

***¿Cómo afecta el flujo de información y conocimiento
generado por terceros a la realización de cooperación
en innovación? Análisis en Chile a partir de la 9na
Encuesta de Innovación (2013 – 2014)***

Nicolás García Bernal¹

Resumen

Desde la economía de la innovación se ha apuntado a los *incoming spillovers* como uno de los factores más importantes para incentivar a las firmas a realizar acuerdos de cooperación en innovación (I+D). A partir de esta idea, la presente investigación empírica buscó analizar los efectos heterogéneos de los distintos tipos de spillovers (públicos, institucionales, verticales y horizontales) sobre la decisión de cooperación en innovación de las firmas chilenas. Para ello se analizó el efecto de los spillovers sobre distintos tipos de acuerdos de cooperación realizados por Pymes y grandes empresas. Usando la 9na Encuesta de Innovación (2013-2014) y aplicando un modelo Probit con variables instrumentales para cada uno de los spillovers, se encontró que efectivamente existen efectos heterogéneos de los distintos incoming spillovers sobre la realización de acuerdos de cooperación en innovación. En particular, destaca que el efecto de los spillovers institucionales es mayor para las pequeñas y medianas empresas, lo que sugiere la importancia del flujo de conocimiento desde universidades e institutos de I+D sobre la realización de cooperación en I+D.

¹ Administrador Público de la Universidad de Santiago de Chile y Magíster en Economía con mención en Políticas Públicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Actualmente se desarrolla como docente universitario en cursos del área de economía, y además participa en el desarrollo de consultorías. Los errores y omisiones son de mi exclusiva responsabilidad: nagarcia1@uc.cl

Índice

1. Introducción	1
2. Revisión de la literatura.....	4
3. Marco conceptual	7
3.1. Incoming Spillovers.....	7
3.2. Cooperación en innovación (I+D) e Incoming spillovers.....	8
4. Estrategia de estimación y datos	10
4.1. Estrategia de estimación	10
4.3 Estadística descriptiva.....	14
5. Resultados	20
5.1. Probit para la cooperación: análisis Spillovers	20
5.2. Probit para la cooperación: efectos de spillovers según tamaño de firmas	22
5.3. Estimación con variables instrumentales.....	23
6. Conclusiones	26
7. Bibliografía	29
8. Anexos	31

1. Introducción

Durante los últimos años, la innovación ha comenzado a tomar fuerza como un tema primordial para fomentar el desarrollo y crecimiento económico². No obstante aquello, la actividad innovadora presenta importantes obstáculos y fallas de mercados que pueden dificultar su realización, y generar una provisión sub-óptima de actividades innovadoras por parte del sector privado. Dentro de estos obstáculos destacan la existencia de altos costos en el desarrollo de la investigación y desarrollo (I+D), la indivisibilidad en el capital humano, la falta de información técnica, la intangibilidad de activos y, por sobre todo, las externalidades generadas a partir de la característica de bien público del conocimiento.

Con el objetivo de superar dichas dificultades, desde la economía de la innovación se ha argumentado que la realización de proyectos de innovación a través de acuerdos de cooperación con terceros (universidades, institutos de I+D, otras empresas, proveedores de equipos, entre otros) permitiría solucionar en parte algunas de estas fallas de mercado prevalecientes en la actividad innovadora. En tal dirección, D'Aspremont & Jacquemin (1988) han justificado teóricamente que la cooperación en innovación (I+D) permitiría aumentar la eficiencia de las actividades de I+D, y por sobre todo reducir significativamente sus costos, además de contribuir a complementar las capacidades técnicas de cada participante.

Al estudiar los determinantes de la cooperación en innovación (I+D), se identifica a los denominados *incoming spillovers* como uno de los más relevantes [Cassiman et al (2002); Belderbos et al. (2004); Dachs et al. (2004); y López (2008)]. Estos *incoming spillovers* se deben entender como el flujo de información y conocimiento que es generado por terceros, y que como consecuencia de la no rivalidad y no exclusión por parte de quienes lo generan, queda a libre disposición para su internalización y, posterior uso –sin costo alguno– por parte de las empresas innovadoras (OCDE, 2013)³. Así, se ha establecido que las firmas que tienen mayor acceso a información y conocimiento de origen externo que es útil para la actividad innovadora (*incoming spillovers*), tienen mayores incentivos a realizar proyectos de innovación a través de

²La innovación es definida por el Manual de Oslo (OCDE, 2005) como la introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto, proceso, o método de comercialización u organizativo.

³Se han diferenciado distintos tipos de *incoming spillovers*; públicos, institucionales, verticales y horizontales. Cada uno asociado a una respectiva fuente de información relevante para la actividad innovadora de la firma. Por ejemplo, los *incoming spillovers* de carácter público corresponden al flujo de información y/o conocimiento que proviene de fuentes de carácter público (feria, revistas, exposiciones o conferencias). Los *incoming spillovers* institucionales se asocian con el acceso a información proveniente de universidades y/o institutos de I+D; verticales con la información de proveedores de equipo y clientes; y, finalmente, los horizontales con el mayor acceso a información generada por las empresas competidoras.

acuerdos de cooperación en I+D con otros agentes [D’Aspremont et al. (1988); Katz M. (1986); Cassiman et al. (2002); y Belderbos et al. (2006)].

Es así como el Ministerio de Economía, motivado por la baja proporción de firmas innovadoras que realizan algún tipo de cooperación para sus proyectos de innovación⁴, ha promovido una serie de programas públicos que han tenido como objetivo impulsar la innovación y, por sobre todo, su realización a través de acuerdos de cooperación. Esto se ha hecho con la idea de que mayores posibilidades de obtener conocimiento implican más oportunidades de encontrar asociados para la innovación (Ministerio de Economía, 2013). O sea, estas intervenciones públicas se basan en la gestión de los *incoming spillovers*⁵, es decir, fundamentado en la tesis de que aumentar los spillovers incrementaría las actividades de innovación de las firmas, para lo cual busca facilitar el acceso a información externa para impulsar la realización de proyectos de innovación conjunta. En definitiva, la intención es contribuir a una mayor relación en actividades de innovación entre el sector privado y las instituciones que generan conocimiento (por ejemplo universidades y/o institutos de I+D).

Pese a los diversos programas públicos que se han implementado en el país con la idea de fomentar la cooperación en I+D a través de la gestión – implícita - de los *incoming spillovers*, no existen estudios empíricos que acrediten que dicha estrategia es efectiva en Chile⁶. Aun más, considerando que cada país se caracteriza por poseer un sistema nacional de innovación en particular⁷, se requiere que cada intervención o resultado sea analizado según la realidad en la cual se enmarca⁸. De esta forma, es de esperar que el comportamiento innovador de las firmas difiera significativamente según la región geográfica en la cual se ubica, la industria a la que pertenece o del tamaño de la firma.

En el caso particular de Chile, justificado por las inherentes diferencias en características técnicas y financieras, existe una importante heterogeneidad en el

⁴ Según la 9na Encuesta de Innovación, sólo un 13,4% de las firmas innova a través de algún acuerdo de cooperación en I+D.

⁵ Con tal objetivo, la CORFO ha implementado programas públicos como el Programa de Difusión Tecnológica, de I+D aplicada, Asociaciones tecnológica para la competitividad, entre otros.

⁶ En Chile, la literatura que ha abordado temas de innovación, lo ha hecho únicamente con el objetivo de estudiar sus determinantes (Greve, 2013), y más específicamente, la relación existente entre innovación (I+D) y productividad o crecimiento económico (Benavente, 2002;; Crespi & Zúñiga, 2010; Álvarez, Bravo-Ortega & Navarro, 2010)..

⁷ Lederman & Maloney (2004), definen al sistema nacional de innovación (SNI) como los esfuerzos generales que un país realiza en innovación. Concretamente, se considera como un modelo que involucra a diferentes actores públicos y privados, así como a organizaciones dedicadas a la investigación, entre ellas, las universidades.

⁸ Los resultados empíricos difieren significativamente de un país a otro. Por ejemplo, Dachs, et al. (2004) encuentran que los *spillovers* de carácter horizontal tienen un efecto significativo y negativo sobre la probabilidad de cooperar para firmas innovadoras finlandesas, mientras que en Austria el efecto sería positivo. Igualmente, Chun et al. (2012) encuentran en Corea un efecto significativo y positivo de los *spillovers* públicos y, sin embargo, Dachs et al (2004) no encuentran significancia para Finlandia o Austria.

comportamiento innovador de las empresas según su tamaño; un 50,9% son grandes empresas, 21,9% medianas y 27,2% son pequeñas. Por otro parte, en la realización de innovación a través de acuerdos de colaboración en I+D, el 67,3% son realizado por grandes empresas, mientras que el 12,2% y 20,5% son medianas y pequeñas.

El presente estudio propone generar evidencia empírica respecto a cómo los distintos incoming spillovers determinan la realización de acuerdos de cooperación para la innovación (I+D) de las empresas chilenas. Concretamente se busca identificar cuáles son los *incoming spillovers* relevantes para la realización de acuerdos de cooperación en I+D de las empresas chilenas. Y además, entendiendo las diferencias en el comportamiento innovador entre firmas de distinto tamaño, se busca identificar si existen efectos heterogéneos de los spillovers sobre la decisión de cooperación en innovación para empresas de distinto tamaño. Ambas preguntas se consideran fundamentales para la elaboración de políticas públicas en esta área, esto considerando que la correcta focalización de los recursos aumentaría su efectividad.

Metodológicamente, se utiliza la base de datos de la 9na Encuesta de Innovación (2013-2014), que permite identificar a las firmas que realizan acuerdos de cooperación en I+D. Esta encuesta consulta respecto de la importancia que asignan a las distintas fuentes de información en su actividad innovadora, lo que permite construir un *proxy* para cada uno de los *incoming spillovers*. Para evitar problemas de endogeneidad, se realiza el análisis a partir de la inclusión de variables instrumentales para cada uno de los spillovers. Con esto, se estima un modelo Probit que incluye como variable dependiente binaria la realización de acuerdos de cooperación en I+D, y como independientes se recurre a variables proxy para distintos tipos de spillovers, controlando además por otras variables que la literatura considera relevantes. A la vez, se incluye la interacción entre cada uno de los spillovers y una variable categórica que hace referencia a si es – o no - una pequeña o mediana empresa (Pyme). Por lo tanto, este desarrollo metodológico permite analizar si es que existen diferencias significativas en el efecto de los distintos spillovers sobre la probabilidad de realizar acuerdos de cooperación para firmas de distinto tamaño.

Aplicada la metodología, los principales resultados indican que efectivamente los incoming spillovers tienen efectos heterogéneos según el tipo de cooperación y el tamaño de la firma innovadora. En particular, destaca que el efecto de los spillovers institucionales es mayor para las pequeñas y medianas empresas, sugiriendo la importancia del flujo de conocimiento desde universidades e institutos de I+D sobre la realización de cooperación en I+D.

El resto de la presente investigación se estructura de la siguiente manera; en la sección 2 se revisa la literatura de carácter teórico y empírico que describe cómo los *incoming spillovers* pueden afectar la realización de innovación a través de cooperación I+D. En la sección 3 se presenta el marco conceptual, en donde se define a los *incoming spillovers* y la relación existente entre estos y la cooperación en innovación (I+D). La sección 4 describe la estrategia de estimación y presenta los estadísticos descriptivos de las variables más importantes, mientras que en la sección 5 se ahonda en los resultados de las estimaciones. Finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones.

2. Revisión de la literatura

Las investigaciones en temas de cooperación en I+D pueden ser divididas en dos grandes bloques; en el primero, se ha estudiado cuáles son los efectos de la cooperación sobre diferentes medidas de desempeño de la empresa, y en el segundo, los determinantes que influirían en la decisión de cooperar.

Dentro de esta última línea investigativa, autores como D'Aspremont et al. (1988), Kamien, Müller & Zang (1992), Leahy & Neary, (1997), Katsoulacos & Ulph (1998) han apuntado a los *incoming spillovers* como uno de los factores más importantes para incentivar a las firmas a realizar cooperación en I+D, convirtiéndose en un tema central dentro del marco de análisis de la economía de la innovación. Probablemente la mayor influencia teórica en este campo es de D'Aspremont et al. (1988), quienes primeramente modelan el efecto de los spillovers sobre los incentivos de la firma para llevar a cabo I+D individualmente o formar proyectos de cooperación en I+D. Ante tal disyuntiva, concluyen que ya sea por la expansión de la demanda o la reducción de costos, la inversión en I+D es mayor en proyectos conjuntos de innovación.

