

Relación causal entre inversión en actividades de innovación e intensidad exportadora: un
análisis por subsectores de la industria manufacturera en Colombia

Claudia Patricia Meneses Amaya

Trabajo de Investigación para Optar al Título de Magíster en Economía y Desarrollo

Directora

Alexandra Cortés Aguilar

PhD. en Economía

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Maestría en Economía y Desarrollo

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A Claudia Patricia. Me dedico este logro por mi valentía para alcanzarlo.

Agradecimientos

Agradezco a la vida por esta oportunidad y por tantos aprendizajes, a la Universidad Industrial de Santander por ser fuente de crecimiento para mi vida y al Grupo EMAR por impulsarme y brindarme su apoyo.

A la profe Alexandra, mi gratitud y admiración. Gracias por su apoyo, paciencia, confianza y aliento constante. No solo me ha guiado como directora de tesis, sino que me ha permitido aprender de su tenacidad.

Quiero expresar un agradecimiento especial a mis chicas MED, por su compañía y apoyo. A Angie, gracias por su amistad, contención e impulso constante en este camino de retos y logros.

A mi familia y amigos, gracias por su luz en mi vida. Agradezco a mi valentía, porque hoy me permite disfrutar de este triunfo.

Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Aspectos teóricos y conceptuales.....	12
1.1 Competitividad estratégica empresarial.....	13
1.2 Perspectivas teóricas sobre la relación entre actividades de innovación y exportaciones	15
1.2.1 Enfoque de autoselección	15
1.2.2 Enfoque de aprendizaje mediante exportación	16
1.2.3 Enfoque de reforzamiento mutuo.....	17
1.3 Evidencia empírica.....	18
2. Estrategia metodológica.....	22
2.1 Datos de estudio	23
2.2 Etapas del proceso metodológico.....	24
2.2.1 Análisis descriptivo.....	24
2.2.2 Correlación (por subsector): Modelo Tobit	25
2.2.3 Test de causalidad de Granger (por subsector): VAR Granger	26
2.2.4 Evaluación de impacto mediante el Método de Dobles Diferencias Emparejadas (DDE) ..	28
3. Perfil empresarial de la industria manufacturera	31
4. Estimaciones y resultados	42
5. Conclusiones y Recomendaciones	49
Referencias Bibliográficas	53
Apéndices.....	58

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Participación sectorial en el PIB de Colombia	31
Figura 2. Tamaño de la empresa por subsector de la industria manufacturera, 2018.....	33
Figura 3. Distribución de las ventas de la industria manufacturera según subsectores, 2018	34
Figura 4. Distribución de las exportaciones y la inversión en innovación según subsectores, 2018.....	36
Figura 5. Distribución de la inversión en actividades de innovación (ACTI) en la industria, 2018.....	37
Figura 6. Tipología de la innovación empresarial, 2018	38
Figura 7. Fuente de los recursos invertidos en actividades de innovación, 2018	39

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Subsectores de la industria manufacturera y actividades de innovación	24
Tabla 2. Criterios para la clasificación del tamaño empresarial según ventas – sector industrial..	32
Tabla 3. Distribución de las exportaciones y la inversión en innovación según tamaño empresarial, 2018.....	35
Tabla 4. Distribución del personal ocupado y de los empleados que participan en ACTI según formación, 2018	40
Tabla 5. Estimaciones Tobit de la correlación entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora	42
Tabla 6. Test de causalidad de Granger entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora...	44
Tabla 7. Enfoque teórico del sentido de la relación entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora	45
Tabla 8. Estimación de DDE para la relación causal entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora	47

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Definición de las Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación – ACTI (DANE, 2019)	58

Resumen

Título: Relación causal entre inversión en actividades de innovación e intensidad exportadora: un análisis por subsectores de la industria manufacturera en Colombia*

Autora: Claudia Patricia Meneses Amaya**

Palabras clave: esfuerzo en innovación, intensidad exportadora, autoselección, aprendizaje mediante exportación, subsectores industriales.

