



Cooperación, innovación, y productividad: estimación de un modelo CDM para Chile

AFE para optar al grado de Magíster en Análisis Económico

Alumno: Sergio Bravo

Profesor guía: Daniel Hojman

Santiago, septiembre de 2016

Índice

Índice	1
Índice de figuras	2
Índice de cuadros	2
1. Introducción	4
2. Cooperación e innovación: teoría y evidencia	6
2.1. Marco teórico	6
2.2. Evidencia empírica	8
3. Datos y estadística descriptiva	11
4. Extensión del modelo CDM	19
4.1. Ecuación de cooperación	20
4.2. Ecuación de esfuerzo en innovación	24
4.3. Ecuación de producción de conocimiento	27
4.4. Ecuación de productividad del trabajo	28
4.5. Estimación del modelo	28
5. Resultados	30
5.1. Decisión de cooperación	30
5.2. Impacto de la cooperación sobre la intensidad de gasto en innovación	33
5.3. Impacto del gasto en innovación sobre la probabilidad de innovación tecnológica	37
5.4. Impacto de la innovación sobre la productividad	38
6. Análisis de resultados	40
7. Conclusiones	43
Apéndice	45
Bibliografía	49

Índice de figuras

1.	Motivos para cooperar en actividades innovativas	7
2.	Exportadores y cooperación por sector económico	15
3.	Cooperación y esfuerzo en innovación por sector económico (promedios)	16
4.	Esfuerzo en innovación e innovación tecnológica por sector económico (promedios)	18
5.	Innovación tecnológica y productividad del trabajo por sector económico (promedios)	18
6.	Extensión del modelo CDM de Crespi y Zúñiga (2012)	20

Índice de cuadros

1.	Distribución de firmas por sector	12
2.	Estadística descriptiva: insumos y productos de la innovación	13
3.	Estadística descriptiva: características de las firmas	13
4.	Estadística descriptiva: cooperación en actividades de innovación	14
5.	Probabilidad de innovar (<i>INNOVA</i>) y probabilidad de cooperar (<i>COOP</i>)	31
6.	Probabilidad de invertir en innovación (<i>ID</i>) e intensidad del gasto en innovación por trabajador (<i>IE</i>)	35
7.	Probabilidad de innovación tecnológica (<i>TI</i>)	38
8.	Impacto de la innovación sobre la productividad del trabajo (<i>Y</i>)	39
9.	Coefficientes estimados para variable clave del modelo CDM	40

Cooperación, innovación, y productividad: estimación de un modelo CDM para Chile

Sergio Bravo

29 de septiembre de 2016

Resumen

Usando datos de firmas chilenas de la Octava Encuesta de Innovación 2013, este estudio analiza empíricamente el efecto de la cooperación en actividades de innovación sobre la inversión en innovación, así como su efecto sobre el desempeño en innovación y productividad. El análisis se basa en la extensión de un modelo multiecuación propuesto en Crépon, Duguet y Mairesse (1998) que considera los determinantes de la inversión en innovación, los resultados en innovación y sus efectos en productividad. Los resultados indican que en el sector transable (manufacturas, agricultura, ganadería, minería y pesca) la cooperación incrementa la inversión en innovación en un 118 %, y estimula la introducción de tecnologías al proceso productivo que aumentan la productividad en un 43 %. La evidencia muestra la importancia de la cooperación para las firmas –como una solución al margen del mercado– para disminuir los desincentivos a invertir en innovación.

1. Introducción

En las últimas décadas han surgido numerosos trabajos que intentan explicar, tanto desde un punto de vista teórico como empírico, cómo la interacción a través de acuerdos cooperativos entre distintas firmas, y entre firmas y diferentes organizaciones científicas (consultores, institutos de investigación o universidades), pueden afectar los resultados en innovación de las firmas. Búsqueda de conocimiento, explotación de complementariedades, disminución de riesgos asociados a la innovación (principalmente “apropiabilidad”), y la reducción de costos se han mencionado desde la teoría como algunas de las principales motivaciones de las firmas para cooperar en sus actividades innovativas (Tether, 2002; Becker y Dietz, 2004).

La evidencia empírica sobre este tema ha identificado una asociación positiva entre cooperación e innovación (Becker y Dietz, 2004; Freel y Harrison, 2006; Nieto y Santamaría, 2007), por un lado, y entre cooperación y productividad (Belderbos et al., 2004a; Robin y Schubert, 2013), por el otro. Del mismo modo, existe contundente evidencia, tanto para países industrializados (Janz et al., 2004; Mohnen et al., 2006; Griffith et al., 2006) como para países en desarrollo (Correa et al., 2005; Chudnovsky et al., 2006; Crespi y Zúñiga, 2012; Álvarez et al., 2015), indicando que la innovación tecnológica incrementa significativamente la productividad de las firmas. La mayoría de los trabajos que abordan este último tópico (efecto de la innovación sobre la productividad) aplican un modelo estructural propuesto en Crépon, Duguet y Mairesse (1998) (modelo CDM) que estudia de forma secuencial la relación empírica entre inversión en innovación, innovación tecnológica y productividad de las firmas.

A pesar de ello, para países en desarrollo ningún estudio ha considerado que la decisión de cooperar es endógena para las firmas, lo que implica que no se obtengan estimadores consistentes para el efecto de la cooperación.¹ Tampoco se ha descrito para este tipo de países cómo afecta la cooperación en todo el proceso de innovación, particularmente en el especificado por el modelo CDM. Este trabajo busca llenar este vacío en la literatura. Para ello, se extiende el modelo CDM para estudiar cuál es el impacto de la cooperación sobre la inversión en innovación en un país en desarrollo como Chile, tomando en cuenta que la cooperación es una variable endógena. Además, se busca determinar en qué medida la mayor inversión en innovación inducida por la cooperación permite ganancias en productividad a través de la creación de nuevas tecnológicas.

El análisis econométrico favorece la hipótesis de que la cooperación tiene un impacto positivo sobre la inversión en innovación. Se encuentra que firmas que cooperan en sus actividades innovativas incrementan este tipo de inversión en más de un 100%. Asimismo, se estima que esta mayor inversión estimula la producción de nuevas tecnologías que aumentan la productividad de las firmas alrededor de un 40%. Por último, los resultados indican también que el efecto de cooperar es grande en términos de magnitud en comparación con otros determinantes de la inversión en innovación. Así, la evidencia sugiere que políticas

¹ Existen pocos trabajos para países en desarrollo que estudian el efecto de las redes de cooperación entre las firmas sobre su desempeño. Ver, por ejemplo, Zeng et al. (2010) para pymes en China.

que promuevan la creación de redes tecnológicas entre las firmas y la ejecución de proyectos de innovación con organizaciones científicas pueden ser efectivas en mejorar el desempeño en innovación y productividad de las firmas.

La estructura de este trabajo es la siguiente: en la sección 2 se muestra teoría y evidencia de los efectos de la cooperación, la sección 3 contiene una descripción de los datos y algunos hechos estilizados, en la sección 4 se presenta el modelo, la sección 5 muestra los resultados econométricos, en la sección 6 se analizan con mayor detalle los resultados y la sección 7 concluye.

2. Cooperación e innovación: teoría y evidencia

2.1. Marco teórico

Desde mediados de la década de 1980 se ha puesto considerable atención a formas de innovación que incluyen alianzas tecnológicas, arreglos colaborativos y redes de innovación entre empresas (Tether, 2002), dejando de lado la visión teórica que veía a las firmas como islas que interactuaban unas con otras solamente a través del sistema de precios (Teece, 1996). Así, han ido surgiendo visiones de que la innovación no es más una cuestión de firmas individuales, sino una materia de acción colectiva que se produce como resultado de las redes entre diversos actores (Von Hippel, 1988; Smitka, 1991; Freel y Harrison, 2006). Todo esto ha llevado a un reconocimiento de la importancia de las redes de colaboración a través de la cadena productiva y horizontales (universidades, institutos de investigación, etc.), existiendo un mayor interés por estudiar el efecto de la cooperación sobre el desempeño de las firmas en materias como innovación y productividad. A continuación se describen, *grosso modo*, los principales motivos abordados en la literatura acerca de por qué las firmas cooperan entre sí o con otras instituciones y los posibles efectos de la cooperación sobre la innovación.

En la Figura 1 se resumen, desde un punto de vista teórico, los principales motivos para cooperar en actividades de innovación abordados en la literatura. El primero hace alusión a que si bien la innovación es un proceso basado principalmente en las capacidades internas de las firmas, cuya mayor carga se produce dentro de las mismas (Dosi, 1988; Nelson, 2000), en la búsqueda por aumentar sus capacidades tecnológicas para impulsar sus actividades de innovación las firmas deben encontrar la manera más eficiente de hacerlo, ya sea mediante esfuerzos internos o utilizando fuentes externas (Becker y Dietz, 2004).² De este modo, cuando los esfuerzos internos no son suficientes, las firmas pueden entrar en arreglos colaborativos para adquirir conocimiento e información importante para el proceso de innovación, y así suplir carencias que les impiden innovar.

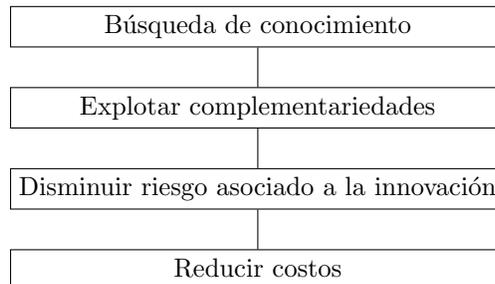
En relación al segundo motivo, también ocurre que la cooperación abre la posibilidad de que las firmas exploten complementariedades, combinando sus recursos internos con aquellos obtenidos a partir de las redes de colaboración (Gulati, 1995), lo que puede permitir una ampliación de las capacidades tecnológicas.³ Bajo este argumento, la necesidad de contar con recursos complementarios a la firma es un factor determinante de la cooperación inter-organizacional (Richardson, 1972).

En tercer lugar, la cooperación puede disminuir el riesgo y la incertidumbre asociada a la innovación (Tether, 2002), en particular cuando existen dificultades en la “apropiabilidad” de las innovaciones. Esto se refiere a la dificultad que tienen las firmas para capturar por completo el retorno de las actividades de innovación que realizan, debido a la presencia de efecto derrame y por la difusión de conocimiento. En

² Siguiendo a los autores, se entiende por capacidad tecnológica aquella habilidad para asignar los recursos disponibles dentro de la firma de manera que productos competitivos sean desarrollados y producidos.

³ Siguiendo con el argumento, la cooperación sería más eficiente y fructífera si la firma se relaciona con un *partner* con recursos que complementen los de la firma y sean relevantes a la innovación buscada (Nieto y Santamaría, 2007).

Figura 1: Motivos para cooperar en actividades innovativas



esta situación, la innovación se desincentiva debido a que la tecnología o el conocimiento generado por la firma innovadora podría ser usado o copiado por otras firmas, quienes adquieren parte del beneficio de la innovación sin incurrir en los costos asociados a ella, habiendo un problema de “*free rider*” (Tomlinson, 2010). En este caso, la cooperación a través de la cadena productiva surge como una posible solución para resolver el problema de apropiabilidad, puesto que si se crea una innovación tecnológica entre las firmas que forman la red colaborativa se impedirá que firmas entrantes puedan copiarla (Harabi, 1998).⁴

Por último, las firmas pueden cooperar para reducir costos en el proceso de innovación. Esto se logra de diferentes maneras. Primero, las firmas pueden financiar proyectos de innovación en conjunto, los cuales en ausencia de un arreglo cooperativo no hubiera sido posible implementar debido a recursos limitados o restricciones en el acceso a capital por parte de las firmas. Segundo, las firmas pueden ahorrar costos al no tener que financiar el proyecto por completo, y también pueden beneficiarse de economías de escala en el gasto en innovación (Becker y Dietz, 2004). En tercer lugar, las firmas pueden evitar comportamientos oportunistas al invertir en activos específicos fuera de ellas, lo que ocurre por la capacidad limitada de cambiar de *partner* ante contingencias (Pisano, 1990). Cuando internalizar esta inversión es difícil por la presencia de elevados costo administrativos, la cooperación puede ser una alternativa atractiva para las firmas, ya que al actuar como un híbrido entre el mercado y la firma anula la amenaza de oportunismo y disminuye los costos administrativos internos asociados con la estructura de la firma (Nieto y Santamaría, 2007; Tomlinson, 2010).

Considerando todos estos motivos, la hipótesis de este trabajo es que la cooperación en actividades innovativas puede generar ciertas condiciones que incentiven una mayor inversión en innovación, lo que a su vez que hace posible la creación de innovaciones tecnológicas que en ausencia de una red colaborativa no hubiesen sido concebidas.

⁴ Siguiendo el argumento de Harabi (1998), la firma entrante se enfrentará en ese caso a una escasez de activos complementarios ofrecidos por las firmas de la cadena productiva, que son usados para fabricar el nuevo producto.

2.2. Evidencia empírica

La evidencia empírica reciente sobre cooperación e innovación estudia en su mayoría economías desarrolladas, posiblemente por la mayor disponibilidad de datos sobre las actividades de innovación de las firmas para este tipo de países. En esta literatura usualmente se ha medido la cooperación a través de una variable binaria a partir de lo que reportan las firmas en cada encuesta, y, dependiendo de cada estudio, se hace referencia a la cooperación en I+D o bien a la cooperación en las actividades de innovación en general. Además, se han empleado diferentes variables dependientes en las estimaciones, lo que ha permitido determinar la relación entre cooperación y diferentes variables de resultado de las firmas. En esta sección se resume parte de literatura sobre el tema, se discuten sus principales limitaciones y se presentan las diferencias de este trabajo respecto a estos trabajos.

En general, las conclusiones que se han derivado de los diferentes estudios que analizan el efecto de la cooperación sobre variables de innovación o desempeño de las firmas es que ésta afecta positivamente el proceso de innovación, aunque también se ha remarcado que la cooperación no es una condición necesaria ni suficiente para que las firmas innoven (Freel y Harrison, 2006). Fritsch y Franke (2004) es uno de los primeros artículos que analiza empíricamente el rol de la cooperación en I+D. Los autores concluyen que la cooperación en I+D es una fuente de menor importancia para atraer conocimientos hacia la firma que contribuyan a la eficiencia de las actividades de innovación, y que los flujos de conocimiento por I+D no cooperativo de otros actores de la región parecen ser más importantes. Sin embargo, su medida de innovación es registro de patentes (en cantidad de registros y una variable binaria), y puede tener la desventaja de que no capture completamente todas las innovaciones que realizan las firmas, puesto que algunas pueden no ser “patentables”.

Otra serie de estudios lidian con este problema al utilizar datos de encuestas de innovación que permiten identificar si las firmas innovan en producto y/o en proceso, y además distinguir diferentes grados de “novedad” de las innovaciones, i.e. si son nuevas para el mercado o nuevas solo para la firma. Entre éstos destacan Freel y Harrison (2006) y Nieto y Santamaría (2007), quienes estiman el efecto de la cooperación con diferentes *partners* sobre diferentes tipos de innovación y sus distintos grados de novedad.⁵ Si bien ambos difieren en su metodología,⁶ en general se encuentran asociaciones positivas entre cooperación e innovación.⁷

Así como algunos autores que han estudiado el efecto de la cooperación han distinguido entre diferentes

⁵ Existen una serie de otros estudios que estudian la cooperación en I+D con diversos *partners*, que por razones de extensión no se revisan aquí. Ver por ejemplo Miotti y Sachwald (2003); Cincera et al. (2003); Aschoff y Schmidt (2008) y Lööf y Broström (2008).

⁶ La estimación de Freel y Harrison (2006) es a través de un multinomial logit, mientras que Nieto y Santamaría (2007) usan un probit bivariado.

⁷ Freel y Harrison (2006) concluyen que existe una asociación positiva entre el éxito de la innovación en productos y la cooperación con clientes y el sector público, entre el éxito de la innovación en procesos y la cooperación con proveedores y universidades, y que no existe una correlación positiva entre la colaboración con competidores y mayores niveles de innovación. Por su parte, Nieto y Santamaría (2007) encuentran que la colaboración tecnológica, su continuidad y la diversidad de *partners* tienen una asociación positiva con la innovación en producto en todos sus niveles, y al igual que Freel y Harrison (2006), no encuentran un efecto significativo de la cooperación con competidores.

grados de innovación, Tomlinson (2010) aplica esta misma idea para el caso de la cooperación y analiza cómo se relaciona la intensidad de cada vínculo cooperativo con la innovación en productos y procesos, yendo más allá del uso de una simple variable binaria.⁸ Sus resultados sustentan la idea de que si bien la cooperación es una fuente importante de innovación para las firmas, es la fuerza de la red de colaboración la que importa para mejorar el desempeño en innovación, y no solo su mera existencia.

