | 40 |

Nota: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.001.

No obstante, esto se debe corregir por la probabilidad de ser beneficiario del programa dado que se postuló a este. De esta forma, se realiza un probit controlando por las características previas de las empresas y se promedia el valor predicho de esta regresión de cada una de las empresas que postularon. Dado que el número de empresas que fueron beneficiarias del tratamiento es menor a aquellas que postularon el efecto del programa de beneficio tributario aumenta debido a que el denominador es menor a 1⁴⁶. La Tabla 14 muestra que en promedio dichas empresas beneficiarias del programa el año 2013 invierten un 3,6% más que aquellas que no, impulsado por el gasto intramuros con un coeficiente de un 3,7%. Este efecto se mantiene a dos años, con un coeficiente de un 3,3% en el caso del gasto total y un 3,2% en el gasto intramuros. Para el 2014, se observa un coeficiente de un 2,3% dando cuentas de un efecto positivo del beneficio tributario sobre el gasto en I+D del año 2015.

Tabla 14: Efecto del programa de beneficio tributario sobre el gasto futuro en I+D a través de metodología *Propensity Score Matching*, 2013 y 2014

| Año | Output | Beneficiarios 2013 | Beneficiarios 2014 |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | ATT | ATT |
| 2014 | (1) ln_gasto_total | 3,58** | |
| | (2) ln_extra | 1,66* | |
| | (3) ln_intra | 3,74** | |
| 2015 | (1) ln_gasto_total | 3,27** | 2,33** |
| | (2) ln_extra | 1,46 | 0,13 |
| | (3) ln_intra | 3,18** | 2,37** |

Nota: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.001.

46 El promedio del valor predicho para el 2013 es 0,926 y para el 2014 0,87.

6.2. Resultados del Blop Matching

Se estima el efecto de ambas metodologías sin considerar la actividad económica. De esta forma, se comparan los resultados del del *PS matching* con los obtenidos con el *Blop matching*. La Tabla 15, muestra los resultados de la de la misma estimación realizada con ambas metodologías.⁴⁷ Se observan ciertas diferencias en los resultados del programa tanto en el coeficiente como en la significancia en algunas especificaciones.

Estos resultados no contemplan que la empresa escogida como control pertenezca a la misma actividad económica, no obstante, posterior al *match* mejora el balance de las variables empleadas⁴⁸, debido a la mayor cantidad de potenciales controles con las mismas características observables. Las mayores diferencias entre ambas estimaciones se ven entre postulantes del año 2014, y su efecto en el gasto I+D a un año de la postulación. El *Blop matching* arroja un efecto no significativo de solo un 1.53% en el gasto total, por debajo con el efecto que se observa en el *PS matching* con un efecto significativo de 2,41%, lo mismo ocurre con el gasto en intramuros. En el caso de los postulantes del 2013 tanto *PSmatch* como *Blop matching* indican un efecto entre un 2%-2,5% en el gasto total a un año de la postulación y de un 3%-3,4% en gasto en intramuros.

Tabla 15: Resultados Blop matching y PS matching, postulantes 2013 y 2014

| Año | Output | Postulantes 2013 | | Postulantes 2014 | |
|------|--------------------|------------------|-----------|------------------|-----------|
| | | Psmatch | Blopmatch | Psmatch | Blopmatch |
| 2014 | (1) ln_gasto_total | 2,54** | 2,16** | | |
| | (2) ln_extra | 0,49 | 0,42 | | |
| | (3) ln_intra | 3,41** | 3,03** | | |
| 2015 | (1) ln_gasto_total | 1,45 | 1,6 | 2,41** | 1,53 |
| | (2) ln_extra | 0,57 | 0,87 | -0,1 | -0,81 |
| | (3) ln_intra | 1,63 | 1,97* | 2,40** | 1,59 |

Nota: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.001. Los tratados son aquellos que tienen soporte común

47 El uso del *Blop matching* no permite usar dummies en la estimación, por lo que se realizó la misma estimación con *PS matching*, distinta a la que se muestra en la tabla 13 para comparar ambas metodologías.

48 Se utilizan como covariables $\ln_{ventast-1}$, $\ln_{exportacionest-1}$, $\ln_{empleot-1}$, $share_{califict-1}$, $priv_{it-1}$, \ln_{it-1} , y $priv_{it-1}$.

Para obtener el efecto del programa se corrige por la probabilidad de ser beneficiado dada la postulación. De esta forma, se tiene que el efecto del programa es alrededor de un 3% a un año del tratamiento sobre el gasto en intramuros para dichas empresas beneficiadas el año 2013, por su parte no existe efecto a mediano plazo sobre ningún tipo de gasto en I+D. En cuanto a las empresas beneficiadas el año 2014 se tiene que no hay efecto significativo al estimar a través del *BlopMatch* y casi un 3% en el caso del *PSM* (Tabla 16).

Tabla 16: Efecto del programa de beneficio tributario sobre el gasto futuro en I+D a través de metodología Propensity Score Matching y Blop Matching, 2013 y 2014

| Año | Output | Beneficiarios 2013 | | Beneficiarios 2014 | |
|------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | | Psmatch | Blopmatch | Psmatch | Blopmatch |
| 2014 | (1) ln_gasto_total | 2.76** | 2.35** | | |
| | (2) ln_extra | 0.53 | 0.46 | | |
| | (3) ln_intra | 3.71** | 3.29** | | |
| 2015 | (1) ln_gasto_total | 1.58 | 1.74 | 2.65*** | 1.68 |
| | (2) ln_extra | 0.62 | 0.95 | -0.10 | -0.09 |
| | (3) ln_intra | 1.77 | 2.14* | 2.63*** | 1.74 |

Nota: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.001. Los tratados son aquellos que tienen soporte común

6.3. Efectos heterogéneos por industria

Dada la importancia de medir el efecto condicional a la industria en la que se encuentra la empresa, se realiza una estimación exacta en el sector económico de la firma. Se restringe el análisis a todas aquellas industrias en las que postularon más de tres empresas.