Descripción:

La literatura en torno a la relación entre actividades de innovación y desempeño exportador plantea que las firmas se pueden *autoseleccionar* para exportar, *aprender a innovar mediante la exportación* o *reforzar mutuamente* su propensión a innovar y a exportar. No obstante, el alcance de estos estudios para Colombia ha sido limitado en tanto que abordan esta relación de forma unidireccional. En tal sentido, esta investigación tiene como objetivo analizar la relación causal entre el esfuerzo en innovación y la intensidad exportadora por subsectores de la industria manufacturera nacional. Para ello se utilizan los microdatos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) realizada por el DANE, en sus versiones VIII (2015-2016) y IX (2017-2018). Luego de describir las características del tejido empresarial, se estima la correlación entre innovación y exportaciones mediante modelos Tobit, y se realiza un análisis bidireccional de la existencia y el sentido de causalidad a través de un test de Granger. Por último, se estudia el tamaño del efecto mediante técnicas aplicadas en la evaluación de impacto. Específicamente se usa el Método de Dobles Diferencias Emparejadas (DDE). Esta estrategia metodológica se aplica para cada subsector manufacturero. Los resultados para el conjunto de la industria demuestran *aprendizaje mediante exportación*. Se evidencia que cuando una empresa es exportadora la diferencia anual esperada de su esfuerzo en innovación se incrementa 33,87% más que en empresas similares que no exportan. Adicionalmente, se encuentra heterogeneidad en la dirección de los efectos causales para seis de los nueve subsectores en estudio. De manera que donde existe autoselección los impactos son moderados y donde se aprende exportando el tamaño del efecto es considerablemente más grande. Así, se aportan insumos para el diseño de instrumentos eficientes de política pública y organizacional.

* Trabajo de Investigación.

** Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Maestría en Economía y Desarrollo
Directora: Alexandra Cortés Aguilar, PhD. en Economía.

Abstract

Title: Causal relationship between investment in innovation activities and export intensity: an analysis by subsectors of the manufacturing industry in Colombia*

Author: Claudia Patricia Meneses Amaya**

Keywords: effort in innovation, export intensity, self-selection, learning through export, industrial subsectors.

Description:

The literature on the relationship between innovation activities and export performance suggests that firms can self-select, learn to innovate by exporting, or mutually reinforce their propensity to innovate and export. However, the scope of these studies for Colombia has been limited in how they address this relationship unidirectionally. In this sense, this research aims to analyze the causal relationship between innovation effort and export intensity by subsectors of the national manufacturing industry. For this purpose, microdata from the Survey of Technological Development and Innovation (EDIT in Spanish) conducted by DANE, in its VIII (2015-2016) and IX (2017-2018) versions, are used. After describing the characteristics of this business sector, the correlation between innovation and exports is estimated using the Tobit model. A bidirectional analysis of the existence and direction of causality is performed through a Granger Causality test. Finally, the effect size is studied using techniques applied in impact assessment. Specifically, the Paired Double Differences Method technique is used. This methodological strategy is applied to each manufacturing subsector. The results for the industry as a whole suggest learning by exporting. When a company is an exporter, the expected annual difference of its innovation effort increases 33.87% more than in similar companies that do not export. In addition, heterogeneity in the direction of the causal effects is found for six of the nine subsectors under study. Thus, where there is self-selection, the impacts are moderate, and where learning by exporting takes place, the effect size is considerably larger. Therefore, inputs are provided for the design of efficient public and organizational policy instruments.

* Master's Thesis.

** Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Maestría en Economía y Desarrollo
Directora: Alexandra Cortés Aguilar, PhD. en Economía

Introducción

El avance tecnológico de la actual Sociedad del Conocimiento ha llevado al tejido empresarial a enfrentar desafíos relacionados con su posicionamiento en los mercados nacionales e internacionales. De modo que desarrollar la capacidad de innovar y crear valor de forma estratégica contribuye a potenciar el desarrollo de productos y procesos con elevados niveles de calidad y diversificación, claves para alcanzar la competitividad internacional (Ferrer *et al.*, 2015). Por tal motivo, es fundamental la inversión en actividades de innovación para lograr resultados empresariales eficientes (Silva *et al.*, 2013). Monreal *et al.* (2012) sostienen que las estrategias de innovación y desarrollo tecnológico también se consolidan mediante los cambios organizacionales que promueve la internacionalización vía exportaciones.

En la literatura económica existe un consenso sobre la estrecha relación entre variables organizacionales como productividad, innovación y exportaciones. Diversos autores han estudiado la relación entre la innovación y el éxito exportador, coincidiendo en que el efecto es siempre positivo y se magnifica por las mejoras tecnológicas; de modo que refuerza la idea de que “cuanto mayor sea la inversión en innovación tecnológica realizada por la empresa mayor será su nivel de desempeño exportador” (Polo *et al.*, 2018, p. 92).