Por otro lado, también se ha estudiado el efecto de la cooperación, y sus efectos heterogéneos según el tipo de *partner*, sobre variables de desempeño de las firmas, en particular sobre el crecimiento de la productividad del trabajo y de las ventas de productos innovadores. Al respecto, Belderbos et al. (2004a) encuentra efectos positivos y cierta heterogeneidad en los resultados según el tipo de cooperación.⁹ Este trabajo tiene la ventaja de que controla por el impacto de los flujos de conocimiento (*incoming spillovers*) que no se deben a la cooperación, es decir, separa el efecto de los flujos de conocimiento de los efectos de la cooperación.¹⁰

Si bien los artículos que se han mencionado han permitido esclarecer el rol que juega la cooperación en el proceso innovativo de las firmas, una debilidad importante de éstos es que no han considerado que la decisión de cooperar es endógena. Econométricamente esto significa que tanto las variables de cooperación como de innovación pueden estar determinadas por no observables comunes, los cuales pueden resumirse en un “carácter innovador” de la firma que aumenta la probabilidad de cooperar y la innovación. Esta endogeneidad implica que los estimadores son inconsistentes y los efectos estimados están sesgados positivamente. Como los efectos están confundidos, no se puede identificar un efecto causal de la cooperación en estos artículos, y más bien se estiman correlaciones.

En esta literatura, solo un puñado de estudios ha abordado el problema metodológico de la endogeneidad de la cooperación. El pionero en esta materia es Becker y Dietz (2004), el cual además es el único que considera los efectos de la cooperación sobre el gasto en I+D. En éste se utiliza un método de Sistema de Ecuaciones Simultáneas (SEM) para resolver este problema, y se estima el impacto de la cooperación en I+D tanto sobre los insumos para la innovación (gasto en I+D) como en el resultado de la innovación (innovación en producto). Encuentran que la cooperación complementa los recursos internos de la firma y aumenta tanto la intensidad de I+D como la probabilidad de innovar en producto.

En un artículo más reciente, Robin y Schubert (2013) evalúan el efecto de la cooperación con institutos de investigación públicos sobre la innovación en producto y proceso en Alemania y Francia, también corrigiendo por endogeneidad. Los autores consideran el hecho de que existe selección en la muestra debido a que solo algunas firmas innovan, y a través de un procedimiento de mínimos cuadrados en dos

⁸ El autor construye variables de cooperación en un rango de 1 (sin cooperación) a 5 (nivel de cooperación muy alto) y desarrolla la misma metodología que Freel y Harrison (2006)

⁹ Específicamente, los autores encuentran que la cooperación con competidores y proveedores fomenta innovaciones incrementales que mejoran la productividad, y la cooperación con universidades y nuevamente competidores impulsa innovaciones radicales que aumentan la venta de productos nuevos al mercado.

¹⁰ Los *incoming spillovers* se miden a través de una *likert scale*. La razón de separar ambos efectos es que la cooperación aumenta también los *spillovers* reportados desde el *partner* con que el se colabora.

etapas encuentran que la cooperación tiene un impacto positivo sobre la innovación en productos pero no en procesos. Para identificar el efecto causal utilizan dos instrumentos: si la firma protege sus innovaciones a través de secretos y la densidad de institutos de investigación en la región.¹¹ Una debilidad importante de este estudio es que el uso de secretos para proteger las innovaciones es una decisión que toman las propias firmas, y conceptualmente no viene dado de manera exógena, lo que pone en duda la validez del instrumento.

En síntesis, se puede mencionar que en la literatura no se ha tratado el problema metodológico de la endogeneidad de la cooperación para países en desarrollo, lo que ha dificultado determinar su efecto causal sobre innovación y productividad en este tipo de países. Adicionalmente, en la literatura sobre cooperación e innovación la implementación empírica difiere en buena parte de los argumentos presentes en estudios teóricos sobre el potencial efecto de la cooperación, en particular aquellos relacionados a la disminución de riesgo y la reducción de costos en el proceso innovativo.¹² Esto ha llevado a que, con pocas excepciones, no se considere el efecto de la cooperación sobre la inversión en innovación, y no se describa adecuadamente el proceso de innovación de las firmas. En este trabajo se busca poner mayor atención a la cooperación en un país en desarrollo como Chile al considerar explícitamente que la cooperación es una decisión endógena para las firmas; y además, mediante la aplicación de un modelo CDM, se pretende describir de manera más adecuada las actividades innovativas de las firmas, estudiando las asociaciones entre cooperación, innovación y productividad.

¹¹ Según los autores, la intuición es que una firma que utiliza en gran medida el secreto para proteger sus invenciones será más reacia cooperar con instituciones públicas de investigación, ya que existirá miedo a que los secretos se vuelvan de público conocimiento. Por otra parte, la densidad de instituciones captura las oportunidades de cooperación en la región donde opera la firma.

¹² Estos argumentos se detallan en la subsección anterior.

3. Datos y estadística descriptiva

Para llevar a cabo la estimación del modelo CDM extendido se utiliza la Octava Encuesta de Innovación Tecnológica del año 2013 (EIT), que cubre los años 2011 y 2012. Esta encuesta es realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile y contiene una serie de preguntas sobre las actividades de innovación de las firmas para trece sectores económicos del país, de acuerdo con la revisión 3 de la clasificación industrial internacional de todas las actividades económicas (CIU). La EIT sigue los lineamientos del Manual de Oslo (OECD, 1992), y contiene datos sobre innovación de las firmas entendiendo la innovación desde una perspectiva más amplia, es decir, captura diferentes actividades de innovación más allá del gasto en I+D: gasto en adquisición de maquinaria, equipos y software para la innovación, patentes, licencias, know-how, capacitación para la innovación a través de la formación interna o externa del personal, investigación de mercado, campañas de publicidad, diseño e instalación y puesta a punto de nuevos equipos. Además, se incluyen innovaciones que no se reflejan necesariamente en la aplicación de patentes: innovación en producto, proceso, marketing u organizacional. En el Apéndice A se muestra estadística descriptiva de las variables definidas en la sección anterior utilizando la EIT.

Al igual que Crespi y Zúñiga (2012), en la muestra usada para las estimaciones se consideran solo firmas con diez o más trabajadores. Además, en este trabajo se estima el modelo no solo para el sector manufacturero, sino que también para los sectores transable y no transable de forma separada, pues los incentivos a cooperar e innovar pueden ser diferentes entre estos sectores por tres razones. Primero, se puede argumentar que firmas insertas en los mercados internacionales requieren innovar continuamente para mantenerse competitivas y sobrevivir en aquellos mercados, lo que las llevaría a buscar redes de cooperación para cubrir sus necesidades de innovación. Segundo, este incentivo es reforzado por el hecho de que la cooperación en este tipo de firmas puede no ser vista como una amenaza –la amenaza ocurre porque la colaboración entre firmas permite que un *partner* se apropie de información y conocimiento externo que puede ser usado luego en su proceso productivo– ya que las firmas que forman el arreglo colaborativo luego pueden desempeñarse en los mercados internacionales sin competir, debido a la mayor magnitud de éstos en comparación al mercado doméstico y el mayor número de destinos de las exportaciones. Tercero, las firmas presentes en mercados externos tienen una mayor disponibilidad de *partners* con los cuales cooperar, ya que además de las firmas domésticas pueden cooperar con firmas y organizaciones en el extranjero. Dicho esto, aquellas industrias en la muestra que producen bienes transables son Agricultura y ganadería, Pesca, Minería y la Industria manufacturera. Por su parte, las industrias del sector no transable son principalmente de servicios (ver Cuadro 1).

Ahora se analizan algunos aspectos de la encuesta que tienen relación con la pregunta de cooperación. En la encuesta, un 45% de las firmas se identifica como una firma “innovadora”, es decir, desarrolla algún tipo de innovación en producto, proceso, marketing, organizacional, o gasta un monto positivo en innovación (incluido I+D). Una vez que las firmas se reportan como innovadoras, deben responder una

Cuadro 1: Distribución de firmas por sector

Sector económico	N	%
<i>Transables</i>	1353	47.6
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	157	4.8
Pesca	77	2.4
Explotación de Minas y Canteras	56	1.7
Industria Manufacturera	1063	32.7
<i>No transables</i>	1896	52.4
Suministro de Electricidad, Gas y Agua	91	2.8
Construcción	302	9.3
Comercio al Por Mayor y Menor; Reparación de vehículos automotores y enseres Domésticos	364	11.2
Hoteles y Restaurantes	158	4.9
Intermediación Financiera	70	2.2
Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler	453	13.9
Servicios Sociales y de Salud	108	3.3
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	146	4.5
Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	204	6.3
Total muestra	3249	100

pregunta sobre si cooperaron o no (sí/no) en las actividades de innovación efectuadas. La pregunta en específico es:

Durante los años 2011 y/o 2012, ¿la empresa efectuó acciones de cooperación con otras empresas o instituciones en cualquiera de las actividades innovativas efectuadas?

También se provee una definición de una innovación cooperativa:

Una innovación cooperativa es la participación con otras empresas o institutos no comerciales (universidades, institutos de investigación, otros) en actividades innovativas. Ambos *partners* no necesitan beneficiarse comercialmente. Excluye la contratación de trabajo que no contempla la cooperación entre *partners*.

Quienes responden afirmativamente la pregunta de cooperación, luego deben identificar el tipo de partner con el que han colaborado. Se identifican en la encuesta siete tipos de partner: (i) otras empresas del grupo, (ii) proveedores de equipos, materiales, componentes o software, (iii) clientes o consumidores, (iv) competidores u otras empresas de su sector, (v) consultores, laboratorios o institutos privados de I+D, (vi) universidades u otras instituciones de educación superior, (vii) institutos de investigación públicos o del Gobierno. Es importante mencionar que, aunque la encuesta provee información acerca del tipo de partner, y en teoría podría haber un efecto heterogéneo según con quién se coopere, la variable de cooperación utilizada en este trabajo hace referencia a la cooperación con cualquier partner, puesto que el interés está en considerar el efecto de esta variable en el enfoque de Crespi y Zúñiga (2012). Asimismo, si se tomase en cuenta el efecto de la cooperación con más de un tipo de partner, se requeriría de más

instrumentos para identificar correctamente el efecto, lo que es problemático debido a que en la práctica no es trivial encontrar instrumentos válidos.

Cuadro 2: Estadística descriptiva: insumos y productos de la innovación

Sector	Insumos de la innovación				Productos de la innovación		
	Gasto en innovación (1)	Gasta en I+D (2)	Gasto en I+D (3)	Gasto no I+D (4)	Innova en producto (5)	Innova en proceso (6)	Innova en producto o proceso (7)
Todos	2.1	15.0	30.5	69.5	20.6	27.1	33.1
Manufacturas	2.0	16.4	32.8	67.2	21.9	26.1	32.5
Transables	2.0	16.6	33.5	66.5	20.1	26.1	31.9
No transables	2.2	13.9	28.3	71.2	20.9	27.9	34.0

Notas: (1) gasto total en innovación como % de las ventas totales; (2) % de firmas que gasta en I+D; (3) gasto en I+D como % del gasto total en innovación; (4) gasto en innovación no I+D como % del gasto total en innovación; (5) y (6) indican porcentaje de firmas que innova en producto y proceso, respectivamente.

Ahora se analizan algunos hechos estilizados a partir de la muestra. En el Cuadro 2 se muestra estadística descriptiva para variables de innovación, tanto de insumos como productos relacionados a ésta, para los sectores económicos considerados en el modelo. Se desprende que el gasto total en innovación en relación a las ventas es similar entre manufacturas, transables y no transables. Ahora bien, el porcentaje de firmas que gasta en I+D es mayor en el sector manufacturero y transable que en el sector no transable. Esto se traduce a que las firmas del sector manufacturero y transable tienen una mayor participación del gasto en I+D en el gasto total en innovación que las del sector no transable, aunque en los tres sectores el gasto en innovación está destinado en su mayoría a gasto diferente a I+D, como adquisición de maquinaria, equipos, patentes, diseño, etc. El mismo cuadro muestra información sobre los resultados de la innovación, indicando que la propensión a innovar tanto en producto como en proceso es similar en todos los sectores, siendo el sector no transable el más innovador en ambos casos. Además, cerca de un tercio de las firmas en cada sector innova en producto o proceso.

Cuadro 3: Estadística descriptiva: características de las firmas

Sector	No. empleados (1)	Exportan (2)	Propiedad extranjera (3)	Patente (4)	Financiamiento público (5)
Todos	320.4	18.0	9.4	4.4	5.8
Manufacturas	175.9	31.9	8.4	5.6	5.7
Transables	225.7	32.8	9.4	5.2	6.1
No transables	388.0	7.8	9.4	3.9	5.5

Notas: (1) número de trabajadores en 2012; (2) % de firmas que exporta; (3) % de firmas de propiedad extranjera; (4) % de firmas que solicita y/o aplica para patentes; (5) % de firmas que obtienen financiamiento público.

Con respecto a las características de las firmas en la encuesta, que luego son usadas como determinantes para la inversión en innovación y los resultados en innovación, el Cuadro 3 muestra que en promedio las firmas del sector no transable son las de mayor magnitud (388 empleados), seguidas por las del sector transable (225.7 empleados) y manufacturas (175.9 empleados). Esto indica que en el sector transable las firmas de los sectores agricultura y ganadería, pesca y minería son más grandes que las manufactureras

(debido a que manufacturas pertenece al sector transable). Como era de esperar, el porcentaje de firmas que exporta es sustancialmente mayor para el sector transable y manufacturas, para los cuales un 32.8 y 31.9 por ciento de las firmas exporta, respectivamente, mientras que en las no transables solo el 7.8 % lo hace. El porcentaje de firmas que es de propiedad extranjera es el mismo tanto para transables como no transables (9.4%), y levemente inferior para manufacturas. Se observa también que el sector transable (5.2%) tiene una mayor proporción de firmas que solicita o se les concede algún derecho de propiedad que el no transable (3.9%), lo que se explica también por un mayor porcentaje en manufacturas (5.6%). Lo anterior es consistente con la idea de que es más difícil patentar en el sector servicios.

Cuadro 4: Estadística descriptiva: cooperación en actividades de innovación

Sector	Cooperación (1)	Pymes (2)	Grandes (3)	Exportan (4)	Grupo (5)	I+D (6)	Patente (7)	Financiamiento público (8)
Todos	16.3	10.3	20.2	26.9	22.8	31.2	33.9	38.8
Manufacturas	16.6	5.4	24.3	27.3	26.6	31.0	42	41.7
Transables	19.6	9.1	26.7	28.7	30.9	33.0	41.4	41.3
No transables	14.3	11.1	16.2	22.4	18.3	29.9	25.9	36.7

Notas: los porcentajes consideran firmas innovadoras solamente. (1) % de firmas que coopera; (2) % de pymes que coopera; (3) % de firmas grandes que coopera; (4) % de firmas exportadoras que coopera; (5) % de firmas en grupo de empresas que coopera; (6) % de firmas que gasta en I+D que coopera; (7) % de firmas que solicita y/o aplica para patentes que coopera; (8) % de firmas que obtienen financiamiento público para innovar que coopera.

Por último, en el Cuadro 4 se muestra el porcentaje de firmas que coopera en actividades de innovación según varias características. Se tiene que en toda la muestra 240 firmas innovadoras cooperan con algún partner (16.3%); para los sectores transable y no transable lo hacen 112 (19.6%) y 128 (14.25%) firmas, respectivamente, en tanto que en el sector manufacturero 75 (16.6%) firmas coopera.¹³ Este hecho confirma la hipótesis de que el sector transable tiene una mayor propensión a cooperar, aunque no es sustancialmente mayor a la del sector no transable.

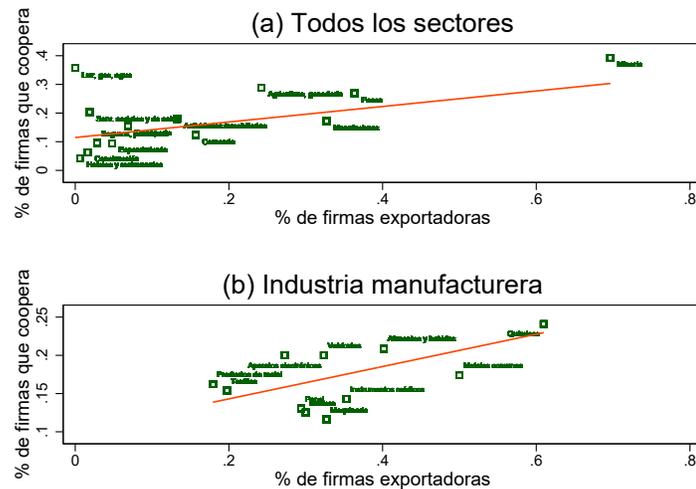
Sobre la relación entre cooperación y tamaño, se infiere que firmas grandes tienen una mayor probabilidad de cooperar en comparación a las pymes en todos los sectores.¹⁴ En el sector no transable ocurre que la relación entre ambas variables es más débil, puesto que la proporción de firmas grandes que coopera (16.2%) no es sustancialmente mayor a la de pymes (11.1%), mientras que en los demás sectores la brecha es mucho mayor.

En cuanto a la razón de firmas exportadoras que coopera, para el sector transable (28.7%) y manufacturero (27.3%) es mayor que para el no transable (22.4%), aunque la cifra para este último no es para nada pequeña. Respecto a este último dato se aprecia entonces que, aunque existe una baja proporción

¹³ Al menos para el sector manufacturero, la proporción de firmas cooperadoras en Chile está muy por debajo de lo que se ha encontrado para otras economías, principalmente industrializadas. Para Alemania un 35% de las firmas innovadoras coopera (Becker y Dietz, 2004), Países Bajos 31% (Belderbos et al., 2004a), Bélgica 45% (Cassiman y Veugelers, 2002), Portugal 28% (De Faria et al., 2010) y España 34% (Nieto y Santamaría, 2007), por mencionar algunas.

