



CENTRO DE INNOVACION UC
ANACLETO ANGELINI

Proyecto apoyado por



EFFECTO DE LA COLABORACIÓN EN ACTIVIDADES DE I+D SOBRE LA CAPACIDAD EXPORTADORA DE LAS EMPRESAS CHILENAS

Santiago, octubre 2020

Investigadores:

María Trinidad Álvarez
Rodrigo Fernández

Edición:

Comunicaciones y Asuntos Corporativos
del Centro de Innovación UC

Diseño y diagramación:

urzuadiseño.cl



RESUMEN EJECUTIVO

La pandemia del Covid-19 ha impactado considerablemente a la economía chilena, sin embargo, las exportaciones no se han visto altamente afectadas¹, lo que permite considerarlas como un factor importante para la recuperación económica. Por otro lado, el impacto que ha tenido esta pandemia en las empresas las ha llevado a modificar sus modelos de negocio, donde la capacidad de adaptación puede interpretarse como una oportunidad para el desarrollo de nuevo conocimiento e innovación. Es en este sentido, que resulta de interés evaluar cómo la I+D² puede ser una herramienta importante para potenciar la capacidad exportadora del país, de manera de identificar un posible camino para que las empresas recuperen e incrementen su desempeño y posición en los mercados internacionales.

Respecto al fomento de I+D e innovación en el país, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) es el organismo público que a través de distintos programas impulsa el emprendimiento,

la innovación y la competitividad de las empresas, junto con fortalecer el capital humano y las capacidades tecnológicas necesarias. En esta tarea, se ha considerado como un factor importante para la generación y transferencia de conocimiento, robustecer el trabajo colaborativo entre distintos actores del ecosistema. Esto se concreta a través de programas de apoyo a la I+D que tienen como requisito la postulación conjunta con una empresa (relación EE) o con universidades y centros de investigación (relación UE).

Por otro lado, ProChile es quien lidera desde del sector público la promoción de la oferta exportable de bienes y servicios nacionales, de manera que contribuye al desarrollo del país mediante la internacionalización de las empresas chilenas. Para ello, dispone de un conjunto de programas de apoyo para las distintas etapas de internacionalización y actividad exportadora, considerando empresas por sector económico como por tamaño.

En vista de lo anterior, hoy no se observa cómo las políticas dirigidas a promover las exportaciones se vinculan con el fomento en actividades intensivas en I+D. Por esta razón, se plantea como interrogante del presente estudio de qué forma las actividades intensivas en conocimiento permiten incrementar la capacidad exportadora del país. En particular aquellas basadas en la colaboración, como es el caso de la I+D desarrollada mediante relaciones EE o UE, de forma de poder considerarlas como un motor para la internacionalización de las empresas nacionales.

El estudio sobre los efectos de estos tipos de colaboración en I+D sobre la capacidad exportadora de las empresas es de exploración reciente en la literatura. Todavía no existe un consenso sobre su sentido y magnitud. El presente trabajo es una profundización del estudio “Efecto de la relación Universidad Empresa en proyectos de I+D sobre las exportaciones de

¹ Durante el trimestre abril-junio del 2020 se registró un descenso de un 14,1% del PIB en comparación con el mismo trimestre del año anterior, mientras que la contribución trimestral al PIB por parte de las exportaciones netas aumentó en 5,2% para el mismo período. Para detalles consultar <https://si3.bcentral.cl/SetGraficos/#>

² Según la definición del Manual de Frascati (OECD, 2015: 47), las actividades de I+D (Investigación y Desarrollo) comprenden el trabajo creativo y sistemático realizado con el objetivo de aumentar el volumen de conocimiento (incluyendo el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad) y concebir nuevas aplicaciones a partir del conocimiento disponible.

las empresas chilenas”, realizado por el Laboratorio de Estudios de I+D+i Empresarial del Centro de Innovación UC Anacleto Angelini, el cual tuvo por objetivo analizar el efecto de los instrumentos CORFO de fomento a la I+D que promueven la colaboración UE sobre la capacidad exportadora. En el presente estudio, se incorpora el análisis de la relación EE en proyectos de I+D y su impacto en las exportaciones, de manera de poder comparar los efectos de distintos tipos de colaboración. Así mismo, los modelos utilizados anteriormente fueron comparados con otras estrategias que permitieron enriquecer la discusión empírica. Con esto se espera poder entregar evidencia que permita mejorar el diseño de políticas públicas en la materia y, en particular, evidenciar la importancia de generar políticas de exportaciones e I+D más vinculadas, para extraer el valor que genera esta relación.

Los resultados indican que ambos tipos de colaboración implican una mayor

probabilidad de exportar y un mayor volumen exportado por las empresas, pero no una mayor diversificación de las exportaciones, tanto a nivel de productos como de países de destino.

El efecto de la colaboración EE muestra resultados al año siguiente de la postulación, mientras que los efectos de la colaboración UE operan en un plazo de 3 a 4 años en promedio, lo que da cuenta de las diferencias entre los objetivos que impulsan cada tipo de colaboración: las EE se orientan a soluciones incrementales de corto plazo, mientras que las UE se orientan a desarrollos más disruptivos de largo plazo.

Así mismo, las conclusiones sugieren la necesidad de explorar la eventual existencia de incentivos complementarios a la colaboración en actividades de I+D en relación a la inserción en el mercado exportador, es decir, donde ambos tipos de colaboración se refuercen mutuamente.

De este modo, las consideraciones de política podrían orientarse a una mayor focalización de los instrumentos de fomento a la colaboración, tomando en cuenta distintas combinaciones de los tipos de colaboración en I+D.

Este informe fue organizado en seis secciones. En la primera, se presenta el comportamiento que han tenido las variables de capacidad exportadora y la colaboración en actividades de I+D durante los últimos años. En la segunda, se revisan las consideraciones teóricas respecto de la colaboración en actividades de I+D y la capacidad exportadora. En la tercera sección se describen los datos, metodología e instrumentos CORFO de fomento a la I+D considerados. En la cuarta sección se presenta un análisis descriptivo de las principales variables. En la quinta sección se detallan los resultados del modelamiento. Y la sexta sección finaliza con las conclusiones y consideraciones de política pública.

COLABORACIÓN EN I+D Y EXPORTACIONES:

FACTORES RELEVANTES PARA EL CRECIMIENTO DEL PAÍS

Existe un reconocimiento transversal sobre el rol que juega la inversión en la generación y transferencia de conocimiento para lograr mejores objetivos de crecimiento económico, lo cual se torna especialmente necesario en el contexto actual, donde la pandemia por Covid-19 ha impactado la economía a nivel local y global. En el corto plazo, los pronósticos apuntan a que producto de la pandemia, la economía global podría atravesar por una recesión para el 2021. Según el Global Economic Prospects (World Bank, 2020), la contracción económica alcanzará un nivel estimado de 5,2% del PIB a nivel mundial, 7% en las economías avanzadas y 2% para aquellas consideradas como emergentes o en desarrollo.

De esta forma, el escenario complejo en el que estamos viviendo envuelve oportunidades tanto para la investigación y desarrollo como para la innovación, las que jugarán un papel central en la capacidad de recuperación económica y la competitividad de los países.

Según el Índice de Competitividad Global 2018-2019 publicado por el Foro Económico Mundial, Chile aparece en el lugar 33 a nivel global, subiendo un puesto respecto de la medición anterior,

y situándolo primero entre los países latinoamericanos. No obstante, en el pilar de capacidades para innovar, Chile se sitúa en el lugar 81 de 140 países.

Así mismo, según el Informe de Competitividad Mundial publicado por el International Institute for Management Development (IMD, 2018), Chile descendió del lugar 25 en el 2011, al lugar 35 en el 2018, a pesar de que se mantiene como líder en la región. Este reporte es enfático en señalar que el país requiere avanzar en relación al crecimiento económico y la diversificación de productos y mercados de exportación (en ambas Chile ocupa el lugar 54), como también en la generación y transferencia de conocimiento, ya que se destaca una baja inversión en I+D como porcentaje del PIB (lugar 54) y una baja productividad (lugar 56).

De lo anterior, se desprende que el incremento en el desarrollo de actividades de I+D y potenciar la capacidad exportadora del país son ámbitos centrales en los que se debe avanzar a nivel país.

Teniendo en cuenta la dependencia de la economía nacional en las exportaciones³, su rol en la recuperación económica del

país será de gran relevancia, sobre todo si consideramos las oportunidades que se abren en el contexto de transformación digital en las empresas (Loucks, J. et al, 2016; Alvarez & Fernández, 2020). De aquí que resulta de interés comprender las relaciones entre las actividades de I+D dentro de una economía cada vez más intensiva en conocimiento, y la capacidad exportadora de las empresas como foco de recuperación económica.

Si bien el financiamiento de proyectos de I+D es un elemento central para dotar de una mayor competitividad a la economía, no basta con la inversión en más y mejores laboratorios, o la formación e incorporación de capital humano avanzado para ello. También es necesario potenciar la colaboración entre los agentes del ecosistema en actividades de I+D, y de manera más específica, la forma en que la colaboración pasa a integrarse a la estrategia de innovación de las empresas (Rojas, Solís & Zhu, 2018).

Por su parte, los beneficios de la colaboración en actividades de I+D están relacionados con los efectos de derrame o spillover sobre el entorno (Amir, Yin & Troege, 2008), es decir, las capacidades desarrolladas en este tipo

³ Al año 2018, el porcentaje de participación de las exportaciones sobre el PIB chileno es de un 28,8% según datos del World Bank. Para mayor detalle consultar <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/CHL>



de proyectos pueden ser aprovechadas por otros agentes dentro del mercado para el incremento de la productividad total de la economía.

Aunque se reconoce una relación entre la capacidad exportadora y la productividad por un lado, y una relación entre la productividad y la colaboración en actividades de I+D por otro, esta afirmación no implica necesariamente que exista una relación clara entre la colaboración en I+D y el nivel de desarrollo de la capacidad exportadora.

En la literatura no existe un acuerdo respecto de la relación entre la colaboración en actividades de I+D y la capacidad exportadora de las empresas. En efecto, hay un conjunto de investigaciones que constata una relación positiva entre la colaboración en I+D y la capacidad exportadora, producto del incremento de la productividad conjunta de las empresas (Cassiman y Golovko, 2011, Becker y Egger, 2013). Por su parte, un segundo conjunto de estudios afirma que hay casos en los que esta relación es positiva solo en empresas medianas, las que son más competitivas en el mercado interno que en el internacional, dado que las barreras a exportar siguen siendo

considerables (Roper & Love, 2002; Suárez-Porto & Guisado-González, 2014).

Un antecedente importante para el caso chileno, y referencia de base para el presente trabajo, es el estudio desarrollado por el Laboratorio de I+D+i Empresarial del Centro de Innovación UC titulado “Efecto de la relación Universidad Empresa en proyectos de I+D sobre las exportaciones de las empresas chilenas” (Pertuzé et. al, 2018), cuyo objetivo fue testear el efecto que tiene en las exportaciones la colaboración UE en proyectos de I+D, donde los resultados indican un efecto positivo y significativo de este tipo de colaboración en relación a la probabilidad de exportar, al volumen exportado y a la diversificación de productos exportados. No obstante, se constata que esta relación no es extensiva para la diversificación de países de destino.