De otra parte, también existe evidencia que respalda la afirmación de que la inserción de las empresas en los mercados internacionales incrementa la propensión a invertir en actividades de innovación, es decir, la actividad exportadora en sí misma incentiva la innovación tecnológica, la investigación y el desarrollo (López y García, 2005). Bitran *et al.* (2014) afirman que una empresa exportadora posee una mayor productividad que una que no exporta, pero que, además, la innovación desencadena aumentos en la productividad de las firmas.

De este modo, en la literatura sobre el tema se exponen dos enfoques no mutuamente excluyentes para explicar la correlación entre la intensidad exportadora y la inversión en actividades de innovación (Bitran *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2013; Monreal *et al.*, 2012). Por un lado, el enfoque de *autoselección* sugiere que solo las empresas más productivas son capaces de sostenerse en el mercado internacional, es decir, mejoran su productividad y desempeño innovador antes de exportar. De otra parte, el enfoque de *aprendizaje mediante exportación* plantea que las empresas se vuelven más eficientes y aceleran el crecimiento de su productividad cuando comienzan a exportar. No obstante, Filipescu *et al.* (2013) indican que también es posible una causalidad bidireccional o, dicho en otras palabras, un reforzamiento mutuo entre innovación y exportaciones.

Para el caso de Colombia, las investigaciones han girado en torno a indagar sobre los factores determinantes que llevan a que una empresa invierta en innovación o exporte, y sobre las implicaciones que tiene la innovación sobre el nivel exportador; predominando una visión unidireccional en la que la innovación permite que las empresas creen condiciones favorables para ingresar al mercado internacional (Guatibonza, 2021; García y Cardoso, 2020; Calderón y Nova, 2019; Pedrozo, 2019; Polo *et al.*, 2018; Castiblanco *et al.*, 2017; Ferrer *et al.*, 2015; Milesi y Aggio, 2008). Sin embargo, se ha dejado de lado la investigación sobre el aprendizaje que pueden alcanzar las firmas mediante la exportación, el cual impulsa la inversión en innovaciones y la competitividad estratégica. En tal sentido, para Colombia no existe evidencia de la relación causal entre la inversión en innovación y la participación de las empresas en mercados internacionales.

En este contexto, esta investigación tiene como objetivo *analizar la relación causal entre el esfuerzo en innovación y la intensidad exportadora por subsectores de la industria manufacturera en Colombia*. Para ello, este estudio busca responder a la pregunta sobre *¿cuál es*

la dirección y magnitud de la relación causal entre la inversión en actividades de innovación y la intensidad exportadora de las firmas industriales en Colombia? La fuente de información es la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT), correspondiente al sector Industria Manufacturera de Colombia, realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para los años 2015-2016 (versión VIII) y 2017-2018 (versión IX).

Inicialmente se describe el perfil característico de las empresas objeto de estudio, luego se estima la correlación entre la intensidad exportadora y el esfuerzo en innovación mediante modelos Tobit. Posteriormente, se determina el sentido de la causalidad de Granger entre el esfuerzo en innovación y las exportaciones, y finalmente, se estima el tamaño del efecto causal mediante el Método de Dobles Diferencias Emparejadas (DDE). Este proceso metodológico se efectúa para cada subsector de actividad en la industria manufacturera colombiana.

Los resultados brindan una visión detallada del comportamiento, las características y el impacto que tienen las variables estudiadas en cada actividad de la industria manufacturera; identificando así la heterogeneidad entre subsectores. Además, las conclusiones son un aporte valioso a la discusión sobre la eficiencia de las iniciativas de fomento a la innovación y la internacionalización, así como para el diseño de nuevas políticas tanto públicas como organizacionales según las características distintivas de las actividades económicas dentro de la industria manufacturera.

1. Aspectos teóricos y conceptuales

El tejido empresarial es un eje central para el crecimiento económico de cualquier país, puesto que tiene un rol protagónico en la diversificación de bienes y servicios, la generación de empleo formal y el estímulo de grandes innovaciones (Frohmann *et al.*, 2016). A este panorama

se le suma la apertura creciente de los mercados nacionales, el aumento de los flujos de comercio internacional y la constante reorganización espacial de la producción, lo que conlleva al desarrollo de la innovación como un pilar estratégico para alcanzar la competitividad. De hecho, Martins *et al.* (2014) afirman que aspectos como el crecimiento y la supervivencia de las empresas dependen en gran medida de la productividad y la innovación, los cuales, a su vez, se desempeñan como facilitadores del acceso a nuevos mercados.