¹⁴ El Ministerio de Economía, Fomento y Turismo de Chile clasifica a las empresas como Pequeñas si venden entre UF 2.400 y UF 25.000 al año, como empresas Medianas a aquellas que venden más de UF 25.000 al año pero menos de UF 100.000, y a las empresas Grandes a las que venden más de UF 100.000 al año.

Figura 2: Exportadores y cooperación por sector económico



Fuente: Elaboración del autor con datos de la EIT 2013. Nota: se muestra información sólo para la submuestra de firmas innovadoras.

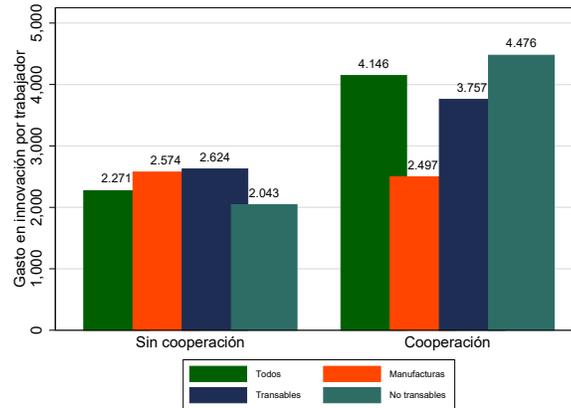
de firmas que exportan o que cooperan en el sector no transable, firmas en este sector que actúan en los mercados externos tienen una alta propensión a cooperar en sus actividades de innovación. Por consiguiente, puede establecerse que en general las firmas presentes en mercados internacionales tienen una mayor propensión a cooperar. Esta afirmación se corrobora a nivel de sector en la Figura 2.

El panel (a) considera todos los sectores económicos, agrupando las industrias manufactureras en un solo sector (CIIU rev. 3 a nivel de categoría), mientras que el panel (b) incluye las diferentes industrias del sector manufacturero (CIIU rev. 3 a nivel de división).¹⁵ De ambos paneles se desprende que existe una relación positiva entre la proporción de firmas que exporta y la proporción de firmas que coopera en cada sector. Además, en el panel (a) se observa que el porcentaje de firmas que coopera en industrias del sector transable (minería, agricultura, ganadería y pesca) es mayor, condicional a su porcentaje de exportadores, excepto para manufacturas. Destaca entre éstas minería, donde un 39 % de las firmas coopera y un 70 % de ellas exporta. No obstante, dentro de la misma industria manufacturera (panel (b)) se observa cierta heterogeneidad, y en este sector la relación entre ambas variables es aún más fuerte.

Analizando las demás variables (Cuadro 4), la probabilidad de cooperar para firmas que pertenecen a un grupo de empresas es muy diferente entre los sectores transable (30.9 %) y manufacturero (26.6 %) en comparación al no transable (18.3 %). Igualmente, existe una brecha amplia entre estos sectores en la proporción de firmas que cooperan considerando a las que aplican a patentes (41.4 % y 42 % para sector transable y manufacturero, respectivamente, versus 25.9 % en no transable). En contraste, la diferencia

¹⁵ Sería interesante analizar la relación entre exportadores y cooperación utilizando una mayor desagregación a nivel de industria. Esto no es posible con la EIT 2013, ya que ésta permite distinguir industrias solo a un dígito CIIU, y a dos para el sector manufacturero.

Figura 3: Cooperación y esfuerzo en innovación por sector económico (promedios)



Fuente: Elaboración del autor con datos de la EIT 2013. *Notas:* El esfuerzo en innovación se mide como el gasto en innovación (en miles de pesos) por trabajador en 2012. Se consideran solo las firmas que tienen un esfuerzo en innovación positivo.

en la proporción de firmas que invierten en I+D que cooperan es muy similar entre los sectores transable (33%), manufacturero (31%) y no transable (29.9%). Por último, se desprende que en cada sector más de un tercio de las firmas que obtiene financiamiento público para innovar desarrolla actividades de cooperación (41.7%, 41.3% y 36.7% en manufacturas, transables y no transables, respectivamente), y la proporción de firmas que lo hace es similar entre los sectores.

Para finalizar la descripción de los datos, se presenta la relación entre las variables de interés del modelo CDM extendido¹⁶, es decir, cooperación ($COOP_i$), esfuerzo en innovación (IE_i), innovación tecnológica (TI_i) y productividad del trabajo (Y_i). El objetivo es explorar y entender la relación entre estas variables previo a la estimación del modelo.¹⁷

La Figura 3 muestra la relación entre las variables $COOP_i$ e IE_i , e indica que para todos los sectores, exceptuando el sector manufacturero,¹⁸ en promedio el esfuerzo en innovación es mayor para las firmas que cooperan en sus actividades de innovación que para las que no lo hacen. Estas diferencias son especialmente importantes para el sector no transable, donde las firmas que cooperan invierten más del doble que las que no lo hacen, seguido por el sector transable, para el cual el esfuerzo en innovación es en promedio un 43.2 por ciento mayor para las firmas cooperadoras.

Por otro lado, la Figura 4 muestra la relación entre innovación tecnológica (medida como la introducción de un nuevo producto o proceso) y el esfuerzo en innovación dividido en quintiles. Se desprende de la figura que en todos los sectores, a excepción del quinto quintil de transables y primer y quinto quintil de no transables, a medida que nos movemos hacia quintiles de mayor esfuerzo en innovación (i.e. a mayor

¹⁶ El modelo se presenta en detalle en la Sección 3.

¹⁷ El análisis presentado en esta sección es solo descriptivo y en ningún caso puede interpretarse la relación entre las variables como efectos causales.

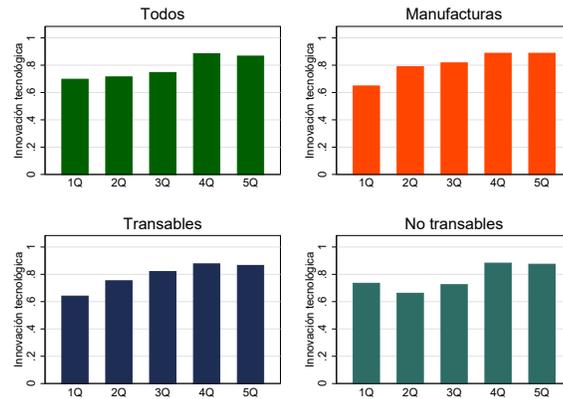
¹⁸ El esfuerzo en innovación promedio para las firmas que cooperan en el sector manufacturero es apenas un 3% menor que el para las que no cooperan.

gasto en innovación) existe un mayor porcentaje de firmas que declara haber introducido una innovación tecnológica. Lo anterior indica una relación positiva y casi monótonica entre los insumos de la innovación (inversión en innovación) y los resultados o productos de la innovación (innovación tecnológica) en la función de producción de conocimientos.

Por último, la relación entre innovación tecnológica y productividad del trabajo representada en la Figura 18 indica que para todos los sectores, aquellas firmas que introducen alguna una innovación tecnológica tienen una productividad del trabajo mayor que las que no lo hacen. En promedio, considerando todas las firmas, aquellas que innovan tienen una productividad un 26.4% mayor, mientras que en el sector transable esta cifra es de 44.4%, en no transable 18.5% y en manufacturas 45.7%. En consecuencia, pareciera ser que la innovación tecnológica es un factor importante en la función de producción de las firmas.

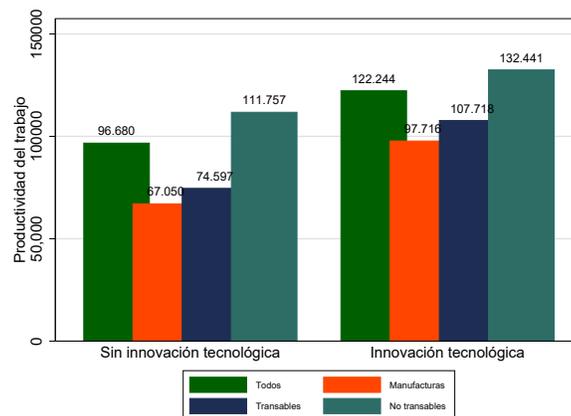
Con todo lo anterior, se verifica en los datos que en general existe una relación positiva entre cooperación y esfuerzo (inversión) en innovación, esfuerzo en innovación e innovación tecnológica, e innovación tecnológica y productividad del trabajo, por lo que *a priori* existirían asociaciones positivas de las variables dependientes en el modelo CDM ampliado.

Figura 4: Esfuerzo en innovación e innovación tecnológica por sector económico (promedios)



Fuente: Elaboración del autor con datos de la EIT 2013. Notas: Se construyen quintiles para el esfuerzo en innovación solo para las firmas con esfuerzo en innovación positivo. Innovación tecnológica es una binaria que toma valor 1 si la firma declara haber introducido alguna innovación en producto o proceso en 2011 y/o 2012 y 0 en caso contrario.

Figura 5: Innovación tecnológica y productividad del trabajo por sector económico (promedios)



Fuente: Elaboración del autor con datos de la EIT 2013. Notas: Productividad del trabajo es ventas (en miles de pesos) dividido por número de trabajadores en 2012.

4. Extensión del modelo CDM

Para estimar el impacto de la cooperación en las actividades innovativas de las firmas, en este trabajo se utiliza un modelo basado en Crépon, Duguet y Mairesse (1998), llamado también modelo CDM. El modelo CDM es un modelo estructural de tres etapas, en donde se estiman los determinantes de la innovación y su impacto en la productividad del trabajo. En particular, aquí se empleará la especificación del modelo CDM que implementan Crespi y Zúñiga (2012), quienes aplican este modelo para Chile y otros países de Latinoamérica, lo que permitirá establecer cómo cambian los efectos estimados al considerar la endogeneidad de la cooperación. Para identificar el efecto de la cooperación, en este trabajo se extiende este modelo para incorporar una nueva etapa, que modela la decisión endógena de cooperar.

Para entender mejor la estrategia de identificación observemos la Figura 6. En ésta se muestran las etapas tanto del modelo CDM original (en la versión de Crespi y Zúñiga (2012)) como del modelo extendido con la ecuación de cooperación. Los tres bloques en blanco de la derecha corresponden al modelo original. Éste estima, en primer lugar, los determinantes de la decisión de invertir en innovación y los determinantes de la intensidad del gasto en innovación. En la segunda etapa se estima en una función de producción de conocimiento (o de innovación) el efecto del gasto en innovación sobre la probabilidad de innovar, y por último se estima el efecto de la innovación sobre la productividad del trabajo. El modelo corrige por la endogeneidad del gasto en innovación en la ecuación de innovación y de la innovación en la ecuación de productividad al utilizar valores predichos. Además, se corrige por sesgo de selección, ya que solo una porción de las firmas reporta que invierte en innovación.

En este estudio se pretende determinar el efecto causal de la cooperación sobre el gasto en innovación, y su consecuente efecto en productividad. Y, aunque en diversos trabajos que aplican este modelo (Benavente, 2006; Raffo et al., 2008; Griffith et al., 2006; Álvarez, Bravo y Navarro, 2011; Crespi y Zúñiga, 2012) se ha incluido una variable explicativa de cooperación en la ecuación de gasto en innovación, la cooperación es una decisión endógena para las firmas, pudiendo existir no observables que afecten tanto a la decisión de cooperar como al gasto en innovación (Becker y Dietz, 2004; Robin y Schubert, 2013), por lo que si no se considera este problema metodológico entonces se obtendrán estimadores sesgados e inconsistentes.

Por este motivo, para obtener estimadores consistentes para la variable de cooperación en la ecuación de intensidad de gasto en innovación, se introduce una nueva etapa al modelo, que en la Figura 6 corresponde al bloque en rojo, la cual modela la decisión de cooperar. Luego, para identificar correctamente el efecto se instrumentaliza la cooperación con dos variables: (i) la cantidad de empleados en I+D dentro de la región y del mismo sector (bajo el bloque en rojo), y (ii) la producción científica en la región (sobre el bloque en rojo), medido como el número de artículos producidos por universidades locales.

Bajo el supuesto de que los instrumentos afectan (fuertemente) a la cooperación pero no al gasto, se puede obtener el efecto causal de la cooperación sobre el gasto en innovación usando el valor predicho

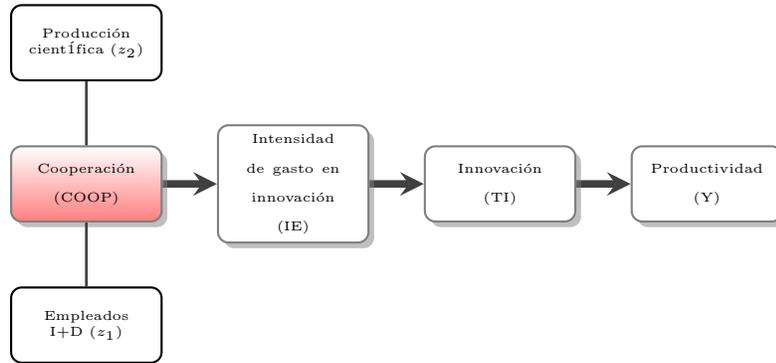


Figura 6: Extensión del modelo CDM de Crespi y Zúñiga (2012)

de la cooperación como regresor en la ecuación de gasto en innovación. Además, se pueden obtener los efectos sobre innovación y productividad a través de la forma usual que describe el modelo.¹⁹

En las siguientes subsecciones se describe en detalle cada una de las etapas del modelo CDM extendido, que incluye la nueva etapa de cooperación.

4.1. Ecuación de cooperación

Formalmente, el modelo se representa de la siguiente manera. Sea $i = 1, \dots, N$ un índice que representa a cada firma, en la primera ecuación se estiman los determinantes de la cooperación ($COOP_i$):

$$COOP_i = a_i' \eta + \varepsilon_i \quad (1)$$

donde $COOP_i$ es una variable binaria que toma valor uno si la firma reporta que durante los años 2011 y/o 2012 ha efectuado acciones de cooperación con otras empresas o instituciones en cualquiera de sus actividades de innovación y cero en caso contrario, a_i es un vector de determinantes de la decisión de cooperar, η es un vector de parámetros de interés y ε_i un término error.

Existe censura en la muestra al modelar la cooperación por el hecho de que solo las firmas que innovan responden la pregunta sobre si cooperan en sus actividades innovativas, es decir, $COOP_i$ se observa solo si la firma innova. Es importante mencionar que en la encuesta se considera que una firma innova si esta reporta haber gastado en innovación²⁰, invertido en I+D o realizado alguna innovación en producto, proceso, marketing u organizacional.

Ocurre entonces que imponer que la variable binaria de cooperación $COOP$ sea igual a cero si la firma no innova es incorrecto, y puede llevar a un uso inapropiado del modelo (Wooldridge, 2002). De la misma forma, estimar el modelo utilizando solo la sub-muestra de firmas que innovan (para las que observamos la variable de cooperación) llevaría a estimadores inconsistentes por la presencia de sesgo de selección

¹⁹ Es decir, como se muestra en los tres bloques en blanco de la derecha en la Figura 6.

²⁰ Mayores detalles sobre lo que se considera gasto en innovación se encuentran en la subsección siguiente.

(Heckman, 1979). Se hace necesario entonces corregir por la selección de firmas innovadoras en la muestra a través de una corrección de Heckman. Se puede asumir entonces la siguiente ecuación de selección que describe si la firma decide emprender actividades de innovación:

$$INNOVA_i = \begin{cases} 1 & \text{si } INNOVA_i^* = h_i' \phi + \xi_i > d, \\ 0 & \text{si } INNOVA_i^* = h_i' \phi + \xi_i \leq d, \end{cases} \quad (2)$$

donde $INNOVA_i$ es una variable binaria endógena de decisión igual a cero para las firmas que no realizan actividades innovativas e igual a uno para las que sí lo hacen. $INNOVA_i^*$ es una variable latente correspondiente tal que las firmas deciden innovar (y/o reportar que innovan) solo si $INNOVA_i^*$ está sobre un cierto umbral d , h_i' es un vector de determinantes de la decisión de innovar, ϕ es un vector de parámetros de interés y ξ_i un término error.

El sistema de ecuaciones (1) y (2) se estima por máxima verosimilitud usando el procedimiento de Heckman (1979), tomando en cuenta que la variable dependiente de ambas ecuaciones es binaria, por lo que se usa un modelo probit tanto para la ecuación de selección como para la ecuación de cooperación.

El vector de variables explicativas de la decisión de cooperar (a_i) contiene las siguientes variables:

- **Tamaño:** se define como el número de trabajadores (en logaritmos) en 2011. Siguiendo a De Faria et al. (2010), no es claro el efecto de esta variable sobre la decisión de cooperar, y aunque existe evidencia de que hay una asociación positiva entre el tamaño de la firma y el éxito de la innovación Tether (2002), por una parte firmas más grandes tienen una mayor capacidad de absorción que las lleva a destinar recursos hacia la búsqueda de *partners* (Cohen y Levin, 1989), pero también firmas más grandes pueden tener menos incentivos a cooperar dado que cuentan con mayores recursos financieros y capacidades técnicas, lo que les permite desarrollar actividades innovativas por su propia cuenta (Cassiman y Veugelers, 2002).
- **Exportador:** es una variable binaria que toma valor 1 si la firma exporta en 2011. Esta variable busca capturar el hecho de que firmas que exportan enfrentan un mayor ambiente competitivo, lo que puede llevarlas a cooperar con otras para innovar y sobrevivir en los mercados internacionales.
- **Grupo:** es una variable binaria que toma valor 1 si la firma pertenece a un grupo de empresas. Se espera que tenga un efecto positivo sobre la cooperación debido a que pertenecer a un grupo incrementa el número de firmas con las que potencialmente se podría cooperar (De Faria et al., 2010).
- **Educación empleados:** captura el nivel de educación de los empleados de la firma. Es una variable binaria que indica si en 2011 la firma tiene una proporción de empleados con educación universitaria completa mayor al promedio de la industria.