Por su parte, D'Aspremont et al. (1988) y posteriores [Kamien, Müller & Zang (1992); Leahy & Neary, (1997)] presentan una concepción teórica que considera los flujos de información como exógenos y simétricos; sin embargo, esta quedó atrás al desarrollarse una nueva literatura. El nuevo enfoque propone un carácter endógeno y asimétrico de los spillovers, permitiendo representar situaciones en donde las empresas controlan los flujos de información generados (Katsoulacos & Ulph 1998). Esta nueva perspectiva ha significado un avance importante en el realismo de los modelos sobre realización de cooperación en I+D, ya que ahora, estaría acorde a la evidencia empírica que muestra que las empresas difieren en su capacidad para aprovechar los spillovers recibidos. Por lo tanto, en esta nueva perspectiva, se espera que a diferencia de lo propuesto por D'Aspremont et al. (1988), la manera en que se aborde la cooperación en innovación sea distinta para firmas con distintas características.

La gran mayoría de los estudios empíricos que analizan la relación entre spillovers y cooperación en I+D son realizados bajo un enfoque más subjetivo, basados principalmente en la evidencia de encuestas y, por lo general, usan datos desde la *Community Innovation Survey* (CIS) para diferentes países. En estos, se miden los *incoming spillovers* como la importancia relativa asignada por las firmas a las diferentes fuentes de información disponible para los procesos de innovación⁹. Por ejemplo, explotando tal información, autores como Cassiman et al. (2002), Belderbos et al. (2004a), Schmidt (2005), Miotti & Schwald (2003) Morandi (2007), López (2008) y Abramovsky et al. (2009), han analizado cómo los spillovers afectan la probabilidad de realizar cooperación en I+D, concluyendo que efectivamente tienen un efecto significativo y positivo en dicha probabilidad.

Para analizar el efecto de los spillovers, y utilizando la metodología de encuestas, se ha diferenciado entre distintos tipos de spillovers: públicos, horizontales, verticales e institucionales. Al respecto, Cassiman & Veugelers (2002) definen a los *spillovers públicos* como una medida de la importancia asignada por las firmas a la información con carácter público, es decir, la que se encuentra disponible en conferencias, ferias, revistas científicas y exposiciones. Por otro lado, Belderbos et al. (2004) diferencian a los spillovers según la fuente que origina la información, identificando los *spillovers verticales* (proveedores y clientes), *horizontales* (competidores) e *institucionales* (universidades e institutos de I+D).

Pese a que las investigaciones que estudian la relación entre cooperación y spillovers se contextualizan en distintos países¹⁰, en todos ellos se sugiere que – en términos generales - un alto nivel de *incoming spillovers* puede afectar la probabilidad de la firma de realizar innovación bajo acuerdos de cooperación en I+D. Pese a esto, es importante tener en consideración que los efectos encontrados de los spillovers sobre la decisión de cooperación en I+D difieren significativamente en impacto y dirección de un país a otro. Por ejemplo, Dachs, Ebersberger, & Pyka (2004) encuentran que los *incoming spillovers* de carácter horizontal (información proveniente desde la competencia) tienen un efecto significativo y negativo sobre la probabilidad de cooperar para las firmas innovadoras finlandesas, mientras que en Austria el efecto es significativo y positivo. Así también, Chun et al. (2012) encuentran un efecto significativo y positivo de los spillovers públicos en Corea, mientras que Dachs et al.

⁹ Por lo general, las firmas deben valorar el flujo de información externa en una escala de Likert que va desde (4) no relevante, (3) importancia baja, (2) importancia media y (1) importancia alta.

¹⁰ Por ejemplo, se realizan estudios a para: Bélgica (Cassiman et al. 2002), Holanda (Belderbos et al. 2004), Finlandia y Austria (Dachs et al. 2004), España (López, 2008) y Corea (Chun & Mun 2012)

(2004) no encuentran significancia para Finlandia o Austria. En definitiva, existen resultados disímiles para los distintos países analizados.

Bajo una concepción que considera un efecto asimétrico de los spillovers sobre el comportamiento innovador de las firmas, autores como Rothwell & Dodgson (1991), Nooteboom (1994), Audretsch and Vivarelli (1996) y Chun & Mun (2012) han enfocado sus estudios empíricos en la relación que existe entre *incoming spillovers* y cooperación en I+D, específicamente para las pequeñas y medianas empresas. Al respecto, destacan los resultados obtenidos por Audretsch and Vivarelli (1996), quienes muestran que los spillovers no sólo son esenciales para que las firmas pequeñas puedan innovar, sino que son mucho más importantes para las pequeñas empresas que para las grandes, debido a que les permitiría acceder a conocimiento que por sus limitaciones técnicas y financieras les sería imposible generar.

Existen también diversas investigaciones que han estudiado otras variables que afectarían la decisión de cooperación en I+D. Dentro de estas destacan: condiciones de apropiabilidad (Kesteloot & Veugelers, 1995; Geenle & Cassiman, 1999); intensidad en I+D (Cohen & Levinthal, 1989); tamaño de la firma (Nunes et al., 2013); sector o características de la industria (Nunes et al., 2013; Miotti & Schwald, 2003); costos y riesgos (d'Aspremont & Jacquemin, 1988; López, 2008); fondos públicos (Dachs et al., 2004); exportación (Jaklic & Damijan, 2008; Chun & Mun, 2012); y pertenencia a un conglomerado de empresas (Belderbos, Carre & Lokshin, 2004). Considerando los referidos determinantes, autores como Belderbos et al. (2004) y Elche-Hotelano (2011) afirman que las condiciones de apropiación de la firma o el sector al que pertenecen condicionan de forma significativa el comportamiento cooperador, considerando que las firmas con mejores condiciones de apropiación son más propensas a cooperar, por cuanto corren un menor riesgo de que sus conocimientos más valiosos acaben en manos de la competencia. Así también, Cohen & Levinthal (1989) afirman que la intensidad o gasto interno en I+D determina la capacidad de absorción de nuevo conocimiento; esto puede generar mayores incentivos para que firmas se comprometan en cooperación, explotando así las oportunidades que surgen desde la innovación cooperativa¹¹. Nunes et al. (2013) y Miotti & Schwald, (2003) plantean que, dada la heterogeneidad existente entre los distintos sectores económicos, las firmas difieren de forma significativa en su comportamiento innovador. En base a este punto, es de esperar que en sectores de alta intensidad tecnológica el comportamiento innovador sea mucho más activo, lo que condicionaría la cooperación en I+D. También, Tether (2002) y D'Aspremont et al. (1988) establecen que los acuerdos cooperativos en I+D se ven

¹¹ Al respecto, Cohen & Levinthal (1989) plantean que la existencia de un buen departamento de I+D que permite a la empresa asimilar mejor la información exterior e incorporarla a su proceso innovador.

impulsados en contextos en que la actividad innovadora presenta altos costos e importantes riesgos en sus resultados. Nakamura (2003) por su parte, indica que muchas veces la cooperación surge como respuesta a políticas de subsidios gubernamentales; mientras que, Dachs et al. (2004) determinan que la orientación a exportar es un determinante importante del comportamiento colaborativo; firmas que venden gran parte de su producción en el extranjero serían más propensas a comprometerse en colaboración en I+D.

En síntesis, la **tabla #1** señala cada una de las variables que según las investigaciones determinarían la realización de acuerdos de cooperación en I+D. Además, para cada uno de ellas, se indica el efecto predicho en la literatura.

Tabla #1 – Variables que determinan la realización de Cooperación en I+D

Variable	Efecto sobre la realización de Cooperación en I+D
Capacidad de apropiación	Positivo
Industria a la que pertenece la firma	Indeterminado
Gasto interno en I+D	Positivo
Altos costos y riesgos en la Innovación	Positivo
Apoyo a la innovación a través de fondos públicos	Positivo
Exportación de la firma	Positivo
Pertenencia a un conglomerado de empresas	Positivo

Fuente: Elaboración propia

3. Marco conceptual

3.1. Incoming Spillovers

Todo proceso de innovación se caracteriza por que el conocimiento producido por los agentes innovadores presenta un problema de apropiabilidad imperfecta por parte de las firmas innovadoras¹². Más específicamente, todo nuevo conocimiento tiene las características de un bien en el cual no existe rivalidad en el consumo y, además, sólo se puede excluir su acceso de forma parcial. A partir de tal situación, como resultado de cualquier actividad de innovación, se generarán flujos de información (o spillovers de conocimiento) que quedan de forma inmediata a libre disposición de terceros, quienes a través de un comportamiento del tipo free-rider, podrán acceder al nuevo conocimiento sin pago alguno, lo que desincentivará de forma importante la realización

¹² Apropiabilidad imperfecta se refiere a la situación en que parte de los beneficios de la innovación fluyen hacia los competidores, clientes y/o proveedores, provocando que la empresa invierta subóptimamente en I+D (Alonso & Marín, 2001)

de innovación por parte de quienes la pagaron (Romer, 1990). En definitiva, se deben entender los *incoming spillovers* como aquel flujo de información y conocimiento que es generado por terceros, y que como consecuencia de la incapacidad de apropiación por parte de quienes lo generan, queda a libre disposición para su internalización y, posterior uso –sin costo alguno– por parte de las empresas innovadoras (OCDE, 2013)

La noción de *incoming spillovers* se asocia a fuentes de información externas que las empresas tienen a su disposición para la realización de su actividad innovadora¹³. Por ejemplo, a partir de las distintas fuentes de información (proveedores de equipo y clientes, competidores, universidades e institutos de I+D) y aquella difundida en medios públicos (conferencias, revistas y exposiciones), se pueden identificar distintos tipos de *incoming spillovers*: verticales, horizontales, institucionales y públicos. Todos estos hacen referencia a la importancia de la información externa disponible sobre el proceso innovador de las firmas (López, 2008). Para entender cada uno de los referidos *incoming spillovers*, se han dispuesto en la **tabla #2** las distintas definiciones identificadas en la literatura [Cassiman & Veugelers (2002), Belderbos et al. (2004)].

Tabla #2 – Descripción de los distintos tipos de *incoming spillovers*

Tipo de Spillovers	Descripción
Vertical	Flujo de información proveniente de proveedores de equipos y/o clientes.
Horizontal	Flujo de información proveniente de empresas competidoras.
Institucionales	Flujo de información proveniente de Universidades e Institutos de Investigación (I+D).
Públicos	Flujo de información proveniente de Conferencias y revistas; ferias y exhibiciones.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Cooperación en innovación (I+D) e Incoming spillovers

El Manual de Oslo para la Innovación define la cooperación en I+D como la “participación activa con otras empresas o institutos no comerciales en actividades innovativas o de I+D” (OCDE, 2005). A través de estos, los integrantes (empresas y/u otros organismos públicos o privados) deciden coordinar en un proyecto conjunto sus actividades de I+D, y así compartir en cierta medida el conocimiento derivado del esfuerzo común, mientras mantienen sus relaciones de competencia en los mercados en que se comercializan sus productos (López, 2008).

¹³ La información a la que tienen acceso las empresas para realizar actividades innovativas puede venir de fuentes internas (generadas en el interior de la empresa) de fuentes de mercado (proveedores, clientes, competidores o consultores), de instituciones externas (universidades e institutos de investigación), o bien de otras fuentes (conferencias, ferias, exposiciones, revistas científicas, publicaciones técnicas y comerciales, asociaciones técnicas y profesionales).

Económicamente se ha planteado que la cooperación en innovación permite dar solución a importantes desincentivos que se producen en la actividad innovadora. Se puede destacar la posibilidad de dividir costos entre varias organizaciones, superar fallas de apropiabilidad de los beneficios, superar la incertidumbre con respecto al camino que tomarán nuevas tecnologías y complementar las capacidades técnicas de cada participante, entre otras.

Quizás la conceptualización más relevante y significativa para entender la relación entre los *incoming spillovers* y la decisión de cooperación en innovación (I+D), sea la realizada por D'Aspremont & Jacquemin (1988). Estos autores plantean que ante la existencia de *incoming spillovers* en la actividad innovadora, la cooperación en I+D es una alternativa eficiente para reducir costos a través de la internalización (y maximización) del flujo de información generado por terceros (o *incoming spillovers*)¹⁴. En concreto, asumiendo un duopolio con productos homogéneos, se plantea un mecanismo de transmisión en donde las externalidades o spillovers en I+D desde una empresa a otra son factores relevantes para la decisión de inversión individual en I+D. Tal como se observa a continuación, el costo unitario de la empresa i, c_i , depende de sus propios gastos en I+D, x_i , y de los de su rival, x_j , corregidos por un parámetro que mide la importancia de la inapropiabilidad o el spillover.