Para dichas empresas que postularon el 2013 y que fueron beneficiarias del programa, la magnitud del efecto en Manufactura (gasto total en I+D), es mayor al que se observa en los otros sectores analizados, con un efecto a corto plazo de un 4%-5%, y de mediano plazo de un 3% en el caso de la estimación a través del *Blopmatch* (Tabla 18). No se encuentra ningún efecto para el caso del sector de Bienes inmuebles y alquiler.

Por su parte, el efecto de acceder al beneficio tributario para aquellas empresas que postularon el año 2014, no se encuentran efectos significativos en los sectores de bienes inmuebles y alquiler, ni en el sector comercio. Finalmente, en manufactura el efecto es significativo sobre el gasto intramuros calculado a través del *Blop matching*, cabe destacar que existe un efecto significativo y similar en ambas estimaciones sobre el gasto en extramuros, es decir, en el sector de manufactura dichas empresas que fueron beneficiarias del programa el año 2014 se observa un efecto de un 2% en el gasto en extramuros futuro.

Tabla 17: Efectos heterogéneos por industria, beneficiarios 2013⁴⁹

| Año | Output | Bienes inmuebles, alquiler y act. | | | Manufactura | | |
|------|--------------------|--------------------------------------|-------|------------------|-------------|---------|------------------|
| | | PS | BLOP | Soporte común | PS | BLOP | Soporte común |
| 2014 | (1) ln_gasto_total | 0,51 | 0,08 | 8 | 4,61*** | 4,49** | 7 |
| | (2) ln_extra | 0,59 | 1,08 | 8 | 3,36 | 3,12 | 7 |
| | (3) ln_intra | 0,80 | 0,07 | 8 | 5,15*** | 4,49*** | 7 |
| 2015 | (1) ln_gasto_total | - 0,27 | -0,36 | 7 | 3,07 | 3,12* | 7 |
| | (2) ln_extra | 1,27 | 1,12 | 7 | 1,38 | -0,12 | 7 |
| | (3) ln_intra | - 0,25 | -0,27 | 7 | 3,18 | 3,73* | 7 |

Tabla 18: Efectos heterogéneos por industria, beneficiarios 2014

| Año | Output | Bienes inmuebles, alquiler y actividades | | | Comercio al por mayor y por menor | | | Manufactura | | |
|------|---------------------------|---|-------|----|--------------------------------------|-------|---|-------------|---------|----|
| | | PS | BLOP | N | PS | BLOP | N | PS | BLOP | N |
| 2015 | (1) ln_gasto_tot al | 1,15 | 0,89 | 11 | 1,53 | 1,34 | 8 | 2,99 | 3,73 | 15 |
| | (2) ln_extra | -0,51 | -1,15 | 11 | 2,38 | 1,17 | 8 | -2,05*** | -2,71** | 15 |
| | (3) ln_intra | 1,47 | 1,10 | 11 | -0,50 | -0,77 | 8 | 3,86 | 5,25** | 15 |

⁴⁹ Esta tabla muestra el efecto del programa, es decir, es el efecto de la postulación sobre el gasto I+D futuro, corregido por la probabilidad de ser tratado.

6.4. Análisis de robustez

Finalmente, se realiza una estimación del efecto de la postulación al beneficio sobre el gasto en I+D (total, intramuros y extramuros) a través de un *PS matching* exacto en covariables. Esta estimación tiene como fin comparar firmas que cuentan con el mismo gasto en I+D pasado, ventas, exportaciones, número de empleados y actividad económica. Esta estimación requiere la creación de tramos para ciertas variables (gasto, venta, número de empleado y exportaciones pasadas) y se fuerza la estimación a que toda empresa perteneciente al grupo de tratamiento (postulantes) se compare con una en el potencial grupo de control (no postulantes) que sea idéntico en los tramos de las variables utilizadas.⁵⁰ Los resultados muestran un efecto similar al obtenido en la Tabla 13, con un efecto promedio de un 3,5% en el gasto total y en intramuros en dichas empresas que postularon el año 2013, y sin efecto significativo en el gasto extramuros. Este efecto persiste dos años posterior a la postulación. Para el caso de las empresas que postularon al beneficio el año 2014 se tiene un efecto promedio de un 2,6% en el gasto total, y un 2,7% en el gasto intramuros.

Tabla 19: Resultados *PS matching* exacto en covariables, postulantes 2013 y 2014

| Año | Output | Beneficiarios 2013 | Beneficiarios 2014 |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | ATT | ATT |
| 2014 | (1) ln_gasto_total | 3,45** | |
| | (2) ln_extra | 1,15 | |
| | (3) ln_intra | 3,49** | |
| 2015 | (1) ln_gasto_total | 3,13** | 2,6* |
| | (2) ln_extra | 2,45* | 1,0 |
| | (3) ln_intra | 2,61** | 2,7* |

Nota: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.001$. Los tratados son aquellos que tienen soporte común

⁵⁰ Se escogieron los tramos de las variables empleadas buscando maximizar el número de empresas tratadas que eran consideradas en la estimación. Mientras más pequeño el tramo, menos probable es encontrar a una empresa que sea exacta en las variables que se utilizaron. Se llegó a un tramo de 10.000.000 para el caso de las exportaciones, ventas y gasto en I+D pasado. Para el caso del empleo se realizaron tramos de 1000 personas.