- I+D: es una variable binaria que indica si la firma hizo I+D interno o externo durante 2012.²¹ Tanto Educación empleados como I+D capturan la capacidad de “absorción” de la firma. Se espera que firmas con mayor capacidad de absorción de conocimiento desde fuentes fuera de la frontera de la firma estén en una mejor posición para llevar a cabo actividades innovativas en conjunto con otras firmas o instituciones (Cassiman y Veugelers, 2002).
- Protección patente: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma ha solicitado y/o se le ha concedido algún derecho de propiedad intelectual para proteger sus invenciones. Ésta captura la capacidad de “apropiabilidad” de las innovaciones de la firma, y se espera que firmas que invierten en proteger sus innovaciones estén menos dispuestas a mostrar sus invenciones y por tanto sean menos propensas a cooperar (De Faria et al., 2010).
- Financiamiento público: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma ha utilizado algún tipo de financiamiento público para las actividades de innovación.²² Se espera que tenga un efecto positivo sobre la cooperación, debido a que, en caso de obtener fondos públicos, las firmas pueden tener incentivos a asociarse con otras firmas para tener un mayor éxito de sus proyectos de innovación.
- Fuentes públicas: para capturar la importancia de la difusión de conocimiento hacia la firma, se incluye una variable reescalada entre 0 y 1 que es construida a partir de cuatro fuentes de información públicas (ver Apéndice B), donde se espera que tenga un efecto positivo sobre la cooperación en la medida que a mayor importancia del conocimiento externo las firmas tengan un mayor incentivo a cooperar para internalizar este conocimiento (De Faria et al., 2010). Sin embargo, las firmas también pueden cooperar menos si es que son capaces de adquirir conocimiento disponible públicamente, y en ese caso la relación sería negativa.

El vector de variables explicativas (h_i) para la ecuación de selección (ecuación (2)) contiene Tamaño, Exportador, Protección patente, y una variable binaria que indica si la firma es de propiedad extranjera.²³ De acuerdo a Crespi y Zúñiga (2012), se espera que estas variables afecten tanto a la decisión de invertir en innovación como a la de producir tecnología, y por lo tanto en ese caso se observaría si la firma coopera en sus actividades de innovación. Adicionalmente, para identificar correctamente el modelo de Heckman se requiere de una variable de exclusión que afecte la probabilidad de innovar (*INNOVA*) pero no la de cooperar (*COOP*). Esta variable (*Falta de demanda*) corresponde a una binaria que toma un valor igual a 1 si la firma considera como un desincentivo importante a la innovación la falta de demanda de innovaciones. Se espera que mientras mayor sea este desincentivo exista una menor probabilidad de

²¹ Debido a que la *COOP* toma valor 1 si la firma coopera indistintamente en 2011 y/o 2012, hubiera sido más conveniente tener esta variable para el año 2011. Sin embargo, la encuesta pregunta sobre actividades en I+D solo para el 2012. Se espera que exista persistencia en el gasto en I+D, es decir, si las firmas invirtieron en I+D en 2012 con alta probabilidad invirtieron también en 2011.

²² Se menciona en la encuesta a Innova Chile de CORFO, FONDEF de CONICYT, FIA, Innova Bío Bío y “otros”.

²³ Siguiendo a Crespi y Zúñiga (2012), se considera que una firma es de propiedad extranjera si un 10% o más de su capital es de propiedad extranjera.

innovar. Por otro lado, intuitivamente esta variable no debiese afectar directamente la probabilidad de cooperar, ya que esta posibilidad está sujeta a que la firma sea innovadora.

Además de estas variables, para tratar el problema de endogeneidad de la cooperación e identificar correctamente su efecto causal se utilizan dos instrumentos. El primero (*Empleados de I+D*) se construye a partir de datos de la EIT, y se define como el número de empleados en 2012 (en logaritmos) que se dedican a actividades de I+D en otras firmas de la misma industria (CIIU rev. 3) y región geográfica en donde se desempeña la firma.²⁴ Se puede argumentar que esta variable afecta a la cooperación en la medida que captura la disponibilidad o la oferta de *partners* del mismo sector económico que tienen las firmas para cooperar en el área donde operan. En ese sentido, las posibilidades de cooperar con otras firmas del sector pueden verse aumentadas si es que éstas cuentan con personal que se dedique a monitorear las actividades de innovación, lo que genera un canal para que las firmas se comuniquen y puedan llevar a cabo proyectos de innovación en conjunto.

El segundo instrumento (*Producción científica*) corresponde a la producción científica de las universidades en la región geográfica donde se desempeña la firma, y se define como el número de artículos producidos entre 2008 y 2012 en cada región por las universidades locales. Estos datos se obtienen a partir del Programa de Información Científica CONICYT.²⁵ La intuición es que la probabilidad de que una firma establezca un vínculo cooperativo con una universidad local es mayor si es que esta institución tiene una mayor capacidad de producir conocimiento, ya que esto indicaría que la universidad cuenta con académicos calificados que pueden aportar favorablemente al proceso de innovación de la firma, y en ese caso la firma buscaría cooperar con estas instituciones para lograr este objetivo. De este modo, una mayor producción científica en la región puede ser vista por las firmas como una señal de mayor *stock* de conocimiento disponible para internalizar en sus actividades de innovación.

Para que ambos instrumentos sean válidos se requiere que estén correlacionados con la variable de cooperación pero no con el gasto en innovación (condiciones de relevancia y exclusión, respectivamente). No obstante, se puede argumentar que los instrumentos pueden ser endógenos (i.e. afectar el gasto en innovación) por dos motivos. Primero, en relación al instrumento Empleados de I+D, éste podría ser endógeno puesto que si una firma observa que las demás firmas del sector están continuamente trabajando en proyectos de investigación con el objetivo de producir innovaciones tecnológicas, entonces es probable que los gerentes de la firma decidan ejercer mayores esfuerzos en innovación para responder a la mayor competencia. En ese caso, la presencia de investigadores en I+D en las demás firmas puede ser un indicio de mayor competencia, lo que llevaría a la firma a aumentar su inversión en actividades innovativas. Lo anterior implicaría que el instrumento tenga un efecto directo sobre el gasto en innovación, y en ese caso

²⁴ Como *COOP* hace referencia a la cooperación en 2011 y/o 2012, hubiera sido preferible contar con la variable Empleados I+D en el año más rezagado posible (2011). Sin embargo, podemos suponer que la cantidad de empleados en I+D en un año no difiere significativamente de la del año siguiente.

²⁵ "Dimensiones de la Producción Científica Nacional - Programa de Información Científica CONICYT URL: <https://dataciencia.conicyt.cl/dimensiones/produccion.php>"

no sería válido.

En segundo lugar, se puede argumentar que la existencia de investigadores en otras firmas puede tener un efecto sobre la cantidad de recursos invertidos en innovación sin la necesidad de establecer vínculos formales de cooperación entre las empresas. Esto quiere decir que la presencia de empleados en I+D en las demás firmas permite, a través de vínculos informales, intercambiar información que puede ser relevante para la decisión de cuánto invertir en innovación. Este mismo razonamiento aplica para el instrumento de producción científica, pues la presencia de universidades intensivas en la producción de conocimiento puede permitir que las firmas obtengan información desde las universidades sin la necesidad de una relación de cooperación formal, lo cual puede influenciar la decisión de gasto en innovación de las firmas. Nuevamente, en tales condiciones ambos instrumentos no cumplirían con la condición de exclusión y no serían válidos.

Para tomar en cuenta esta posible endogeneidad de los instrumentos, en la segunda etapa de gasto en innovación se controla por variables que capturen estas dos ideas. Primero, se controla por una variable que mide la innovación que realizan las firmas del sector/región, y segundo, se controla por dos variables que aproximan el flujo de información entre las firmas y entre las firmas y universidades, respectivamente, ambas a nivel de sector/región.²⁶ Al incluir estas variables se pretende controlar por los posibles efectos de los instrumentos sobre la inversión en innovación. En otras palabras, se busca separar el componente endógeno de cada instrumento de aquel exógeno, que es el que permite identificar correctamente el efecto causal de la cooperación.

4.2. Ecuación de esfuerzo en innovación

Siguiendo a Crespi y Zúñiga (2012), la siguiente ecuación modela el esfuerzo por innovar (IE_i^*)²⁷

$$IE_i^* = \beta_1 COOP_i + \beta_2 z_i' + e_i \quad (3)$$

donde IE_i^* es una variable latente no observada que representa el esfuerzo por innovar, $COOP_i$ es la variable binaria de cooperación y β_1 el parámetro asociado a esta variable, z_i' es un vector de determinantes del esfuerzo por innovar, β_2 su respectivo vector de parámetros y e_i un término error. El esfuerzo por innovar se puede aproximar como el (log) gasto en actividades innovativas por trabajador (IE_i) solo si las firmas realizan (y reportan) este gasto, y en ese caso se podría estimar la ecuación (3) incurriendo en un problema de sesgo de selección (Griffith et al., 2006; Crespi y Zúñiga, 2012). Se asume entonces la siguiente ecuación de selección que describe si la firma decide hacer (y/o reportar) una inversión en actividades innovativas:

²⁶ Para más detalles ver la subsección siguiente.

²⁷ IE hace referencia a *innovation effort*.

$$ID_i = \begin{cases} 1 & \text{si } ID_i^* = w_i' \alpha + \epsilon_i > c, \\ 0 & \text{si } ID_i^* = w_i' \alpha + \epsilon_i \leq c, \end{cases} \quad (4)$$

donde ID_i ²⁸ es una variable binaria endógena de decisión de inversión en innovación que es igual a cero para las firmas que no invierten en innovación e igual a uno para las firmas que sí lo hacen. Ésta se diferencia de $INNOVA_i$ porque esta última toma un valor igual a 1 si la firma realiza cualquier tipo de innovación, es decir, gasta en I+D o en otras actividades, innova en producto, proceso, marketing o en la organización, en tanto que ID_i es igual a uno solo si la firma gasta en I+D o en otras actividades. ID_i^* es una variable latente tal que las firmas deciden hacer (y/o reportar) inversión en innovación solo si está sobre un cierto umbral c , w_i es un vector de variables que explican la decisión de invertir en innovación, α es un vector de parámetros de interés y ϵ_i un término error. Se puede observar entonces el monto invertido en actividades innovativas (IE_i), condicional a invertir en innovación ($ID_i = 1$):

$$IE_i = \begin{cases} IE_i^* = \beta_1 COOP_i + \beta_2 z_i' + e_i & \text{si } ID_i = 1, \\ 0 & \text{si } ID_i = 0, \end{cases} \quad (5)$$

El sistema de ecuaciones (4) y (5) se estima usando el procedimiento de Heckman (1979) (Tobit Generalizado).

A diferencia de Crespi y Zúñiga (2012), en este trabajo en la ecuación (5) $COOP$ se aproxima como el valor predicho de esta variable, que se obtiene en la primera etapa. Este procedimiento de variables instrumentales permite, bajo el supuesto de que los instrumentos para $COOP$ son válidos, obtener el efecto causal de la cooperación sobre el esfuerzo en innovación de las firmas.

En la ecuación de intensidad de gasto en innovación, siguiendo a Crespi y Zúñiga (2012), se considera para el gasto en innovación cualquier actividad innovativa en la que se busque implementar nuevos conceptos, ideas o métodos necesarios para adquirir, asimilar e incorporar nuevo conocimiento. Por este motivo, IE_i se define como el logaritmo de la suma del gasto en actividades innovativas por trabajador, considerando el gasto en innovación más allá del gasto en I+D. Esto incluye el gasto en I+D (dentro o fuera de la firma), adquisición de maquinaria, equipos y software para la innovación, patentes, licencias, know-how, capacitación para la innovación a través de la formación interna o externa del personal, investigación de mercado, campañas de publicidad, diseño e instalación y puesta a punto de nuevos equipos. Si bien existe información del gasto en innovación para el 2011, se considera el gasto en el 2012 debido a que la información sobre la cooperación hace referencia a 2011 y/o 2012, permitiendo un leve rezago entre ambas variables.

Las variables explicativas contenidas tanto en w_i como en z_i son las que se especifican en Crespi y Zúñiga (2012). En ambos vectores se incluyen las siguientes variables:

²⁸ Por *innovation decision*.

- Exportador: la idea es que los efectos de aprendizaje y de la competencia inducen un mayor esfuerzo en innovación en las firmas,²⁹ por lo que se espera que esta variable afecte tanto a la decisión como a la intensidad del gasto en innovación.
- Propiedad extranjera: se incluye debido a que la superioridad económica de las multinacionales se asocia con conocimientos más sofisticados, mayor acceso a financiamiento y mayor capital humano (Girma y Gorg, 2007; Kumar y Aggarwal, 2005), lo que debiese tener un efecto positivo sobre ambas variables *ID* e *IE*.
- Protección patente: refleja la capacidad de la firma para gestionar su propiedad intelectual para proteger las innovaciones y el stock de conocimiento de la firma en el pasado. Se espera una asociación positiva con *ID* e *IE*.

Para identificar el modelo se requiere de una variable de exclusión,³⁰ que en este caso será el tamaño. Crespi y Zúñiga (2012) asumen que el tamaño de la firma afecta la decisión de invertir en innovación, debido a que permite una mejor apropiación del conocimiento externo, un gasto en I+D para mayor nivel de producto y economías de ámbito asociadas a la producción de I+D, pero que éste no afecta a la intensidad de esa inversión una vez que la decisión de invertir está hecha. Para esto se basan en evidencia de que firmas más grandes invierten más en I+D en niveles pero no proporcionalmente más una vez que la decisión de invertir ha sido tomada (Cohen y Klepper, 1996). Este supuesto de identificación también es consistente con evidencia para Chile usando el modelo CDM indicando que el tamaño no afecta significativamente el gasto en I+D pero sí la decisión de gastar (Benavente, 2006). En consecuencia, el logaritmo del número de trabajadores en 2011 es incluido solo para la ecuación de selección y no para la de intensidad de gasto.

En Crespi y Zúñiga (2012), y por consiguiente también en este trabajo, se incluyen cuatro variables adicionales para la ecuación de intensidad de gasto en innovación, contenidas en z_i . Estas son:

- Financiamiento público: fomenta la inversión en actividades innovativas (Hall y Maffioli, 2008; Mairesse y Mohnen, 2010), y debiese observarse un efecto positivo sobre los recursos invertidos en innovación.
- Fuentes de información: se introducen tres variables para capturar la importancia del uso de fuentes de información para las actividades innovativas efectuadas en 2011 y/o 2012. Estas son fuentes de mercado (proveedores, clientes, competidores y consultores), fuentes científicas (universidades e institutos de investigación públicos) y fuentes públicas (conferencias, ferias, exposiciones, revistas científicas, publicaciones técnicas y comerciales, bases de datos de patentes, asociaciones a nivel

²⁹ Al respecto, Álvarez (2001) muestra que el estatus exportador es un determinante significativo de la inversión en I+D.

³⁰ Es decir, que afecte la probabilidad de invertir en innovación, pero que no afecte la inversión en innovación una vez que esta decisión se ha tomado.

profesional e industrial e Internet). Estas se construyen como la suma de las respuestas en cada tipo de fuente y reescalada entre 0 y 1 (ver Apéndice B). Estas variables de algún modo capturan fuerzas “push” (fuentes científicas) y “pull” (fuentes de mercado) que de acuerdo a Crespi y Zúñiga (2012) influyen las decisiones de innovación positivamente.

Por último, tal como se adelantó en la subsección anterior, para controlar por una posible endogeneidad de los instrumentos se incluyen tres variables adicionales en la ecuación de gasto en innovación (ecuación (5)) que miden el potencial efecto que puede producir cada instrumento sobre el gasto en innovación.³¹ La primera mide la innovación de las demás firmas y corresponde al (log) gasto en innovación por trabajador promedio de las firmas de la región y sector. Las otras dos variables miden el flujo de información entre las firmas y entre las firmas y universidades, y se calculan como el promedio de las variables de fuentes de mercado y fuentes científicas (descritas más arriba), respectivamente, también a nivel de sector y región. La inclusión de estas variables permite, bajo el supuesto de que se han identificado correctamente los canales bajo los cuales los instrumentos afectan al gasto en innovación, eliminar la posibilidad de que ambos instrumentos puedan estar correlacionados con el término error en la ecuación de gasto en innovación.

4.3. Ecuación de producción de conocimiento

En base a las contribuciones de Griliches (1979) y Pakes y Griliches (1980) modelando la relación entre innovación y sus determinantes en una función de producción de conocimientos, siguiendo a Crespi y Zúñiga (2012) se define la siguiente ecuación:

$$TI_i = IE_i^* \gamma + x_i' \delta + u_i \quad (6)$$

donde TI_i es una variable binaria que representa una innovación tecnológica, y toma un valor igual a 1 si la firma declara haber introducido alguna innovación en producto o proceso durante 2011 y/o 2012.³² IE_i^* es el valor predicho del esfuerzo en innovación (log de la inversión en innovación por trabajador), x_i es un vector de otros determinantes de la producción de conocimiento, γ y δ son vectores de parámetros de interés y u_i un término error. La ecuación (6) se estima mediante un modelo probit. En el vector x_i se incluyen como determinantes de la innovación el tamaño, una binaria de exportador y otra de propiedad extranjera.