Función de Demanda Inversa

$$D^{-1} = a - bQ, \quad \text{con } a, b > 0 \quad (1)$$

donde $Q = q_1 + q_2$

Función de Costo de Producción

$$C_i(q_i, x_i, x_j) = [A - x_i - \beta x_j]q_i, \quad i = 1, 2, \quad i \neq j \quad (2)$$

$$\text{con } 0 < A < a, \quad 0 < \beta < 1; \quad x_i + \beta x_j \leq A; \quad Q \leq a/b$$

donde,

q_i = Propia producción

x_i = Monto de investigación de i

x_j = Monto investigación de j

Como se observa en (2), el efecto de los *incoming spillovers* en I+D de la firma j, afecta de forma indirecta al costo de la firma i.

¹⁴ El modelo considera a la cooperación en innovación (I+D) como una alternativa en la que las firmas comparten información básica y esfuerzos en la etapa de I+D, pero mantienen la rivalidad en el mercado de productos.

En síntesis, los autores concluyen que la solución eficiente corresponde a una internalización de los efectos externos de I+D a través de la decisión conjunta sobre el nivel de gasto en I+D, pues como consecuencia de la existencia de spillovers, existe un comportamiento oportunista (o free-riding) que desincentiva la inversión de las firmas en I+D. Por un lado, tal como señala Nera & Marín (2001), la realización de innovación a través de proyectos de cooperación en I+D permitirá internalizar los spillovers a través de la coordinación de la actividad de I+D en el sector, restaurando los incentivos a investigar y, por otro, permitirá a las firmas compartir costos de I+D, lo que reducirá los incentivos a invertir individualmente. El modelo propone entonces, que para un nivel suficientemente alto de spillovers, las firmas innovaran a través de un proyecto de cooperación, invirtiendo más en I+D, y con ello, aumentando significativamente su rentabilidad por sobre lo que obtendrían si invierten individualmente en I+D¹⁵.

Entonces, la disponibilidad de información externa condiciona la actividad innovadora y concretamente afecta la realización de cooperación en I+D (Abramovsky et al., 2004). Esto se cumple al posibilitar el reparto de costos y riesgos, facilitar el aprovechamiento de economías de escala, entregar mayor capacidad de apropiación de los beneficios, transferir conocimiento y generar aprendizaje mediante la interacción de los socios (Dachs, Ebersberger & Pika, 2004).

En definitiva, se espera que cuanto más importantes sean los flujos de conocimiento (*incoming spillovers*), más probable es que la empresa sea capaz de beneficiarse de los acuerdos de cooperación en I+D porque los socios transmitirían información útil.

4. Estrategia de estimación y datos

4.1. Estrategia de estimación

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizan datos provenientes de la *9na Encuesta de Innovación (2013-2014)* elaborada por el Ministerio de Economía en conjunto con el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE)¹⁶. Metodológicamente, la encuesta sigue los lineamientos generales sugeridos por la OCDE y la *Community Innovation Survey (CIS)* de Eurostat, que están plasmados en el Manual de Oslo. Además, se

¹⁵ Para mayor detalle ver D'Aspremont C. & Jacquemin A. (1988)

¹⁶ Específicamente esta base de datos provee información a partir de variables que caracterizan la estructura del proceso innovativo de las empresas en Chile, los factores que influyen en su capacidad para innovar y el rendimiento económico de las empresas. Concretamente, la encuesta mide variables como el tipo de innovación (producto, proceso, gestión organizativa), y también el gasto en I+D realizado por las empresas chilenas, según distintos tamaños, sectores productivos y regiones.

considera una muestra estratificada y representativa por sector económico, tamaño de empresa y región.

Utilizando esta base de datos, se propone aplicar un modelo de estimación del tipo Probit¹⁷. A través de este se podrá analizar si existen diferencias significativas en el efecto de los *incoming spillovers* sobre la probabilidad de que la firma efectivamente realice innovación bajo acuerdos de cooperación en I+D. Además, al diferenciar por tamaño de la firma se podrá comprobar la existencia de efectos heterogéneos por parte de los distintos *incoming spillovers*.

Específicamente, el modelo a estimar será el siguiente:

$$COOP_{ijk} = \beta_i I_{ijk} + \alpha_i Pyme * I_{ijk} + \delta_i X_{ijk} + S_j + R_k + \mu_{ijk} \quad (3)$$

donde i se refiere a las firmas, j al grupo de actividad al que pertenece y k a la región en la que se ubica la empresa. $COOP_{ijk}$ es la variable dependiente binaria que indica si la firma ha realizado algún tipo de cooperación en innovación (I+D)¹⁸. I_{ijk} hace referencia al vector de *incoming spillovers*; verticales, horizontales, institucionales y a públicos. Además, como un objetivo de la investigación busca a identificar si es que existen efectos heterogéneos según el tamaño de la firma, se incluye en la regresión la interacción entre cada uno de los spillovers y la variable *Pyme*¹⁹. Esta interacción permitirá diferenciar si es que el efecto de los spillovers es distinto para las empresas de distinto tamaño. Asimismo, X_{ijk} corresponde al vector de variables de control que han sido analizadas por la teoría y estudios empíricos como determinantes de la cooperación en innovación: departamento de I+D, tamaño firma, exportación, pertenencia a grupo o consorcio de empresa, y un *proxy* para el costo, riesgo de las innovaciones²⁰. Finalmente, S_j y R_k son los efectos fijos por actividad y región, respectivamente.

En síntesis, β_i y α_i serán los coeficientes relevantes para esta investigación. El primero permitirá obtener los efectos marginales de cada una de los spillovers sobre la realización de algún acuerdo de cooperación, mientras que α_i permitirá aislar el efecto de los spillovers según el tamaño de la empresa; diferenciando entre Pymes y grandes.

¹⁷ En el **Anexo A** se describe con mayor detalle las especificaciones por las cuales se deriva el Modelo Probit.

¹⁸ La variable $COOP_{ijk}$ es binaria igual a 1 si la firma realizó actividad de cooperación, en caso contrario, será 0.

¹⁹ Esta variable es del tipo binario, en donde será 1 si es que – de acuerdo al nivel de ventas- la empresa es pequeña o mediana, y en caso de ser considerada una gran empresa, será 0. Técnicamente se consideran como pequeña aquellas empresas que tienen ventas anuales (UF) entre 2.400 y 25.000; medianas las que venden entre 25.000,1 y 100.00 y son grandes todas aquellas que superan las 10.000,10 UF.

²⁰ En el **anexo B, tabla #B.1**, se presenta la descripción de cada una de las variables de control utilizadas.

Considerando la imposibilidad de tener una medida exacta para los *incoming spillovers* (I_{ijk}), se seguirá la metodología usada por Cassiman & Veugelers (2002) y Belderbos et al. (2004), para recurrir a variables del tipo proxy. Esto quiere decir que se utilizará, como aproximación a los *incoming spillovers*, la importancia asignada por las firmas innovadoras a las distintas fuentes de información. Con tal objetivo se recurrirá a la 9na Encuesta de Innovación (2013-2014), que permite obtener el nivel de importancia que las firmas innovadoras le asignan a las distintas fuentes de información, según una escala de Likert: (4) no relevante, (3) importancia baja, (2) importancia media y (1) importancia alta²¹. Con el fin de simplificar la notación, se recodificarán los valores a una escala binaria, que considera (1) importancia alta o media, y (0) importancia baja o sin relevancia. De esta forma, se construirá cada una de las medidas de spillovers como el promedio de los valores asignados a cada una de los fuentes de información que la componen.

Lo anterior deja en claro que la noción de *incoming spillovers* estará asociada a las diversas fuentes de información o conocimiento que las empresas tienen a su disposición para la realización de su actividad innovadora. Acorde a esto y siguiendo a Cassiman & Veugelers (2002), se incluye una variable de *incoming spillovers* relativa a la información de *carácter público* y, además, según lo planteado por Belderbos et al. (2004) se agregan medidas de spillovers de acuerdo el origen del cual proviene la información, distinguiendo entre *spillovers institucional, vertical y horizontal*. Tal como se definió en la **tabla #2** se asocia a los *spillovers públicos* la información proveniente desde conferencias, ferias y exposiciones; los *spillovers institucionales* con aquella información proveniente desde universidades e institutos de I+D; los *verticales* con la proveniente desde proveedores de equipos y clientes; y finalmente a los *spillovers horizontales* con el flujo de información generado por empresas de la competencia. En la siguiente **tabla #3**, se resume cada una de estas medidas de *incoming spillovers*.

Tabla # 3 – Descripción de variables *incoming spillovers*

Spillovers	Descripción
------------	-------------

²¹ Más específicamente, se les pide a cada una de las firmas que evalúen según esta escala de Likert a cada una de las fuentes de información disponibles; desde proveedores de equipos, clientes, empresas competidoras, universidades, institutos de I+D y aquella proveniente de ferias, conferencias, revistas y exposiciones.

Vertical	Índice promedio para spillovers verticales desde proveedores y clientes. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Horizontal	Índice promedio para spillovers horizontales desde competidor. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Institucional	Índice promedio para spillovers desde universidades e institutos de investigación. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Público	Índice promedio para spillovers desde fuentes públicas: conferencias y revistas, ferias y exhibiciones, otras. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)

Fuente: Elaboración propia.

No obstante, podría existir endogeneidad en la medición de las variables de *incoming spillovers*, lo cual generaría un sesgo e inconsistencia en los estimadores. En este caso particular, se considera que el problema de endogeneidad puede ocurrir por errores de medida en los *incoming spillovers* y por simultaneidad con la variable dependiente. En primer lugar, existiría un potencial error de medida al recurrir a una fuente de información subjetiva – como lo es una encuesta – para construir un *proxy* para cada uno de los tipos de spillovers (vertical, horizontal, institucional y público). Por otro lado, podría existir simultaneidad entre la variable dependiente (Cooperación en I+D) y las variables de *incoming spillovers*; tal como señalan Cassiman & Veugelers (2002), los *incoming spillovers* pueden ser variables endógenas debido a que las empresas que cooperan en I+D también pueden tratar de controlar los flujos de información con sus acuerdos de cooperación en I+D, por lo que el hecho de cooperar también puede ser un factor determinante de los *incoming spillovers*. Para evitar dicho problema y obtener estimadores consistentes, se utilizará una variable instrumental que cumpla con las condiciones de relevancia y exogeneidad requeridas. Con este objetivo y de acuerdo a lo considerado por Cassiman & Veugelers (2002), Chun & Mun (2012), Aghion et al. (2015), se propone instrumentar a partir del promedio de relevancia asignado hacia los *incoming spillovers* por las firmas que se encuentran en el mismo grupo de actividad económica y región a la cual pertenece la empresa.

La inclusión de este instrumento se debe a que se asume que la percepción de los *incoming spillovers* puede ser similar para firmas que sean de la misma industria y se localicen en la misma región, ya que viven realidades externas similares (cumpliendo con la condición de validez del instrumento). Pero la realidad que viven las otras firmas no debiese influir en la probabilidad de que una firma en particular coopere o no, cumpliéndose así la restricción de exogeneidad. A continuación – en la **tabla #4** -

se describen los distintos instrumentos seleccionados para cada una de las medidas de *spillovers*, y que serán utilizados en la regresión de primera etapa:

Tabla #4 – Definición de las variables instrumentales (IV)

Variables instrumentales	Descripción
SPILLVER_PROM _{jk}	Índice promedio de <i>incoming spillovers</i> de carácter vertical (clientes y proveedores), por actividad económica y región.
SPILLHOR_PROM _{jk}	Índice promedio de <i>incoming spillovers</i> s de carácter horizontal (competidores), por actividad económica y región.
SPILLINT_PROM _{jk}	Índice promedio de <i>incoming spillovers</i> de carácter institucional (universidades e institutos de investigación), por actividad económica y región.
SPILLPUB_PROM _{jk}	Índice promedio de <i>incoming spillovers</i> de carácter público (conferencias, revistas, y exhibiciones), por actividad económica y región

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Estadística descriptiva

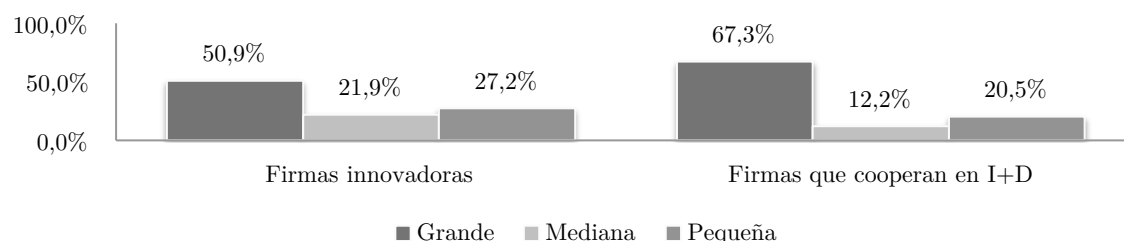
La base de datos generada a partir de la 9na encuesta de innovación (2013-14) está compuesta por empresas que desarrollen su actividad dentro de los límites territoriales del país, y con un nivel de ventas anuales superiores a UF 2,400. De este modo, la encuesta está provista por datos estratificados por sector económico, región y tamaño de la empresa

Para el periodo 2013-2014, de acuerdo a estándares OECD y UE, y a la realidad nacional, es decir, considerando todos los sectores económicos (se incluye agricultura) y a su vez considerando pequeñas, medianas y grandes empresas (de acuerdo a su nivel de ventas y no número de trabajadores), los resultados muestran que la tasa de innovación es de 16,6%²², lo que significa que casi 17 de cada 100 firmas chilenas han realizado algún proyecto de innovación, o por otro parte, implica que en tal periodo, 27.160 empresas chilenas realizaron algún tipo de innovación (producto, proceso, gestión organizativa y/o marketing).