En concordancia, es fundamental abordar los aspectos conceptuales que han orientado la discusión en torno a la relación entre productividad, innovación y exportaciones; así como las perspectivas teóricas en las que se centra esta investigación y los estudios que han precedido la misma y que proporcionan evidencia empírica de la relación entre el esfuerzo en innovación y la intensidad exportadora de las firmas.

1.1 Competitividad estratégica empresarial

Los modelos organizacionales sobre competitividad sostienen que ésta es una condición fundamental para que las economías se integren al comercio internacional y que sus empresas se mantengan dentro del mercado de forma eficiente. Esto conlleva un inmenso desafío para las empresas puesto que no solo se trata de nuevos esquemas de integración al mercado, mayores niveles de productividad, flujos más elevados de inversión y costos menores a los de sus competidores; sino que también se debe generar un entorno con elevada capacidad para la creación de valor, que a su vez permita mantener una posición en el mercado durante el largo plazo (Bonales y Gallegos, 2014).

Romo y Abdel (2005) afirman que la competitividad empresarial se origina de la ventaja competitiva que se posee frente a los competidores en cuanto a los métodos de producción y

organización. Por su parte, Barney (1991) sostiene que una firma posee una ventaja competitiva cuando constantemente desarrolla actividades que incrementan su eficiencia y su eficacia, de modo que otras empresas no logren implementar esas mismas estrategias. Sin embargo, una ventaja competitiva sostenida en el tiempo es lo que permite que las firmas obtengan un desempeño superior y una posición competitiva favorable, en otras palabras, que alcancen una *competitividad estratégica* (Meneses *et al.*, 2017).

Castiblanco *et al.* (2017) sostienen que el principal indicador de la internacionalización es el nivel de exportaciones, por lo cual lograr una elevada capacidad exportadora dependerá en gran medida del nivel de competitividad de una firma. De igual forma, la innovación se convierte en un pilar esencial para el mejoramiento continuo, la búsqueda de nuevas estrategias para competir y la generación de valor agregado en una empresa. En palabras de Ferrer *et al.* (2015), “la innovación es considerada como un factor crítico para la supervivencia y el éxito de las empresas, debido a la capacidad de una adaptación más rápida y mejor a las necesidades cambiantes del entorno” (p. 22). Así, las actividades de innovación son una oportunidad para crear una estrategia flexible donde las empresas cuenten con la capacidad de responder eficientemente a los constantes cambios del entorno.

En tal sentido, las estrategias nacionales de política comercial se han centrado en impulsar la productividad empresarial y su desempeño innovador como la vía más eficaz para que las empresas logren una ventaja competitiva de largo plazo, que además determine su permanencia eficiente en el mercado (Polo *et al.*, 2018; Cassiman *et al.*, 2010). Es así como la orientación hacia políticas de incentivos a la exportación ha marcado la pauta para la internacionalización de los países de América Latina (Frohmann *et al.*, 2016; Gómez *et al.*, 2008).

En Colombia, por ejemplo, en el marco del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, se promueven agendas departamentales relacionadas con temas de competitividad, productividad e innovación; las cuales se articulan en Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CODECTI), Comités Universidad-Empresa-Estado, Redes Regionales de Emprendimiento y Comisiones Regionales de Competitividad e Innovación. Estas iniciativas público-privadas permiten coordinar la formulación e implementación de las políticas de desarrollo productivo, competitividad, innovación y fomento de la cultura para el emprendimiento.

1.2 Perspectivas teóricas sobre la relación entre actividades de innovación y exportaciones

Diversos autores han evidenciado que en el ámbito empresarial existe una fuerte relación entre exportación e innovación. Nolzco (2020) señala que un aspecto “muy poco abordado por la literatura económica, es cómo las actividades de innovación pueden ser explicadas o impactan sobre el comportamiento exportador, y cómo ambas finalmente repercuten sobre la productividad de las empresas” (p. 70). De hecho, las empresas tienen distintos enfoques mediante los cuales deciden si priorizan estrategias encaminadas a la inserción en el mercado internacional y/o se enfocan en su desarrollo innovador. Por ello, en este apartado se exponen esos enfoques y los resultados a los que lleva su adopción y ejecución en la empresa.