7. Conclusiones y discusiones de política

La relación entre el avance tecnológico y productividad es estrecha, y se puede afirmar que existe un efecto positivo de la innovación en el crecimiento de los países. Dada la propia naturaleza de la innovación, el retorno social de esta es mayor al privado y existen externalidades positivas asociadas a su creación, se requieren esfuerzos tanto privados como públicos con el fin de promocionar el gasto en esta materia.

La Ley 20.570 establece un incentivo tributario a la inversión privada en investigación y desarrollo y pretende a través de una devolución vía impuesto del 35% de los gastos efectuados en I+D (certificados) incentivar el gasto futuro en esta área en aquellas empresas que fueron beneficiadas del incentivo. La evaluación de impacto de este programa arrojó que aquellas empresas que fueron beneficiadas con el incentivo tributario incurrieron en un gasto total en I+D de un 2%-3% mayor al año siguiente, impulsado mayoritariamente por el aumento en el gasto intramuros. El efecto se mantiene a mediano plazo (2 años) con un efecto en un 3% sobre el gasto total e intramuros. También se encontró que la industria que muestra mayor aumento en el gasto futuro en investigación y desarrollo es la industria manufacturera.

La evidencia desarrollada en este trabajo muestra la efectividad del programa de incentivo tributario en cuanto a inversión en I+D se refiere. No obstante, se debe destacar que mayor gasto en investigación y desarrollo no necesariamente llevará a aumentos de la productividad, tal y como muestra la literatura en Chile. Dentro de las causas que se plantean en los trabajos realizados sobre este tema se encuentran, en primer lugar, la distancia de los países en desarrollo de la frontera tecnológica, por lo que se debe invertir en mayor proporción en absorción de tecnologías más que en la creación de estas. En segundo lugar, con la falta de capital humano adecuado para la creación/absorción de nuevas tecnologías, y con el lento proceso de “*learning by doing*” en el dominio de procesos productivos por parte de las empresas chilenas, entre otros.

Dicho esto, si bien el beneficio tributario cumple con promocionar el gasto en investigación y desarrollo de aquellas empresas que se vieron beneficiadas del programa, se debe avanzar en políticas complementarias que permitan que una mayor innovación lleve a efectos en la productividad. Se requieren esfuerzos en promocionar el beneficio a través de empresas pequeñas y fuera de la Región Metropolitana, siendo estas las que tienen mayores restricciones financieras. Por otro lado, se necesita una mirada de *clusters* económicos en las actividades de I+D, donde un conjunto de empresas investigue y desarrolle nuevas tecnologías con el fin de acercarnos a la frontera tecnológica y tener un efecto a nivel sectorial y no solo a nivel de empresa. En tercer lugar, el avance tecnológico requiere de capital humano capaz de aprender y de absorber la nueva tecnología, de esta forma, políticas que refuercen las habilidades del SXXI a través de la capacitación o la educación formal son necesarias en un ambiente de constante cambio tecnológico y de alta digitalización.

Para finalizar, se reconoce que el modelo empleado es limitado debido al bajo número de tratados y de periodos para medir el tratamiento. Se necesitan extensiones del modelo que contemplen el efecto del beneficio tributario sobre otras variables asociadas a la productividad, innovación, entre otros. Un mayor número de tratados y de periodos podría mejorar la estimación, para esto, el

esfuerzo conjunto de CORFO y del Ministerio de Economía de unificar la información debe continuar.

Referencias

- Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., & Howitt, P. (2005). Competition and innovation: An inverted-U relationship. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(2), 701-728.
- Alvarez, E., & Crespi, T. (2001). La importancia relativa de las pequeñas y medianas empresas: un análisis de sus determinantes en la industria manufacturera. *Cuadernos de economía*, 38(115), 347-365.
- Alvarez, R., & Robertson, R. (2004). Exposure to foreign markets and plant-level innovation: evidence from Chile and Mexico. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 13(1), 57-87.
- Alvarez, R., Bravo-Ortega, C., & Navarro, L. (2010). Innovation, R&D investment and productivity in Chile.
- Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resource for inventions, in the rate and direction of inventive activity: economic and social factors. *N. Bureau*.
- Arza, V., & López, A. (2010). Innovation and productivity in the argentine manufacturing sector.
- Barro, R. J. (1990). Government spending in a simple model of endogeneous growth. *Journal of political economy*, 98(5, Part 2), S103-S125.
- Baghana, R., & Mohnen, P. (2009). Effectiveness of R&D tax incentives in small and large enterprises in Québec. *Small Business Economics*, 33(1), 91-107.
- Barro, R. J. (1990). Government spending in a simple model of endogeneous growth. *Journal of political economy*, 98(5, Part 2), S103-S125.
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1992). Public finance in models of economic growth. *The Review of Economic Studies*, 59(4), 645-661.
- Benavente J.M. (2005) “Investigación y Desarrollo, Innovación y Productividad : Un Análisis Econométrico a nivel de la Firma”. *Estudios de Economía* 32 (1): 39-67. Junio
- Benavente, J.M (2006) “The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile.” *Economics of Innovation and New Technology* 15(4-5): 301-315.
- Bloom, N, R. Griffith & J. Van Reenen (2002). *Do R&D tax credits work? Evidence from a panel of countries 1979–1997*. *Journal of Public Economics* 85:31
- Bosworth, B., & Collins, S. M. (2003). The empirics of growth: An update. *Brookings papers on economic activity*, 2003(2), 113-206.