²² Por otra parte, si se consideran los estándares internacionales y homologando la forma de medición de la tasa de innovación con la Unión Europea (empresas con más de 9 trabajadores, excluyendo sector agricultura y sumando aquellas empresas que abandonaron actividades innovativas antes de tangibilizarlas como innovación en cualquiera de los 4 tipos), el porcentaje de empresas que innovaron en Chile es de 26,7% lo cual se encuentra en el promedio observado para los países de la Unión Europea (26,8%).

En lo que respecta a la realización de innovación a través de acuerdos de colaboración en I+D, el 13,4% de las empresas declaró haber participado en acciones de cooperación en proyectos de innovación en conjunto con otras empresas, universidades, institutos de investigación, u otros, estando muy por debajo de lo observado en la evidencia internacional (31,2% promedio para la Unión Europea). Tanto para las firmas que innovan como aquellas que lo hacen a través de acuerdos de cooperación en I+D, es de esperar que exista una importante heterogeneidad según el tamaño de las empresas. Al respecto, el **gráfico #1**, reporta la distribución de empresas que innovan y aquellas que lo hacen a través de proyectos de colaboración, según el tamaño. En el caso particular de las firmas que realizan innovación, se observa que un 50,9% corresponde a empresas grandes, un 21,9% son medianas y el 27,2% restante corresponde a las empresas pequeñas. Una tendencia similar se observa para aquellas que cooperan en I+D, en donde las empresas grandes son las que más cooperan, siendo un 67,3% del total, seguida por las pequeñas con un 20,5%, mientras que sólo un 12,2% corresponde a empresas medianas.

Gráfico #1 – Distribución según tamaño de firmas que innovan y cooperan en I+D,



Fuente: 9na Encuesta de Innovación (2013-2014). Elaboración propia

Nota: El gráfico reporta la distribución de firmas innovadoras y aquellas que cooperan en I+D, según su tamaño. Destaca que el porcentaje de firmas que innova es decreciente desde las firmas de mayor a menor tamaño. Por otro lado, el porcentaje de firmas innovadora grandes que coopera en I+D es mayor considerablemente mayor al observado para las medianas y pequeñas empresas.

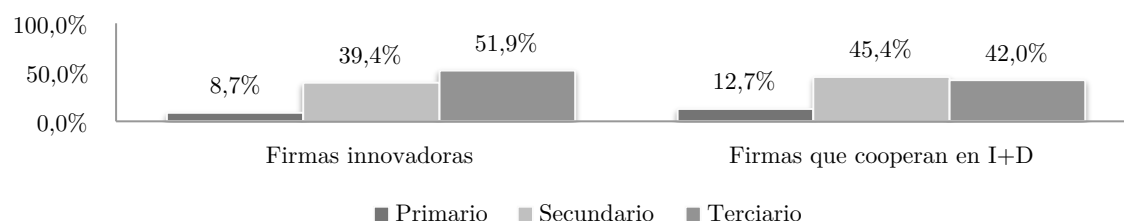
Con el objetivo de simplificar el análisis, la 9va encuesta de innovación, ha incorporado un nuevo nivel de estimación correspondiente a las agrupaciones de actividades económicas, esto quiere decir, la segmentación según actividad primaria, secundaria y terciaria²³.

Como es de esperar, al analizar la tasa innovación y de cooperación en innovación (I+D) por grupo de actividad económica al que pertenece la firma. En el **gráfico #2**, por ejemplo, se observa que el grupo de actividad económica terciario con un 51,9

²³ Específicamente, se agrupan las actividades económicas según CIIU a nivel categoría, esto quiere decir primaria incluye A,B y C, secundaria D, E y F; finalmente terciaria agrupa G, H, I, J, K, N y O.

representan la mayor proporción de empresas que realizan algún tipo de innovación, seguida por el las del sector secundario (39,4%), mientras que sólo el 8,7% corresponde a empresas del sector primario. Al hacer el mismo análisis para la realización de cooperación en I+D, también se observa que existe un claro predominio de empresas del sector económico terciario y secundario.

Gráfico #2: Porcentaje de firmas que innovan y cooperan en I+D distribuidas según grupo de actividad económica, 2013-2014.

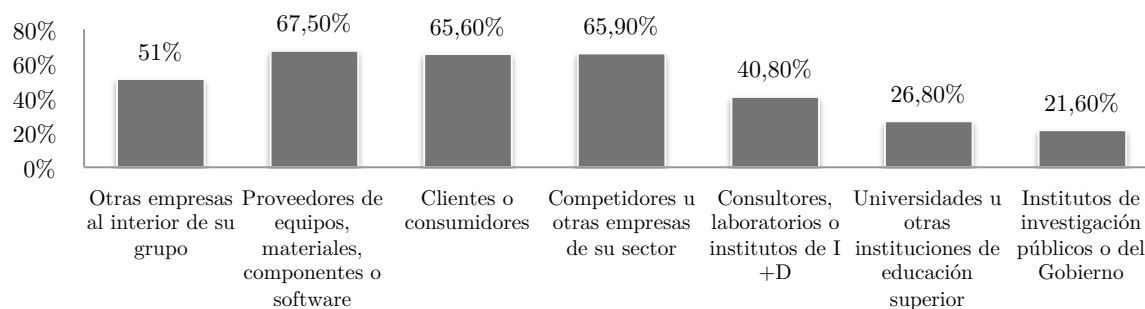


Fuente: 9na Encuesta de Innovación (2013-2014). Elaboración propia

Nota: El gráfico presenta la tasa de innovación y cooperación en I+D para cada grupo de actividad económica.

Las cooperación en innovación (I+D) se puede dar entre las empresas y distintas instituciones públicas o privadas. El siguiente gráfico #3, muestra que al desglosar la estadística, se observa que la mayor proporción de empresas cooperadoras lo hacen con competidores u otras empresas de su sector, seguido por proveedores de equipo, materiales, componentes o software. Con un porcentaje considerablemente menor, se observa que la menor cooperación se da con institutos de investigación públicos o del Gobierno, lo que es seguido por universidades e instituciones de educación superior.

Gráfico #3: Tasa de cooperación en innovación entre empresas y distinto tipo de institución pública o privada, 2013-2014



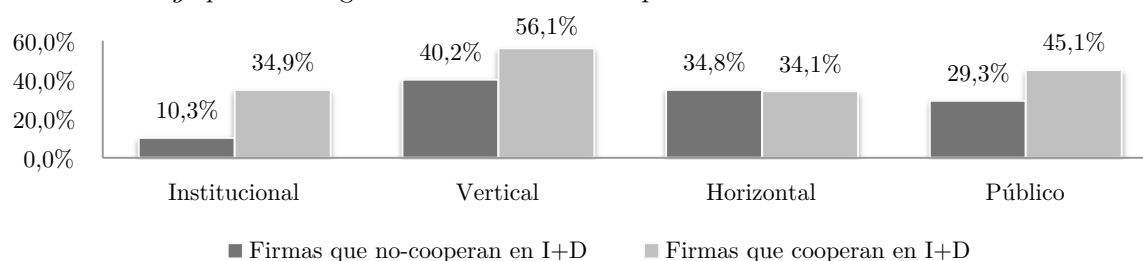
Fuente: 9na encuesta de innovación (2013-2014). Elaboración propia

Nota: El gráfico reporta el desglose de las empresas que realizan cooperación según su procedencia y la institución con la cual se realiza la cooperación.

Considerando que las variables de *incoming spillovers* se construyen como un *proxy* generado a partir de la importancia asignada por parte de las firmas innovadoras a

determinadas fuentes de información (**ver tabla #2**), a continuación, se representa gráficamente el porcentaje de firmas que asigna relevancia alta o media a cada uno de los *incoming spillovers* en su actividad innovadora. Concretamente, al distinguir entre los distintos tipos de incoming spillovers, se distingue que dentro de las firmas que cooperan en I+D, existe una mayor proporción que asigna mayor relevancia a cada uno de los spillovers en el desarrollo de su actividad innovadora (a excepción de los horizontales). Por ejemplo, para el caso de los *spillovers* verticales, un 56,1% de las firmas que cooperan en I+D consideran que estos son relevantes para su actividad innovadora, lo que es mayor al 40,2% de las firmas no-cooperadoras. Igual relación se cumple para cada el resto de los spillovers, exceptuando los del tipo horizontal. Así, el **gráfico#4** da cuenta entonces, de una situación en donde las firmas que cooperan en I+D consideran que los *incoming spillovers* son mucho más relevantes en sus actividades de innovación.

Gráfico #4: Porcentaje promedio de firmas que asignan relevancia alta o media a cada uno de los *incoming spillovers* según la realización de cooperación en I+D.

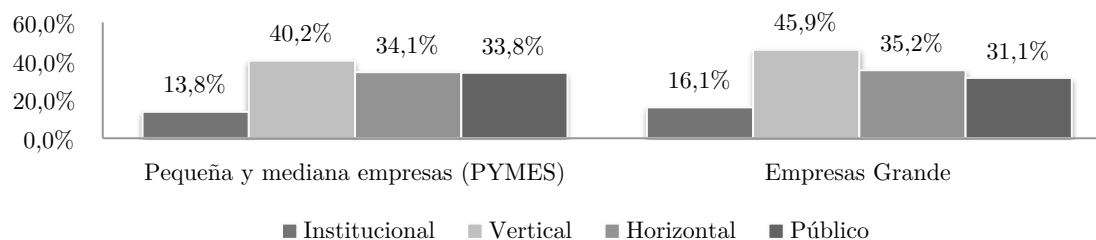


Fuente: 9na Encuesta de Innovación (2013-2014). Elaboración propia.

Nota: Al distinguir entre firmas que realizan o no cooperación en I+D, el grafico indica el porcentaje de firmas que consideran a los distintos incoming spillovers en sus actividades de innovación. Se observa que independiente del tipo de spillovers, son las firmas que cooperan en I+D las que en mayor proporción valoran la contribución de cada uno de los incoming spillovers.

Ahora, al diferenciar según el tamaño de la empresa, podrá observarse que el porcentaje de firmas que asigna relevancia alta o media a cada uno de los *incoming spillovers* en su actividad innovadora no difiere de forma relevante. En el **gráfico #5**, se representa el porcentaje de firmas que asigna mayor relevancia a los distintos incoming spillovers difiere según el tamaño de las empresas. En particular, se observa que tanto en las Pymes como las grandes empresas, existe una mayor proporción de firmas que asigna alta relevancia a los spillovers verticales en las actividades de innovación. Para el resto de los spillovers, se observa que en una menor proporción, las firmas valoran - en orden decreciente - a los spillovers horizontales, públicos, y finalmente los institucionales.

Gráfico #5: Porcentaje promedio de firmas que asignan relevancia alta o media a cada uno de los *incoming spillovers*, según tamaño.



Fuente: 9va encuesta de innovación (2013-2014). Elaboración propia.

Nota: Al distinguir entre Pymes y grandes empresas, existe una tendencia similar en el porcentaje de firmas que asigna mayor relevancia a los distintos *incoming spillovers*. Por ejemplo, en ambos tipos de empresas, se cumple que los *spillovers* verticales son los que tienen mayor proporción de firmas que le asignan mayor relevancia en su actividad innovadora. Mientras, que los institucionales son aquellos con menor proporción de firmas.

Finalmente, en la **tabla #C.1** y **tabla #C.2** - incluidas en el anexo - se presentan la media y desviación estándar de las variables más importantes del modelo analizado. En la **tabla #C.1** reporta la estadística descriptiva para el conjunto de firmas innovadoras, firmas innovadoras que cooperan en I+D, y para aquellas que no cooperan en I+D. En la **tabla #C.2**, se indica la media y desviación estándar para el conjunto de firmas que realiza cooperación en innovación (I+D), diferenciando además por el tamaño de las firmas que cooperan en I+D ; grandes y, pequeñas y medianas empresas (Pymes).