Para una correcta aplicación de la metodología, se requiere que existan variables que afecten la decisión de invertir pero que no afecten el resultado de la innovación. Álvarez et al. (2015) argumentan que tanto la

³¹ Estas variables no están incluidas en Crespi y Zúñiga (2012).

³² Se considera que una firma innova en producto si reporta haber introducido durante 2011 y/o 2012 bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados. Por otro lado, una firma innova en proceso si reporta haber introducido durante 2011 y/o 2012 un nuevo o significativamente mejorado método o actividad en: (i) manufactura o producción de bienes o servicios, (ii) logística, entrega o distribución para sus insumos, bienes o servicios y (iii) soporte para sus procesos, tales como sistemas de mantenimiento u operaciones de compra, contabilidad o informática.

variable de financiamiento público como las que capturan diversas fuentes de información cumplen estas dos condiciones, lo que permite identificar el efecto del gasto sobre la probabilidad de innovar.

4.4. Ecuación de productividad del trabajo

En la última ecuación del modelo CDM en Crespi y Zúñiga (2012) se relaciona innovación tecnológica con productividad del trabajo. Se asume que las firmas tienen una función de producción Cobb-Douglas con retornos constantes a escala, utilizando como insumos para la producción trabajo, capital y conocimiento:

$$Y_i = \pi_1 k_i + \pi_2 TI_i + v_i \quad (7)$$

donde Y_i es la productividad del trabajo (logaritmo de ventas por trabajador en 2012), k_i mide el capital físico por trabajador y TI_i es el valor predicho de la variable de producción de conocimiento. Esta ecuación se estima por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Siguiendo a Crespi y Zúñiga (2012), debido a que no se cuenta con información sobre el stock de capital por trabajador, se utiliza la inversión en capital por trabajador en 2012. Se prefiere incluir esta variable en lugar de omitirla, en la medida que ésta permite controlar de algún modo por la intensidad en capital de la firma. En Crespi y Zúñiga (2012), y por consiguiente en este trabajo, se incluyen también como variables explicativas en la ecuación (7) el tamaño (log del número de trabajadores en 2011) y una variable binaria que indica si la firma realizó alguna innovación no tecnológica (innovación organizacional o en marketing).

4.5. Estimación del modelo

A continuación se describe la estimación del modelo. Como el modelo CDM no permite efectos retro-activos entre las ecuaciones, la estimación de éste se realiza de forma secuencial en cuatro etapas. Primero, se estima un modelo Heckman para las ecuaciones (1) y (2) para la cooperación, y se obtiene el valor predicho de la variable de cooperación $COOP$. En la segunda etapa se estima un modelo Heckman para las ecuaciones (4) y (5) para la inversión en innovación utilizando el valor predicho de la cooperación estimado en la primera etapa como regresor del gasto en innovación. En la tercera etapa la ecuación de innovación (ecuación (6)) se estima a través de un probit utilizando el valor predicho de la inversión en innovación como regresor. En la última etapa, se estima la ecuación de productividad (ecuación (7)) por MCO usando el valor predicho de la variable de innovación tecnológica como regresor. Como se mencionó al principio de esta sección, el uso de valores predichos permite solucionar problemas de endogeneidad en las variables del modelo.

Para establecer cómo cambian los resultados del modelo CDM al incluir una nueva etapa de cooperación, y corregir así el sesgo provocado por la endogeneidad de esta variable, se estima además una versión

del modelo que no incluye esta nueva etapa. Este modelo, denominado *benchmark*, es simplemente la misma estimación que realiza Crespi y Zúñiga (2012), aunque se analizan más sectores que el manufacturero, tal como se detalló en la sección anterior. Para facilitar la lectura, no se discuten los resultados de esta estimación, sin embargo, se pueden encontrar en el Apéndice C.

En todas las ecuaciones, tanto del modelo *benchmark* como del extendido, se controla por características no observadas en cada sector económico introduciendo variables binarias por sector (a 1 dígito), de acuerdo con la revisión 3 de la clasificación industrial internacional de todas las actividades económicas (CIU). Además, desde la etapa 2 en adelante para el modelo CDM extendido, y desde la etapa 3 para el modelo *benchmark*, se estiman las ecuaciones con errores estándar obtenidos con bootstrap para corregir por el sesgo inducido por la inclusión de regresores predichos (Pagan, 1984).

Siguiendo a Griffith et al. (2006), en Crespi y Zúñiga (2012) y también en este trabajo se estima el modelo *benchmark* y el modelo CDM extendido no solo para las firmas que innovan, sino que para todas las firmas. Esto significa que en el modelo CDM extendido se estima la primera etapa y se usa el valor predicho para todas las firmas para aproximar la cooperación en la ecuación de inversión en innovación. Asimismo, se estima la segunda etapa de inversión en innovación y se usa el valor predicho para todas las firmas para aproximar la inversión en innovación en la ecuación de producción de conocimiento. En seguida, tanto la ecuación de producción de conocimiento como la de productividad es estimada para todas las firmas.

La idea es que firmas que reportan cero gasto en innovación no tienen necesariamente cero producción de conocimiento. El modelo refleja el hecho de que todas las firmas ejercen algún esfuerzo en innovación, pero que no todas reportan este esfuerzo. Por ejemplo, los trabajadores de una firma pueden dedicar tiempo a empeñarse en mejorar el proceso productivo de la firma o a idear un nuevo producto, pero pueden no reportar este esfuerzo si está bajo cierto umbral.³³ Así, de acuerdo a Griffith et al. (2006) el enfoque asume que el proceso que describe la inversión en innovación y la producción de conocimiento es el mismo tanto para las firmas que reportan gasto en innovación como para las que no.

³³ En la ecuación (4) las firmas no reportan el esfuerzo en innovación si está bajo el umbral c .

5. Resultados

5.1. Decisión de cooperación

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de un modelo de Heckman (ecuaciones (1) y (2)) que estima la probabilidad de cooperar de las firmas, tomando en cuenta que se conoce si las firmas cooperan solo si estas reportan haber realizado algún tipo de actividad innovativa. Como se mencionó en la Sección 3, esta nueva etapa en el modelo CDM es incluida para corregir por la endogeneidad de la cooperación en la ecuación de esfuerzo en innovación y así obtener estimadores consistentes para el coeficiente asociado a esta variable.

En relación a los determinantes de la decisión de innovar (parte superior del Cuadro 5)³⁴, que corresponde a la ecuación de selección para la cooperación, en todas las especificaciones se tiene que a mayor tamaño de la firma existe una mayor probabilidad de innovar, y, excepto en el sector manufacturero, las firmas que exportan tienen una mayor propensión a innovar. Además, se tiene que en todos los sectores analizados, firmas que solicitan y se les conceden patentes tienen mayores chances de innovar, y que ser de propiedad extranjera no implica una asociación significativa con la probabilidad de innovar. Respecto a la variable de exclusión utilizada (Falta de demanda), firmas que indican que la falta de demanda de productos innovados es un obstáculo importante para innovar tienen, como es de esperar, una menor probabilidad de innovar.

Ahora se analizan los determinantes de la decisión de cooperar (parte inferior del Cuadro 5). En relación a los instrumentos utilizados para la cooperación (*Empleados de I+D* y *Producción científica*), los resultados indican que ambos tienen un efecto significativo solamente en el sector transable. En otras palabras, un aumento en el número de investigadores en I+D presentes en otras firmas del sector y región, y la producción científica de las universidades en la región afecta positivamente la probabilidad de cooperar solo en aquellos sectores que producen bienes transables. En éstos, un aumento en el 10% en la cantidad de empleados en I+D en otras firmas aumenta la probabilidad de cooperar en 4.3 puntos porcentuales, mientras que por cada 1000 artículos producidos la probabilidad de cooperar incrementa en 1.5 puntos porcentuales. Intuitivamente, como se mencionó en la Sección 3.1, el efecto de *Empleados de I+D* sobre *COOP* se explica porque la presencia de investigadores en las otras firmas permite establecer conexiones entre las firmas, posibilitando la creación de redes de cooperación en actividades innovativas. A su vez, a mayor producción científica en la región las firmas tienen más incentivos a internalizar este conocimiento a través de la cooperación con universidades.

³⁴ Recordar que una firma innova si gasta un monto positivo en innovación (incluido I+D) o introduce algún tipo de innovación (producto, proceso, marketing u organizacional).

Cuadro 5: Probabilidad de innovar (*INNOVA*) y probabilidad de cooperar (*COOP*)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Todos	Manufacturas	Transables	No transables
Probabilidad de innovar (<i>INNOVA</i>)				
Tamaño	0.0410*** (0.00612)	0.109*** (0.0116)	0.0771*** (0.0104)	0.0243** (0.00750)
Exportador	0.109*** (0.0245)	0.0472 (0.0343)	0.0628* (0.0318)	0.123** (0.0441)
Protección patente	0.305*** (0.0438)	0.342*** (0.0698)	0.368*** (0.0690)	0.250*** (0.0644)
Propiedad extranjera	0.00652 (0.0306)	0.000709 (0.0520)	0.00240 (0.0502)	0.000640 (0.0381)
Falta de demanda	-0.231*** (0.0273)	-0.201*** (0.0472)	-0.201*** (0.0453)	-0.238*** (0.0361)
Probabilidad de cooperar (<i>COOP</i>)				
Empleados de I+D	0.00112 (0.000846)	-0.00396 (0.0194)	0.00425* (0.00206)	0.000145 (0.000829)
Producción científica	0.00000370 (0.00000467)	0.0000186 (0.0000142)	0.0000147+ (0.00000885)	-0.00000409 (0.00000562)
Región Metropolitana	-0.0713 (0.0795)	-0.333+ (0.197)	-0.296* (0.148)	0.0805 (0.0978)
Tamaño	0.0146*** (0.00387)	0.00921 (0.00776)	0.0128+ (0.00758)	0.0156*** (0.00432)
Exportador	0.0105 (0.0142)	0.0374+ (0.0219)	0.0236 (0.0226)	0.00270 (0.0208)
Grupo	0.0314** (0.0118)	0.0445* (0.0213)	0.0814*** (0.0233)	0.0101 (0.0134)
I+D	0.0665*** (0.0107)	0.0603** (0.0201)	0.0670*** (0.0197)	0.0642*** (0.0122)
Educación empleados	0.0283* (0.0117)	0.0200 (0.0208)	0.0289 (0.0218)	0.0320* (0.0141)
Protección patente	0.0319 (0.0196)	0.0668* (0.0280)	0.0669* (0.0330)	0.0180 (0.0318)
Financiamiento público	0.0577*** (0.0140)	0.0669** (0.0256)	0.0740** (0.0259)	0.0448** (0.0163)
Fuentes públicas	0.139*** (0.0166)	0.0686* (0.0344)	0.0952** (0.0334)	0.150*** (0.0190)
No. de observaciones	3238	1059	1346	1892
Wald χ^2	132.31***	68.62***	115.46***	40.54***
Log likelihood	-2593.2	-792.98	-1048.51	-1522.83
Test LR de independencia ($\rho = 0$)	0.37	0.58	0.59	0.23

Notas: Los coeficientes reportados son efectos marginales; errores estándar entre paréntesis

Incluye efectos fijos por industria

+ $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Sobre las razones de la no relevancia de los instrumentos para los no transables, que corresponden a firmas que ofrecen servicios, en relación al instrumento *Empleados de I + D* se tiene que estos sectores presentan un menor porcentaje de firmas que invierten en I+D en comparación al sector transable (ver Cuadro 2). Además, solo un 25 % de estas firmas tiene un área funcional de I+D dentro de la firma, en comparación con el 34 % del sector transable. Asimismo, en promedio, el número de empleados en I+D en otras firmas del sector y región es de 62 para el sector no transable y 175 para el transable. Por lo tanto, las actividades de I+D son menos frecuentes y hay una menor presencia de investigadores en firmas del sector no transable, lo que puede implicar que la formación de redes de cooperación a partir de la colaboración entre los investigadores en ese tipo de firmas sea menos factible.

Por otra parte, es probable que en el sector no transable el instrumento *Producción científica* no sea relevante debido a que la menor complejidad tecnológica de sus productos hace que exista una menor necesidad de recurrir a fuentes técnicas externas para potenciar las actividades de innovación. Esto provoca que el mayor o menor conocimiento disponible en la región por parte de las universidades locales no sea determinante para establecer relaciones de cooperación.

Cabe mencionar que, como los instrumentos son relevante solo para el sector transable, más adelante será posible identificar el efecto causal de la cooperación sobre la inversión en innovación solamente en este caso. En los demás sectores cabe la posibilidad de que los instrumentos sean débiles y no se logre una identificación correcta del efecto de la cooperación. Esta aclaración es importante de tener en cuenta al momento de extraer conclusiones a partir de los resultados del modelo.

En relación a los demás determinantes de la cooperación, las firmas de sectores transables (incluido manufacturas) que operan en la Región Metropolitana tienen una menor propensión a cooperar, y lo contrario para el no transable, pero en ese caso el efecto no es estadísticamente significativo. Por otro lado, en ambos sectores, transable y no transable, firmas de mayor tamaño tienen una mayor probabilidad de cooperar, favoreciendo la idea de que firmas más grandes, al tener una mayor capacidad de absorción de conocimiento, destinan esfuerzos hacia la búsqueda de *partners* para cooperar. No obstante, a diferencia con estudios previos, el tamaño no tiene un efecto significativo en manufacturas.³⁵

En línea con lo esperado, aunque solo para el sector manufacturero, firmas que exportan tienen una mayor propensión a cooperar, sustentando la idea de que el mayor ambiente competitivo en el extranjero las lleva a cooperar para potenciar sus actividades de innovación. Al sumar al manufacturero los demás sectores transables (Agricultura, ganadería, Pesca y Minería) se desvanece este efecto, y tampoco está presente para los no transables.

Sobre la pertenencia a grupo, excepto en los no transables, firmas que pertenecen a un grupo de empresas tienen significativamente una mayor probabilidad de cooperar, siendo el coeficiente estimado más grande el del sector transable (0.081), seguido por manufacturas (0.045). Se observa también que, en

³⁵ Ver, por ejemplo, Fritsch y Lukas (2001); Cassiman y Veugelers (2002); Tether (2002); Belderbos et al. (2004a); De Faria et al. (2010)

todos los sectores, invertir en I+D tiene un efecto positivo y significativo sobre la propensión a cooperar.

Los resultados para la variable *Educación empleados* indican que firmas que tienen un porcentaje de empleo calificado mayor al promedio de la industria tienen una mayor probabilidad de cooperar (efecto significativo) solo en el sector no transable, aunque también está presente el efecto al usar toda la muestra.³⁶ Este resultado, en conjunto con el efecto de invertir en I+D, indican que en general firmas con mayor capacidad para absorber conocimiento desde fuera de la firma presentan una mayor propensión a cooperar en innovación.

Para el sector manufacturero y transable, se tiene que solicitar y/o la concesión de derechos de propiedad (*Protección patente*) afecta positivamente la cooperación, lo que es contrario a la conjetura inicial que planteaba que estas firmas tendrían incentivos a no cooperar para proteger sus innovaciones. Por último, se tiene que, para todos los sectores, firmas que obtienen financiamiento público para innovar, y firmas que otorgan una mayor importancia a las fuentes de información públicas, tienen una mayor probabilidad de cooperar. Lo anterior concuerda con la visión de que al obtener financiamiento, las firmas tienen incentivos a asociarse con otras firmas para ejecutar sus proyectos de innovación; y que firmas que otorgan mayor importancia al conocimiento externo tienen incentivos a cooperar para internalizar esta información.

Adicionalmente, en ninguna de las especificaciones del modelo de Heckman estimado se rechaza la hipótesis nula de que las ecuaciones para *INNOVA* y *COOP* son independientes. A pesar de esto, los valores predichos utilizados en la ecuación de esfuerzo en innovar son los obtenidos a partir de los resultados presentados aquí.³⁷

En síntesis, los resultados de la estimación de la ecuación de cooperación muestran que existen diferencias en los determinantes entre los sectores transable y no transable. Para el primero los instrumentos son relevantes, y entre los principales determinantes están la ubicación geográfica, tamaño, grupo, I+D, aplicación a patente, financiamiento público e importancia de fuentes públicas. Por su parte, los principales determinantes del sector no transable son tamaño, I+D, educación de empleados, financiamiento público e importancia de fuentes públicas, y en este caso los instrumentos no tienen una asociación estadísticamente significativa con la variable de cooperación.

5.2. Impacto de la cooperación sobre la intensidad de gasto en innovación

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del Tobit Generalizado que estima los determinantes de la probabilidad de gastar en innovación, y de la intensidad de este gasto (ecuaciones (4) y (5)). Se incluye como variable explicativa en la ecuación de esfuerzo en innovación el valor predicho de la cooperación

³⁶ Tal vez el número de observaciones en manufacturas y sector transable es insuficiente para que la relación se muestre estadísticamente significativa.

³⁷ Los resultados no cambian sustancialmente al estimar la ecuación de cooperación independientemente de la ecuación de selección de innovación.

estimado en la primera etapa³⁸ para corregir por la endogeneidad de la variable de cooperación, además de los determinantes discutidos en la Sección 4.2..