Busom, I., B. Corchuelo, and E. Martínez Ros (2014), *Tax incentives or subsidies for business R&D? Small Business Economics* (43), pp. 571–596.

Caselli, F., Esquivel, G., & Lefort, F. (1996). Reopening the convergence debate: a new look at cross-country growth empirics. *Journal of economic growth*, 1(3), 363-389.

Chudnovsky, D., A. López, M. and D. Ubfal. 2006. "Evaluating A Program of Public Funding of Private Innovation Activities. An Econometric Study of FONTAR in Argentina," OVE Working Papers 1606, Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE).

Coe, D. T., & Helpman, E. (1995). International r&d spillovers. *European economic review*, 39(5), 859-887.

Corchuelo Martínez-Azúa, M. B. (2006). INCENTIVOS FISCALES EN I+ D Y DECISIONES DE INNOVACIÓN. *Revista de Economía Aplicada*, 14(40).

Corchuelo, M. B. & E.Martínez-Ros. (2009). *The effects of fiscal incentives for R&D in Spain*. Working Paper 09-23, Business Economic Series 02, Universidad Carlos III de Madrid.

Crépon, B., Duguet, E. and Mairesse, J., 1998. "Research and Development, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level." *Economics of Innovation and New Technology* 7(2): 115-158.

Crespi, G., & Katz, J. (1999). R&D expenditure, market structure and" technological regimes" in Chilean manufacturing industry". *Estudios de economía*, 26(2), 163-186.

Crespi, G., & Zuniga, P. (2012). Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries. *World development*, 40(2), 273-290.

Crespi, G., Giuliadori, D., Giuliadori, R., & Rodriguez, A. (2016). The effectiveness of tax incentives for R&D+ i in developing countries: The case of Argentina. *Research Policy*, 45(10), 2023-2035.

Czarnitzki, D., P. Hanel, y J.M. Rosa (2011). "Evaluating the impact of R&D tax credits on innovation: A microeconomic study on Canadian firms". *Research Policy* 40, 217–229.

Díaz, J., Rau, T., & Rivera, J. (2015). A Matching Estimator Based on a Bilevel Optimization Problem. *Review of Economics and Statistics*, 97(4), 803-812.

Goolsbee, A. (1998). *Does government R&D policy mainly benefit scientists and engineers?* (No. w6532). National Bureau of Economic Research.

Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., & Peters, B. (2006). Innovation and productivity across four European countries. *Oxford review of economic policy*, 22(4), 483-498.

Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The bell journal of economics*, 92-116.

Griliches, Z. (1980). Returns to research and development expenditures in the private sector. In *New developments in productivity measurement* (pp. 419-462). University of Chicago Press.

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). Trade, knowledge spillovers, and growth. *European economic review*, 35(2-3), 517-526.

Haegeland, T., & Møen, J. (2007). Input additionality in the Norwegian R&D tax credit scheme.

Hall, B. & Van Reenen, J. (2000). *How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence.* Research Policy, n.º 29, pp. 449-469.

Hall, B. H., & Lerner, J. (2010). *The financing of R&D and innovation.* Handbook of the Economics of Innovation, Vol. 1, 609-639

Hall, B. H. (2005). Government policy for innovation in Latin America. *Report to the World Bank*, available at <http://www.econ.berkeley.edu/~bhhall/bhpapers.html>.

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.

Harris, R, Q. Cher Li & M. Trainor (2009). *Is a higher rate of R&D tax credit a panacea for low levels of R&D in disadvantaged regions?* *Research Policy* 38 (1):192-205.

Janz, N., Löf, H., & Peters, B. (2003). Firm level innovation and productivity-Is there a common story across countries?.

Klomp, L., & Van Leeuwen, G. (2001). Linking innovation and firm performance: a new approach. *International Journal of the Economics of Business*, 8(3), 343-364.

Labeaga, J., Martínez-Ros, E. and Mohnen, P. (2014). *Tax incentives and firm size: effects on private R&D investment in Spain.* *UNU-MERIT Working Papers #2014-081.* ISSN 1871-9872.

Lokshin, B & P. Mohnen (2012). *How effective are level-based R&D tax credits? Evidence from the Netherlands.* *Applied Economics* 44 (12):1527-1538.

Löf, H., & Heshmati, A. (2002). Knowledge capital and performance heterogeneity: A firm-level innovation study. *International Journal of Production Economics*, 76(1), 61-85.

Mairesse, J., & Lentile, D. (2009). A policy to boost R&D: Does the R&D tax credit work. *European Investment Bank Papers*, 14(1).

Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 107(2), 407-437.

Mohnen, P., Mairesse, J., & Dagenais, M. (2006). Innovativity: A comparison across seven European countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5), 391-413.

Mulkay, B., and J. Mairesse (2013). *The R&D tax credit in France: assessment and ex ante evaluation of the 2008 reform*. *Oxford Economic Papers* 65 (3):746-766.

Nelson, R. R. (1959). The simple economics of basic scientific research. *Journal of political economy*, 67(3), 297-306.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*.

Parra Torrado, M. (2013). Exenciones fiscales para la I+ D+ i, experiencias en América Latina y retos pendientes. Evaluación del caso colombiano. *Documento inédito*. Washington, DC: BID.

Rebelo, S. (1991). Long-run policy analysis and long-run growth. *Journal of political Economy*, 99(3), 500-521.

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102.

Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.