Sin embargo, considerando que un ecosistema de innovación debe potenciar la colaboración entre los distintos actores que lo componen, resulta relevante analizar el efecto en las exportaciones de proyectos de I+D basados en otros tipos de colaboración.

De esta forma, el presente estudio releva el rol que cumple la colaboración entre empresas en actividades de I+D respecto de su capacidad exportadora, en comparación con el rol que cumple la colaboración con las universidades en esta capacidad. Lo anterior permitirá comprender las diferencias entre ambos tipos de colaboración, especialmente en los tiempos en que ocurre el efecto sobre la capacidad exportadora. De este modo, se espera contribuir al mejoramiento de los instrumentos de política pública dirigidos a incentivar la colaboración en I+D y las exportaciones, junto con plantear la posibilidad de una política conjunta entre las instituciones que impulsan este tipo de actividades.



HACIA UNA RELACIÓN VIRTUOSA:

¿PODEMOS INCREMENTAR LA CAPACIDAD EXPORTADORA A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE PROYECTOS DE I+D BASADOS EN LA COLABORACIÓN?

1. El conocimiento como bien público y políticas de incentivo a las actividades de I+D

Las actividades de I+D son generadoras de conocimiento, el cual puede ser definido como un bien público, es decir, donde no existe rivalidad en su acceso ni en su consumo (Romano, 1989). La condición de no rivalidad de acceso implica que acceder a este bien no imposibilita que otros lo puedan hacer, a diferencia de otros bienes y servicios cuyas características imponen restricciones intrínsecas de acceso, por ejemplo, la fila para ser atendido en un servicio. En relación a la condición de no rivalidad en el consumo, se refiere a que uno o más agentes pueden hacer uso de este bien de manera simultánea, sin que este se vea alterado en sus propiedades fundamentales, dado que se trata de un bien indivisible.

Lo anterior es ampliamente reconocido en la literatura en torno a las fallas de mercado de las actividades intensivas en conocimiento, tal como lo es la I+D y la innovación. Esta falla radica en que los retornos sociales de estas actividades son mayores a los privados, ya que los bienes públicos son ricos en efectos de derrame (Amir, Yin & Troege, 2008). Esta diferencia entre los

beneficios sociales y privados implica que los incentivos para innovar son aprovechados preferentemente por empresas que cuentan con capacidades para proteger sus innovaciones, es decir, aquellas con mayor poder de mercado. En este contexto, se han desarrollado mecanismos que permiten la corrección de esta falla, tales como políticas de patentes y licenciamiento, de manera de garantizar rentas privadas sobre las actividades de I+D, con el fin de generar incentivos para su desarrollo.

Dentro de lo anterior, el financiamiento público a la I+D cumple un rol central mediante una oferta de instrumentos de financiamiento orientados a la corrección de esta falla de mercado, donde el papel de la colaboración es fundamental: en el caso de las colaboraciones UE, porque reducen esfuerzos económicos relacionados a la adquisición de capital humano y conocimiento científico; mientras que en las colaboraciones EE, porque muchas veces se trata de empresas que son competidoras, lo que aumenta la posibilidad de poner en valor el conocimiento compartido.

Al mismo tiempo, los incentivos a la colaboración tienen efectos considerables en el diseño e implementación de instrumentos públicos más eficientes para la asignación de recursos destinados al fomento de la I+D. En este contexto, también puede considerarse el incentivo a la I+D colaborativa como un mecanismo óptimo de política, tanto por los beneficios asociados a los efectos de derrame ya comentados, como para incentivar la autoselección de aquellas empresas con mayor disposición al desarrollo de estas actividades (Nicolaidis, 2013; Cerulli, 2012).

2. Exportar o no exportar: el efecto de la colaboración

Los tipos de colaboración son variados y dependen tanto de los actores involucrados, como de los objetivos que buscan mediante la colaboración y, en el caso particular de las empresas, si se encuentran integradas vertical u horizontalmente en el mercado.

Un tipo de colaboración es la que vincula empresas e instituciones proveedoras de conocimiento, tales como universidades y centros de investigación. Esta forma de colaboración revela en muchos casos desarrollos de base científica-tecnológica para dar solución a desafíos que enfrenta la compañía, o bien estrategias de negocios con una fuerte base disruptiva (Tether, 2002; Monjon y Waelbroeck, 2003; Belderbos, Carree y Lokshin, 2006).

La colaboración también puede darse entre empresas, la que puede ser establecida entre proveedores y clientes, impulsada preferentemente por la necesidad de la empresa de tener acceso a tecnologías para la solución de problemas de negocio, compartiendo los riesgos de adquirirlas directamente en el mercado y abaratando costos mediante innovaciones de procesos (Miotti y Sachwald, 2003; Belderbos, Carree y Lokshin, 2006). También

puede darse la colaboración entre empresas competidoras, la que a menudo está motivada por la necesidad de compartir costos y posibles sinergias que permitan un aprovechamiento mutuo de capacidades y conocimiento (Belderbos, et al., 2006).

Sobre la relación entre colaboración en actividades de I+D y capacidad exportadora, en la literatura se reconoce de manera transversal la existencia de una relación positiva entre la intensidad de las actividades de I+D y la probabilidad de exportar por parte de las empresas, en particular entre aquellas que son intensivas en tecnología. No obstante, en relación al efecto de la colaboración en este tipo de actividades, se trata de estudios donde esta es considerada de manera general, sin identificar a los actores involucrados en la colaboración. Un segmento acotado de estudios se ha concentrado en las diferencias entre distintos tipos de cooperación en actividades de I+D según quien participa. En estos se declara que habría efectos positivos en la probabilidad de exportar de las empresas, dentro de lo cual se incluyen los agentes considerados en el presente trabajo (EE y UE), entre otros tipos, como aquellos que componen al sector público (Lefebvre, Lefebvre y Bourgault, 1998).

No obstante, los efectos de esta colaboración dependerán de los objetivos buscados por cada uno de los actores involucrados. Se ha observado que la colaboración entre empresas se enmarca en un contexto de desarrollo de innovación incremental, es decir, aquella que se orienta hacia desarrollos ya existentes, mientras que se orienta hacia desarrollos ya existentes, mientras que las colaboraciones entre empresas y universidades están vinculadas a nuevos desarrollos (Faems, Van Looy y Debackere, 2005). De este modo, es razonable considerar que el efecto que tengan las colaboraciones en actividades de I+D dependerán del tipo de actor con el cual las empresas deciden establecer esta relación (EE y UE)

A partir de lo anterior, la primera hipótesis definida para el presente trabajo corresponde a:

H1: La colaboración en actividades de I+D tiene un efecto positivo sobre la probabilidad de exportar, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas (EE o UE).



3. Colaboración en I+D y competitividad en mercados internacionales

Las capacidades de exportación que definen el nivel de competitividad en la economía internacional pueden ser vistas desde la intensidad de las exportaciones -definida por el volumen exportado- y su nivel de diversificación, tanto a nivel de productos exportados, como de países de destino.

Sobre el volumen exportado, la literatura reconoce de manera transversal el hecho que, en empresas de similar tamaño y sector, aquellas que colaboran en actividades de I+D independientemente del tipo de agente con el cual se establece esta relación, exportan más que aquellas que no colaboran (Lefebvre, Lefebvre y Bourgault, 1998; Gourlay & Seaton; 2004; Bitrán et al, 2014). Dentro de esta línea de trabajos, el estudio de Pertuzé et. Al. (2018), indica que las colaboraciones UE tienen un efecto positivo y significativo sobre el volumen exportado de las empresas.

Existe una línea de estudios que ha presentado que la relación positiva entre colaboración en actividades de I+D y volumen exportado no implica necesariamente que la intensidad exportadora a nivel agregado (volumen exportado a nivel nacional o sectorial) se vea explicada por las empresas que

colaboran en sus actividades de I+D. Esto quiere decir que las empresas que más exportan no son necesariamente las que más colaboran en actividades de I+D. En efecto, sostienen que la intensidad con la que las empresas exportan depende más de características relacionadas a la escala de producción y no con la colaboración en I+D (Roper & Love, 2002; Suárez-Porto & Guisado-González, 2014). De aquí que, según este grupo de investigaciones, la colaboración en actividades de I+D tendría mayores efectos sobre la competitividad agregada del mercado interno, donde hay un mayor protagonismo de empresas medianas. Respecto de la diversificación de las exportaciones, ya sea en cuanto a productos o países de destinos, tampoco existe evidencia que permita determinar de forma categórica hasta qué punto se encuentra positivamente relacionada con la colaboración en actividades de I+D a nivel de empresas.

Según Gourlay y Seaton (2004), la diversificación de productos tiene un efecto positivo sobre la probabilidad de que una empresa continúe exportando, la que a su vez tendría efectos positivos sobre el volumen exportado. Desde una perspectiva macroeconómica, lo anterior

es una condición fundamental para el desarrollo económico (Cadot, Carrère y Strauss-Kahn, 2011; Parteka y Tamberi, 2013), dado que la diversificación de la actividad exportadora permite que las empresas puedan generar y mantener ventajas comparativas a través de economías de escala y ámbito, es decir, donde pueden aprovechar sus activos para el desarrollo de negocios en otros mercados (Aulakh et al., 2000).

De este modo, si la colaboración en actividades de I+D tiene un efecto positivo sobre la intensidad de las exportaciones, y si esta se encuentra asociada a una mayor diversificación de productos y países de destino, la colaboración podría tener un efecto positivo sobre el nivel de diversificación de las exportaciones (Pertuzé et. al., 2018; Lefebvre y Bourgault, 1998). No obstante, del mismo modo en que fue señalado para el caso de la intensidad de la actividad exportadora, existe un grupo de trabajos en los que se cuestiona hasta qué punto la diversificación de países y de productos dependería más de características relacionadas con el tamaño y sector de las empresas, que de la colaboración en actividades de I+D (Roper & Love, 2002; Suárez-Porto & Guisado-González, 2014).

A partir de estas consideraciones y tomando como referencia los planteamientos y resultados del trabajo de Pertuzé et. al. (2018), las hipótesis respecto de la relación entre la colaboración en actividades de I+D y la competitividad internacional de las empresas son las siguientes:

H2: La colaboración en actividades I+D tiene un efecto positivo sobre el volumen exportado, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas (EE y UE).

H3: La colaboración en I+D tiene un efecto positivo en la diversificación de los tipos de productos exportados, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas (EE y UE).

H4: La colaboración en I+D tiene un efecto positivo en la diversificación de países de destino de las exportaciones, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas (EE y UE).