En la parte superior de la **tabla #C.1** se presentan al conjunto de variables que hacen referencia al flujo de información que recibe y/o gestiona la empresa. Dentro de estas, destaca que la variable binaria que hace referencia a la valoración de las firmas a la información interna, tiene una media para el conjunto de las firmas innovadoras igual a 0.734, la que es considerablemente menor a la observada para el conjunto de firmas innovadoras que realizan cooperación en I+D. Igualmente, al diferenciar a las firmas innovadoras según la realización de acuerdos de cooperación en I+D, se observa que la media de los *incoming spillovers* – a excepción de los horizontales – es mayor para el conjunto de firmas que innova a través de cooperación en I+D. Por ejemplo, que las firmas que cooperan en I+D los *spillovers* verticales tengan una media de 0.560, quiere decir que en promedio, existe tal proporción de firmas que considera que el flujo de información proveniente de empresas de la competencia es relevante en la actividad de innovación, lo que es considerablemente mayor al 0.401 correspondiente a firmas que no cooperan en I+D. En definitiva, en la **tabla #C.1** se puede hacer la misma relación para cada uno de los restantes *incoming spillovers*.

Para el resto de variables incluidas en la **tabla #C.1** se puede hacer la misma comparación entre firmas que cooperan o no en I+D. Acorde a eso, se observa que la variable referida a la apropiabilidad sectorial tiene una media levemente mayor para el conjunto de firmas que coopera en I+D, lo que quiere decir que, en promedio estas firmas se enfrentan a sectores económicos que están caracterizados por una mayor tasa de apropiación de innovaciones. La variable departamento I+D tiene una media de 0.184 para el conjunto de firmas innovadoras, lo que es considerablemente menor que la media observada para aquellas firmas que innovan a través de acuerdos de cooperación en I+D. Igualmente, se observa que tanto para las variables exportación, fondos públicos y grupo, la media correspondiente a las firmas que innovan a través de acciones de colaboración en I+D es mayor que lo observado para aquellas que no lo hacen. Por otro lado, la variable Costo-riesgo se caracteriza por tener una media bastante similar para ambos grupos de firmas (0.533 para las firmas que no cooperan en I+D y 0.597 para aquellas que si lo hacen), lo que da indicios de que en promedio, independiente de la realización de cooperación, existe una percepción similar respecto a la importancia de los costos y riesgos de realizar actividades de innovación. Pese a esto ultimo, se debe señalar que como es de esperar, las firmas que realizaron acuerdos de cooperación en I+D, son aquellas que asignan una importancia levemente mayor a los costos y riesgos de la innovación. Finalmente, si se diferencia entre firmas de distinto tamaño, se observa que en promedio un 0.673 de las firmas que realiza cooperación en I+D son grandes, lo cual es considerablemente mayor al 0.121 y 0.204 correspondiente a medianas y pequeñas empresas respectivamente.

Como se señalo con anterioridad, en la **tabla #C.2** se presenta la estadística descriptiva para las firmas que cooperan en I+D, diferenciándolas además según su tamaño; grandes y, pequeñas y medianas empresas (Pymes). En lo que respecta a los incoming spillovers, se observa que la media es mayor para las firmas grandes en los casos de los verticales y horizontales, mientras que los institucionales y públicos presentan mayor media para las PYMES, esto quiere decir que en promedio en este tipo de empresas existe una mayor proporción que valora de forma alta o media el flujo proveniente desde estas fuentes de información para el desarrollo de la actividades de innovación. Por ejemplo, la media para los spillovers institucionales es 0.181 para las grandes empresas y, 0.183 para las Pymes; los spillovers verticales tienen una media igual a 0.466 en las empresas grandes, lo que es mayor al 0.438 de las Pymes. Igual tendencia se puede observar para el resto de variables, en donde la media es mayor para las firmas de mayor tamaño. A partir de esto ultimo, podría indicarse que las firmas de mayor tamaño se caracterizan por ubicarse en sectores con mayores tasas de apropiación de innovación, así como también que, en relación a las Pymes, existe una mayor proporción de firmas grandes que tiene departamento de investigación y desarrollo (I+D), que realiza exportación, que recibe financiamiento público para sus

actividades de innovación y, que pertenece a algún grupo o conglomerado de empresas. Por último, la excepción a esta tendencia se da en la variable costo-riesgo, en donde la media para las Pymes es igual a 0.579, siendo mayor al 0.471 correspondiente a las grandes empresas, dejando en claro que las PYMES asignan mayor relevancia al costo y riesgo como un obstáculo para la innovación

En síntesis, las estadísticas presentadas por las **tablas #C.1 y #C.2** permite tener en perspectiva que existe una importante heterogeneidad en lo que respecta al comportamiento innovador y cooperativo de las firmas de distinto tamaño.

Finalmente, en la **tabla #C.3** se reportan los valores correspondientes a la correlación existente entre los distintos tipos de los *incoming spillovers*. En ésta se observa que pese a que los valores no son demasiado altos, es importante tenerlos en cuenta para los resultados de las estimaciones.

5. Resultados

5.1. Probit para la cooperación: análisis Spillovers

En primer lugar, siguiendo la metodología propuesta, se lleva a cabo la estimación de un modelo Probit, en donde la variable dependiente es la realización de algún acuerdo de cooperación en innovación (COOP). Esta variable binaria se regresa con respecto a cada una de las medidas de *incoming spillovers*, y las variables de control anteriormente indicadas, y además se controla por grupo de actividad económica y región a la cual pertenece la empresa innovadora. En esta estimación no se incluye la interacción entre las variables de *incoming spillovers* y la variable PYME, por lo que aún no es posible visualizar si existe un efecto diferenciado según el tamaño²⁴.

En la **tabla #D.1 (Anexo D)** se muestran los efectos marginales de los *incoming spillovers* obtenidos para distintas especificaciones. En primera instancia se analiza el efecto de cada uno de los spillovers de forma individual (desde la columna 1 a la 4), y posteriormente se realiza la regresión con cada uno de los *incoming spillovers* considerados.

A partir de estos resultados, se observa que al incluir en la regresión sólo un tipo de *incoming spillovers*, los efectos marginales correspondientes a los spillovers públicos, institucionales y verticales son significativos al 1% y positivos sobre la probabilidad de realizar acuerdos de cooperación en innovación (I+D). Por ejemplo, en la primera

²⁴ Más adelante – en la sección 5.2 – se reportan los resultados que incluye dicha interacción.

estimación (1) se obtuvo que los *incoming spillovers* de carácter público tienen un efecto marginal positivo y significativo al 1%, lo que quiere decir que las firmas que tienen mayor acceso a fuentes de información de carácter público (revistas, conferencias, exposiciones, ferias, entre otros) ven aumentada su probabilidad de realizar acuerdos de cooperación en 0.129 puntos porcentuales (desde ahora pp.). Igualmente, y con mejor significancia estadística, el mayor acceso a flujos de información de carácter institucional y vertical aumenta la probabilidad en 0.244pp y 0.130pp respectivamente.

Ahora, al incluir todas las medidas de spillovers en una misma estimación (5), se observa que los efectos marginales cambian respecto a la estimación individual; algunos pierden la significancia y otros cambian su signo²⁵. Según esto, se obtiene que únicamente los spillovers institucionales y verticales mantienen su significancia y efecto positivo. Al respecto, resalta la importancia que tendría el mayor acceso a información proveniente desde universidades e institutos de investigación (spillovers institucionales) debido a que aumentaría la probabilidad (0.228pp) de llevar a cabo algún tipo de cooperación en innovación. Por otro lado, ahora se observa que los spillovers horizontales tendrían un efecto significativo y negativo sobre la probabilidad de innovar a través de acuerdos de cooperación, esto implicaría que quienes le asignan mayor importancia están menos propensos a cooperar. Finalmente, se podría indicar que los spillovers públicos no tendrían mayor significancia sobre la realización de acuerdos de cooperación en I+D.

Estos hallazgos son consistentes con lo encontrado en otros estudios empíricos. Por ejemplo, el efecto positivo y significativo de los *spillovers* institucionales es encontrado por Cassiman & Veugelers (2002) usando firmas manufactureras belgas, Chun & Mun (2011) para empresas coreanas y Dachs et al. (2004) para manufactureras de Austria. Por otro lado, el efecto marginal negativo de los spillovers horizontales es un resultado consistente con lo encontrado por Dachs et al. (2004), quienes afirman que las firmas que perciben mayores flujos de información proveniente desde empresas pertenecientes a la misma industria, tendrán una menor probabilidad de llevar a cabo acuerdos cooperativos en I+D, dicho de otra forma, implicaría que la ganancia de información obtenida a través de estos agentes sustituye los esfuerzos de cooperación.

Ahora bien, al revisar los efectos marginales obtenidos para las variables de control (**Ver tabla #D.1, Anexo D**), se pueden destacar aquellos que son consistentes para cada una de las especificaciones estimadas. Por ejemplo, se obtiene que las empresas

²⁵ Tal como se comentó anteriormente, esto podría deberse a la alta correlación que existe entre estas variables, lo que produce que en la estimación con todas los *incoming spillovers* se confundan los efectos y la estimación no sea tan pura.

que tienen a su disposición un departamento o unidad de investigación y desarrollo (I+D) ven aumentada su probabilidad de realizar acuerdos de cooperación (I+D) en forma significativa (0.117)²⁶, sucediendo lo mismo con aquellas que pertenecen a un conglomerado de empresas y solicitan fondos públicos. Por otro lado, destaca que pese a que las firmas de tamaño mediano y pequeño tienen una probabilidad negativa de realizar acuerdos de cooperación, efecto que no es estadísticamente significativo.

5.2. Probit para la cooperación: efectos de spillovers según tamaño de firmas

Un objetivo importante de esta investigación es verificar si al diferenciar por tamaño de empresa, los *incoming spillovers* difieren en su efecto sobre la probabilidad de cooperación en innovación. Para aquello, se incluye en la regresión una interacción entre la variable de spillover y Pyme, que permitirá captar el efecto diferencial de los spillovers según el tamaño de la firma.²⁷ Acorde a eso, en la **tabla #D.2 (Anexo D)** se reportan los resultados que surgen al considerar que los efectos marginales de los spillovers sobre la probabilidad de cooperación en I+D también dependen del tamaño de la empresa innovadora.

Con esta nueva especificación, se obtiene que en las estimaciones que incluyen a un solo tipo de spillovers, se mantienen los resultados obtenidos en la sección 5.1; esto quiere decir que los spillovers de carácter público, institucional y vertical afectan de forma positiva y significativa la probabilidad de cooperación. Ahora bien, al considerar el efecto diferenciador por tamaño, pese a que no existe significancia para ninguna especificación, siendo además el efecto obtenido muy cercano a cero.

Finalmente, al considerar todas las especificaciones en una misma regresión se observa que, en términos generales, se mantienen los resultados comentados con anterioridad. Únicamente los spillovers institucionales y verticales afectan significativamente la probabilidad de cooperación: destaca el caso particular de los institucionales, que con significancia del 1% afectarían en 0,234pp la decisión de cooperación en I+D. Con un efecto contrario, se observa nuevamente que los spillovers horizontales tienen un efecto significativamente negativo (-0.109pp) sobre la realización de cooperación en I+D. Pese a que no existe significancia estadística, la interacción de los spillovers con la variable

²⁶ Este resultado estaría acorde a lo indicado por Cohen & Levinthal (1990), quienes afirman que el desarrollo de investigación y desarrollo (I+D) por parte de una firma tendría el doble rol de generar nuevo conocimiento y capacidad de absorción, de modo tal que las firmas que presenten mayor desarrollo en sus actividades de I+D tendrán mayor capacidad de absorción y serán más propensas a cooperar en I+D.

²⁷ Se debe recordar que la variable Pyme es de carácter binaria; igual a 1 si es que la empresa es pequeña o mediana, y será 0 si su tamaño es grande.

Pyme indicaría que tanto el mayor flujo de información de carácter pública y vertical inhibiría su cooperación.

A pesar de los resultados recién comentados, se debe tener una serie de precauciones en la interpretación. Lo anterior obedece principalmente al potencial problema de endogeneidad que fue comentado en la sección 4.1. Con el objetivo de subsanar tal situación, a continuación se presentaran los resultados obtenidos a partir del uso de variables instrumentales.

5.3. Estimación con variables instrumentales

Como alternativa de solución al potencial problema de endogeneidad anteriormente descrito, se realizó la estimación de un modelo Probit con variables instrumentales para cada una de las distintas variables relativas a los *incoming spillovers* (públicos, institucionales, verticales y horizontales). Como se describió con anterioridad, cada uno de los *incoming spillovers* se instrumentalizó a partir del promedio de los *incoming spillovers* para la región y grupo de actividad económica a la que pertenece cada firma innovadora. Estos instrumentos siguen la misma lógica propuesta por Cassiman & Veugelers (2002) y López (2008).