Los resultados para la ecuación de selección (parte superior del Cuadro 6) indican que los determinantes de la decisión de invertir en innovación son similares para todos los sectores analizados. Tanto para los transables, no transables como manufacturas se tiene que firmas que exportan, que solicitan y/o conceden patentes, y firmas más grandes tienen significativamente una mayor probabilidad de invertir en innovación. Por otro lado, firmas de propiedad extranjera no tienen diferencias significativas en la propensión a invertir en comparación con las firmas de propiedad nacional. Estos resultados son, en términos cualitativos y de significancia, idénticos a los obtenidos por Crespi y Zúñiga (2012).

Ahora se discuten los determinantes del esfuerzo por innovar (parte inferior del Cuadro 6), materializados en inversión en innovación. En relación al efecto de la cooperación, cuya identificación es el objetivo principal de este trabajo, se encuentra que en las cuatro especificaciones existe un impacto positivo y estadísticamente significativo de la cooperación sobre el gasto en innovación por trabajador, y además, la magnitud del efecto es similar entre los sectores. Sin embargo, y tal como se discutió en la subsección anterior, como los instrumentos son relevantes solo en la especificación para el sector transable, es posible identificar correctamente el efecto solamente en este caso en particular.

En comparación con el efecto estimado en el modelo benchmark que no incluye la ecuación de cooperación (*à la* Crespi y Zúñiga (2012))³⁹, el coeficiente obtenido al corregir por endogeneidad se mantiene positivo y, a diferencia del modelo benchmark, ahora es estadísticamente significativo. Respecto a la magnitud de este efecto, éste es casi tres veces mayor en comparación al del modelo benchmark. Sin embargo, debido a que tanto la cooperación en actividades de innovación como el esfuerzo en innovación pueden estar determinados por variables no observables comunes para ambas, las cuales pueden resumirse en un “carácter innovador” o “capacidad innovadora” de la firma que aumenta la probabilidad de cooperar y a la vez el esfuerzo por innovar, la intuición dice que el sesgo presente en el modelo benchmark es positivo. Esto implica que, una vez estimado consistentemente el efecto a través de variables instrumentales, este debiese ser menor en comparación al estimado en el modelo benchmark.

Esto es contrario a lo que se encuentra en la práctica. No obstante, debe tenerse en cuenta que el efecto hallado es uno de tipo local,⁴⁰ y en la práctica es usual encontrarse con una inflación del parámetro estimado por variables instrumentales, aun cuando pase las pruebas de sobre-identificación y de instrumentos débiles (Robin y Schubert, 2013). Esto debe tomarse en consideración al establecer luego un orden de magnitud del efecto de la cooperación.

Una condición importante para identificar correctamente el efecto de la cooperación es que los instrumentos sean relevantes y fuertes. En relación a la posibilidad de que éstos sean débiles, si bien es cierto que

³⁸ Resultados en la sección 5.1.

³⁹ Ver Apéndice C.

⁴⁰ En inglés se denota por la sigla LATE, que significa *Local Average Treatment Effect*.

Cuadro 6: Probabilidad de invertir en innovación (*ID*) e intensidad del gasto en innovación por trabajador (*IE*)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Todos	Manufacturas	Transables	No transables
Decisión de gasto en innovación (<i>ID</i>)				
Exportador	0.295*** (0.0713)	0.182+ (0.109)	0.188* (0.0833)	0.293* (0.124)
Propiedad extranjera	-0.0810 (0.0788)	-0.00877 (0.186)	0.00613 (0.125)	-0.143 (0.100)
Protección patente	0.818*** (0.0974)	0.952*** (0.226)	0.909*** (0.185)	0.722*** (0.156)
Tamaño	0.162*** (0.0171)	0.336*** (0.0402)	0.250*** (0.0315)	0.124*** (0.0230)
Constante	-1.223*** (0.120)	-1.950*** (0.166)	-1.770*** (0.226)	-1.056*** (0.140)
Gasto en innovación por trabajador (<i>IE</i>)				
Cooperación (predicha)	0.912*** (0.152)	0.932** (0.292)	0.890*** (0.218)	0.868*** (0.219)
Exportador	0.417* (0.183)	-0.143 (0.227)	-0.0409 (0.232)	0.916** (0.281)
Propiedad extranjera	0.0799 (0.222)	0.227 (0.346)	0.268 (0.292)	-0.136 (0.261)
Protección patente	1.524*** (0.203)	0.558 (0.347)	0.839* (0.338)	1.783*** (0.387)
Financiamiento público	-0.185 (0.188)	-0.159 (0.248)	-0.301 (0.248)	0.00568 (0.224)
Fuente de de mercado	0.855** (0.321)	0.733 (0.495)	0.876* (0.428)	0.879* (0.438)
Fuentes científicas	0.339 (0.321)	0.508 (0.461)	0.597 (0.453)	0.285 (0.450)
Fuentes públicas	-1.060** (0.346)	-0.979+ (0.530)	-0.869* (0.394)	-0.972+ (0.514)
Gasto en innovación sector/región	0.494*** (0.0738)	1.052* (0.429)	0.519** (0.164)	0.482*** (0.0931)
Fuentes de mercado sector/región	-3.317** (1.084)	-4.931 (5.245)	-2.614 (2.666)	-4.066** (1.480)
Fuentes científicas sector/región	-1.088 (1.371)	1.086 (5.069)	-0.171 (3.361)	-1.640 (1.384)
Constante	4.781*** (0.396)	4.696*** (1.175)	3.770*** (0.824)	4.392*** (0.497)
No. observaciones	3238	1059	1346	1892
Wald χ^2	330.93***	78.92***	155.88***	218.24***
Log likelihood	-4142.06	-1301.99	-1678.55	-2450.36
Test Wald de independencia ($\rho = 0$)	51.10***	16.16***	21.29***	24.82***

Notas: Los coeficientes reportados son efectos marginales; errores estándar entre paréntesis

Errores estándar con bootstrap (100 replicaciones). Incluye efectos fijos por industria.

+ $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

en la literatura existen varios *test* al respecto, para efectos de este trabajo la aplicación de estas pruebas no es trivial, pues estos en general no están diseñados para estimaciones por máxima verosimilitud, y su implementación en ese caso es dificultosa en términos computacionales. Sin embargo, existen algunos indicios que permiten inferir que los instrumentos no son débiles, al menos en los no transables. Primero, porque existe una asociación estadísticamente significativa con la variable de cooperación. Segundo, de acuerdo con Cameron y Trivedi (2005), cuando al corregir por endogeneidad los errores estándar de los coeficientes asociados a las variables endógenas son mucho mayores que sin hacerlo, se provee una clara señal de que los instrumentos son débiles. Este no es el caso para los dos instrumentos que se utilizan para la cooperación. Es el caso que los errores estándar asociados a la variable de cooperación son similares para los modelos CDM extendido y *benchmark* (que no corrige por endogeneidad) para todos los sectores económicos, no solo para transables. En consecuencia, estas dos observaciones permiten descartar que los instrumentos sean débiles, por lo menos en el sector transable.

Otra condición necesaria para identificar el efecto causal de la cooperación sobre el esfuerzo en innovación es que ambos instrumentos cumplan con la condición de exclusión, es decir, que no afecten directamente a la inversión en innovación sino a través de la cooperación. En otras palabras, se requiere que una mayor cantidad de investigadores en I+D en otras firmas de la misma región y del mismo sector, y una mayor producción de conocimiento en la región, incremente la probabilidad de establecer redes formales de cooperación entre las firmas, pero que no tengan un efecto directo sobre la inversión en innovación. En la Sección 4.1. se describieron las potenciales fuentes de endogeneidad de los instrumentos, y para controlar por aquello se incluyeron tres variables. Los resultados para estas variables indican que el gasto en innovación de las demás firmas (del mismo sector y la misma región) tiene un efecto positivo sobre el gasto en innovación en las propias firmas en todos los sectores, y la magnitud más alta del efecto está en manufacturas, seguido por transables y no transables. Por otro lado, las variables que capturan flujos de información (Fuentes científicas y de mercado sector/región) no tienen un efecto significativo sobre la inversión en innovación en ningún sector.

Estos resultados indican que en caso de que para las firmas sea determinante en sus decisiones de inversión en innovación la inversión de las demás firmas, si este efecto está medido en el instrumento *Empleados de I + D* entonces se está controlando correctamente por este efecto y quitando la posibilidad de que este instrumento sea endógeno a través de este canal. En la relación a las otras dos variables que no son significativas, existen dos interpretaciones de este resultado. La primera es que es probable de que el intercambio informal de información con universidades y otras firmas a nivel regional no sea determinante del gasto en innovación, y en ese caso la posibilidad de que los instrumentos puedan afectar el gasto en innovación porque miden estos intercambios ya no sería una preocupación. Otra interpretación es que el intercambio informal de información y/o conocimiento con firmas y universidades no esté medido adecuadamente a través de estas variables, y por consiguiente no permitan mostrar los efectos de estas

relaciones sobre la inversión en innovación. A pesar de esto, se favorece el primer argumento, ya que varios estudios han mostrado que esto último no es el caso.⁴¹

En síntesis, incluso al considerar la posibilidad de que el instrumento puede ser endógeno, y al controlar por los posibles efectos del instrumento sobre la inversión en innovación, se encuentra que para el sector transable la cooperación en actividades de innovación tiene un impacto positivo y estadísticamente significativo sobre el esfuerzo en innovación que ejercen las firmas.

5.3. Impacto del gasto en innovación sobre la probabilidad de innovación tecnológica

Ahora se discuten los resultados del probit que estima los determinantes de la producción de conocimiento (ecuación (6): introducción de producto o proceso), ilustrados en el Cuadro 7, para el modelo CDM extendido. Al igual que en el modelo *benchmark*, el valor predicho del esfuerzo en innovación es incluido para corregir por la endogeneidad de esta variable. La única diferencia con respecto al modelo *benchmark* es que en este caso la proyección lineal (valor predicho) del esfuerzo en innovación se estima utilizando la proyección lineal de la cooperación en vez de la variable usada en Crespi y Zúñiga (2012). Los resultados, al igual que en el modelo *benchmark*,⁴² indican que el esfuerzo en innovación tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la probabilidad de innovación tecnológica en todas las regresiones, y la magnitud del efecto es similar entre los sectores. En comparación con Crespi y Zúñiga (2012) para el sector manufacturero, el efecto del esfuerzo en innovación en este caso es menor (0.23 versus 0.46).

En relación con los demás determinantes de la innovación tecnológica, se desprende que el tamaño tiene un efecto positivo sobre la probabilidad de innovar en producto o proceso en manufacturas y transables, aunque es significativo solo en el primero. Para el sector no transable, el tamaño tiene un efecto negativo y significativo (contrario a lo hallado en el modelo *benchmark*) y este hallazgo se contrapone al de Álvarez et al. (2015), quienes aplican el modelo CDM para el sector servicios y encuentran un efecto positivo y significativo de esta variable sobre *TI*. Una posible explicación es que el modelo *benchmark* no considera en la ecuación de esfuerzo en innovación el tamaño (aunque sí para la decisión de invertir), en cambio en el modelo extendido el esfuerzo predicho se encuentra a su vez escalado por la cooperación predicha, que contiene entre sus regresores el tamaño. En consecuencia, el esfuerzo en innovación predicho en el modelo extendido se encuentra influido indirectamente por el tamaño. En estimaciones no reportadas se encuentra que al eliminar el esfuerzo en innovación predicho se encuentra que el tamaño tiene un efecto positivo y significativo en todos los sectores, excepto en no transables, donde es positivo pero no significativo, al igual que en el modelo *benchmark* (ver Apéndice C2).

Se encuentra también que, en todos los sectores, firmas que exportan tienen significativamente una

⁴¹ Ver Cassiman y Veugelers (2002); Belderbos et al. (2004a); Griffith et al. (2006); De Faria et al. (2010); Crespi y Zúñiga (2012)

⁴² Ver Apéndice C.

menor probabilidad de introducir innovaciones tecnológicas, lo que es contra intuitivo, ya que la exposición a competencia internacional debiese implicar una relación positiva con innovación tecnológica. Este resultado es similar al encontrado por Álvarez et al. (2015), y una de las explicaciones es que se está controlando por el esfuerzo en innovación, el cual a su vez se encuentra influido por la variable de exportación positivamente. En consecuencia, eliminando la variable de esfuerzo en innovación el efecto de los exportadores debiese ser positivo, que es lo que efectivamente prueban Álvarez et al. (2015) y también en este trabajo.⁴³ Por último, firmas de propiedad extranjera tienen una menor probabilidad de innovar (excepto en no transables), aunque en ningún caso el efecto es significativo. Sin embargo, eliminando la variable de esfuerzo en innovación se encuentra el signo contrario.⁴⁴

Cuadro 7: Probabilidad de innovación tecnológica (*TI*)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Todos	Manufacturas	Transables	No transables
Esfuerzo en innovación (predicho)	0.282*** (0.0123)	0.225*** (0.0159)	0.259*** (0.0174)	0.279*** (0.0188)
Tamaño	-0.0144* (0.00609)	0.0295** (0.0114)	0.000336 (0.0114)	-0.0171* (0.00734)
Exportador	-0.101*** (0.0241)	-0.0248 (0.0321)	-0.0507+ (0.0265)	-0.152*** (0.0442)
Propiedad extranjera	-0.0169 (0.0294)	-0.0580 (0.0471)	-0.0397 (0.0398)	0.0267 (0.0404)
No. observaciones	3238	1059	1346	1892
Wald χ^2	408.89***	158.98***	188.37***	187.46***
Log likelihood	-1660.79	-549.97	-673.25	-1002.76
Pseudo R^2	0.19	0.18	0.20	0.17

Efectos marginales; errores estándar entre paréntesis

Errores estándar con bootstrap (100 repeticiones). Incluye efectos fijos por industria.

+ $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

5.4. Impacto de la innovación sobre la productividad

Los resultados de la última etapa del modelo CDM extendido se presentan en el Cuadro 8, que muestra la estimación de la ecuación de productividad (ecuación (7)).⁴⁵ A diferencia del modelo *benchmark*, ahora el valor predicho de la innovación tecnológica considera implícitamente la endogeneidad de la cooperación.⁴⁶ La evidencia muestra que, al igual que en el modelo *benchmark*, existe un impacto positivo y estadísticamente significativo de la innovación tecnológica sobre la productividad para los cuatro sectores analizados. En otras palabras, firmas que innovan en producto o proceso tienen significativamente una mayor productividad del trabajo. Para cada sector, este efecto es ahora mayor en comparación al modelo *benchmark*.⁴⁷ Además, comparado con Crespi y Zúñiga (2012), el efecto en manufacturas encontrado

⁴³ Resultados no reportados.

⁴⁴ Resultados no reportados. Excepto en no transables, el signo del coeficiente estimado de Propiedad extranjera es positivo al eliminar el esfuerzo en innovación predicho.

⁴⁵ Los coeficientes se interpretan como elasticidades o semi-elasticidades según la variable explicativa analizada.

⁴⁶ Esto se debe a que la proyección lineal de la innovación tecnológica en el modelo CDM extendido se construye con la proyección lineal de *IE*, que a su vez se construye con el valor predicho de la cooperación.

⁴⁷ Ver Apéndice C

aquí es menor (0.60 versus 0.43). Se observa también que el mayor impacto se encuentra en manufacturas y transables (efecto marginal de 0.43 y 0.38, respectivamente) y el efecto es menor en no transables (0.24)

Analizando la contribución de los demás insumos para la producción, el tamaño tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo en manufacturas y transables, y negativo en no transables (servicios), lo que es consistente con la evidencia existente en Chile para el sector manufacturero (Crespi y Zúñiga, 2012) y el sector servicios (Álvarez et al., 2015). La variable de inversión en capital por trabajador, incluida como una aproximación del stock de capital de la firma, indica que firmas que invierten más en capital tienen una menor productividad del trabajo, aunque este efecto es significativo solo en no transables y al incluir todas las firmas. Una interpretación de este resultado es que la adquisición de nueva maquinaria y equipos requiere de tiempo para que efectivamente contribuya a una mayor eficiencia en el proceso productivo de la firma, debido a que es necesario que los trabajadores se adapten a las nuevas tecnologías, y en consecuencia el efecto operaría con rezago. También cabe la posibilidad de que esta variable sea una mala aproximación del stock de capital, y que se esté capturando un efecto diferente al deseado. Para finalizar, la introducción de innovaciones no tecnológicas (marketing u organizacional) no tiene un impacto significativo sobre la productividad en ningún sector.

Cuadro 8: Impacto de la innovación sobre la productividad del trabajo (Y)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Todos	Manufacturas	Transables	No transables
Innovación tecnológica (predicho)	0.341*** (0.0335)	0.433*** (0.0638)	0.379*** (0.0432)	0.243*** (0.0490)
Tamaño	-0.0150 (0.0161)	0.0976** (0.0329)	0.0787*** (0.0235)	-0.0696*** (0.0193)
Inversión en capital	-0.00653** (0.00203)	-0.00528 (0.00347)	-0.00387 (0.00307)	-0.00723** (0.00281)
Innovación no tecnológica	0.0233 (0.0450)	0.0540 (0.0857)	0.0299 (0.0683)	0.0330 (0.0647)
Constante	10.70*** (0.114)	10.25*** (0.179)	10.30*** (0.174)	10.87*** (0.131)
No. observaciones	3238	1059	1346	1892
Wald χ^2	1155.55***	215.34***	535.25***	1123.45***
R^2	0.26	0.14	0.21	0.30

Notas: Los coeficientes reportados son efectos marginales; errores estándar entre paréntesis

Errores estándar con bootstrap (100 replicaciones). Incluye efectos fijos por industria.