DATOS Y METODOLOGÍA

Los datos utilizados en el presente trabajo son el producto de la integración de tres fuentes a nivel de empresas⁴. Por un lado, se utilizó el registro de personalidades jurídicas del Servicio de Impuestos Internos (SII) para la serie 2008-2017, del cual se obtuvieron las variables asociadas a la región, rubro, tramo de ventas y edad de la empresa. En segundo lugar, se consideró el registro del Servicio Nacional de Aduanas para el mismo periodo, el cual se encuentra desagregado por cada una de las partidas de exportación a nivel de

empresas para la serie considerada, y del cual se obtuvo el total correspondiente al free on board (FOB⁵, en dólares) que permite aproximar el volumen exportado, el total de países de destino y el número de productos distintos exportados durante cada año.

Por último, se utilizó el registro del periodo 2008-2017 de las postulaciones a los instrumentos CORFO de fomento a la I+D, que tienen entre sus requisitos que la postulación sea en colaboración con empresas o universidades y centros

de investigación. Si bien estos datos no permiten medir directamente la colaboración en actividades de I+D, sirven como una aproximación relativa a la voluntad de colaborar. De este registro, se extrajeron datos a nivel de empresas, universidades y centros de investigación respecto al total postulaciones⁶ a los siguientes instrumentos de financiamiento para proyectos de I+D:

TABLA 1 - INSTRUMENTOS CORFO CONSIDERADOS PARA IDENTIFICAR LA COLABORACIÓN EN I+D

INSTRUMENTO	OBJETIVOS
Contratos Tecnológicos (UE Y EE)	Fomento de la relación entre entidades proveedoras de conocimiento (Universidades y Centros de Investigación) y empresas (UE), en torno a resolver una problemática mediante soluciones intensivas en I+D. Su duración es de hasta 2 años, prorrogables por 6 meses.
Voucher de Innovación (UE y EE)	Reducción de la brecha de conocimientos entre entidades proveedoras de éste y las empresas, mediante un subsidio a la contratación de servicios por parte de las empresas a estas entidades. Estos servicios deben apuntar a resolver un problema mediante soluciones intensivas en conocimiento. Su duración es de hasta 6 meses, prorrogables por 3 meses por parte de las empresas a estas entidades. Estos servicios deben apuntar a resolver un problema mediante soluciones intensivas en conocimiento.
Gestión de la Innovación (UE y EE)	Fomentar la sistematización de la gestión de los procesos de innovación de la empresa mediante la asociación con una entidad experta, dentro de las que se incluyen entidades proveedoras de conocimiento. Su duración es de hasta 12 meses, prorrogables por 3 meses.
Proyectos I+D Aplicada, Líneas 1 y 2 (UE y EE)	Resolver un problema que aún no tenga solución dentro del mercado, mediante el subsidio a las actividades de I+D aplicada involucradas. Su duración es de 3 hasta tres años, prorrogables por 12 meses

Fuente: Elaboración propia

⁴ Para mayor detalle sobre el proceso de tratamiento de los datos, ir a Anexo 1.

⁵ El FOB es un término de comercio exterior (incoterm) asociado al pago realizado para traspasar la responsabilidad de la operación de transporte desde el vendedor al comprador, lo cual permite aproximar el volumen exportado. Una diferencia respecto de la versión anterior del presente estudio es que en este caso, se trabajó con el total acumulado anual para el FOB y no con el promedio, lo que permitió obtener estimaciones más precisas a nivel agregado.

⁶ Una diferencia importante respecto de la versión anterior del presente trabajo, es que en este caso las variables que identifican colaboración fueron utilizadas en base a la suma de colaboraciones, y no como una variable dummy que identifica con 1 si la empresa postuló colaborativamente y con 0 si no.

El resultado del ejercicio de integración de estas tres fuentes permitió contar con un conjunto consolidado de datos iniciales compuesto por 3.498.667 observaciones.

En relación a la metodología, el presente trabajo corresponde a un diseño cuasi experimental, ya que se estimó la diferencia entre colaborar (grupo de tratamiento) y no colaborar (grupo de control) en actividades de I+D sobre la capacidad exportadora de las empresas (variable de resultado), tanto en los años previos a la postulación a los instrumentos CORFO, como en los años posteriores a ella. Sin embargo, el acto de postular a estos instrumentos es producto de la autoselección de las empresas, es decir, la colaboración

en actividades de I+D no es un evento que se distribuya aleatoriamente entre las empresas, razón por la cual el diseño del estudio es considerado cuasi experimental y no experimental.

Para disponer de datos adecuados para el análisis, es fundamental que las empresas que no hayan postulado alguna vez a los instrumentos CORFO considerados tengan un perfil de características similar al de aquellas que sí lo han hecho, ya que del modo contrario estaríamos analizando empresas que no son comparables y, por lo tanto, las diferencias en su capacidad exportadora pueden deberse a otros factores distintos de lo que busca analizar este estudio y que no son posibles de identificar. Para ello, se

utilizó la técnica del Propensity Score Matching (PSM), la que consistió en la estimación de un modelo para calcular la probabilidad que tienen las empresas de postular asociativamente a alguno de los instrumentos CORFO de fomento al I+D (variable de tratamiento), para luego filtrar entre aquellas que no habiendo postulado nunca de manera colaborativa a alguno de estos instrumentos, tienen una probabilidad similar a aquellas que sí han postulado. De esta manera, se obtuvo una muestra final 13.198 observaciones, las que corresponden a 3.481 empresas para el análisis de los resultados (para más detalle del proceso asociado al PSM, consultar Anexo 2).



PANORAMA GENERAL DE LA CAPACIDAD EXPORTADORA Y LA COLABORACIÓN EN I+D EN LAS EMPRESAS CHILENAS

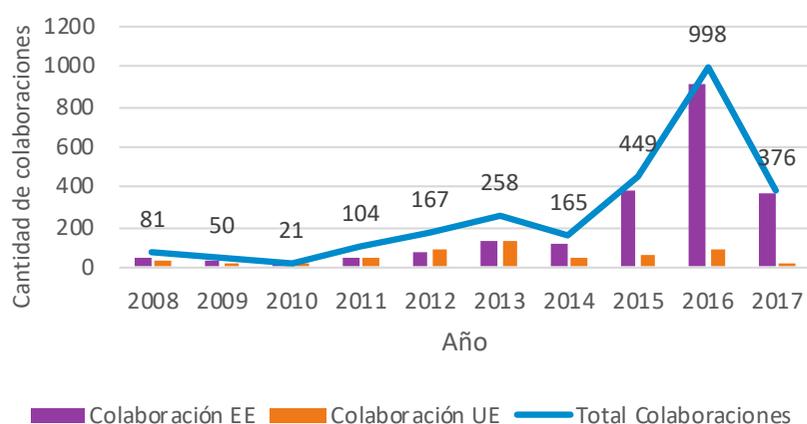
El panorama general para la serie analizada, da cuenta de un aumento en la demanda de instrumentos públicos de fomento que implican las colaboraciones UE-EE, en particular en torno a las colaboraciones EE. En relación a la capacidad exportadora, se observa una tendencia al crecimiento, tanto en la probabilidad de exportar de las empresas como también del volumen exportado. No obstante, este incremento ha ido de la mano de un descenso en la diversificación de productos y países de destino. Lo anterior quiere decir que hay más empresas exportando, y que en promedio están exportando más, pero esto ocurre en base a una menor variedad de productos y a menos países de destino.

Hay que recordar que los datos analizados en las siguientes secciones corresponden a una muestra de empresas en base a los resultados del PSM y no para el registro total de empresas que se registran cada año en el Servicio de Impuestos Internos.

1. Tipos de colaboración en actividades de I+D

El comportamiento de las postulaciones a los instrumentos de I+D de CORFO que fomentan la colaboración (Gráfico 1), da cuenta que entre 2008 y 2010 el total de postulaciones a los instrumentos señalados oscila en niveles inferiores a las 100 postulaciones, mientras que entre el 2011 y el 2014 se observa un crecimiento, pasando de 104 a 258 postulaciones. Luego, la serie experimenta un alza considerable que alcanza las 449 y 998 postulaciones entre el 2015 y el 2016, para posteriormente descender a 376 postulaciones durante el 2017.

GRÁFICO 1 - CANTIDAD DE POSTULACIONES A INSTRUMENTOS CORFO, SEGÚN TIPO DE COLABORACIÓN (EE-UE) MUESTRA 2008-2017



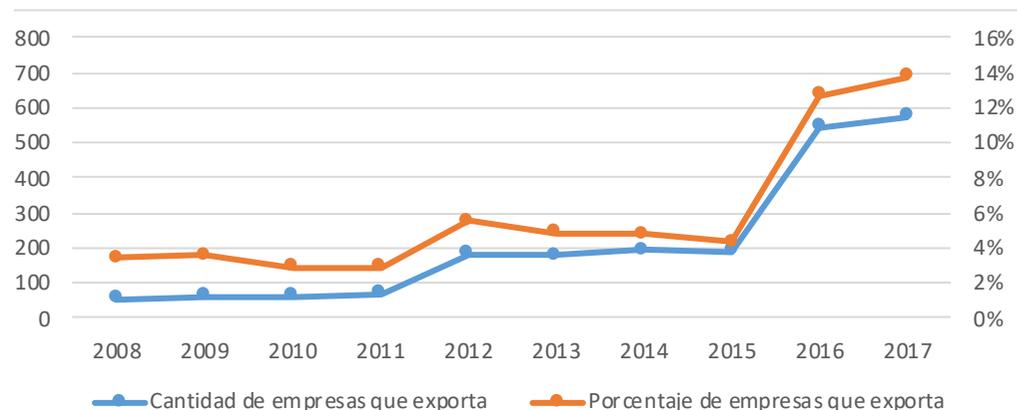
El número de postulaciones según el tipo de colaboración (EE-UE), alcanzan niveles similares entre los años 2008 y 2014. No obstante, desde el año 2015, las colaboraciones EE dominan ampliamente al comportamiento general de la serie, lo que podría estar relacionado a eventuales cambios en las bases de postulación. En este sentido, los datos permiten identificar que este tipo de colaboración adquiere un protagonismo importante para caracterizar la demanda por financiamiento público en actividades de colaboración en I+D.

Fuente: Elaboración propia en base a registro CORFO y SII

2. Probabilidad de exportar

Respecto a la probabilidad de exportar, al observar el Gráfico 2 es posible sostener que hasta el año 2015 la dinámica exportadora es sostenida por alrededor del 4% de las empresas chilenas en promedio. Luego, este porcentaje aumenta al 13% de las empresas durante el 2016, y al 14% durante el 2017.

GRÁFICO 2 - CANTIDAD Y PORCENTAJE DE EMPRESAS QUE EXPORTAN, MUESTRA 2008-2017



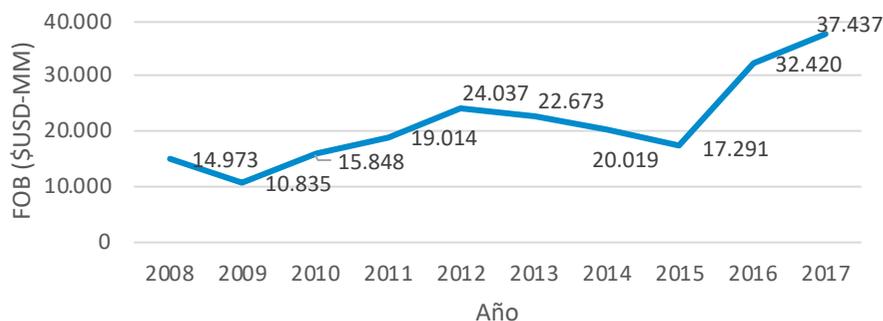
Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Nacional de Aduanas y SII

3. Volumen de exportado

En relación a los ingresos por el concepto de Free on Board (FOB), se observa una tendencia creciente, con variaciones que podrían ser indicativas de un comportamiento cíclico, es decir, de oscilaciones que son recurrentes a lo largo del tiempo, lo que constituye una característica de la dinámica de la actividad económica en general y del sector exportador en particular.