Para que los instrumentos sean válidos, se requiere que cumplan con la condición de relevancia, es decir, que estén correlacionados con las respectivas variables endógenas. Para el cumplimiento de esta condición, se verificó, que el estadístico F de la regresión de primera etapa satisfacía con los dispuesto por Stock & Yogo (2005) para la existencia de instrumentos débiles. Al respecto, se obtuvo que efectivamente el valor del estadístico F para cada uno de los instrumentos superó el valor de corte aproximado (10) para que se rechace que los instrumentos son débiles, lo que es evidencia a favor de la condición de relevancia²⁸. De forma complementaria, se evaluó la existencia de una relación estadísticamente significativa entre los instrumentos y la variable endógena correspondiente, encontrándose en todos los casos que tanto los coeficientes asociados a los instrumentos y el respectivo modelo estimado, cumplen con la significancia requerida, reafirmando la evidencia que garantiza la relevancia de los instrumentos.

Igualmente, la validez del instrumento exige el cumplimiento de una condición de exogeneidad, lo que quiere decir que el instrumento no esté correlacionado con el error. Para su verificación, se incluyó el residuo de la regresión de la primera etapa como variable independiente en la regresión de segunda etapa. Luego, se aplicó el test

²⁸ Para cada uno de los *spillovers*; público, institucional, vertical y horizontal, se obtuvo respectivamente un estadístico F; 20.38, 32.14, 20.73, y 22.94.

estándar en donde la hipótesis nula implica que los coeficientes de los residuos de la primera etapa son iguales a cero (Wooldridge, 2002)²⁹, obteniendo que ninguno de los coeficientes de los residuos de la primera etapa es estadísticamente significativo al 5%, rechazando así la hipótesis nula. Además, se aplicó el test de exogeneidad de Wald, obteniéndose en todos los casos que el valor del test es mayor a un 10%, lo que implica el no rechazo de la hipótesis nula de exogeneidad, solucionando la endogeneidad.

En lo que se refiere a la estimación, se debe indicar que los resultados obtenidos de un modelo Probit con variables instrumentales (**tabla #D.3**), no pudieron ser estimados con efectos fijos por grupo de actividad económica y región conjuntamente. Esto se produciría porque un modelo Probit estimado por máxima verosimilitud requiere que la función converja para así maximizar la probabilidad de ocurrencia; esto no acontece porque al incorporar ambos efectos fijos en la regresión, la función no es cóncava. En definitiva, se obtuvo únicamente estimaciones con efectos fijos por región y se capturo la heterogeneidad del sector de actividad económica mediante la incorporación de una variable promedio de cooperación por industria.

Como se observa en la **tabla #D.3**, los efectos marginales obtenidos por un modelo Probit con variables instrumentales son notoriamente mayores a los obtenidos en una estimación que no incluye los instrumentos. Ahora bien, al analizar el efecto individual de cada uno de los spillovers, todos estos tienen un impacto positivo sobre la realización de acuerdos de cooperación en I+D; no obstante, solo los de carácter público, institucional y vertical son estadísticamente significativos. Sin embargo, al considerar todas las medidas de spillovers en una misma estimación (5), se observa que los efectos marginales son levemente menores a los obtenidos de forma individual. Acorde a esto, se obtiene que únicamente los spillovers de carácter público y los institucionales mantienen su significancia y efecto positivo, lo que es consistente con los resultados obtenidos en el modelo Probit sin variables instrumentales³⁰. De este modo, se observa que la principal diferencia se produce en que ahora, la magnitud de los efectos marginales es mayor, lo que da indicios de que el problema de endogeneidad subestimaba el verdadero efecto de los spillovers.

Entonces, las firmas que reciben un mayor flujo de información proveniente desde universidades e institutos de I+D ven aumentada su probabilidad de innovar a través de acuerdos de cooperación en I+D en 0.399pp, lo que es considerablemente mayor a

²⁹ La intuición detrás de esto es que bajo la nula de exogeneidad, los residuos desde la regresión de primera etapa sólo son un ruido y por ende, deben tener un coeficiente igual a cero.

³⁰ En el anexo E (**tabla #C.3**) se presentan de forma conjunta los resultados obtenidos para la estimación del modelo Probit simple los correspondientes al Probit IV.

los 0.203pp obtenidos en una estimación sin variable instrumental. En menor medida, se obtuvo que en los *incoming spillovers públicos*, la probabilidad de que las firmas realicen innovación a través de acuerdos de cooperación en I+D aumenta en 0.307pp. Por otro lado, pese a que existe un efecto positivo de los spillovers verticales y horizontales, este no sería estadísticamente significativo. En definitiva, se debe destacar que los spillovers de carácter institucional y los de carácter público, serían los que afectan significativamente la probabilidad de cooperación en I+D, esto quiere decir, que independiente del tamaño de la firma, el mayor acceso a fuentes de información de carácter público (ferias, revistas, conferencias) e institucional (universidades e institutos de I+D), favorecen significativamente la realización de acuerdos de cooperación para la innovación.

Siendo más específicos en el análisis, la inclusión de la variable dicotómica Pyme permite analizar si es que existen efectos heterogéneos según el tamaño de la empresa. Pese que en la **tabla #D.3** se observa que independiente de la especificación estimada, las pequeñas y medianas empresas (Pymes) tienen menor probabilidad de innovar a través de acuerdos de cooperación en I+D, se debe hacer el alcance que no existe significancia estadística en los resultados obtenidos para la variable Pyme. Tal situación es dispar a los resultados obtenidos por Chun et al. (2012), quienes concluyen que como consecuencia de restricciones técnicas y financieras, las firmas de menor tamaño tienen menor probabilidad de realizar innovación a través de cooperación.

Con el objetivo de verificar la existencia de un efecto diferenciado de los *incoming spillovers* sobre la probabilidad de cooperación en I+D de firmas de distinto tamaño, la interacción entre la variable Pyme y cada uno de los spillovers permite obtener importantes observaciones. Como se observa en las primeras cuatro columnas de la **tabla #D.3**, únicamente los *incoming spillovers* institucionales y verticales tienen un efecto significativamente distinto para firmas de distinto tamaño. Más específicamente, esto quiere decir que como consecuencia de los *incoming spillovers* institucionales, las Pymes ven aumentada su probabilidad de cooperación en I+D en 0.188pp. Contrario a esto, se obtiene que los spillovers verticales afectan de forma negativa la probabilidad de que las Pymes realicen proyectos de colaboración en I+D; tal como se observa en la columna (3), como consecuencia de los spillovers verticales la probabilidad de que las Pymes innoven a través de acuerdos de cooperación en I+D disminuye en -0.192pp, lo que visto desde otra arista, implica que el mayor flujo de información proveniente desde proveedores y clientes afecta mayormente la probabilidad de cooperación en I+D de las grandes empresas. Finalmente, al incluir todas las variables en una única estimación (columna 5), se observa que únicamente los *incoming spillovers* de carácter institucional tienen un efecto significativamente distinto para Pymes y grandes

empresas, lo cual indica que el mayor acceso a un flujo de información proveniente desde universidades e institutos de I+D, aumentaría de forma significativa la probabilidad de la Pymes – respecto a grandes empresas – de realizar algún tipo de acuerdo de cooperación en I+D.

En definitiva, a partir de los resultados obtenidos, se puede destacar que los *incoming spillovers* relevantes sobre la realización de acuerdos de cooperación en I+D corresponden a los de carácter públicos e institucionales. Esto debido a que el mayor flujo de información proveniente desde dichas fuentes aumenta de forma significativa la probabilidad de llevar a cabo proyectos cooperativos. Así también al analizar la existencia de efectos heterogéneos según el tamaño de la firma, destaca que únicamente los *spillovers* de carácter institucional afectan de forma significativamente dispar al comportamiento cooperador de Pymes y grandes empresas, logrando un mayor impacto sobre las pequeñas y medianas empresas.

Finalmente, se deben destacar los cambios reportados por consecuencia de la inclusión de variables instrumentales para los distintos tipos de *incoming spillovers*. En la **tabla #D.4 (Anexo D)** se observa que al incluir variables instrumentales, el efecto de los *spillovers* aumenta en cada una de las distintas especificaciones estimadas, lo que implica que como consecuencia del problema de endogeneidad, los efectos estaban sub-estimados. Respecto al efecto de los *spillovers*, se debe indicar que pese a la diferencia existente entre los efectos marginales, las conclusiones generales se mantienen independiente de si las estimaciones se realizan con o sin variables instrumentales, o sea, los *spillovers* públicos e institucionales son los que tienen un efecto significativo sobre la realización de acuerdos de cooperación en I+D. Por otro lado, al revisar los resultados obtenidos para la interacción entre los *spillovers* y la variable Pyme, se observa que como consecuencia de la estimación con variables instrumentales también se cumple que los efectos marginales son mayores, obteniéndose además que como consecuencia de esta estimación, ahora los *spillovers* institucionales afectarían mayormente a la probabilidad de que las Pymes realicen acuerdos de cooperación.

6. Conclusiones

En esta investigación, se ha explorado los determinantes de la cooperación de las firmas innovadoras chilenas, tomando especial atención en el efecto de los distintos tipos de *incoming spillovers*. Junto con diferenciar entre distintos tipos de *spillovers*, se ha analizado el efecto de estos en los distintos tipos de acuerdos de cooperación en innovación (I+D). En definitiva, la aplicación de un modelo Probit ha permitido obtener el efecto de los *spillovers* sobre la realización de cooperación.

Los resultados de la estimación muestran que los *incoming spillovers* juegan un rol significativo en la decisión de las firmas para comprometerse en acuerdos de cooperación en I+D. Específicamente, se obtienen importantes resultados para los *incoming spillovers* de carácter público e institucionales, debido a que ambos condicionan de forma significativa y positivamente la realización de algún tipo de acuerdo de cooperación en innovación. Ahora, al diferenciar el efecto de los spillovers según el tamaño de la firmas, se obtuvo que, únicamente en el caso de los *incoming spillovers* institucionales existe un efecto estadísticamente significativo que permite indicar que el mayor acceso a tal flujo de información afecta mayormente la probabilidad de que las Pymes realicen acuerdos de cooperación en innovación. Para todos los otros tipos de *spillovers*, pese a que se observa un efecto superior para las firmas de mayor tamaño, no es estadísticamente significativo.

Igualmente, al diferenciar con respecto al tamaño de las firmas, se obtuvo que, en términos generales, el efecto de los spillovers es mayor para las firmas de mayor tamaño. Como única excepción a lo anterior, se encontró que el efecto de los *incoming spillovers* de carácter institucional es más relevante para la decisión de cooperación de las pequeñas y medianas empresas.

Acorde a lo anterior, parte importante de lo encontrado reafirma la tesis de que existe una importante heterogeneidad por tipo de spillovers sobre los distintos tipos de acuerdos de cooperación en innovación, y aun más respecto al tamaño de las firmas. En consideración a aquello, en el análisis de cooperación con diferentes tipos de socios, se cumple que el mayor flujo de información desde un agente en específico condiciona de forma positiva y significativa el acuerdo de cooperación con ese mismo agente. Por ejemplo, el mayor flujo de información de carácter institucional aumenta la probabilidad de realizar acuerdos de cooperación con universidades e institutos de I+D, y así también, los spillovers verticales aumentan la probabilidad para acuerdos cooperativos con proveedores y consumidores. Finalmente, al analizar el efecto de los spillovers sobre la decisión de cooperación por parte de las Pymes y grandes empresas, se encontró que el efecto de los spillovers también afecta de forma heterogénea a los distintos tipos de acuerdos de cooperación en I+D, destacando que la realización de proyectos con universidades e institutos de I+D por parte de las Pymes se ve significativamente favorecida por el mayor acceso a información pública (conferencias, revistas y exposiciones).

Pese a la importante heterogeneidad que caracteriza la actividad innovadora, se debe destacar que los *incoming spillovers* de carácter institucional tienen un impacto transversal para cada una de las especificaciones estimadas. Esto quiere decir que,

independiente del tamaño de la empresa analizada, el mayor acceso a este tipo de información es altamente significativo para incentivar la realización de acuerdos de cooperación. Este resultado es sumamente importante pues se encuentra acorde a los importantes esfuerzos que se han realizado por parte del Ministerio de Economía que ha considerado a la generación de redes entre el sector privado y las universidades como una actividad primordial para el desarrollo de la capacidad innovadora del país.