Rubin, D. B. (2001). Using propensity scores to help design observational studies: application to the tobacco litigation. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 2(3-4), 169-188.

Schultz, T. W. (1953). *The economic organization of agriculture*(No. HD1411 S43).

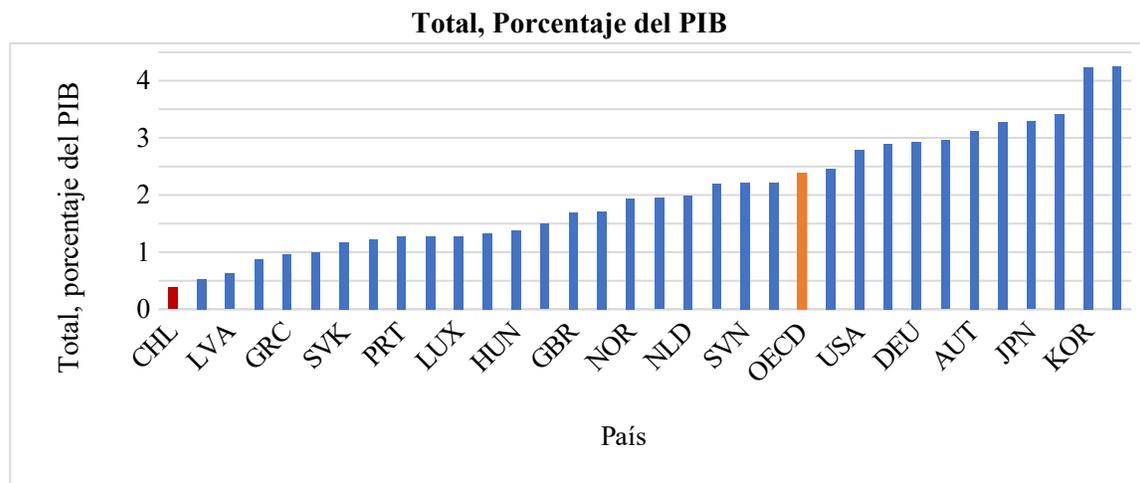
Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.

Steinmuller, E. W. (2009). Technology policy: the roles of industrial analysis and innovation studies. *2009*, 17-32.

Steinmueller, W. E. (2010). Economics of technology policy. In *Handbook of the Economics of Innovation* (Vol. 2, pp. 1181-1218). North-Holland.

Anexos

Anexo 1: Gasto interno bruto en I+D 2015, países OCDE



Fuente: Elaboración propia a partir de datos OCDE, 2015.

Anexo 2: Evaluación de programas de crédito tributario: estimación de modelos estructurales

| Autores | País(es) | Tipo de Incentivo | Nivel de Obs. | Años | Método Estimación | Foco de la Evaluación | Resultado |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|--------------------------|------------------------------|--|
| Baghana y Mohnen (2009) | Canadá (Quebec) | Incremental y volumen | Panel de Firmas | 1997-2003 | GMM | Elasticidad del costo de I+D | Estimación de la elasticidad del costo de I+D de -0.10 en el corto plazo y de -0.14 en el largo plazo. |
| Bloom et al. (2002) | Países de la OECD | Incremental y volumen | Panel a nivel de industrias | 1979-1999 | VARIABLES Instrumentales | Elasticidad del costo de I+D | Estimación de la elasticidad del costo de I+D de -0.14 en el corto plazo y -0.96 en el largo plazo |
| Harris et al. (2009) | Irlanda del Norte | Volumen | Panel de Firmas | 1998-2003 | GMM | Elasticidad del costo de I+D | Estimación de la elasticidad del costo de I+D de -0.53 en el corto plazo y -1.37 en el largo plazo |
| Lokshin Mohnen (2012) | Países Bajos | Volumen | Panel de Firmas | 1996-2004 | VARIABLES Instrumentales | Elasticidad del costo de I+D | Estimación de la elasticidad del costo de I+D entre - |

| Autores | País(es) | Tipo de Incentivo | Nivel de Obs. | Años | Método Estimación | Foco de la Evaluación | Resultado |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|--|
| | | | | | | | 0.21 y -0.50 en el corto plazo y entre -0.54 y -0.79 en el largo plazo |
| Mulkay y Mairesse (2013) | Francia | Incremental y volumen | Panel de Firmas | 2000-2007 | Efectos fijos. GMM | Elasticidad del costo de I+D | Estimación de la elasticidad del costo de I+D de -0.33 en el corto plazo y -0.41 en el largo plazo |
| Crespi et. al (2016) | Argentina | Volumen | Panel de Firmas | 1992-2004 | Efectos fijos. GMM | Elasticidad del costo de I+D | Estimación de la elasticidad del costo de I+D de largo plazo de -1.21 |
| Parra Torrado (2013) | Colombia | Volumen | Panel de Firmas | 2000-2010 | Efectos Fijos | Estimación Directa | Impacto en la productividad (PTF) entre 4% y 16%. Impacto en innovación de producto entre 10% y 34%. |