1.2.1 Enfoque de autoselección

Las empresas que optan por este enfoque consideran que antes de incursionar en el mercado internacional -vía exportaciones- deben ser lo suficientemente productivas como para soportar los costos de entrada y la intensa competencia (Cassiman *et al.*, 2010). Por ello deben autoseleccionarse y generar unas condiciones que les permitan entrar al mercado internacional y sobrevivir en él. Estas condiciones están relacionadas con elevados niveles de productividad, altos

montos de inversión en innovación, diversificación de productos y servicios, creación de valor agregado, eficiencia tecnológica y capital humano. Silva *et al.* (2013) sostienen que “una empresa que pretende convertirse en exportadora necesitaría producir bienes de mayor calidad, a menudo usando tecnologías más avanzadas y esquemas de organización más eficientes” (p. 138).

De igual forma, Silva *et al.* (2013) exponen dos supuestos a partir de los cuales se puede sustentar la autoselección. El primero es que las empresas cuentan con una visión explícita de convertirse en exportadoras, por lo cual toman la decisión consciente de implementar políticas de crecimiento productivo con el propósito de prepararse para participar en el mercado externo. Esto implica que las empresas están dispuestas no solo a invertir en actividades de innovación sino a asumir costos de investigación de mercado, mercadeo, capacitación, permisos, licencias, entre otros. El segundo es que las empresas desarrollan estrategias de innovación con el propósito de ser más eficientes y se vuelven más productivas sin un objetivo claro de exportación, sin embargo, con el tiempo deciden exportar. Este último supuesto asume la innovación como un proceso exógeno a la intención de obtener una capacidad exportadora.

1.2.2 Enfoque de aprendizaje mediante exportación

Esta perspectiva considera que realizar exportaciones impulsa a las empresas a implementar mejores actividades de innovación (Monreal *et al.*, 2012), lo cual es posible porque el conocimiento que fluye de empresas competidoras y clientes internacionales hacia las firmas nacionales puede incidir en la capacidad de mejorar el desempeño organizacional. En otras palabras, las empresas que incursionan en el mercado internacional tienen la posibilidad de captar mejor el conocimiento y los derrames tecnológicos internacionales.

Adicionalmente, las empresas “que participan en los mercados internacionales están expuestas a una competencia más intensa y pueden necesitar mejorar su eficiencia a un ritmo más rápido que el de las empresas que solo venden sus productos en el mercado nacional” (Silva *et al.*, 2013, p. 136). Esto se reconoce en la literatura como el efecto de la competencia, es decir, el hecho de estar expuestos a mercados grandes y competitivos proporciona a los exportadores condiciones para elevar su eficiencia en términos de contactos con redes amplias de clientes, proveedores, competidores y entidades científicas, así como la posibilidad de obtener economías de escala.

Este enfoque de aprendizaje mediante la exportación se obtiene por tres vías: 1) la interacción con competidores y clientes internacionales proporciona información sobre productos y procesos, lo que reduce los costos y mejora la calidad; 2) las exportaciones permiten aumentar la productividad debido al acceso a mercados más grandes; y 3) el aumento de la competencia en los mercados extranjeros puede exigir a las empresas mayor eficiencia e incrementos en las inversiones en innovación (Greenaway y Kneller, 2007).

1.2.3 Enfoque de reforzamiento mutuo

La literatura también evidencia la forma en que la intensidad de I+D y la capacidad exportadora pueden influenciarse mutuamente y presentarse de forma simultánea (Filipescu *et al.*, 2013). Siguiendo la idea de Bitran *et al.* (2014), este reforzamiento mutuo se basa en la relevancia de los recursos tangibles y el aprendizaje basado en el desarrollo de los recursos intangibles de la empresa; de modo que a medida que se efectúan actividades de exportación, se adquieren conocimientos y capacidades que contribuyen al desarrollo de nuevas innovaciones, lo que a su vez posibilita a las firmas exportadoras incrementar su intensidad exportadora y diversificar los mercados donde incursionan.