Los resultados obtenidos adquieren relevancia al considerar que las políticas que fortalecen e incentivan la cooperación en innovación podrán ser efectivas si es que existen spillovers tecnológicos que pueden ser internalizados por las firmas cooperadoras. Además, estos sugieren que este tipo de medidas políticas necesariamente deben reconocer la heterogeneidad de la actividad innovadora y cooperadora, lo que implica diferenciar entre el objetivo que se busca alcanzar, como también las características de cada una de las firmas innovadoras. Por ejemplo, parte importante del foco se debe poner en la actividad innovadora de las pequeñas y medianas empresas, ya que son estas firmas las que parecen tener mayores desventajas en cooperación en I+D dada las limitaciones absolutas de su tamaño, lo cual puede ser asociado con ausencia de capital humano calificado, y la baja gestión de habilidades en creación y mantenimiento de actividades cooperativas. Aunque se requieren mayores datos y análisis para encontrar las fuentes exactas de las barreras relacionadas con el tamaño de las Pyme a la colaboración en I+D, los esfuerzos de política también pueden ser necesarios para identificar los obstáculos que impiden a las PYME establecer una colaboración exitosa con los socios externos en I+D.

Por lo tanto, el fortalecimiento de la innovación requiere un enfoque sistémico. Esto basado en el hecho que la innovación es un fenómeno complejo, que depende de la confluencia de muchos factores y protagonistas, de las relaciones que se den entre ellos y de las capacidades e infraestructura que en conjunto faciliten el proceso. En definitiva, investigaciones como ésta adquieren relevancia al contribuir al fortalecimiento de datos oficiales que permitan guiar las decisiones gubernamentales ligadas a temas de I+D e innovación.

7. Bibliografía

Abramovsky, L., Harrison, R. & Simpson, H.(2004) “ Increasing Innovation Activity in the UK? Where Now for Government Support for innovation and technology Transfer”.

Alvarez, A., Bravo, C. & Navarro L. (2011) “ Innovation, R&D investment and productivity in Chile”, CEPAL Review.

Benavente, J.M (2002) “The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile”, unpublished DPhil Thesis, Oxford of Oxford.

Benavente, J.M (2005) “Innovación tecnológica en Chile dónde estamos y qué se puede hacer”. ISSN-e 0717-3830, Vol. 8, N°. 1, 2005, págs. 53-77

Belderbos R., Carre M. & Lokshin B. (2004) “Heterogeneity in R&D cooperation strategies. CEPR Discussion paper.

Belderbos R., Carre M. & Lokshin B (2004): “Cooperative R&D & Firm Performance” Elsinore, Denmark.

Cassiman R. & Veugelers R. (1998) “R&D cooperation and spillovers: Some empirical evidence”, Economics Working Papers, Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra.

Cassiman R. & Veugelers R. (2003) “R&D Cooperation between firms and universities: some empirical evidence from Belgian Manufacturing”, CERP Discussion Papers.

Cowan R. & Jonard, N. (2001) “Knowledge creation, knowledge diffusion and network structure”,

Chun, H., & Mun, S. (2012) “Determinants of R&D cooperation in small and medium-sized enterprises”, Small Business Economy

Crepon B., Duguet, E. & Mairesse, J. (1998) “Research and Development, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level”, Economic of Innovation and New technology.

Dachs B., Ebersberger B. & Pyka A., (2004) “Why do firms Co-operate for Innovation? A comparison of Austrian and Finnish CIS 3 results”, University of Augsburg, Beitrag Nr. 255.

D’ Aspremont, C., & Jacquemin, A. (1988) “Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers. American Economic Review, 78(5), 1133-1137.

Dyer, J. & Singh, H. (1998) “The relational View: Co-operative Strategy and Sources of Inter-organizational Competitive Advantage”, *Academy of Management Review*.

Fritsch, M & Lukas R., (2001) Who cooperates on R&D? *Research Policy. Economic Journal*, 109: 416-42.

Kamien, M., Müller, E. & Zang, I. (1992) “Research Joint Ventures and cartels”. *American Economic Review*, Vol 82, 1293 – 1306.

Katsoulacos, Y. & Ulph, D. (1998) “Endogenous spillovers and the performance of Research Joint Ventures”. *Journal of Industrial Economics*, Vol. 46(3), pp. 333 - 357

Katz, M. (1986) “An analysis of cooperative research and development”, *Rand Journal of Economics*, 17(4), 527-543.

Larrain, F. (2006) “¿Cómo potenciar la Innovación en Chile?”, *Centro de Estudios Públicos*.

Lööf, H. & Heshmati, A., (2002) “Knowledge capital and performance heterogeneity: a firm-level innovatio study”, *International Journal of Production Economics*.

López A. (2008) “Cooperation in innovative activities, organizational innovation and productivity”, *International Journal of Industrial Organization*.

Jakli, A., Damijan, P. & Rojec, M. (2008) “Innovation Cooperation and Innovation Activity of Slovenian Enterprises” *LICOS Discussion Paper Series 20108*, *LICOS - Centre for institutions and Economic Performance*, KU Leuven.

Nunes S., Carvalho I. & Costa T. (2013) “Cooperation for innovation: Evidences from Southern Europe Countries”, *International Journal of Innovation and Regional Development(IJIRD)*, Vol. 5, No. 2.

OCDE, (2005) “Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación”, *Tercera Edición*, Paris.

Romer, P. (1990) “Endogenous technological change”, *Journal of Political Economy*, vol. 98, No. 5, Chicago, University of Chicago Press.

Pyka (2002) “Innovation Networks in Economics – From the incentive based to the knowledge based approaches, *European Journal of Innovation Management*.

Tether, B. (2002) “Who co-operates for innovation and why: an empirical analysis”. *Research Policy*.

8. Anexos

Anexo A - Modelo Probit

El modelo aplicado en esta investigación propone realizar una regresión para la probabilidad de cooperación en I+D en las variables independientes ya definidas.

Se considera como variable dependiente (Y) la realización de algún tipo de acuerdo de cooperación, la cual es de carácter discreto:

$$\text{Cooperación}_i = \begin{cases} 1 & \text{Coopera en innovación} \\ 0 & \text{No Coopera en innovación} \end{cases}$$

En este caso, cuando la variable dependiente es binaria, el valor estimado para esta variable condicional en las variables explicativas representa la probabilidad de que la variable dependiente tome el valor 1. Acorde a esto, se modela el problema a partir de una función de probabilidad acumulada.

$$\Pr(y_i = 1 | x_i, \beta) = 1 - F(-x_i' \beta)$$

$$\Pr(Y_i | X_i) = F(X_i \beta)$$

La función F es continua, estrictamente creciente, que toma un valor real y devuelve un valor entre cero y uno. La variable independiente es igual a 1 si la firma ha realizado alguna cooperación en innovación y 0 en otro caso. Se usa la función de distribución acumulada para la distribución logística, y así se obtiene el modelo Probit³¹.

$$\Pr(y_i = 1 | x_i, \beta) = 1 - \exp(-x_i \beta) / (1 + \exp(-x_i \beta)) = \exp(x_i \beta) / (1 + \exp(x_i \beta))$$

Se asume que los errores están IID y existe independencia de los valores extremos de la distribución. Además x_i es el vector de las variables independientes para las i-th observaciones y β es el vector de coeficientes. Igualmente, se obtienen los efectos marginales de las variables independientes para así obtener en cuánto cada una de las variables afecta la probabilidad de la variable dependiente.

Lo anterior se debe a que los coeficientes estimados (β_i) no miden directamente el efecto marginal de la variable explicativa sobre la probabilidad de que la variable dependiente sea

³¹ Se debe tener en cuenta que para el caso particular del modelo Probit, se supone una función de densidad normal estándar del tipo

$$f(X_i \beta) = \phi(X_i \beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\mu_i^2}{2}}$$

$$F(X_i \beta) = \Phi(X_i \beta) = \int_{-\infty}^{\mu_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\mu_i^2}{2}}$$

igual a uno (en caso que no coopere). Por lo que el efecto marginal de la variable explicativa sobre la probabilidad se obtendrá de la siguiente forma:

$$\frac{\partial \Pr(Y=1|X)}{\partial X_k} = \frac{\partial F(X\beta)}{\partial X_k} \cdot \beta_k = f(X\beta) \cdot \beta_k$$

$f(*)$ corresponde a la función de densidad, que deberá ser evaluada en $X\beta_i$

Para llevar a cabo este modelo Probit, se requiere generar y obtener el estimador de máxima verosimilitud, que se obtiene de computar la función de densidad conjunta de las N observaciones en la muestra. Por lo tanto, para un modelo con variable dependiente discreta, la función de probabilidad conjunta se puede expresar de la siguiente forma:

$$\Pr(Y|X) = \prod_{i=1}^N \Pr(Y_i|X_i)$$

Dado que el modelo a desarrollar contiene una variable dependiente binaria, se debe estimar la probabilidad de que dicha variable categórica tome valor 1 o 0, condicional en X . Acorde a esto, se puede escribir la función de distribución acumulada evaluada en $X\beta_i$, como:

$$\begin{aligned}\Pr(Y_i = 1|X_i) &= F(X_i\beta) \\ \Pr(Y_i = 0|X_i) &= 1 - F(X_i\beta)\end{aligned}$$

Ahora, la función de probabilidad conjunta se puede expresar así:

$$\Pr(Y|X) = \prod_{y_i=1} F(X_i\beta) \prod_{y_i=0} [1 - F(X_i\beta)]$$

O alternativamente

$$\Pr(Y|X) = \prod_{i=1}^N [F(X_i\beta)]^{y_i} [1 - F(X_i\beta)]^{1-y_i}$$

Finalmente, se requiere optimizar dicha función de verosimilitud con respecto a los parámetros desconocidos (β_i). Para esto se aplica logaritmo natural a la expresión anterior:

$$\ln L = \sum_{i=1}^N y_i \ln F(X_i\beta) + (1 - y_i) \ln(1 - F(X_i\beta))$$

Y maximizando con respecto a β_i , se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^N \left[\frac{y_i f(X_i\beta)}{F(X_i\beta)} - \frac{(1 - y_i) f(X_i\beta)}{(1 - F(X_i\beta))} \right] \cdot X_k = 0$$

considerando que no existe una solución matemática cerrada, se debe utilizar métodos iterativos realizados en el software estadístico.

Anexo B – Variables

Tabla #B.1 – Descripción variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Variable dependiente	
$COOP_{ijk}$	Variable binaria que será igual a 1 si la firma realizó al menos una actividad de cooperación; en caso contrario, será 0.
Flujo de Información³²	
Spillints	Índice promedio para spillovers desde universidades e institutos de I+D. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Spillvert	Índice promedio para spillovers verticales: proveedores y clientes. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Spillhor	Índice promedio para spillovers horizontales: competidor. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Spillpub	Índice promedio para <i>incoming spillovers</i> de fuentes públicas :conferencias y revistas, ferias y exhibiciones, otras. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Info. Interna	Índice promedio para el flujo información generada internamente. A partir de re-escalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)
Variables de control	
Patentes	Promedio de patentes titulares en el sector de la firma.
Depto I+D	1 si firma tiene unidad o departamento de I+D; 0 en caso contrario.
Pyme	Variable binaria; 1 si firma es grande, 0 si es Mediana o pequeña.
Exportar	1 si firma realiza exportaciones, 0 en caso contrario.
Fondos Públicos	1 si la firma solicita financiamiento público, 0 en caso contrario.
Grupo	1 si la firma pertenece a un conglomerado de empresas, 0 al contrario.
Costo-Riesgo	Índice promedio de importancia de obstáculos para el proceso de innovación, incluye: i) Costo de innovación demasiado alto; ii) Falta de financiamiento externo a la empresa; iii) Falta de fondos propios; iv) Incertidumbre respecto a la demanda por bienes o servicios innovados. A partir de reescalar en 0 (no relevancia) y 1 (importancia media-alta)

Fuente: Elaboración propia

³² Originalmente, en la Encuesta de Innovación las firmas valoran a las fuentes de información de acuerdo a la siguiente escala de valoración; (4) no relevante, (3) importancia baja, (2) importancia media e (1) importancia alta. Esta se reescalará, en donde ahora 0 será (no relevante o importancia baja) y 1 (importancia media-alta).