Anexo 3: Resumen modelos utilizados para evaluar programas de incentivos tributarios en España

| | Corchuelo y Martínez-Ros (2009) | Busom, Corchuelo, y Martínez-Ros (2014) | Labeaga, Martínez-Ros y Mohnen (2014) |
|----------------------|---|--|--|
| Método de Estimación | Estiman el Average Treatment effect (ATE) del incentivo | Un modelo bivariate probit, para estimar de manera | Modelo estructural: Estimación de la elasticidad |

| | | | | |
|-------------------------------------|---|-------|---|--|
| | tributario utilizando Heckman en dos etapas con variables instrumentales y matching no-paramétrico, ya que los autores proponen que el B-index o el costo del uso de I+D son endógenos. | | simultánea la probabilidad de utilizar incentivos tributarios a la I+D y subsidios a la I+D. | del costo del uso de I+D, siguiendo el modelo de Mulkey and Mairesse (2013), con variables rezagadas y un modelo autorregresivo. |
| Datos | Cross-section de empresas para 2002 | 1.708 | Datos de panel de firmas en base a la encuesta CIS de España. Un total de 3.626 empresas manufactureras de 2005 a 2008. | Panel desbalanceado de empresas de 1997-2008, con 3.946 observaciones de empresas manufactureras. |
| Variables Dependientes | Logaritmo de gastos en I+D. | | Variable binaria de uso de incentivos tributarios a la I+D entre 2006-2008. Variable binaria de uso de subsidios a la I+D entre 2006-2008. | Logaritmo de los gastos de I+D internos en la firma. |
| Variables Independientes de interés | Logaritmo natural del B-index rezagado un período. | | Restricciones de financiamiento normalizadas por la importancia de todas las restricciones a la I+D. | Costo del uso de I+D en el mismo período y rezagado uno y dos períodos. Este es calculado para el uso efectivo del incentivo y para el “potencial” o legal si las empresas utilizan el instrumento en el total de sus gastos de I+D. |

Anexo 4: Número de proyectos y contratos certificados ley I+D por tamaño de empresa y año

| Año de certificación | Grande | Pyme | Sin retorno | Total |
|-----------------------------|---------------|-------------|--------------------|--------------|
| 2008 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 2009 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| 2010 | 20 | 2 | 0 | 22 |
| 2011 | 40 | 8 | 0 | 48 |
| 2012 | 32 | 9 | 4 | 45 |
| 2013 | 38 | 19 | 4 | 61 |
| 2014 | 80 | 24 | 3 | 107 |
| 2015 | 141 | 55 | 2 | 198 |
| 2016 | 107 | 39 | 4 | 150 |
| Total | 469 | 156 | 17 | 642 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

Anexo 5: Montos certificados Ley I+D según tamaño de empresas (en millones de pesos)

| Año certificación | Grandes | Pymes | S/I | Total | % Grandes |
|--------------------------|----------------|--------------|------------|--------------|------------------|
| 2008 | 71.72612 | 0 | 0 | 71.72612 | 100% |
| 2009 | 582.2151 | 0 | 0 | 582.2151 | 100% |

| | | | | | |
|--------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|
| 2010 | 1892.366 | 26.76464 | 0 | 1919.13064 | 99% |
| 2011 | 3146.386 | 239.8064 | 0 | 3386.1924 | 93% |
| 2012 | 5062.285 | 723.7137 | 250.3397 | 6036.3384 | 84% |
| 2013 | 16403.13 | 1495.15 | 609.9049 | 18508.1849 | 89% |
| 2014 | 27318.38 | 4685.539 | 1270.078 | 33273.997 | 82% |
| 2015 | 37878.79 | 10750.08 | 2504.821 | 51133.691 | 74% |
| 2016 | 67339.81 | 4529.543 | 4717.018 | 76586.371 | 88% |
| Total | 159695.09 | 22450.597 | 9352.1616 | 191497.8466 | 83% |

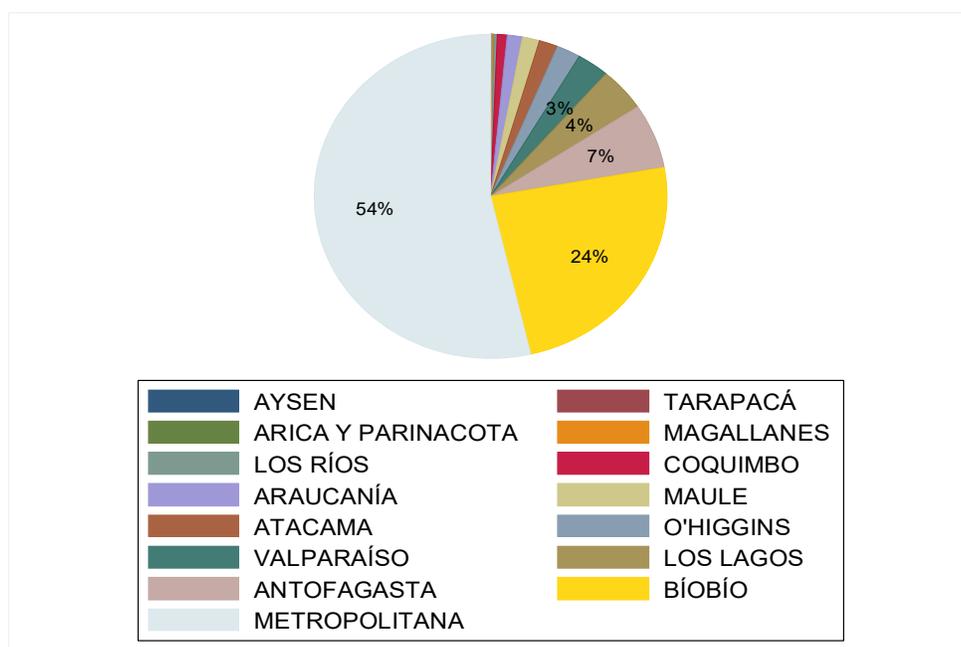
Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017. El monto total no incluye aquellas empresas que no dieron cuenta del volumen de las ventas.