1.3 Evidencia empírica

Son numerosos los estudios empíricos que han demostrado que los elevados niveles de productividad e innovación empresarial promueven las exportaciones. Lo referido en la literatura como *autoselección*. Bernard y Jensen (1999), con su trabajo “*Exceptional Exporter Performance. Cause, effect or both?*”, fueron pioneros en el estudio de esta relación. Los autores utilizaron datos longitudinales de las firmas de Estados Unidos para estudiar si las empresas con mejores indicadores de productividad, tamaño, intensidad de capital y rentabilidad empresarial se convierten en exportadoras, o si vender al mercado externo mejora los rendimientos de la firma. La evidencia demuestra que las firmas que se convierten en exportadoras son exitosas antes de iniciar sus actividades de exportación.

En esta misma línea, Lachenmaier y Wößmann (2006) orientaron su estudio para Alemania con la pregunta ¿la innovación causa exportaciones? Esto con el propósito de comprobar empíricamente si los procesos de innovación implican mejores resultados para el desempeño de las exportaciones de 981 empresas manufactureras durante el año 2002. Mediante una estimación econométrica los autores encontraron que la innovación conduce a un incremento de 7 puntos porcentuales en la participación de las firmas alemanas en la dinámica exportadora. La evidencia, aunque sólida, es heterogénea en todos los sectores, siendo más fuerte en los sectores basados en tecnología intensiva.

Monreal *et al.* (2012) utilizan una base de datos del periodo 2001-2008, con 14.142 observaciones de empresas manufactureras de España, para estudiar mediante modelos probit de efectos aleatorios la relación entre la innovación y la capacidad de las firmas para exportar más productos, controlando por el efecto de la productividad. Los autores concluyen que la innovación

induce a las firmas a aumentar su propensión exportadora, siendo este hallazgo robusto a la endogeneidad. No obstante, no experimentan ningún efecto de aprendizaje por exportación.

Otro trabajo que expone la alta correlación entre la participación en el comercio internacional de las empresas y su rendimiento exportador es el de Silva *et al.* (2013). Estos autores se preguntan si, para el caso de Portugal, ¿las empresas más productivas se autoseleccionan para exportar? Los autores emplean una base de datos longitudinal (1996-2003) a nivel de la firma. La estrategia empírica para evaluar la autoselección se abordó desde dos enfoques diferentes: 1) se empleó un modelo probit de efectos aleatorios, para probar la posibilidad de que una empresa se convierta en exportadora debido a algunas variables rezagadas, como tamaño, condición del capital extranjero y niveles de productividad antes de la entrada; y 2) un análisis de las diferencias *ex ante* entre quienes son principiantes en la exportación y los que no han exportado, usando un ejercicio paramétrico. Como resultado, en este estudio se demuestra la tesis de autoselección para los mercados de exportación.

En América Latina, Bravo-Ortega *et al.* (2013) realizaron un estudio para Chile titulado “*Innovation, Exports and Productivity: Learning and Self-selection in Chile*”, en el que examinaron la relación entre innovación, exportaciones y productividad, considerando el aprendizaje y la autoselección que puede darse en las firmas chilenas. Para ello, utilizaron datos de la Encuesta Nacional de Innovación y la Encuesta Industrial Nacional para el periodo 1997-2004, a partir de los cuales estimaron un modelo generalizado de Tobit. Los investigadores obtuvieron como resultado que las empresas que invierten en innovación y desarrollo son más propensas a exportar, pero el hecho de que una empresa exporte no incrementa su probabilidad de realizar I+D. Además, se evidencia que tanto las exportaciones como la I+D tienen un efecto conjunto para aumentar el nivel de productividad.

Para el caso de Colombia, Polo *et al.* (2018) identifican el impacto que tienen los distintos tipos de innovación respecto de la realización de exportaciones en la industria de alimentos y bebidas de Colombia. Para el análisis empírico utilizan información procedente de la VII Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la industria manufacturera (EDIT), elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para los años 2013 y 2014. Para determinar el efecto causal de la innovación respecto de la condición exportadora de las empresas del sector de alimentos y bebidas en Colombia, recurrieron al método de emparejamiento o *propensity score matching* (PSM). Como resultado de la aplicación de este método, los autores afirman que “solo la innovación tecnológica tiene un efecto significativo en la conducta exportadora del sector. Particularmente, la innovación en producto impacta positivamente la internacionalización de las empresas grandes, mientras que la innovación en procesos lo hace en las Pymes” (Polo *et al.*, 2018, p. 90).