En efecto, la serie comienza con un descenso del FOB anual, de \$14.973 USD-MM para el año 2008, a \$10.835 USD-MM durante el 2009. Luego se observa un primer período de crecimiento entre los años 2009 y 2012, en el cual el FOB total pasa de \$10.835 USD-MM a \$24.037 USD-MM según los datos del Gráfico 3.

GRÁFICO 3 - TOTAL FOB (\$USD-MM NOMINALES), MUESTRA 2005-20178



A este primer período de crecimiento, le sigue uno de descenso sostenido hasta alcanzar un nivel de \$17.291 USD-MM para el año 2015. Por último, se observa un segundo período de crecimiento, durante el cual el FOB acumulado anual para el 2015 era de \$17.291 USD-MM, duplicándose para el año 2016 alcanzando los \$37.427 USD-MM en el 2017.

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Nacional de Aduanas y SII

4. Diversificación de tipos de productos exportados

Para medir la diversificación de la actividad exportadora a nivel de productos, se utilizó el código que permite identificar el tipo al que estos pertenecen⁷. Luego, se calculó el promedio anual de los tipos distintos de productos exportados por empresa en cada año de la serie, para así poder medir la variedad promedio de los tipos de productos exportados para el total de las empresas de la muestra en cada año de la serie analizada.

En el Gráfico 4 se aprecia que, si bien la tendencia es creciente tanto para la variedad de productos como de mercados, entre el año 2015 y 2016 se registra un descenso considerable con señales de recuperación para el 2017.

En efecto, la diversificación a nivel del tipo de productos fluctúa entre los 5,4 y 6 tipos de productos distintos exportados por empresa en promedio entre los años 2008 y 2011, mientras que entre el 2012 y el 2015 esta cifra oscila entre los 8,7 y 9 tipos de productos distintos por empresa en promedio. El 2016 se registra un descenso a niveles similares a los del inicio de la serie, con un leve aumento para el año 2017, lo que también daría cuenta de un comportamiento cíclico para la serie analizada.

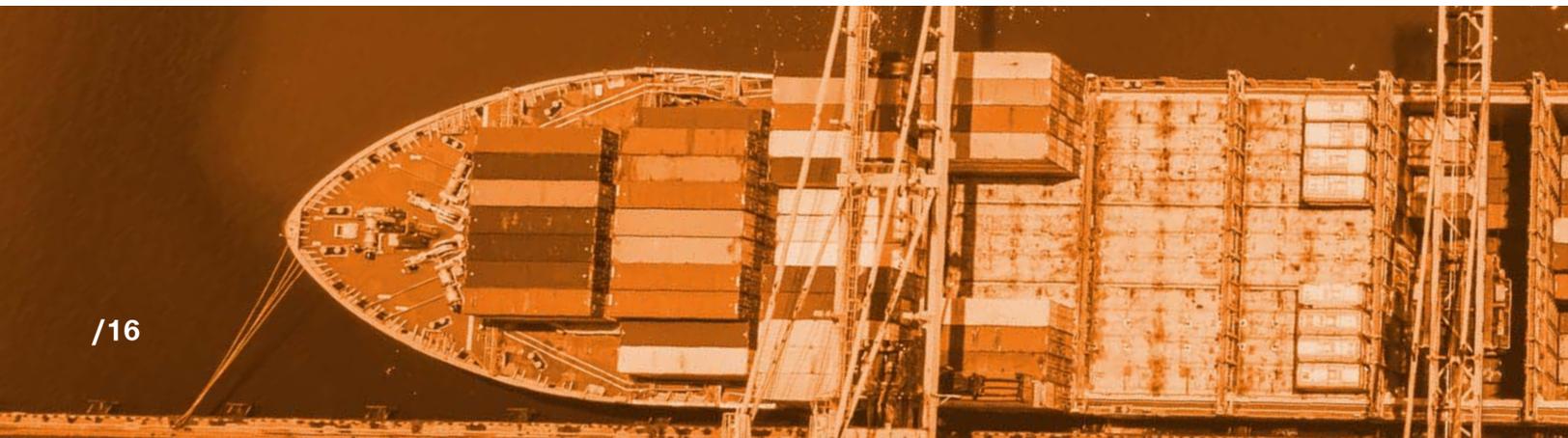
GRÁFICO 4 - DIVERSIFICACIÓN DE TIPOS PRODUCTOS EXPORTADOS, MUESTRA 2008-2017



La diversificación a nivel del tipo de productos presenta un comportamiento cíclico para la serie analizada.

Fuente: *Elaboración propia en base a Servicio Nacional de Aduanas y SII*

⁷ Este código fue homologado en base a la clasificación de la UNSTAT - Harmonized System Code 2012 a un nivel de desagregación de 6 dígitos. Para mayor detalle ir al siguiente link <https://unstats.un.org/unsd/tradekb/404.aspx?aspxerrorpath=/unsd/tradekb/Knowled-gebase/50018/Harmonized-Commodity-Description-and-Coding-Systems-HS/Default.aspx>



5. Diversificación de países de destino

Respecto de la diversificación de países de destino, esta fue calculada en base al promedio de países distintos para el total de partidas de exportación por empresa, en cada año de la serie analizada.

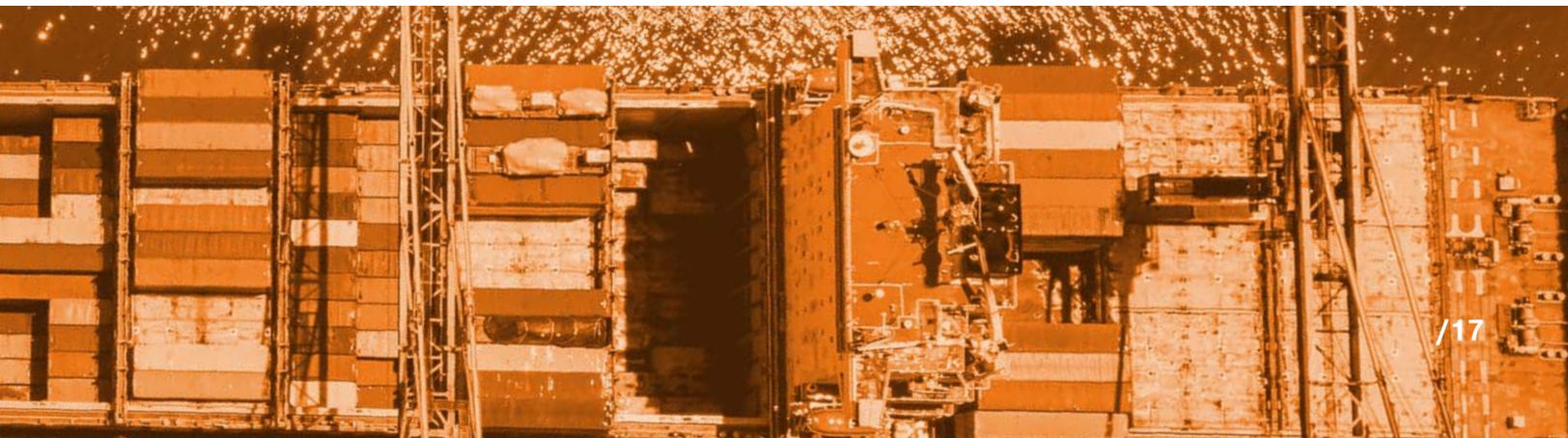
En el Gráfico 5 se observa que entre los años 2008 y 2011 se registran niveles promedio que fluctúan entre los 3,8 a 4,2 países de destino distintos en promedio por empresa al año. Luego se registra un alza entre los años 2012 y 2015, con fluctuaciones que oscilan entre 8,7 y 9,3 países de destino distintos en promedio. Finalmente, si bien se registra una baja para los años 2016 y 2017, esta sigue estando por encima de los niveles previos al período de crecimiento distintos.

GRÁFICO 5 - DIVERSIFICACIÓN DE PAÍSES DE DESTINO, MUESTRA 2008-2017



De este modo, las exportaciones han tendido a diversificar sus países de destino en el largo plazo, a pesar de que en el mediano plazo experimenten oscilaciones a la baja. En este sentido, es posible que el comportamiento de esta serie también tenga las características de un ciclo.

Fuente: *Elaboración propia en base a Servicio Nacional de Aduanas y SII*



MODELAMIENTO Y RESULTADOS

La estrategia de modelamiento utilizada⁸ se compone de tres etapas. La primera consiste en especificar las variables que forman parte de cada modelo que será estimado y analizado. En la Tabla 2 se puede observar el resumen de los modelos, diferenciando entre aquellos que son de naturaleza paramétrica (intensivos en supuestos estadísticos), y aquello que no (sin mayores supuestos estadísticos). Por su parte, la importancia de estrategias de modelamiento pertenecientes al aprendizaje de máquina, radica en la posibilidad de que eventualmente un modelo perteneciente a esta familia pudiera tener un mejor desempeño explicativo y predictivo que aquellos que se utilizan tradicionalmente en el análisis econométrico.

TABLA 2 – RESUMEN DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MODELAMIENTO

Hipótesis	Variable Dependiente	Estructura de Datos	Modelos	
			Paramétricos	No paramétricos
1	Decisión de exportar	Binaria (0=No exporta; 1=Sí Exporta)	Regresión Logística (RL)	Arbol de decisión (AD)
2	Volumen exportado	Logaritmo del FOB (US)		Bosque Aleatorio (BA)
3	Diversificación de países	Cantidad de países de destino distintos	Regresión Lineal	
4	Diversificación de tipos de productos	Cantidad de tipos de productos distintos	Regresión Ridge Regresión LASSO	

Fuente: Elaboración propia

En la segunda etapa se compararon las métricas de desempeño de los modelos que han sido implementados para cada hipótesis, para así decidir entre aquellos que permiten una mejor estimación.

Por último, la tercera etapa consistió en interpretar el efecto de las variables del modelo con el mejor rendimiento para contrastar las hipótesis planteadas. A su vez, el concepto de rendimiento alude a la capacidad de un modelo para realizar estimaciones que se ajusten a los datos observados, mientras que el error es definido como la brecha entre el resultado del modelo y la realidad de los datos.