Anexo 6: Montos certificados (acumulados 2008-2016) por sector económico (en millones de pesos)

| Sector económico | Montos certificados | Porcentaje |
|--|----------------------------|-------------------|
| Enseñanza | 97.7831 | 0% |
| Actividades de atención de la salud humana | 350.5928 | 0% |
| Transporte y almacenamiento | 677.6226 | 0% |
| Comercio al por mayor y al por menor, re | 780.6104 | 0% |
| Otros | 1449.266 | 1% |
| Actividades financieras y de seguros | 2276.437 | 1% |
| Actividades profesionales, científicas | 2347.678 | 1% |
| Información y comunicaciones | 2461.95 | 1% |
| Suministro de electricidad, gas, vapor y | 2625.935 | 1% |
| Construcción | 4450.534 | 2% |
| Industrias manufactureras | 36209.63 | 19% |
| Explotación de minas y canteras | 47085.33 | 25% |
| Agricultura, ganadería, silvicultura y | 90684.48 | 47% |
| Total | 191497.8 | 100% |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

Anexo 7: Porcentaje de los montos totales certificados acumulados 2008-2016, por región (en millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos CORFO, 2017.

Anexo 8: Distribución de empresas tratadas por año y CIU3

| Clasificación CIU3 | 2013 | | 2014 | |
|-----------------------|------|---|------|---|
| | C | T | C | T |
| 1 | 115 | 2 | 133 | 4 |
| 2 | 22 | 0 | 21 | 0 |
| 5 | 49 | 0 | 47 | 1 |
| 10 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 33 | 0 | 24 | 1 |
| 14 | 16 | 0 | 13 | 0 |
| 15 | 146 | 3 | 155 | 7 |
| 16 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 17 | 5 | 0 | 8 | 2 |
| 18 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 19 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| 20 | 11 | 1 | 12 | 1 |
| 21 | 21 | 0 | 21 | 0 |
| 22 | 8 | 0 | 8 | 0 |
| 23 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| 24 | 114 | 4 | 108 | 9 |

| Clasificación CIU3 | 2013 | | 2014 | |
|-----------------------|------------|----------|-----------|----------|
| | C | T | C | T |
| 25 | 38 | 0 | 35 | 4 |
| 26 | 18 | 0 | 17 | 0 |
| 27 | 14 | 1 | 13 | 1 |
| 28 | 46 | 0 | 49 | 4 |
| 29 | 37 | 2 | 38 | 1 |
| 31 | 9 | 0 | 9 | 1 |
| 32 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| 33 | 6 | 0 | 3 | 0 |
| 34 | 7 | 0 | 0 | 1 |
| 35 | 1 | 0 | 6 | 0 |
| 36 | 32 | 0 | 7 | 0 |
| 37 | 10 | 0 | 2 | 0 |
| 40 | 74 | 1 | 29 | 2 |
| 41 | 12 | 0 | 13 | 0 |
| 45 | 231 | 5 | 66 | 2 |
| 50 | 45 | 0 | 13 | 1 |
| 51 | 29 | 0 | 235 | 12 |
| 52 | 32 | 0 | 43 | 0 |
| 55 | 10 | 0 | 29 | 0 |
| 60 | 3 | 0 | 33 | 0 |
| 61 | 32 | 2 | 7 | 0 |
| 62 | 32 | 0 | 4 | 0 |
| 63 | 30 | 1 | 34 | 0 |
| 64 | 26 | 0 | 30 | 1 |
| 65 | 14 | 0 | 34 | 1 |
| 66 | 32 | 1 | 24 | 0 |
| 67 | 15 | 0 | 11 | 1 |
| 70 | 156 | 6 | 28 | 0 |
| 71 | 59 | 1 | 13 | 0 |
| 72 | 300 | 3 | 161 | 6 |
| 73 | 8 | 0 | 83 | 5 |
| 74 | 49 | 0 | 320 | 7 |
| 80 | 19 | 0 | 7 | 0 |
| 85 | 16 | 0 | 45 | 1 |
| 90 | 20 | 0 | 20 | 2 |
| 91 | 4 | 0 | 17 | 0 |
| 92 | 6 | 0 | 20 | 0 |
| 93 | 28 | 0 | 4 | 0 |
| A | 17 | 0 | 9 | 0 |
| D | 21 | 1 | 16 | 1 |
| J | | | 12 | 0 |
| S/ | | | 22 | 2 |

| Clasificación CIU3 | 2013 | | 2014 | |
|-----------------------|------|----|------|----|
| | C | T | C | T |
| Total | 2096 | 34 | 2127 | 81 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Panel I+D, Ministerio de economía.