+ $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

6. Análisis de resultados

Cuadro 9: Coeficientes estimados para variable clave del modelo CDM

<i>Sector</i>	CDM benchmark	CDM extendido	Chile (otros)	Países industrializados
<i>Manufacturas</i>			Crespi y Zúñiga (2012)	Griffith et al. (2006)
$\partial IE/\partial COOP$	0.124	0.932	0.330	0.245
$\partial TI/\partial IE$	0.459	0.225	1.160	0.286
$\partial Y/\partial TI$	0.250	0.433	0.600	0.040
<i>Transables</i>			Crespi y Zúñiga (2012)	Griffith et al. (2006)
$\partial IE/\partial COOP$	0.332	0.890	0.330	0.245
$\partial TI/\partial IE$	0.466	0.259	1.160	0.286
$\partial Y/\partial TI$	0.231	0.379	0.600	0.040
<i>No transables</i>			Álvarez et al. (2015)	Mairesse y Robin (2009)
$\partial IE/\partial COOP$	0.439	0.868	0.662	0.100
$\partial TI/\partial IE$	0.395	0.279	0.494	0.065
$\partial Y/\partial TI$	0.163	0.243	0.771	0.080

En esta sección se busca clarificar la magnitud del efecto de la cooperación sobre el proceso innovativo y la productividad de las firmas.⁴⁸ Además, se compara cómo cambia este efecto al considerar que la decisión de cooperar es endógena en el modelo CDM. Se provee también una comparación de los resultados de este trabajo con evidencia anterior para Chile y países industrializados en donde se aplica este modelo.

En el Cuadro 9 se muestran los coeficientes estimados del modelo CDM para diferentes escenarios.⁴⁹ Los coeficientes del modelo CDM *benchmark* son los obtenidos a partir de la estimación del modelo CDM *à la* Crespi y Zúñiga (2012) usando la EIT 2013.⁵⁰ El modelo CDM extendido es el que se estima en la Sección 5. A modo de comparación, en las columnas 4 y 5 se muestra también evidencia para Chile para el sector manufacturero y transable a partir de Crespi y Zúñiga (2012)⁵¹, y para el sector servicios (no transables) según Álvarez et al. (2015); y por último, los resultados se contrastan con evidencia para países industrializados de acuerdo a Griffith et al. (2006) para el sector manufacturero y transable,⁵² y a Mairesse y Robin (2009) para el sector no transable.

Ahora bien, ¿cuál es el impacto de la cooperación? A partir de los resultados del modelo CDM ex-

⁴⁸ En la Sección 5.2 se menciona que debido a que los instrumentos son fuertes solo en transables, se puede identificar el efecto causal de la cooperación solamente en ese caso. En consecuencia, el efecto de esta variable sobre gasto en innovación y productividad para los demás sectores económicos que se muestran en esta sección no necesariamente implican efectos causales.

⁴⁹ Los coeficientes que se presentan no corresponden a efectos marginales para el caso de la cooperación (*COOP*) e innovación tecnológica (*TI*). Si bien se muestran como derivadas parciales, debe notarse que las derivadas respecto a las variables *COOP* y *TI* no existen, pues al ser variables binarias existe una discontinuidad. A pesar de esto, se procede a mostrar de esa manera los coeficientes por un tema de presentación.

⁵⁰ Ver Apéndice C.

⁵¹ No existen estudios para Chile que estimen el modelo CDM para el sector transable como se hace en este trabajo. Sin embargo, debido a que en la EIT 2013 este sector tiene mayoritariamente firmas manufactureras, parece pertinente comparar los resultados del modelo CDM extendido para el sector transable con los resultados para el sector manufacturero de otros estudios.

⁵² Nuevamente, como no existen estudios para países industrializados que apliquen el modelo CDM para el sector transable, se comparan los resultados del sector transable chileno con los obtenidos para manufacturas en países industrializados.

tendido,⁵³ se obtiene que la cooperación incrementa el gasto en innovación por trabajador en un 119, 118 y 113 por ciento en el sector manufacturero, transable y no transable, respectivamente.⁵⁴ Si bien estos efectos marginales son mayores a los que se derivan del modelo *benchmark*, son similares entre los sectores económicos, al igual que en este último caso. En comparación con otros determinantes del gasto en innovación, de la estimación del modelo CDM extendido se tiene que la cooperación es uno de los más importantes. Para el sector transable, la cooperación es la variable que tiene el mayor impacto sobre el gasto en innovación, en tanto que para manufacturas es la segunda luego del gasto en innovación de otras firmas del sector. Para no transables, en cambio, otros determinantes como si la firma exporta, aplica para patentes o las fuentes de información de mercado parecen ser más relevantes.

Como se tiene el efecto del gasto en innovación sobre la probabilidad de innovación tecnológica, y el efecto de la innovación sobre la productividad del trabajo, se puede determinar el impacto de la cooperación sobre la productividad. De este modo, se desprende que la cooperación aumenta la productividad en al menos un 51, 43 y 25 por ciento en manufacturas, transables y no transables, respectivamente.⁵⁵ Por lo tanto, si bien el efecto de la cooperación sobre el gasto en innovación es similar entre los tres sectores, existe una brecha en el efecto sobre la productividad a favor de manufacturas y transables y en desmedro de los no transables, lo que se debe a que para este último sector el efecto de la innovación tecnológica es menor.

Por otro lado, en la sección anterior se mostró que la magnitud del efecto tanto del gasto en innovación sobre la innovación, como el de la innovación sobre la probabilidad, cambian sustancialmente en el modelo CDM extendido (que considera la endogeneidad de la cooperación) en comparación al modelo *benchmark* (ver columnas 2 y 3 del Cuadro 9). La estimación del modelo CDM extendido indica que si bien el efecto estimado de la cooperación es mayor en comparación al *benchmark*, el impacto del gasto en innovación es menor y el de la innovación es mayor. En otras palabras, al estimar consistentemente el efecto de la cooperación sobre el gasto en innovación, en el modelo *benchmark* se estaba sobrestimando el efecto de la inversión en innovación, y subestimando el efecto de la innovación. En términos concretos, al corregir por la endogeneidad de la cooperación ahora se estima un efecto mayor de la cooperación sobre la productividad del trabajo. En promedio, este efecto se incrementa en 18 puntos porcentuales.⁵⁶

⁵³ Ver Cuadro 9, tercera columna.

⁵⁴ El efecto marginal se calcula de la siguiente manera. Si b_1 es el coeficiente estimado asociado a la variable binaria de cooperación y s su error estándar, entonces, siguiendo a Kennedy (1981), el efecto marginal se calcula como $100 \times \exp(b_1 - 0,5s_1 - 1)$.

⁵⁵ El efecto marginal de la cooperación sobre la productividad se realiza de la siguiente manera. Si $\partial IE / \partial COOP = b_1$, $\partial TI / \partial IE = b_2$ y $\partial Y / \partial TI = b_3$, entonces el efecto directo de la cooperación sobre la productividad se estima como $100 \times b_1 \times b_2 \times b_3$. Esto se debe a que b_1 representa el incremento porcentual en el gasto en innovación por trabajador inducido por la cooperación, b_2 es el aumento en probabilidad causado por un aumento en un 1% en el gasto en innovación, y b_3 representa el aumento porcentual en productividad asociado a la innovación. A su vez, como *COOP* y *TI* son variables binarias, en rigor $\partial IE / \partial COOP$ y $\partial Y / \partial TI$ no existen, y los efectos marginales para estos casos se calculan como se establece en la nota anterior. Se debe mencionar que al computar el efecto marginal de la cooperación sobre la probabilidad de innovar ($100 \times b_1 \times b_2$) se tiene que, en todos los sectores, la cooperación incrementa esta probabilidad en más de 100 puntos porcentuales. Por lo tanto, puede establecerse que la cooperación induce al menos la introducción de una innovación tecnológica. Como se tiene el efecto marginal de la innovación sobre la productividad (b_3), el efecto marginal de la cooperación sobre la productividad corresponderá al efecto marginal de la innovación sobre la productividad.

⁵⁶ Bajo la misma lógica con la que se estimó para el modelo extendido, en el modelo *benchmark*, se puede estimar que la

Otra pregunta interesante es cómo se comparan estos resultados con evidencia anterior para Chile y para países industrializados. Crespi y Zúñiga (2012) y Álvarez et al. (2015) implementan un modelo CDM para firmas chilenas en manufacturas y servicios, respectivamente, usando la misma encuesta que este trabajo pero de años anteriores. Se observa que existen enormes discrepancias respecto a la magnitud de los efectos estimados en estos estudios comparado con los estimados en el CDM extendido y *benchmark* (ver Cuadro 9).⁵⁷ En el modelo *benchmark*, cada uno de los efectos estimados, excepto el de la cooperación en transables, es menor en comparación a Crespi y Zúñiga (2012) y Álvarez et al. (2015). Por su parte, en el extendido, exceptuando el efecto de la cooperación en todos los sectores, también ocurre que cada uno de los efectos encontrados en ambos artículos es mayor. Esta discrepancia en los efectos puede indicar dos cosas. Primero, puede ser que algunos de los efectos hallados anteriormente se hayan diluido en el tiempo. Otra posibilidad es que las firmas encuestadas difieran en buena medida entre las diferentes olas de la encuesta.

Al comparar ahora los resultados del modelo extendido en este trabajo con los obtenidos para países industrializados usando el mismo enfoque, tanto en Griffith et al. (2006), quienes estudian firmas manufactureras en seis países de Europa, como en Mairesse y Robin (2009), quienes estudian firmas no transables francesas, se encuentran magnitudes más bajas del efecto de cooperar e innovar. Estas diferencias ya habían sido descritas en Crespi y Zúñiga (2012), quienes reportan que el efecto de la innovación es mayor para países en desarrollo. Los resultados de este trabajo muestran que, si bien en general los efectos estimados del gasto en innovación y de la innovación son menores en comparación a los resultados para Chile de Crespi y Zúñiga (2012), aún son sustancialmente mayores a la evidencia para países industrializados. Sin ir más allá, del modelo CDM extendido se desprende que la magnitud del impacto, tanto de la cooperación como de la innovación, es varias veces mayor a la hallada para países industrializados.

cooperación incrementa la productividad en un 25, 24 y 15 por ciento en el sector manufacturero, transable y no transable, respectivamente.

⁵⁷ Tanto Crespi y Zúñiga (2012), Álvarez et al. (2015) como el modelo *benchmark* utilizan la misma especificación del modelo CDM, es decir, las mismas ecuaciones, variables y métodos de estimación, por lo tanto sus estimaciones son comparables.

7. Conclusiones

En este estudio se ha realizado un análisis cuantitativo del efecto de la cooperación en actividades de innovación sobre la inversión en innovación para diferentes sectores económicos, así como su efecto sobre el desempeño en innovación y productividad. Para esto se ha desarrollado una extensión de un modelo estructural estándar en la literatura, llamado modelo CDM (Crépon, Duguet y Mairesse, 1998), que considera los determinantes de la inversión en innovación, los resultados en innovación y sus efectos en la productividad del trabajo. La extensión del modelo CDM realizada en este trabajo corresponde a la incorporación de una nueva etapa que modela la decisión de cooperación de las firmas, considerando que la cooperación es una variable endógena en la ecuación de inversión en innovación.

Para identificar este efecto se utilizan como instrumentos la cantidad de investigadores en I+D que existen en otras firmas del mismo sector y de la misma región geográfica donde opera la firma, y el número de artículos científicos producidos por universidades en la misma región donde se desempeña la firma. La intuición es que la presencia de empleados en I+D en otras firmas permite establecer relaciones entre los investigadores de las distintas firmas y así formar redes de cooperación. Por consiguiente, una mayor oferta de investigadores en las demás firmas tendría un efecto positivo sobre la cooperación. Asimismo, una mayor producción científica en la región puede ser vista por las firmas como una señal de mayor conocimiento disponible para internalizar en sus actividades de innovación, lo que las llevaría a buscar relaciones de cooperación con este tipo de instituciones.

Los resultados econométricos muestran que, en primer lugar, los determinantes de la decisión de cooperar en actividades innovativas difieren entre los sectores transable y no transable. Si bien en ambos sectores el tamaño, la decisión de invertir en I+D, la obtención de financiamiento público y las fuentes de información públicas aumentan significativamente la probabilidad de cooperar, para el sector transable también son variables relevantes la cantidad de empleados en I+D de las otras firmas, la ubicación, la pertenencia a un grupo de empresas y la aplicación a derechos de propiedad. Para el sector transable, en cambio, resulta importante si la firma es intensiva en capital humano calificado. La estimación de los determinantes de la cooperación permite establecer, además, que los instrumentos son fuertes solo para el sector transable, y por lo tanto el efecto de la cooperación puede ser identificado solo para este sector.

La evidencia muestra que la cooperación tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la inversión en innovación. Además, este efecto es robusto a diferentes especificaciones que buscan controlar por una posible endogeneidad de los instrumentos. En línea con estudios previos, se encuentra que tanto en el sector transable como en el no transable la intensidad de gasto en innovación incrementa la probabilidad de innovar y que la productividad aumenta con la innovación. En términos de magnitud, en el sector transable cooperar incrementa el gasto en innovación por trabajador en un 118 %, lo que es suficiente para producir tecnologías que aumentan la productividad en un 43 %. Para este sector se evidencia también que el impacto de la cooperación es elevado en comparación con otros determinantes de la inversión en

innovación, y que en general los efectos estimados en las diferentes etapas del modelo son mayores a los hallados para países industrializados.

En consecuencia, los hallazgos de trabajo permiten establecer que la cooperación en actividades innovativas fomenta el esfuerzo en innovación de las firmas y disminuye los desincentivos a invertir en innovación causados por algunas fallas de mercado, como lo son las asimetrías de información (que llevan a la presencia de costos de transacción) y la existencia de problemas de “apropiabilidad”. Quizás más importante aún, se ha probado que el mayor esfuerzo en innovación inducido por la cooperación posibilita la producción de innovaciones tecnológicas que incrementan la productividad del trabajo en las firmas. Esto último es especialmente relevante para países en desarrollo como Chile, que tienen como uno de sus principales desafíos aumentar la productividad, incrementar su ingreso per cápita y disminuir la brecha con los países industrializados. Por lo tanto, instrumentos de política que fomenten la cooperación en actividades innovativas entre las firmas, y entre firmas y organizaciones científicas, podrían cumplir con los objetivos de aumentar la innovación y la productividad agregada en la economía.

Una de las principales limitaciones de este estudio es que cabe la posibilidad de que los instrumentos sean endógenos. Si bien en la ecuación de intensidad de gasto en innovación se controla por algunas variables relevantes que contienen información que potencialmente pudiese estar medida en el instrumento, es probable que la encuesta no provea los datos suficientes para controlar por todas estas variables. Además, no fue posible encontrar instrumentos fuertes para el sector no transable ni para el sector manufacturero que permitieran una correcta identificación del efecto de la cooperación en estos sectores. Es de esperar que en el futuro nuevas versiones de la EIT permitan construir instrumentos para una adecuada estimación de este efecto.

Un aspecto interesante que surge de las estimaciones es que si bien la cantidad de empleados en I+D de otras firmas (instrumento) no se relaciona fuerte ni positivamente con la cooperación en la submuestra de firmas manufactureras, al agregar las demás industrias transables, i.e. agricultura, ganadería, minería y pesca, sí existe una relación fuerte. Puede ser llamativo entonces estudiar en el futuro el rol que juegan los investigadores en estos sectores, que representan un porcentaje importante del total de exportaciones, como articuladores para la formación de relaciones de cooperación tanto con competidores como con demás actores de la cadena productiva e instituciones de investigación. Un mayor entendimiento de estas relaciones permitiría definir políticas para la coordinación de diferentes firmas y organizaciones en pos de mejores resultados en innovación y productividad.