Anexo C – Estadística Descriptiva

Tabla #C.1 - Estadística descriptiva firmas innovadoras (promedio y desviación estándar)

	Firmas Innovadoras	Firmas innovadoras según realización de cooperación en I+D			
		Firmas no-cooperativas	Firmas cooperativas	Min	Max
Flujo información					
Spillover institucional	0.144	0.103	0.348	0	1
	(0.300)	(0.249)	(0.391)	0	1
Spillover vertical	0.439	0.401	0.560	0	1
	(0.333)	(0.332)	(0.309)	0	1
Spillover horizontal	0.356	0.348	0.341	0	1
	(0.479)	(0.476)	(0.475)	0	1
Spillover público	0.323	0.293	0.451	0	1
	(0.334)	(0.322)	(0.365)	0	1
Información interna	0.734	0.686	0.839	0	1
	(0.442)	(0.464)	(0.368)	0	1
Apropiabilidad					
Protección sectorial	0.034	0.030	0.037	0	1
	(0.027)	(0.026)	(0.028)		
Características firma					
Departamento I+D	0.184	0.481	0.497	0	1
	(0.388)	(0.214)	(0.501)		
Grandes	0.509	0.373	0.673	0	1
	(0.500)	(0.483)	(0.470)		
Medianas	0.219	0.220	0.121	0	1
	(0.413)	(0.414)	(0.328)		
Pequeñas	0.271	0.405	0.204	0	1
	(0.444)	(0.491)	(0.404)		
Exportación	0.226	0.121	0.434	0	1
	(0.418)	(0.326)	(0.496)		
Fondos públicos	0.118	0.125	0.119	0	1
	(0.323)	(0.330)	(0.324)		
Grupo	0.315	0.229	0.517	0	1
	(0.464)	(0.403)	(0.500)		
Obstáculos					
Costo-Riesgo	0.583	0.533	0.597	0	1
	(0.370)	(0.403)	(0.501)		

Fuente: 9na Encuesta de Innovación (2013-2014), elaboración propia

Tabla #C.2 - Estadística descriptiva de firmas que realizan cooperación en I+D, según tamaño

	Firmas cooperativas	Firmas que cooperan en I+D según tamaño	
		Grandes	PYMES
Flujo información			
Spillover institucional	0.348 (0.391)	0.181 (0.329)	0.183 (0.327)
Spillover vertical	0.560 (0.309)	0.466 (0.331)	0.438 (0.336)
Spillover horizontal	0.341 (0.475)	0.357 (0.479)	0.334 (0.472)
Spillover público	0.451 (0.365)	0.328 (0.342)	0.359 (0.346)
Información interna	0.839 (0.368)	0.769 (0.423)	0.705 (0.456)
Apropiabilidad			
Protección sectorial	0.037 (0,028)	0.038 (0.027)	0.029 (0.026)
Características firma			
Departamento I+D	0.497 (0.501)	0.110 (0.313)	0.060 (0.238)
Exportación	0.434 (0.496)	0.255 (0.436)	0.074 (0.262)
Fondos públicos	0.375 (0.497)	0.048 (0.214)	0.051 (0.221)
Grupo	0.517 (0.500)	0.453 (0.497)	0.124 (0.329)
Obstáculos			
Costo-Riesgo	0.597 (0.501)	0.471 (0.390)	0.579 (0.401)

Fuente: 9na Encuesta de Innovación (2013-2014), Elaboración propia

Tabla # C.3 - Correlación entre los *incoming spillovers*

Incoming Spillovers	Horizontal	Institucional	Público	Vertical
Horizontal	1			
Institucional	0.1767	1		
Público	0.3028	0.4550	1	
Vertical	0.4322	0.3506	0.4543	1

Fuente: Elaboración propia a partir de la 9na Encuesta de Innovación

Anexo D - Resultados estimaciones modelo Probit

Tabla # D.1 - Efectos marginales estimación modelo Probit para cooperación

Modelo Probit Pr (COOP =1)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Patentes	-0.254 (0.456)	-0.261 (0.438)	-0.213 (0.457)	-0.295 (0.464)	-0.273 (0.434)
Costo_riesgo	-0.010 (0.032)	-0.005 (0.030)	-0.013 (0.032)	0.001 (0.032)	-0.010 (0.030)
Depto I+D	0.131*** (0.024)	0.128*** (0.023)	0.138*** (0.024)	0.150*** (0.024)	0.117*** (0.023)
Pyme	-0.030 (0.027)	-0.020 (0.026)	-0.018 (0.027)	-0.021 (0.027)	-0.017 (0.027)
Exportar	0.050 (0.027)	0.055* (0.026)	0.054* (0.027)	0.050 (0.027)	0.055* (0.026)
Grupo	0.104*** (0.024)	0.093*** (0.024)	0.102*** (0.024)	0.104*** (0.024)	0.092*** (0.023)
Fondos Púb.	0.115*** (0.028)	0.092*** (0.027)	0.113*** (0.028)	0.117*** (0.028)	0.083** (0.027)
Info. Interna	0.033 (0.027)	0.028 (0.026)	0.030 (0.028)	0.061* (0.028)	0.028 (0.026)
Spillpub	0.129*** (0.032)				0.022 (0.037)
Spillininst		0.244*** (0.029)			0.228*** (0.034)
Spillvert			0.130*** (0.033)		0.079* (0.037)
Spillhor				-0.021 (0.024)	-0.074** (0.026)
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E. Fijo Sector	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E. Fijo Región	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
N	1064	1064	1064	1064	1064

*p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

Tabla # D.2 - Efectos marginales estimación modelo Probit para cooperación

Modelo Probit Pr (COOP =1)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Patentes	-0.276 (0.456)	-0.253 (0.440)	-0.211 (0.456)	-0.285 (0.464)	-0.287 (0.434)
Costo_riesgo	-0.010 (0.032)	-0.005 (0.030)	-0.013 (0.032)	0.001 (0.032)	-0.010 (0.030)
Depto I+D	0.132*** (0.024)	0.127*** (0.023)	0.139*** (0.024)	0.148*** (0.024)	0.116*** (0.023)
Pyme	-0.008 (0.038)	-0.025 (0.029)	-0.008 (0.042)	-0.040 (0.032)	0.000 (0.040)
Exportar	0.050 (0.027)	0.055* (0.026)	0.054* (0.027)	0.050 (0.027)	0.058* (0.026)
Grupo	0.104*** (0.024)	0.094*** (0.024)	0.102*** (0.024)	0.104*** (0.024)	0.094*** (0.023)
Fondos Púb.	0.115*** (0.028)	0.092*** (0.027)	0.112*** (0.028)	0.118*** (0.028)	0.083** (0.027)
Info. Interna	0.034 (0.027)	0.028 (0.026)	0.030 (0.028)	0.059* (0.028)	0.024 (0.026)
Spillpub	0.153*** (0.040)				0.064 (0.046)
Spillpub*Pyme	-0.057 (0.065)				-0.112 (0.076)
Spillinst		0.234*** (0.038)			0.203*** (0.045)
Spillinst*Pyme		0.024 (0.064)			0.061 (0.074)
Spillvert			0.138** (0.042)		0.100* (0.049)
Spillvert*Pyme			-0.020 (0.066)		-0.037 (0.072)
Spillhor				-0.043 (0.030)	-0.109** (0.033)
Spillhor*Pyme				0.054 (0.048)	0.089 (0.053)
E. Fijo sector	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E. Fijo región	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
N	1064	1064	1064	1064	1064

*p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

Tabla # D.3 - Efectos marginales estimación modelo Probit IV, decisión cooperar

Modelo Probit IV Pr (COOP =1)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Patentes	0.164 (0.122)	0.158 (0.123)	0.166 (0.124)	0.183 (0.122)	0.150 (0.120)
Costo_riesgo	-0.128*** (0.044)	-0.140** (0.055)	-0.065 (0.295)	-0.089** (0.038)	-0.115* (0.069)
Depto I+D	0.066* (0.040)	0.101* (0.053)	0.070 (0.105)	0.127* (0.071)	0.075* (0.043)
Pyme	-0.041 (0.155)	-0.210 (0.175)	-0.200 (0.153)	-0.173 (0.174)	-0.044 (0.029)
Exportar	0.117* (0.062)	0.166*** (0.060)	0.128*** (0.047)	0.127** (0.062)	0.140** (0.067)
Grupo	0.118*** (0.040)	0.098** (0.047)	0.068 (0.127)	0.128*** (0.042)	0.085* (0.050)
Fondos Púb.	0.139** (0.056)	0.167* (0.095)	0.230* (0.127)	0.174*** (0.048)	0.183** (0.098)
Info. Interna	0.067 (0.057)	0.130** (0.063)	0.144** (0.066)	0.179*** (0.055)	0.131* (0.078)
Spillpub	0.328* (0.196)				0.307* -0.275
Spillpub*Pyme	0.079 (0.127)				-0.093 -0.181
Spillininst		0.415** (0.190)			0.399** -0.195
Spillininst*Pyme		0.188* (0.113)			0.198* -0.119
Spillvert			0.382** (0.187)		0.35 -0.301
Spillvert*Pyme			-0.192* (0.116)		0.182 -0.127
Spillhor				0.039 (0.310)	0.046 -0.31
Spillhor*Pyme				-0.66 (0.124)	-0.092 -0.129
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estadístico F	20.38	32.14	20.73	32.14	30.11
E. Fijo sector	No	No	No	No	No
E. Fijo región	Si	Si	Si	Si	Si
N	1785	1785	1785	1785	1785

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

Tabla # D.4 - Efectos marginales estimación modelo Probit simple y Probit IV, decisión cooperar

Modelo Probit | Pr (COOP =1)

	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Probit	ProbitIV	Probit	ProbitIV	Probit	ProbitIV	Probit	ProbitIV	Probit	ProbitIV
Patentes	-0.276 (0.456)	0.164 (0-122)	-0.253 (0.440)	0.158 (0.123)	-0.211 (0.456)	0,66 (0.124)	-0.285 (0.464)	0.183 (0.122)	-0.287 (0.434)	0.150 (0.120)
Costo_riesgo	-0.010 (0.032)	- 0.128*** (0.044)	-0.005 (0.030)	-0.140** (0.055)	-0.013 (0.032)	-0.065 (0.295)	0.001 (0.032)	-0.089** (0.038)	-0.010 (0.030)	-0.115* (0.069)
Depto I+D	0.132*** (0.024)	0.066* (0.040)	0.127*** (0.023)	0.101* (0.053)	0.139*** (0.024)	0.070 (0.105)	0.148*** (0.024)	0.127* (0.071)	0.116*** (0.023)	0.075* (0.043)
Pyme	-0.008 (0.038)	-0.041 (0.155)	-0.025 (0.029)	-0.210 (0.175)	-0.008 (0.042)	-0.200 (0.153)	-0.040 (0.032)	-0.173 (0.174)	0.000 (0.040)	-0.044 (0.029)
Exportar	0.050 (0.027)	0.117* (0.062)	0.055* (0.026)	0.166*** (0.060)	0.054* (0.027)	0.128*** (0.047)	0.050 (0.027)	0.127** (0.062)	0.058* (0.026)	0.140** (0.067)
Grupo	0.104*** (0.024)	0.118*** (0.040)	0.094*** (0.024)	0.098** (0.047)	0.102*** (0.024)	0.068 (0.127)	0.104*** (0.024)	0.128*** (0.042)	0.094*** (0.023)	0.085* (0.050)
Fondos Púb.	0.115*** (0.028)	0.139** (0.056)	0.092*** (0.027)	0.167* (0.095)	0.112*** (0.028)	0.230* (0.127)	0.118*** (0.028)	0.174*** (0.048)	0.083** (0.027)	0.183** (0.098)
Info. Interna	0.034 (0.027)	0.067 (0.057)	0.028 (0.026)	0.130** (0.063)	0.030 (0.028)	0.144** (0.066)	0.059* (0.028)	0.179*** (0.055)	0.024 (0.026)	0.131* (0.078)
Spillpub	0.153*** (0.040)	0.328* (0.196)							0.064 (0.046)	0.307* -0.275
Spillpub*Pyme	-0.057 (0.065)	0.079 (0.127)							-0.112 (0.076)	-0.093 -0.181
Spillinst			0.234*** (0.038)	0.415** (0.190)					0.203*** (0.045)	0.399** -0.195
Spillinst*Pyme			0.024 (0.064)	0.188* (0.113)					0.061 (0.074)	0.198* -0.119
Spillvert					0.138** (0.042)	0.382** (0.187)			0.100* (0.049)	0.350 -0.301
Spillvert*Pyme					-0.020 (0.066)	-0.192* (0.116)			-0.037 (0.072)	0.182 -0.127
Spillhor							-0.043 (0.030)	0.039 (0.310)	-0.109** (0.033)	0.046 -0.31
Spillhor*Pyme							0.054 (0.048)	-0.66 (0.124)	0.089 (0.053)	-0.092 -0.129
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estadístico F	-	20.38	-	32.14	-	20.73	-	35.18	-	30.11
E. Fijo sector	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
E. Fijo región	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
N	1064	1064	1064	1064	1064	1064	1064	1064	1064	1064

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01