Anexo 9: Balance PSM 2013

| Variable | Matched | Mean | | %reduct | | t-test | | V(T)/V(C) |
|-------------------------|---------|-----------|----------|---------|------|--------|-------|-----------|
| | | Treated | Control | %bias | bias | t | p>t | |
| ventas_2012 | U | 360000000 | 35000000 | 32.2 | | 6.2 | 0 | 85.77* |
| | M | 72000000 | 55000000 | 1.7 | 94.8 | 0.42 | 0.677 | 0.97 |
| exportaciones_2012 | U | 10000000 | 3400000 | 25.1 | | 1.48 | 0.139 | 2.02 |
| | M | 11000000 | 9200000 | 6 | 76 | 0.18 | 0.854 | 1.32 |
| exportaciones_2012_2 | U | 1.1E+15 | 5.3E+14 | 9.2 | | 0.38 | 0.706 | 0.40* |
| | M | 1.2E+15 | 8.7E+14 | 4.5 | 51 | 0.21 | 0.832 | 1.38 |
| priv_propiedad_nac_2012 | U | 89.234 | 83.392 | 18.2 | | 0.79 | 0.43 | 0.59 |
| | M | 91.73 | 91.294 | 1.4 | 92.5 | 0.05 | 0.956 | 0.81 |
| agno_antiguedad_2012 | U | 46.042 | 25.444 | 61.4 | | 3.98 | 0 | 2.71* |
| | M | 42.435 | 43.009 | -1.7 | 97.2 | -0.05 | 0.961 | 0.79 |
| gasto_id_total_2012 | U | 250000 | 120000 | 18.6 | | 0.83 | 0.409 | 0.67 |
| | M | 130000 | 77603 | 6.9 | 62.9 | 0.96 | 0.34 | 0.54 |
| empleo_total_2012 | U | 631.42 | 334.2 | 24 | | 1.05 | 0.295 | 0.61 |
| | M | 542.65 | 476.07 | 5.4 | 77.6 | 0.26 | 0.8 | 1.87 |
| empleo_total_2012_2 | U | 1500000 | 2000000 | -2.1 | | -0.07 | 0.94 | 0.02* |
| | M | 1300000 | 750000 | 2.2 | -3.5 | 0.5 | 0.616 | 3.28* |

| Sample | Ps R2 | LR chi2 | p>chi2 | MeanBias | MedBias | B | R | %Var |
|-----------|-------|---------|--------|----------|---------|-------|------|------|
| Unmatched | 0.11 | 25.53 | 0.012 | 17.1 | 14.8 | 69.6* | 1.21 | 50 |
| Matched | 0.028 | 1.8 | 1 | 3.3 | 2 | 39.5* | 0.82 | 13 |

Anexo 10: Balance PSM 2014

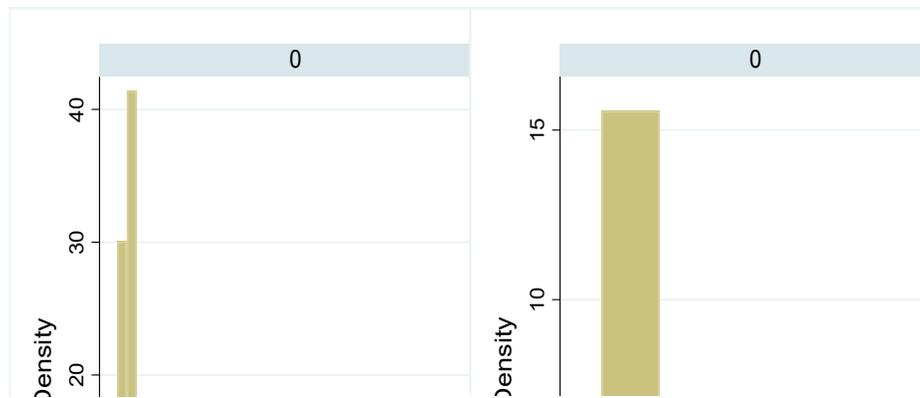
| | Matched | Mean | | %reduct | | t-test | | V(T)/V(C) |
|-------------|---------|----------|----------|---------|------|--------|-------|-----------|
| | | Treated | Control | %bias | bias | t | p>t | |
| ventas_2013 | U | 72000000 | 50000000 | 9.9 | | 0.56 | 0.572 | 0.66 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | M | 72000000 | 57000000 | 6.8 | 31.1 | 0.38 | 0.706 | 1.56 |
| empleo_total_2013 | U | 412.73 | 382.16 | 3.3 | | 0.17 | 0.865 | 0.35* |
| | M | 412.73 | 368 | 4.8 | -46.4 | 0.28 | 0.782 | 0.76 |
| ventas_2013_2 | U | 4.2E+16 | 6E+16 | -2.6 | | -0.12 | 0.904 | 0.03* |
| | M | 4.2E+16 | 2.7E+16 | 2.2 | 15.3 | 0.4 | 0.687 | 1.02 |
| priv_propiedad_nac_2013 | U | 78.303 | 85.677 | -19.8 | | -1.34 | 0.181 | 1.39 |
| | M | 78.303 | 80.652 | -6.3 | 68.1 | -0.27 | 0.79 | 1.09 |
| gasto_id_total_2013 | U | 150000 | 130000 | 2.2 | | 0.1 | 0.92 | 0.06* |
| | M | 150000 | 140000 | 1.1 | 50.3 | 0.15 | 0.881 | 1.19 |
| gasto_id_total_2013_2 | U | 150000 | 130000 | 2.2 | | 0.1 | 0.92 | 0.06* |
| | M | 150000 | 140000 | 1.1 | 50.3 | 0.15 | 0.881 | 1.19 |
| agnos_antiguedad | U | 35.6 | 28.534 | 23.7 | | 1.72 | 0.085 | 1.79 |
| | M | 35.6 | 34.545 | 3.5 | 85.1 | 0.15 | 0.883 | 1.27 |

| Sample | Ps R2 | LR | chi2 | p>chi2 | MeanBia | | R | %Var |
|-----------|-------|-------|-------|--------|---------|------|-------|------|
| | | | | | s | B | | |
| Unmatched | 0.072 | 25.78 | 0.012 | 9.9 | 9.2 | 10.3 | 0.00* | 57 |
| Matched | 0.009 | 0.96 | 1 | 3.5 | 3.4 | 21.8 | 1.06 | 0 |

Anexo 11: Distribución propensity pre y post match entre postulantes y el grupo de control

Panel C: 2013



Panel D: 2014