1. Hipótesis 1: La colaboración en actividades de i+d tiene un efecto positivo sobre la probabilidad de exportar de las empresas, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas

Respecto a la hipótesis del efecto de colaboración en I+D sobre la probabilidad de exportar, se estimaron tres modelos (Tabla 2): Regresión logística, Árbol de Decisión y Bosque Aleatorio. En la Tabla 3 se exponen los resultados que permiten comparar el accuracy o nivel de exactitud del modelo. Éste permite observar el nivel de ajuste del modelo respecto al comportamiento de los datos de la muestra utilizada. Por su parte, el error es la proporción que le falta al modelo para alcanzar el máximo de exactitud.

De este modo, cuando observamos el nivel de exactitud sobre la muestra de validación, se aprecia que los tres modelos estimados tienen un desempeño similar y de alto nivel, ya que en promedio la proporción de estimaciones acertadas por el modelo son mayores a 0,9, mientras que en el caso de la Regresión Logística se aprecia una ventaja que equivale al 0,2% de las observaciones por sobre el Árbol de Decisión y el Bosque Aleatorio, razón por la cual fue el modelo seleccionado para el análisis .

TABLA 3 – NIVEL DE EXACTITUD DE LOS MODELOS IMPLEMENTADOS PARA DECISIÓN DE EXPORTAR

Modelo	Exactitud validación	Error Validación
Arbol de Decisión	0,962	0,038
Bosque aleatorio	0,962	0,038
Regresión Logística	0,964	0,036

Fuente: Elaboración propia

⁸ Para mayor detalle, ir a Anexo 2

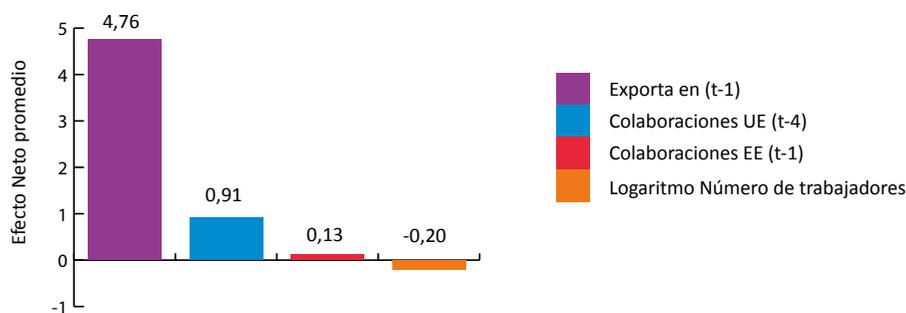
⁹ Para mayor detalle respecto de los resultados para el modelo de Árbol de Decisión y Bosque Aleatorio, ir a Anexo 3

Respecto al Modelo de Regresión Logística, el Gráfico 6 permite observar la magnitud y sentido del efecto neto de aquellas variables que fueron estadísticamente significativas en el modelo. Por su parte, en la Tabla 4 se exponen los resultados detallados del modelo, donde destaca la columna en la que se indica la expresión porcentual de los coeficientes de regresión, lo que permite analizar los efectos netos de las variables en términos del porcentaje en que aumenta o disminuye la probabilidad de exportar.

Del análisis del Gráfico 6, las variables que identifican postulaciones conjuntas a instrumentos CORFO de I+D tienen un efecto positivo y significativo sobre la probabilidad de exportar, aunque dicho efecto varía según el tipo de alianza (EE o UE). En el caso de las colaboraciones EE el efecto es de corto plazo y de una magnitud menor, a diferencia a las colaboraciones UE cuyos efectos son de mediano y largo plazo y de mayor magnitud, lo que es coherente respecto de lo planteado en la revisión de la literatura.

En el caso de las colaboraciones con empresas (EE), el incremento en este tipo de postulaciones aumenta en un 14% la probabilidad de exportar en promedio, al año siguiente de la postulación. En el caso de las colaboraciones UE, el incremento de este tipo de postulaciones tiende a duplicar la probabilidad de exportar al cuarto año posterior a la postulación (149%), lo que es coherente con la duración promedio de los proyectos de I+D en los que se involucran universidades o centros de investigación (Pertuzé et. al, 2018).

GRÁFICO 6 - EFECTO NETO DE VARIABLES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE LA DECISIÓN DE EXPORTAR



Fuente: *Elaboración propia*

Lo anterior también permite enfocar estos resultados como una base para considerar que la diferencia de los efectos para las colaboraciones EE y UE pueden ser indicativas de las diferencias relativas a los objetivos involucrados a cada tipo de colaboración, ya que como se indicó anteriormente, mientras que las EE pueden ser relacionadas a desarrollos incrementales en el corto plazo, las UE pueden ser asociadas a objetivos más disruptivos en el mediano y largo plazo.

Del mismo modo, los resultados permiten sentar una base para explorar la eventual existencia de incentivos que son complementarios para la colaboración en actividades de I+D. Esto, sobre la base de que el efecto conjunto de las colaboraciones UE y EE son positivos sobre la probabilidad de exportar. No obstante, lo anterior requiere de estrategias de modelamiento adicionales a implementar en futuros trabajos.

TABLA 4 - RESULTADOS MODELO PARA DECISIÓN DE EXPORTAR, REGRESIÓN LOGÍSTICA

Variable	Efecto Neto		Std, Error	z value	Pr(> z)
	Coefficiente	Expresión porcentual			
(Intercept)	-868 ****	-100	94,49	-9,19	0,00
Colaboraciones EE (t-1)	0,13 ***	14,25	0,05	2,63	0,01
Colaboraciones EE (t-2)	-0,10	-9,49	0,11	-0,88	0,38
Colaboraciones EE (t-3)	-0,07	-7,17	0,19	-0,40	0,69
Colaboraciones EE (t-4)	0,00	-0,33	0,16	-0,02	0,98
Colaboraciones UE (t-1)	-0,01	-0,87	0,27	-0,03	0,97
Colaboraciones UE (t-2)	-0,49	-38,71	0,34	-1,43	0,15
Colaboraciones UE (t-3)	0,29	33,31	0,26	1,10	0,27
Colaboraciones UE (t-4)	0,91 ****	149,59	0,25	3,72	0,00
Exporta en (t-1)	4,76 ****	11.600,09	0,18	26,29	0,00
Logaritmo Número de trabajadores	-0,20 **	-18,11	0,10	-2,06	0,04
Edad	0,01	1,4	0,01	1,33	0,18
Efecto fijo Rubro	Sí, pero no en todos los rubros.				
Efecto fijo Región	Destaca Manufacturas no metálicas				
Efecto fijo año	Sí				
Efecto fijo tramo de ventas	Sí, se advierte una tendencia general al alza				
Simbología significación: **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1					

Fuente: *Elaboración propia*

En relación a las variables de control, el haber exportado durante el año anterior es la que ejerce el efecto de mayor magnitud, vale decir, la probabilidad de exportar depende en gran medida de la persistencia con la que las empresas lo hacen en el tiempo. También se observa un efecto negativo del logaritmo del número de trabajadores, lo que puede indicar que aquellas empresas con mayor probabilidad de exportar son más intensivas en tecnología que en su dotación de personal.

Por otro lado, es importante considerar el efecto de aquellas variables que tienen un comportamiento fijo en el tiempo, ya que nos permite comprender los aspectos en que la probabilidad de exportar no depende de la colaboración en actividades de I+D, sino de características estructurales de las empresas.

En relación a lo anterior, se observa un efecto estadísticamente significativo para la región del país en la que se ubica la empresa, mientras que en el caso de las diferencias de tramo de ventas se reporta un efecto importante, sobre todo desde el tramo 7 en adelante (empresas medianas y grandes), lo que implica que la probabilidad de exportar será mayor para este segmento de empresas independiente de si colaboran en actividades de I+D o no. También se advierte una tendencia general al aumento de la probabilidad de exportar por parte de las empresas en su conjunto, ya que los coeficientes relativos al efecto fijo de cada año son estadísticamente significativos y positivos de manera creciente, es decir, cada año adicional de



la serie tiene un efecto fijo mayor que el año anterior, lo que se condice con lo analizado en la sección anterior (Gráfico 2). Por último, se observan efectos fijos asociados al rubro de la empresa, en particular en el caso de la industria manufacturera no metálica, lo que implica que este tipo de compañías tienen una mayor probabilidad de exportar que las de los otros rubros, independiente de si colaboran o no en actividades de I+D.

2. Hipótesis 2: La colaboración en actividades I+D tiene un efecto positivo sobre el volumen exportado, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas

Para evaluar esta hipótesis se consideró como variable dependiente el volumen exportado como el logaritmo natural del FOB, sobre el total de empresas que ha exportado alguna vez dentro de la serie analizada. Como fue expuesto en la Tabla 2, los modelos evaluados fueron la regresión lineal y dos estrategias de regularización del modelo lineal. La primera de estas estrategias consistió en la estimación del modelo Ridge, mientras que la segunda en la estimación del modelo LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)

En este caso, la métrica de rendimiento que se utilizará para comparar el rendimiento de los modelos estimados será la suma del error cuadrático medio (MSE) y su raíz cuadrada (RMSE), donde la primera métrica permite una comparación relativa entre modelos, mientras que la segunda permite interpretar el error promedio en los términos propios de la unidad de medida de la variable dependiente (en este caso, el logaritmo natural del FOB).

Como puede apreciarse en la Tabla 5, los tres modelos estimados tienen un desempeño similar, siendo el modelo lineal el con una mayor ventaja respecto de su desempeño. Este último modelo utiliza todas las variables explicativas consideradas, mientras que las estrategias de regularización solo consideran a aquellas que ejercen un efecto significativo sobre el logaritmo natural del FOB. De este modo, el modelo con el mejor desempeño es de regresión lineal, ya que presenta el RMSE más bajo.

TABLA 5 - MSE Y RMSE MODELOS IMPLEMENTADOS PARA ANALIZAR VOLUMEN EXPORTADO

Modelo	MSE	RMSE
Lineal	0,836	0,914
Ridge	0,908	0,952
LASSO	0,870	0,933

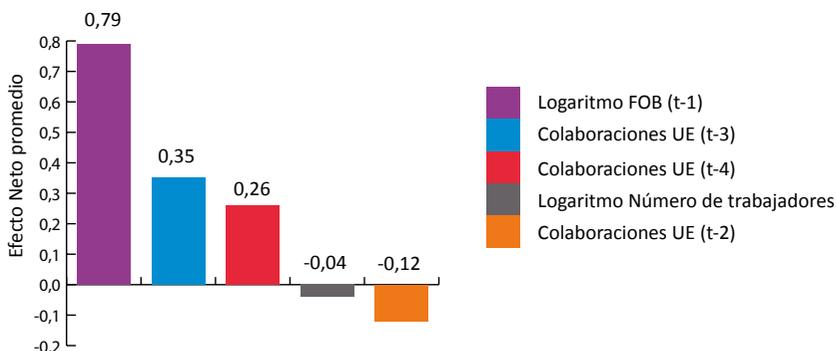
Fuente: Elaboración propia

Al observar los resultados del Gráfico 7 y la Tabla 6, podemos notar que las colaboraciones EE no tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el volumen exportado. Lo anterior puede estar relacionado con el hecho de que las empresas, una vez que logran sortear las primeras barreras de entrada al mercado exportador (probabilidad de exportar), encuentran otro tipo de barreras de mayor alcance para efectos de competir en el volumen exportado dentro del mercado internacional, el cual además suele estar dominado por empresas multinacionales. De esta forma, es posible que las colaboraciones EE no sean suficientes para esto, ya que como se ha indicado en la revisión de la literatura, sus objetivos no suelen estar relacionados con metas de negocio de largo plazo.