Apéndice

A. Estadística descriptiva. Encuesta de Innovación 2013.

Variables	Promedio	Desv. estándar	Mín	Máx
<i>Variables endógenas:</i>				
COOP (cooperación, sí/no)	0.16	0.37	0	1
ID (gasto en innovación, sí/no)	0.33	0.47	0	1
IE (log gasto en innovación por trabajador)	6.31	1.98	0.39	10.89
TI (introducción de innovación en producto o proceso, sí/no)	0.33	0.47	0	1
Y (log ventas por trabajador)	10.59	1.23	7.38	15.39
<i>Variables explicativas:</i>				
Tamaño (log número de trabajadores)	4.32	1.46	2.30	9.78
Inversión en capital por trabajador	-16.06	10.09	-20.72	12.72
Financiamiento público (sí/no)	0.057	0.23	0	1
Protección patente (sí/no)	0.044	0.21	0	1
Propiedad extranjera (sí/no)	0.094	0.29	0	1
Exportador (sí/no)	0.18	0.39	0	1
Grupo (sí/no)	0.39	0.49	0	1
Innovación no tecnológica (sí/no)	0.28	0.45	0	1
Educación empleados (sí/no)	0.36	0.48	0	1
I+D (sí/no)	0.15	0.36	0	1
Empleados I+D	0.21	8.55	-20.72	6.59
Producción científica	9278.48	8662.36	39	18815
Falta de demanda	0.12	0.33	0	1
Fuentes de mercado	0.17	0.26	0	1
Fuentes científicas	0.079	0.19	0	1
Otras fuentes	0.15	0.25	0	1

B. Descripción de variables. Encuesta de Innovación 2013.

VARIABLES	Tipo	Construcción
<i>Variables endógenas en modelo CDM ampliado</i>		
COOP	Binaria	Uno, si la firma efectuó acciones de cooperación con otras empresas o instituciones
ID	Binaria	Uno, si la firma tiene un gasto en innovación positivo en 2012
IE	Log	Logaritmo del gasto total en actividades innovativas en 2012
TI	Binaria	Uno, si la firma ha introducido alguna innovación en producto o proceso
Y	Log	Logaritmo de ventas totales dividido por el número trabajadores en 2012
<i>Variables explicativas:</i>		
Tamaño	Log	Logaritmo del número de trabajadores en 2012
Inversión en capital	Log	Logaritmo del gasto por trabajador en adquisición de maquinaria, equipos y software para la innovación en 2012.
Financiamiento público	Binaria	Uno, si la firma utilizó algún tipo de financiamiento público
Protección patente	Binaria	Uno, si la firma ha solicitado y/o se le ha concedido algún derecho de propiedad intelectual
Propiedad extranjera	Binaria	Uno, si la firma es de propiedad extranjera
Exportador	Binaria	Uno, si la firma tiene ventas por exportaciones en 2011 y 2012
Grupo	Binaria	Uno, si la firma forma parte de un grupo de empresas
Innovación no tecnológica	Binaria	Uno, si la firma ha introducido alguna innovación organizacional o en marketing
Educación empleados	Binaria	Uno, si la firma tiene un porcentaje de empleados con educación universitaria sobre el promedio del sector económico en 2012 (para cada uno de los 13 sectores)
I+D	Binaria	Uno, si la firma realizó Investigación y Desarrollo dentro o fuera de la empresa.
Empleados I+D	Log	Logaritmo del número de empleados que en 2012 se dedican a actividades de I+D
Producción científica	Discreta	Número de artículos científicos producidos entre 2008 y 2012 por universidades en la región donde opera la firma.
Falta de demanda	Binaria	Uno, si la firma considera como un desincentivo alto a innovar la falta de demanda de innovaciones
<i>Importancia de fuentes de información:</i>		
Fuentes de mercado	Ordinal	Suma de la importancia (número entre 0 (no relevante) y 3 (muy relevante)) de fuentes de información de proveedores, clientes, competidores y consultores, reescalado entre 0 (sin spillover) y 1 (máximo spillover)
Fuentes científicas	Ordinal	Suma de la importancia (número entre 0 (no relevante) y 3 (muy relevante)) de fuentes de información de universidades e institutos de investigación, reescalado entre 0 (sin spillover) y 1 (máximo spillover)
Fuentes públicas	Ordinal	Suma de la importancia (número entre 0 (no relevante) y 3 (muy relevante)) de fuentes de información de conferencias, revistas, asociaciones profesionales e internet, reescalado entre 0 (sin spillover) y 1 (máximo spillover)

A menos que se indique lo contrario, las variables se refieren a 2011 y/o 2012.

C. Modelo benchmark

C1. Probabilidad de invertir en innovación (ID) e intensidad del gasto en innovación por trabajador (IE)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Todos	Manufacturas	Transables	No transables
Decisión de gasto en innovación (ID)				
Exportador	0.319*** (0.0673)	0.201* (0.101)	0.216* (0.0880)	0.302** (0.116)
Propiedad extranjera	-0.0685 (0.0835)	-0.00183 (0.157)	0.0189 (0.132)	-0.130 (0.109)
Protección patente	0.842*** (0.113)	0.978*** (0.190)	0.944*** (0.170)	0.729*** (0.153)
Tamaño	0.139*** (0.0155)	0.322*** (0.0364)	0.230*** (0.0297)	0.104*** (0.0186)
Constante	-1.123*** (0.113)	-1.900*** (0.147)	-1.697*** (0.197)	-0.961*** (0.122)
Gasto en innovación por trabajador (IE)				
Cooperación	0.396* (0.162)	0.124 (0.287)	0.332 (0.240)	0.439* (0.219)
Exportador	0.504** (0.184)	0.365 (0.251)	0.231 (0.230)	0.807** (0.307)
Propiedad extranjera	0.231 (0.215)	0.489 (0.333)	0.539+ (0.306)	-0.0689 (0.300)
Protección patente	1.553*** (0.266)	1.030** (0.378)	1.223*** (0.369)	1.698*** (0.377)
Financiamiento público	0.216 (0.173)	0.462 (0.300)	0.118 (0.267)	0.272 (0.226)
Fuente de de mercado	0.595* (0.271)	0.646 (0.462)	0.690+ (0.413)	0.517 (0.360)
Fuentes científicas	0.308 (0.274)	0.846+ (0.490)	0.555 (0.432)	0.188 (0.359)
Fuentes públicas	0.124 (0.267)	-0.193 (0.453)	0.0506 (0.408)	0.217 (0.354)
Constante	4.275*** (0.381)	4.602*** (0.444)	3.316*** (0.629)	4.077*** (0.460)
No. observaciones	3238	1059	1346	1892
Wald χ^2	132.89***	27.84***	47.66***	84.61***
Log likelihood	-4174.58	-1315.49	-1693.35	-2469.85
Test Wald de independencia ($\rho = 0$)	31.60***	10.06**	11.96***	15.99***

Notas: Los coeficientes reportados son efectos marginales; errores estándar entre paréntesis

Incluye efectos fijos por industria

+ $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

C2. Probabilidad de innovación tecnológica (TI)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Todos	Manufacturas	Transables	No transables
Esfuerzo en innovación (predicho)	0.428*** (0.0280)	0.459*** (0.0425)	0.466*** (0.0325)	0.395*** (0.0352)
Tamaño	0.0147* (0.00601)	0.0450*** (0.00907)	0.0306*** (0.00907)	0.00648 (0.00698)
Exportador	-0.179*** (0.0262)	-0.158*** (0.0322)	-0.129*** (0.0330)	-0.234*** (0.0509)
Propiedad extranjera	-0.0790** (0.0266)	-0.192*** (0.0554)	-0.186*** (0.0400)	0.0167 (0.0390)
No. observaciones	3238	1059	1346	1892
Wald χ^2	258.50***	142.89***	143.37***	122.44***
Log likelihood	-1676.87	-512.23	-630.22	-1030.97
Pseudo R^2	0.18	0.23	0.25	0.15

Efectos marginales; errores estándar entre paréntesis

Errores estándar con bootstrap (100 replicaciones). Incluye efectos fijos por industria.

+ $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

C3. Impacto de la innovación sobre la productividad del trabajo (Y)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Todos	Manufacturas	Transables	No transables
Innovación tecnológica (predicho)	0.235*** (0.0288)	0.250*** (0.0476)	0.231*** (0.0364)	0.163*** (0.0410)
Tamaño	-0.00416 (0.0131)	0.153*** (0.0311)	0.112*** (0.0222)	-0.0657*** (0.0185)
Inversión en capital	-0.00422* (0.00166)	-0.00443 (0.00373)	-0.00256 (0.00292)	-0.00515* (0.00256)
Innovación no tecnológica	0.0660 (0.0465)	0.0382 (0.0897)	0.0410 (0.0761)	0.0629 (0.0626)
Constante	10.62*** (0.109)	9.948*** (0.159)	10.03*** (0.171)	10.84*** (0.118)
No. observaciones	3238	1059	1346	1892
Wald χ^2	1696***	160.19***	629.20***	818.83***
R^2	0.25	0.12	0.19	0.30

Notas: Los coeficientes reportados son efectos marginales; errores estándar entre paréntesis

Errores estándar con bootstrap (100 replicaciones). Incluye efectos fijos por industria.

+ $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Bibliografía

- Alvarez, R. (2001). External sources of technological innovation in the Chilean manufacturing industry. *Estudios de Economía*, 28(1), 53–68.
- Álvarez, R., Bravo, C., & Navarro, L. (2011). Innovación, investigación y desarrollo, y productividad en Chile, *Revista CEPAL*, 141-166.
- Álvarez, R., Bravo, C., & Zahler, A. (2015). Innovation and Productivity in Services: Evidence from Chile, *Emerging Markets Finance and Trade*, 51:3, 593-611.
- Arrow, K. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, en Nelson, R., ed., *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton: Princeton University Press, 609-625.
- Aschhoff, B., & Schmidt, T. (2008). Empirical evidence on the success of RD cooperation—happy together?, *Review of Industrial Organization*, 33, 41-62.
- Becker, W., & Dietz, J. (2004). RD co-operation and innovation activities of firms-evidence for the German manufacturing industry. *Research Policy*, 33, 209–223.
- Belderbos, R., Carree, M., & Lokshin, B. (2004). Co-operative RD and firm performance. *Research Policy*, 33, 1477–1492.
- Benavente, J.M. (2006). The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile, en *Empirical Studies of Innovation in the Knowledge Driven Economy*, Guest eds. B. Hall and J. Mairesse, *Economics of Innovation and New Technologies*, 15, 4–5, pp. 301–315.
- Bougrain, F., & Haudeville, B. (2002). Innovation, collaboration and SMEs internal research capacities. *Research Policy*, 31, 735–747.
- Cameron, A. C., Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge university press.
- Cassiman, B., & Veugelers, R. (2002). RD cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium. *American Economic Review*, 92 (4), 1169–1184.
- Chudnovsky, D., & López, A., Pupato, G. (2006). Innovation and Productivity in Developing Countries: A Study of Argentine Manufacturing Firms' Behaviour (1992–2001), *Research Policy*, 35, 266–288.
- Cincera, M., Kempen, L., Van Pottelsberghe, B., Veugelers, R., & Villegas, C. (2003). Productivity growth, RD and the role of international collaborative agreements: some evidence for belgian manufacturing companies. *Brussels Economic Review*, 46, 107-140.

- Cohen, W. M., & Klepper, S. (1996). Firm size and the nature of innovation within industries: The case of process and product RD. *The Review of Economics and Statistics*, 78(2), 232–243.
- Cohen, W. M. & Levin, R. C. (1989). Empirical studies of innovation and market structure. En R. Schmalensee, Willing, (eds.). *Handbook of Industrial Organization*, 1059-1107. Amsterdam: Elsevier.
- Correa, P., Sanchez, I.G., & Singh, H. (2005). Research, Innovation and Productivity: firm level analysis for Brazil, *mimeo*.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairesse, J. (1998). Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115–158.
- Crespi, G., & Zúñiga, P. (2012). Innovation and Productivity: Evidence from six Latin American countries, *World Development*, 40, 273-290.
- De Faria, P., Lima, F., & Santos, R. (1992). Cooperation in innovation activities: The importance of partners, *Research Policy*, 39, 1082-1092.
- Dosi, G. (1988). Sources, procedures and microeconomic effects of innovation, *Journal of Economic Literature*, 26, 1120–1171.
- Freel, M.S., & Harrison, R.T. (1996). Innovation and cooperation in the small firm sector: evidence from Northern Britain. *Regional Studies*, 40, 289–305.
- Fritsch, M., & Franke, G. (2004). Innovation, regional knowledge spillovers and RD co-operation. *Research Policy*, 33, 245–255.
- Fritsch, M., & Lukas, R. (2001). Who cooperates on RD? *Research Policy*, 30 (2), 297–312.
- Girma, S. A., & Gorg, H. B. (2007). Multinationals' productivity advantage: Scale or technology?. *Economic Inquiry*, 45(2), 350–362.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., & Peters, B (2006). Innovation and productivity across four European countries. *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4), 483–498.
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics*, 10, 92–116.
- Griliches, Z. (1980). Returns to RD expenditures in the private sector, in J. W. Kendrick B. Vaccara (eds), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Chicago: Chicago University Press.
- Griliches, Z. and Lichtenberg, F. (1984a). RD and productivity growth at the industry level: is there still a relationship?, en Z. Griliches (ed.), *RD, Patents, and Productivity*, NBER and Chicago University Press.

- Gulati, R. (1995). Social structure and alliance formation patterns: a longitudinal analysis. *Administrative Science Quarterly*, 40, 619–652.
- Hall, B. H. (1996). The private and social returns to research and development. *Technology, RD, and the Economy*, 140, 162.
- Hall, B., & Maffioli, A. (2008). Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: Evidence from Latin America. *European Journal of Development Research*, 202, 172–198. Washington, DC, United States: National Bureau of Economic Research.
- Hall, B. and Mairesse, J. (1995). Exploring the relationship between RD and productivity in French manufacturing firms, *Journal of Econometrics*, vol. 65, pp. 263–94.
- Harabi, N. (1998). Innovation through vertical relations between firms, suppliers and customers: a study of German firms. *Industry and Innovation*, 5 (2), 157–179.
- Heckman, J. (2009). Sample Selection Bias as a Specification Error, *Econometrica*, 47, 153-161.
- Janz, N., Löf, H., Peters, B. (2004). Innovation and Productivity in German and Swedish Manufacturing Firms: Is There a Common Story?, *Problems and Perspectives in Management*, 2, 184–204.
- Jones, C. I., Williams, J. C. (1998). Measuring the social return to RD. *Quarterly Journal of Economics*, 1119-1135.
- Kamien, M., Oren, S., & Tauman, Y. (1992). Optimal licensing of cost-reducing innovation. *Journal of Mathematical Economics*, 21, 483–508.
- Kennedy, P. E. (1981). Estimation with correctly interpreted dummy variables in semilogarithmic equations [the interpretation of dummy variables in semilogarithmic equations]. *American Economic Review*, 71(4).
- Krugman, P.R. (1994). *The age of diminished expectations: US economic policy in the 1990s*. Cambridge: MIT Press.
- Kumar, N., & Aggarwal, A. (2007). Liberalization, outward orientation and in-house RD activity of multinational and local firms: A quantitative exploration for Indian manufacturing. *Research Policy*, 34(4), 441–460.
- Evidence from Korean manufacturing firms. *Global Economic Review*, 36(4), 343–359.
- Levin, R. C. (1988). Appropriability, RD spending, and technological performance. *The American Economic Review*, 78(2), 424-428.
- Lhuillery, S. & Pfister, E. (2009). RD cooperation and failures in innovation projects: Empirical evidence from French CIS data, *Research Policy*, 38, 45-57.

- Lööf, H. & Broström, A. (2008). Does knowledge diffusion between university and industry increase innovativeness?, *The Journal of Technology Transfer*, 33, 73-90.
- Mairesse, J., & Mohnen, P. (2010). Using innovation surveys for econometric analysis. NBER Working Paper no. 15857.
- Mairesse, J., Robin, S. (2009). Innovation and productivity: a firm-level analysis for French Manufacturing and Services using CIS3 and CIS4 data (1998-2000 and 2002-2004). Paris: CREST-ENSAE.
- Miotti, L., & Sachwald, F. (2003). Co-operative RD: why and with whom?: An integrated framework of analysis, *Research Policy*, 32, 1481-1499.
- Mohnen, P., Mairesse, J., Dagenais, M. (2006). Innovativity: A comparison across seven European countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5), 391-413.
- Nelson, R. (2000). National innovation systems, en ACS Z. (Ed.) *Regional Innovation, Knowledge and Global Change*, pp. 11–26. Pinter, London.
- Nieto, M.J., & Santamaría, L. (2007). The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. *Technovation*, 27, 367–377
- OECD (1992). Proposed guidelines for collecting and interpreting technology innovation data. Oslo Manual 1992, Paris.
- Okamuro, H. (2008). Determinants of successful RD cooperation in Japanese small businesses: The impact of organizational and contractual characteristics, *Research Policy*, 36, 1529-1544.
- Pakes, A., & Griliches, Z. (1980). Patents and RD at the firm level: A first look. NBER working paper no. 0561. Washington, DC, United States: National Bureau of Economic Research.
- Pagan, A. R. (1984). Econometric issues in the analysis of regressions with generated regressors. *International Economic Review* 25, 221–247.
- Pisano, G. (1990). The organisation of industry, *Economic Journal*, 82, 883–896. The RD boundaries of the firm: an empirical analysis. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 153–176.
- Raffo, J., Lhuillery, S., & Miotti, L. (2008). Northern and southern innovativity: A comparison across European and Latin American countries. *European Journal of Development Research*, 20(2), 219–239
- Richardson, G. (1972). The organisation of industry, *Economic Journal*, 82, 883–896.
- Robin, S., & Schubert, T. (2013). Cooperation with public research institutions and success in innovation: Evidence from France and Germany, *Research Policy*, 42, 149-166.

- Smitka, M.J. (1991). *Competitive Ties: Subcontracting in the Japanese Automotive Industry*. Columbia University, New York.
- Teece, D. (1996). Firm organization, industrial structure and technological innovation, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 31, 193–224.
- Tomlinson, P. (2010). Co-operative ties and innovation: Some new evidence for UK manufacturing, *Research Policy*, 39, 762-775.
- Tether, B. (2002). Who co-operates for innovation, and why. An empirical analysis. *Research Policy*, 31, 947–967.
- Von Hippel, E. (1988). *Sources of Innovation*. Oxford University Press, Oxford.
- Zeng, S. X., Xie, X. M., Tam, C. M. (2010). Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. *Technovation*, 30(3), 181-194.
- Wooldridge, J. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*, The MIT Press.
- Zeng, S. X., Xie, X. M., Tam, C. M. (2010). Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. *Technovation*, 30(3), 181-194.