En cuanto al enfoque de *aprendizaje mediante exportación*, Martins *et al.* (2014) corroboraron la premisa de que incursionar en el mercado externo es fundamental para que las firmas desarrollen capacidades de ciencia, tecnología e innovación. Los autores analizaron el efecto del comportamiento exportador sobre el compromiso del propietario-gerente con la innovación en Colombia, esto tomando como marco de referencia la teoría de aprendizaje. La base de datos utilizada proviene de la encuesta de población adulta entre 18 y 64 años del Global Entrepreneurship Monitor (GEM) Colombia, para los años 2010 y 2011. La estrategia econométrica consistió en utilizar modelos de regresión logística considerando el efecto marginal. En este sentido, los resultados arrojaron que la variable propensión exportadora incrementa la probabilidad de compromiso con la innovación que asume el propietario-gerente, confirmando que el aprendizaje organizacional se da a partir de la presencia en los mercados internacionales. No

obstante, con la variable explicativa intensidad exportadora no se pudo confirmar el mismo efecto positivo.

Por su parte, el estudio realizado por Filipescu *et al.*, (2013) busca responder cómo la intensidad de I+D y las innovaciones de productos y procesos, por una parte, y el desempeño exportador, por otra, pueden influenciarse mutuamente. Los investigadores analizan datos panel de 696 firmas del sector manufacturas de España durante los años 1994-2005. En cuanto a la metodología, emplearon regresión logística, modelo Tobit y la prueba de causalidad de Granger. La evidencia de este estudio corrobora que la innovación y las exportaciones tienen una relación causal recíproca.

Nolazco (2020) realizó un estudio para examinar la relación entre los esfuerzos innovativos, el nivel de exportaciones y la productividad en las empresas manufactureras de Perú. Para ello realizó estimaciones Tobit y por quintiles a partir de información de la Encuesta Nacional de la Industria Manufacturera (ENIIM) peruana de 2015. Los resultados evidenciaron un ciclo de reforzamiento mutuo entre estas variables, así: la productividad inicial de las empresas es un determinante del nivel de exportaciones (autoselección), lo que a su vez incentiva a realizar un gasto en innovación (exportaciones como determinante de la innovación) para competir en el mercado internacional. Esa innovación conduce a una mayor oferta de productos exportables (innovación como determinante de las exportaciones) y un aumento en la productividad (aprendizaje por exportar).

Por último, se destaca el trabajo de Bitran *et al.* (2014), en el cual abordan la causalidad entre el esfuerzo de gasto en innovación y la intensidad exportadora, aludiendo a la pregunta ¿innovar para exportar o exportar para innovar? Los autores realizan un análisis empírico a nivel

de las firmas del sector manufacturero de Chile para el periodo 1995-2010. Esta causalidad es estudiada por medio de un test de Granger de dos rezagos, con modelos para varios subsectores de la industria chilena y controlando por el nivel de productividad de cada firma. Uno de sus mayores aportes es el estudio de dicho sector a nivel desagregado, es decir, por subsectores. Los resultados son heterogéneos entre actividades económicas. De modo que muestran que para los subsectores alimentos, textil y químico, la participación en mercados externos causa a la Granger un mayor esfuerzo en innovación. Por su parte, los subsectores metal-mecánica y minerales y metales evidencian causalidades mutuas a la Granger. Para las actividades económicas de madera y papel no se presenta significancia estadística en la causalidad a la Granger entre innovación y exportación. Lo anterior muestra que los enfoques que plantea la literatura pueden variar dependiendo del subsector industrial.

2. Estrategia metodológica

Para analizar la relación causal entre el esfuerzo en innovación y la intensidad exportadora en la industria manufacturera en Colombia, inicialmente se realiza un análisis descriptivo con el propósito de conocer el perfil de las empresas objeto de estudio. A continuación, se establece la correlación entre inversión en innovación y exportaciones de las firmas mediante modelos Tobit. Para el análisis de la causalidad entre exportación e innovación de dichas empresas, se estima el test de Granger. Por último, se estudia el tamaño del efecto de las variables mediante técnicas aplicadas en la evaluación de impacto, concretamente, se usa el Método de Dobles Diferencias Emparejadas (DDE).

Además de analizar el sector de la industria manufacturera colombiana en su conjunto, también se estudia la asociación entre las variables de interés a nivel de subsectores. Esto es

importante porque en los diferentes subsectores de esta actividad económica se podría identificar la existencia de heterogeneidad no solo en el sentido de la causalidad entre exportaciones e innovación, sino también en el efecto de una variable sobre la otra. Este proceso metodológico, así como la fuente de información, se especifica en los siguientes apartados.