Del mismo modo que en la probabilidad de exportar, los efectos positivos de la colaboración UE sobre el volumen exportado son coherentes en relación a la duración media de los proyectos relacionados a instituciones proveedoras de conocimiento. Por otro lado, también podemos sostener que los efectos de la colaboración UE sobre el volumen exportado son de mayor persistencia en el tiempo, ya que son significativos luego del tercer, cuarto y quinto año posterior a la postulación.

Los efectos de la colaboración UE sobre el volumen exportado son de mayor persistencia en el tiempo.

GRÁFICO 7 - EFECTO NETO DE VARIABLES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE EL VOLUMEN EXPORTADO



Fuente: Elaboración propia

Al analizar estos resultados en detalle, es posible sostener que si el resto de las variables se mantiene constante, el incremento de la colaboración con una universidad implica una reducción de un 0,12% del promedio del volumen exportado al segundo año posterior a la postulación (t-2), lo que equivale a \$2.547 USD-MM anuales en promedio¹⁰ por cada postulación adicional. No obstante, como se comentó anteriormente, el incremento de la colaboración con universidades implica un aumento promedio de 0,35% sobre el volumen exportado, es decir un promedio de \$7.509 USD-MM anuales por cada postulación adicional al tercer año posterior (t-3) a la postulación. Del mismo modo, el incremento de este tipo de colaboración implica un aumento en 0,26% sobre el volumen exportado, es decir, \$5.578 USD-MM anuales al cuarto año posterior (t-4) por cada postulación adicional.

De este modo, el flujo promedio de ingresos entre el tercer y cuarto año posterior a la postulación equivale a \$13.087 USD-MM anuales en promedio por cada postulación adicional en colaboración con una institución proveedora de conocimiento. Si a esta cifra restamos la pérdida registrada luego del tercer año de la postulación, el flujo de beneficios relacionados con la colaboración en actividades de I+D con universidades alcanza un monto de \$10.540 USD-MM anual en promedio por cada postulación adicional, lo que equivale a un total acumulado de \$8.221.000 millones de pesos nominales en promedio, por cada postulación adicional¹¹ al cuarto año posterior a la postulación.

¹⁰ El promedio del FOB para el total de la serie es de MMUS\$21.455

¹¹ Una diferencia importante en relación a la versión anterior del estudio, es que en este caso se consideró la suma anual de postulaciones para medir intensidad de las colaboraciones UE y EE. Por otro lado, es importante destacar que el R2 de la presente versión es de 0,6657, mientras que el de la versión anterior fue de 0,189, lo que implica que el modelo aquí utilizado explica en el orden de 3 veces más la varianza del total de los datos, en comparación con el modelo utilizado en la versión anterior.

TABLA 6 - RESULTADOS MODELO PARA VOLUMEN EXPORTADO USANDO MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.

Variable	Coefficiente (Efecto Neto)	Std, Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-117,58 ****	15,13	-7,77	0,00
Logaritmo FOB (t-1)	0,79 ****	0,01	96,49	0,00
Colaboraciones EE (t-1)	0,02	0,01	1,13	0,26
Colaboraciones EE (t-2)	0,00	0,02	-0,12	0,91
Colaboraciones EE (t-3)	-0,02	0,03	-0,57	0,57
Colaboraciones EE (t-4)	-0,02	0,04	-0,60	0,55
Colaboraciones UE (t-1)	0,00	0,06	0,05	0,96
Colaboraciones UE (t-2)	-0,12 *	0,06	-1,88	0,06
Colaboraciones UE (t-3)	0,35 ****	0,07	5,33	0,00
Colaboraciones UE (t-4)	0,26 ****	0,07	3,73	0,00
Logaritmo Número de trabajadores	-0,04 **	0,02	-2,26	0,02
Edad	0,01 ****	0,00	6,90	0,00
Efecto fijo Rubro	Sí, pero no en todos los rubros. Destacan Pesca, Minería y Manufactura no metálica			
Efecto fijo Región	Sí			
Efecto fijo año	Sí, se advierte tendencia general al alza			
Efecto fijo tramo de ventas	Sí, en particular desde el tramo 7 en adelante			
Simbología significación: **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1				
R2 : 0,6657 ; R2-Ajustado : 0,6637				

Fuente: Elaboración propia

3. HIPÓTESIS 3: La colaboración en I+D tiene un efecto positivo en la diversificación de los tipos de productos exportados, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas.

HIPÓTESIS 4: La colaboración en I+D tiene un efecto positivo en la diversificación de mercados de destinos de las exportaciones, el cual depende del tipo de colaboración establecida por las empresas.

A partir de los resultados obtenidos no se identifica un efecto significativo para ninguno de los tipos de colaboración sobre la diversificación de la actividad exportadora, tanto a nivel de productos exportados como a nivel de los mercados de destino. Sólo se identificaron efectos significativos para el número de trabajadores y los efectos fijos para el tramo de ventas, como es posible observar en las Tablas 7 y 8. Esto confirma que la diversificación de las exportaciones podría depender más de características relacionadas a la escala de producción que de las variables consideradas respecto de la colaboración en actividades de I+D.



TABLA 7 - RESULTADOS MODELO PARA DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS, REGRESIÓN LINEAL.

Variable	Estimate	Std, Error	t value	Pr(> t)
Constante	-48,98	55,06	-0,89	0,374
Alianzas EE (t-1)	0	0,02	0,51	0,607
Alianzas EE (t-2)	-0,02	0,04	-0,54	0,592
Alianzas EE (t-3)	-0,02	0,09	-0,24	0,809
Alianzas EE (t-4)	0,03	0,07	0,42	0,673
Alianzas UE (t-1)	-0,18	0,14	-1,28	0,201
Alianzas UE (t-2)	-0,1	0,16	-0,63	0,532
Alianzas UE (t-3)	-0,03	0,13	-0,2	0,843
Alianzas UE (t-4)	0,05	0,13	0,43	0,665
Log Cantidad de Trabajadores	-0,1 **	0,05	-2,08	0,038
Edad	No			
Efecto fijo Rubro	No			
Efecto fijo Región	No			
Efecto fijo Tramo de ventas	Sí			
Efecto fijo Año	No			
Simbología Significación: **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1				
Multiple R-squared: 0,1711 Adjusted R-squared: 0,1576				

Fuente: Elaboración propia

TABLA 8 - RESULTADOS MODELO PARA DIVERSIFICACIÓN DE PAÍSES DE DESTINO, REGRESIÓN LINEAL.

Variable	Estimate	Std, Error	t value	Pr(> t)
Constante	-96,3	53,2	-1,8	0,071
Alianzas EE (t-1)	0,0	0,0	0,3	0,739
Alianzas EE (t-2)	0,0	0,0	0,3	0,774
Alianzas EE (t-3)	-0,1	0,1	-0,6	0,526
Alianzas EE (t-4)	0,0	0,1	0,3	0,781
Alianzas UE (t-1)	-0,1	0,1	-0,4	0,681
Alianzas UE (t-2)	0,1	0,1	0,8	0,406
Alianzas UE (t-3)	0,0	0,1	0,2	0,815
Alianzas UE (t-4)	0,1	0,1	0,5	0,605
Log Cantidad de Trabajadores	-0,1	0,0	-2,1	0,033
Edad	Sí			
Efecto fijo Rubro	No			
Efecto fijo Región	Sí			
Efecto fijo Año	Sí			
Efecto fijo Tramo de ventas	No			
Multiple R-squared: 0.2696, Adjusted R-squared: 0.2577				

Fuente: *Elaboración propia*

Estos resultados difieren a los reportados en el estudio de Pertuzé et. al. (2018), en el cual se constató que las colaboraciones UE sí tienen un efecto positivo en la diversificación de productos, pero no en la diversificación de países de destino.

Lo anterior puede estar relacionado con que si bien las empresas que son más intensivas en actividades de I+D tienen mayores posibilidades de abrir nuevos mercados y ampliar su variedad de productos de exportación, es necesario tener en cuenta que la colaboración en este tipo de actividades corresponde a un subconjunto dentro de los distintos proyectos de I+D en las empresas. Por lo tanto, sería necesario contar con más información relacionada al total de la I+D realizada en las empresas para distinguir con mayor precisión el efecto de la colaboración en este tipo de actividades.

CONCLUSIONES

En líneas generales, una parte importante de las hipótesis que orientaron el desarrollo del presente trabajo fueron confirmadas, considerando las diferencias en el tratamiento de los datos y los métodos empleados. No obstante, es importante tener en consideración que la forma en que se midió la colaboración en actividades de I+D presenta algunas limitaciones, ya que sólo es referida a la voluntad de colaborar en torno a la oferta de instrumentos de I+D de CORFO que exigen una postulación asociativa. Esto último deja fuera el ámbito de la colaboración que pudiera establecerse fuera del sector público y aquellas con entidades internacionales.

Respecto de la probabilidad de exportar de las empresas, en general ambos tipos de colaboración en actividades de I+D tuvieron un efecto significativo y positivo. Se puede afirmar de esta forma que la acción de CORFO de incentivar la colaboración en proyectos de I+D va en la dirección correcta en cuanto a impulsar el crecimiento del país. La razón es que opera como un apalancamiento efectivo para aquellas

empresas que buscan la entrada al mercado internacional con productos de mayor valor agregado.

En particular, es posible sostener que la colaboración entre empresas en actividades de I+D constituyen un factor relevante para potenciar su capacidad exportadora, al menos en lo que concierne a la probabilidad de exportar. Es decir, que este tipo de colaboración puede ser considerado como una alternativa de valor para la iniciar la internacionalización de las empresas nacionales.

Así mismo, la colaboración UE tiene un rol central para explicar la probabilidad de exportar de las empresas, lo cual está en línea respecto de los resultados en el trabajo de Pertuzé et.al (2018) del caso chileno y gran parte de la literatura relacionada. Lo anterior da cuenta de que este tipo de colaboración permite un mejor aprovechamiento de los beneficios asociados a actividades intensivas en conocimiento. Esto puede interpretarse en cómo los efectos de derrame que este tipo de actividades tienen sobre la economía se traducen

en el levantamiento de las barreras de entrada del mercado internacional para las empresas nacionales.

Adicional a lo anterior, se observa que el efecto de la colaboración Empresa-Empresa sobre la probabilidad de exportar opera en el corto plazo, mientras que en la colaboración Universidad-Empresa lo hace en plazos más largos. Esto permite confirmar la distinción comentada sobre los objetivos de ambas colaboraciones, donde la colaboración EE se asocian a objetivos de corto plazo y orientados hacia desarrollos incrementales sobre la base de soluciones existentes, mientras que en el caso de la colaboración UE se trataría de objetivos de mediano y largo plazo, asociados a desarrollos nuevos y con mayor poder de disrupción en el negocio. Esto puede indicar que dependiendo del tipo de iniciativa y objetivos planteados en los proyectos de I+D sea posible considerar qué colaboración resulta más efectiva.



Con relación al volumen exportado, los resultados confirman la hipótesis planteada, ya que la colaboración UE tiene un efecto positivo y significativo. Sin embargo, estos efectos operan de manera más intensiva con el tiempo, ya que solo es posible registrarlos luego de tres y cuatro años después de la postulación. Lo anterior también da cuenta de los objetivos asociados a este tipo de colaboraciones mencionados anteriormente.

No obstante, las colaboraciones entre empresas no tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el volumen exportado, lo que puede estar relacionado con los objetivos asociados a este tipo de colaboración revisados en la literatura. En este sentido, una forma de enfocar estos resultados alude a que una vez que se han superado las primeras barreras de entrada al mercado internacional, los niveles de competitividad implican la presencia de barreras importantes para incrementar de manera significativa el volumen exportado para las empresas, lo que de acuerdo a los resultados sí sería posible en contextos de colaboración UE.

En lo que se refiere a la diversificación de las exportaciones en cuanto a los tipos de productos exportados, los resultados del presente trabajo apuntan a rechazar la hipótesis planteada con relación al efecto positivo de la colaboración en actividades de I+D sobre esta materia. Ningún tipo de colaboración en I+D, EE o UE tuvo efectos significativos sobre la diversificación de los tipos de productos exportados. En particular, este resultado difiere de los planteados en el estudio de Pertuzé et. a. (2018), donde se constata un efecto positivo de las colaboraciones UE sobre la diversificación de los tipos de productos exportados

De este modo, las variables que definen la competitividad de las empresas en mercados internacionales, como volumen y diversificación de tipos de producto y países de destino, se ven influenciadas sólo de manera clara respecto al volumen exportado por las colaboraciones UE en proyectos de I+D, mientras que para los dos niveles de diversificación el rol de las características fijas de la empresa resulta central, como también lo sugiere la línea de trabajos de Roper & Love (2002) y Suárez-Porto & Guisado-González (2014).

Es relevante incentivar la exploración de nuevas estrategias que pongan en valor el conocimiento generado por las empresas dentro del ecosistema, acompañando la labor realizada por universidades y centros de investigación.



Lo anterior permite dar cuenta de que en este aspecto, la economía chilena aún enfrenta las complejidades propias de los países de ingreso medio en su transición hacia mayores objetivos de crecimiento. En efecto, como se sostuvo al inicio del presente trabajo, la economía chilena sigue siendo dependiente de su capacidad exportadora, la que además se caracteriza por niveles de diversificación que se mantienen planos desde el año 2012. En este contexto, las empresas con una vocación exportadora de productos con mayor valor agregado lo hacen en una escala mucho menor que aquellas que logran un mayor nivel de competitividad en la economía internacional.

Otro hallazgo de valor se relaciona con la importancia de considerar a las empresas como agentes de difusión de conocimiento, como un complemento a un rol que asumen de manera preferente las instituciones como las universidades y centros de investigación. Lo anterior es relevante para incentivar la exploración de nuevas estrategias que pongan en valor el conocimiento generado por las empresas dentro del ecosistema, acompañando la labor realizada por universidades y centros de investigación para incrementar los beneficios relacionados a los efectos de derrame descrito al inicio del estudio.

Si a lo anterior agregamos que las colaboraciones entre empresas han ocupado un lugar cada vez mayor en la serie analizada, este rol de complemento como agentes de difusión de conocimiento puede relacionarse con la eventual existencia de incentivos a la colaboración en actividades de I+D que abarque tres actores distintos, es decir, una colaboración UEE. Lo anterior podría implicar que los beneficios esperados para ambos tipos de colaboración podrían reforzarse mutuamente, a pesar de que ambos suelen ser asociados a objetivos de negocio distintos, tal y como se ha comentado a lo largo del presente trabajo.

Lo anterior permite abrir líneas de trabajo futuro respecto de los factores que determinan la decisión de colaborar por parte de la empresa y considerar la colaboración en el contexto del análisis de redes para desarrollo de la I+D, lo cual ha venido cobrando una mayor relevancia en la literatura (Kleinknecht & Reijnen, 1992; Gaard & Thum, 1997; Paier & Scherngell, 2010; Schiavone & Simoni, 2011; Alghamdi, 2019), y sobre lo cual no hay mayor evidencia empírica para el caso nacional, con excepción del trabajo de Guimón et. al. (2018).

Así mismo, la eventual existencia de incentivos complementarios a la colaboración en actividades de I+D permitiría explorar mecanismos de escalamiento de la oferta de instrumentos públicos de fomento, tanto para el segmento de empresas que es más propenso a una colaboración simultánea (UE+EE), como para el segmento que es más propenso a la colaboración diferenciada (UE/EE), lo que a su vez facilitaría una asignación de recursos públicos más eficiente.

Para efectos de investigaciones futuras, lo anterior implicaría tratar los datos en niveles más específicos, como por ejemplo los efectos relacionados a la heterogeneidad de las empresas al interior de cada rubro, tanto a nivel de sub-rubro como de actividad económica. Del mismo modo, estas consideraciones son relevantes al momento de evaluar las diferencias de tamaño entre las empresas, sobre todo en el contexto de colaboración entre grandes compañías con aquellas emergentes o de menor tamaño, como las PYMES y las Startups.

Es importante resaltar que la serie analizada cubre un período de tiempo que es previo al desarrollo de la pandemia debida al Covid-19, razón por la cual es de especial importancia la evaluación del nivel en que la colaboración en



actividades de I+D actúa como factor de contención en procesos de contracción económica. En particular, en la relevancia que tiene en mantener la actividad económica de distintos sectores industriales, por ejemplo, mediante su impacto en la capacidad exportadora.

Por último, los resultados permiten sostener que en el actual contexto marcado por el impacto del Covid-19, el rol que cumplirán las exportaciones en evitar un descenso mayor del PIB en la economía chilena será fundamental. Sin embargo, sin una estrategia que permita la incorporación de desarrollos intensivos en conocimiento, es probable que esta capacidad de recuperación sea relativa e inestable, como suele suceder con las economías que basan su estrategia exportadora en productos de bajo valor agregado. A raíz de esto, se propone que las políticas de incentivo a la I+D basadas en relaciones de colaboración sean incorporadas en aquellas dirigidas al fomento y promoción de las exportaciones, haciendo posible una mirada más amplia de los factores que hacen posible la internacionalización de las empresas.

Sin una estrategia que permita la incorporación de desarrollos intensivos en conocimiento, es probable que la capacidad de recuperación económica sea relativa e inestable.

REFERENCIAS

- Alghamdi, M. (2019): "Individual and social incentives versus r&d network restriction", *Journal Korean Society of Applied Mathematics*, Vol.23, No.4, 329-350.
- Alvarez, M. T. & Fernández, R. (2020): "Transformación digital en empresas chilenas", *Laboratorio de Estudios en I+D+i Empresarial, Centro de Innovación UC Anacleto Angelini, Pontificia Universidad Católica de Chile*.
- Amir R., Yin J. & Troege M. (2008): "On additive spillovers and returns to scale in R&D", *International Journal of Industrial Organization*, 26 (2008) 695-703.
- Aulakh, P. S., Rotate, M., & Teegen, H. (2000). Export strategies and performance of firms from emerging economies: Evidence from Brazil, Chile, and Mexico. *Academy of management Journal*, 43(3), 342-361.
- Becker, S. O., & Egger, P. H. (2013). Endogenous product versus process innovation and a firm's propensity to export. *Empirical Economics*, 44(1), 329-354.
- Belderbos, R., Carree, M., & Lokshin, B. (2006). Complementarity in R&D cooperation strategies. *Review of Industrial Organization*, 28(4), 401-426.
- Bitrán, E., González U., Greve, F., Villena, M. (2014): "¿Innovar para exportar o exportar para innovar? Un análisis a nivel de firma de la industria manufacturera chilena, 1995-2010", *Estudios Públicos*, 134, 109-130, Centro de Estudios Públicos, Santiago.
- Cadot, O., Carrère, C., & Strauss-Kahn, V. (2011). Export diversification: What's behind the hump?. *Review of Economics and Statistics*, 93(2), 590-605.
- Cassiman, B., & Golovko, E. (2011). Innovation and internationalization through exports. *Journal of International Business Studies*, 42(1), 56-75.
- Cerulli, G. (2012). Are R&D subsidies provided optimally? Evidence from a simulated agency-firm stochastic dynamic game. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 15(1), 7.
- Faems, D., Van Looy, B., & Debackere, K. (2005). Interorganizational collaboration and innovation: Toward a portfolio approach. *Journal of product innovation management*, 22(3), 238-250.
- Gaard, E. & Thum, M. (1997): "R&D incentives in compatible networks", *Journal of Economics*, Vol 65, 55-78.
- Gourlay, A., & Seaton, J. (2004). Explaining the decision to export: evidence from UK firms. *Applied Economics Letters*, 11(3), 153-158.
- Guimona, J., Chaminadeb, C., Maggi, C. & Salazar-Elena, J. (2018): "Policies to attract R&R-related FDI in small emerging countries: aligning incentives with local linkages and absorptive capacities in Chile", *Journal of International Management*, Volume 24, Issue 2, June 2018, Pages 165-178.
- Kleinknecht, A. & Reijnen, J. (1992): "Why do firms cooperate on R&D? An empirical study", *Research Policy*, Vol. 21, 347-360.
- International Institute for Management Development (2018): "Informe de competitividad mundial", en conjunto con la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile, Santiago.
- Lefebvre, E., Lefebvre, L. A., & Bourgault, M. (1998). R&D-related capabilities as determinants of export performance. *Small Business Economics*, 10(4), 365-377.
- Loucks, J. et al, (2016), "Digital Vortex. How today's market leaders can beat disruptive competitors at their own game", IMD.
- Miotti, L., & Sachwald, F. (2003). Co-operative R&D: why and with whom?: An integrated framework of analysis. *Research policy*, 32(8), 1481-1499.
- Monjon, S., & Waelbroeck, P. (2003). Assessing spillovers from universities to firms: evidence from French firm-level data. *International Journal of Industrial Organization*, 21(9), 1255-1270.

Nicolaides, P. (2013). The economics of subsidies for R&D: Implications for reform of EU state aid rules. *Intereconomics*, 48(2), 99-105.

OECD (2015): *Manual de Frascati 2015. Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*, OECD Publishing, Paris.

Paier, M. & Scherngell, T (2010): "Determinants of Collaboration in European R&D Networks: Empirical Evidence from a Discrete Choice Model", *Industry & Innovation*, Vol. 18, 89-104.

Parteka, A., & Tamberi, M. (2013). What determines export diversification in the development process? Empirical assessment. *The World Economy*, 36(6), 807-826.

Pertuzé, S., Dornelles, J. & Epstein, D. (2018): "Efecto de la relación Universidad-Empresa sobre las exportaciones de las empresas chilenas", *Laboratorio de Estudios en I+D+i Empresarial*, Centro de Innovación UC Anacleto Angelini, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Rojas, M. G. A., Solís, E. R. R., & Zhu, J. J. (2018). Innovation and network multiplexity: R&D and the concurrent effects of two collaboration networks in an emerging economy. *Research Policy*, 47(6), 1111-1124.

Roper, S. & Love, J.H (2002): "Innovation and export performance: evidence from the UK and German manufacturing plants", *Research Policy* 31 (2002) 1087-1102.

Romano, R. E. (1989). Aspects of R&D subsidization. *The quarterly journal of Economics*, 104(4), 863-873.

Schiavone, F. & Simoni, M. (2011): "An experience-based view of co-opetition in R&D networks", *European Journal of Innovation Management*, Vol. 14 No. 2, 136-154.

Suárez-Porto, V & Guisado-González, M. (2014): "Analysis of the determinants of exporting intensity in the field of innovation", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol 20, Issue 2, 79-86.

Tether, B. S. (2002). Who co-operates for innovation, and why: an empirical analysis. *Research policy*, 31(6), 947-967.

World Bank, (2020): "Global Economic Prospects", World Bank Press.



Anexo 1 – Proceso de estimación del Propensity Score Matching

Las etapas de trabajo para la obtención de la muestra final fueron las siguientes:

A- ESPECIFICACIÓN DE VARIABLES PARA MODELO PSM

Se estimó el PSM para el total, considerando como variable dependiente si la empresa ha postulado colaborativamente a alguno de los instrumentos CORFO considerados (valor 1) o no (valor 0). Respecto de las variables independientes, se consideró el efecto fijo del año comercial, la edad de la empresa, el rubro, la región, el tramo de ventas, el logaritmo del número de trabajadores y el logaritmo del FOB. El modelo fue estimado con el método del vecino más cercano con una razón de emparejamiento igual a 1, es decir, para cada empresa del grupo de tratamiento se escogerá una empresa del grupo de control que cumpla con el perfil de características que permita el emparejamiento.

La Tabla 9 muestra el resumen del número de observaciones consideradas para aquellas empresas que han sido emparejadas, no emparejadas y descartadas según si estas pertenecen al grupo de control o el grupo de tratamiento.

TABLA 9 - RESUMEN DEL RESULTADO DE OBSERVACIONES DEL PSM

Observaciones	Grupos de empresas		Total
	Control (No postulan)	Tratamiento (Postulan)	
Total	3.015.677 ¹²	2.570	3.018.247
Emparejadas	2.570	2.570	5.140
No emparejadas	3.013.107	0	3.013.107
Descartadas	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

¹² Fueron removidas aquellas empresas que presentan fecha de término de giro.



B- EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La Tabla 10 expone los valores medios para las variables consideradas en el modelo, tanto para el grupo de tratamiento como para el grupo de control. También se considera la diferencia entre estos valores medios, la cual mientras más cercana sea a cero implica un mayor balance de las observaciones.

TABLA 10- VALORES MEDIOS Y DIFERENCIA DE MEDIAS PARA VARIABLES INDEPENDIENTES DEL MODELO PSM, SEGÚN GRUPO DE EMPRESAS

	Medias		Diferencia Medias Tratamiento-Control
	Tratamiento	Control	
Distancia promedio	0,0050	0,0008	0,00
Año	2014,75	2013,54	1,22
Rubro Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	0,09	0,07	0,02
Rubro Pesca	0,03	0,00	0,02
Rubro Explotación de minas y canteras	0,01	0,01	0,00
Rubro Industrias manufactureras no metálicas	0,12	0,05	0,07
Rubro Industrias manufactureras metálicas	0,07	0,04	0,03
Rubro Suministro de electricidad, gas y agua	0,02	0,01	0,01
Rubro Construcción	0,06	0,09	-0,04
Rubro Comercio al por mayor y menor, rep. veh.automotores/enseres domésticos	0,20	0,23	-0,03
Rubro i - hoteles y restaurantes	0,02	0,04	-0,02
Rubro Transporte, almacenamiento y comunicaciones	0,03	0,07	-0,05
Rubro Intermediación financiera	0,03	0,12	-0,09
Rubro Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	0,27	0,20	0,08
Rubro Adm. publica y defensa, planes de seg. social afiliación obligatoria	0,02	0,00	0,01
Rubro n - enseñanza	0,00	0,00	0,00
Rubro Servicios sociales y de salud	0,02	0,04	-0,02
Rubro Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	0,04	0,03	0,01
Rubro Consejo de administración de edificios y condominios	0,00	0,00	0,00
Rubro Organizaciones y órganos extraterritoriales	0,00	0,00	0,00
Rubro Sin información	0,00	0,00	0,00
Región ii de Antofagasta	0,03	0,02	0,00
Región iii de Atacama	0,01	0,01	0,00
Región iv de Coquimbo	0,02	0,03	-0,01
Región ix de la Araucanía	0,03	0,03	0,00
Región Metropolitana de Santiago	0,57	0,58	0,00
Región Sin información	0,00	0,00	0,00
Región v de Valparaíso	0,09	0,09	0,00
Región vi del Libertador general Bernardo O'higgins	0,02	0,04	-0,01
Región vii del Maule	0,03	0,04	-0,02
Región viii del Biobío	0,09	0,08	0,01
Región x de los Lagos	0,06	0,04	0,02
Región xi Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	0,01	0,00	0,00
Región xii de Magallanes y Antártica chilena	0,01	0,01	0,00
Región xiv De los Ríos	0,02	0,01	0,00
Región xv de Arica y Parinacota	0,00	0,01	0,00
Tramo de ventas	6,36	3,98	2,39
Logaritmo Número de trabajadores	0,97	0,38	0,58
Logaritmo FOB	0,61	0,05	0,56
Edad	9,18	7,31	1,87

Fuente: Elaboración propia

C- MATCH CON EL CONJUNTO ORIGINAL DE DATOS

Para obtener una muestra final exhaustiva es necesario parear los resultados del PSM con el conjunto original de datos, ya que de esa forma se incorporan los registros históricos para cada de las empresas seleccionadas. Al parear la muestra de 5.140 empresas del PSM con las 3.015.677 empresas del conjunto original de datos, se obtuvo una muestra final de 13.198 observaciones, equivalentes a un conjunto único de 3.481 empresas.

Anexo 2 – Estrategia de modelamiento

La estrategia de modelamiento empleada en el presente trabajo permitió complementar y enriquecer los enfoques metodológicos tradicionales en dos aspectos relevantes. El primero relacionado con la concepción del proceso de modelamiento en su conjunto y, el segundo, en los criterios para la selección de modelos.

A. CONFIGURACIÓN DEL PROCESO DE MODELAMIENTO

Las metodologías tradicionales se basan en la especificación e implementación de un modelo sobre el total del conjunto de datos, para luego evaluar el desempeño del modelo e interpretar los parámetros que capturan el efecto de las variables independientes sobre la variable dependiente. Por otro lado, la concepción del proceso de modelamiento instalada en los últimos años con el desarrollo de lo que hoy se denomina como aprendizaje de máquina o machine learning, considera que los parámetros no solo son “extraídos” desde los datos mediante la especificación e implementación de un modelo, sino que también deben ser entrenados.

El proceso de entrenamiento implica una etapa de segmentación de los datos en dos muestras seleccionadas aleatoriamente, donde la primera corresponde a una muestra una de entrenamiento que representa el 60% de los datos, mientras que la muestra de validación representa el 40% restante. De esta manera, el modelo es implementado sobre la muestra de entrenamiento y los parámetros extraídos son aplicados sobre la muestra de validación. En este sentido, la etapa de evaluación consiste en contrastar el desempeño del modelo en ambas muestras, donde se espera una convergencia la cual es considerada como el nivel de “aprendizaje” del modelo en relación a los datos.

Por último, la etapa de interpretación del modelo considera los resultados para los parámetros aplicados sobre la muestra de validación. De este modo, la concepción del proceso de modelamiento considera una retroalimentación entre la muestra de entrenamiento y la muestra de validación.

B. LA SELECCIÓN DE MODELOS

Los enfoques econométricos tradicionales consideran modelos de base paramétrica, donde se asume que la variable dependiente se ajusta a una distribución conocida. También se consideraron modelos que no operan con estos supuestos, sino que buscan la partición óptima de los datos, tal y como es el caso de los árboles de decisión y los modelos de bosque aleatorio, donde cada variable independiente opera como una “rama” que divide los datos de la variable dependiente. Estos modelos consideran una cantidad sucesiva de “ramas” hasta lograr una proporción de la variable dependiente (por ejemplo, exportar/no exportar) que se ajuste a su proporción original.





Anexo 3- Modelos descartados para la probabilidad de exportar

A diferencia de los coeficientes de regresión, el efecto de las variables independientes sobre la variable dependiente es medido según su “importancia relativa” en este tipo de modelos. A su vez, la importancia relativa alude al porcentaje de la información contenida en una variable independiente que ejerce efecto sobre la variable dependiente. Por ejemplo, en la Tabla 14 podemos interpretar que el 100% de la información contenida en la exportación durante el período anterior se incorpora como efecto para la probabilidad de exportar, mientras que el 18.9% de la información contenida en la variable asociada al tramo de ventas de una empresa grande (tramo 13) se incorpora como efecto para la probabilidad de exportar.

TABLA 11 - VARIABLES PARA MODELO DE PROBABILIDAD DE EXPORTA: ÁRBOL DE DECISIÓN

Variables modelo árbol de decisión	
Variable	Importancia relativa
Exporta en t-1	100
Tramo de ventas 13	18,9
Año	9,0
Edad	8,6
Logaritmo Número de trabajadores	6,4
Colaboraciones EE en (t-1)	1,1
Región Metropolitana	0,5
Tramo de ventas 10	0,3
Rubro Explotación de Minas	0,2
Rubro Pesca	0,2

Fuente: *Elaboración propia*



**TABLA 12 – VARIABLES PARA MODELO DE PROBABILIDAD DE EXPORTA:
BOSQUE ALEATORIO.**

Variables modelo de bosque aleatorio	
Variable	Importancia relativa
Exporta en t-1	100
Año	20,6
Log Número de trabajadores	18,8
Tramo de ventas 13	17,3
Edad	10,3
Tramo de ventas 12	9,3
Tramo de ventas 10	8,4
Rubro Comercio al por mayor y menor	7,4
Tramo de ventas 8	7,1
Región IV de Coquimbo	6,5
Tramo de ventas 4	6,3
Tramo de ventas 11	5,0
Región VIII del Biobío	4,7
Región X de los Lagos	4,7
Tramo de ventas 6	4,6
Tramo de ventas 7	4,4
Tramo de ventas 9	4,4
industrias manufactureras metálicas	4,3
Rubro Otras actividades de servicios	4,2
Rubro Intermediación financiera	4,2

Fuente: *Elaboración propia*



CENTRO DE INNOVACION UC
ANACLETO ANGELINI