2.1 Datos de estudio

En este trabajo se toma como fuente de datos la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del sector Industria Manufacturera de Colombia, efectuada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de forma bienal. Esta encuesta indaga sobre los productos, actividades, recursos e instrumentos de apoyo asociados con el desarrollo tecnológico y la innovación de las empresas del sector. La operación estadística que desarrolla el DANE es de tipo censo y la población encuestada corresponde a las empresas industriales ubicadas en el territorio colombiano que cumplen con alguno de los siguientes criterios: 1) personal ocupado mayor o igual a 10 personas y 2) empresas que registren menos de 10 ocupados y un valor de producción anual superior a 506 millones de pesos corrientes de 2017. De manera que para 2015-2016 (versión VIII) el total de empresas encuestadas fue 8.610, mientras que para 2017-2018 (versión IX) fue de 7.529; siendo estas las dos últimas versiones que cuentan con los microdatos disponibles de la EDIT para el sector industria manufacturera.

Cabe mencionar que las empresas se encuentran clasificadas por subsectores tomando como referencia la Clasificación Industrial Internacional Uniforme Revisión 4 Adaptada para Colombia (CIIU Rev.4 A.C). Así mismo, las Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) que ha definido el DANE para esta encuesta se encuentran alineadas con las recomendaciones de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)

consignadas en el *Manual de Oslo*, y de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) declaradas en el *Manual de Bogotá*. Es preciso señalar que para efectos de esta investigación las ACTI son entendidas como las actividades de innovación. En la tabla 1 se detallan tanto las actividades industriales como las ACTI que contempla la EDIT y que se analizan en este trabajo.

Tabla 1. *Subsectores de la industria manufacturera y actividades de innovación*

Subsectores de la industria manufacturera (Clasificación Industrial Internacional Uniforme - CIIU Rev.4 A.C)	Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) ¹ (EDIT-Industria, DANE)
Alimentos, bebidas y tabaco	Actividades de I+D internas
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	Adquisición de I+D (externa)
Industria de la madera	Adquisición de maquinaria y equipo
Papel, imprenta y editoriales	Tecnologías de información y telecomunicaciones
Industria química y plástico	Mercadotecnia
Productos minerales no metálicos y metales base	Transferencia de tecnología
Industria del software, electrónica y aparatos eléctricos	Asistencia técnica y consultoría
Industria metalmecánica	Ingeniería y diseño industrial
Industria ligera	Formación y capacitación

Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria - DANE.

2.2 Etapas del proceso metodológico

2.2.1 Análisis descriptivo

En primer lugar, se realiza un análisis para *describir el perfil que caracteriza a las empresas del sector industrial en Colombia, considerando sus actividades de exportación e inversión en innovación*. Además, para efectos de análisis se tienen en cuenta variables como subsector de actividad económica, tamaño de las empresas, tipología según grado de innovación

¹ La definición de cada una de las Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación se encuentra en el apéndice A.

(innovadoras en sentido estricto, innovadoras en sentido amplio, potencialmente innovadoras, empresas con intención de innovar y no innovadoras), ventas, tipos de actividades de innovación en los que se invierte, fuentes de donde provienen los recursos invertidos en ACTI, nivel de productividad y formación del personal ocupado en ACTI.

2.2.2 Correlación (por subsector): Modelo Tobit

Con el propósito de *establecer la correlación entre inversión en innovación e intensidad exportadora de las firmas objeto de estudio*, para cada subsector se estiman dos modelos Tobit (Tobin, 1958), uno donde la inversión en innovación se encuentra en función de la exportación y el otro donde la exportación se encuentra en función del esfuerzo en innovación. La aplicación de modelos Tobit permite obtener coeficientes insesgados, teniendo en cuenta que tanto las firmas exportadoras como las que invierten en innovación son muestras censuradas. Este tipo de modelos asume homocedasticidad y normalidad en la distribución de los residuos, obteniendo estimadores consistentes cuando ambos supuestos se cumplen (Martí *et al.*, 2007).

Teniendo en cuenta los subsectores de la industria manufacturera, la especificación de los modelos es de la siguiente manera:

$$EXP_t = \beta_0 + \beta_1 INN_{t-1} + \beta_k X_t + u_t \quad [1]$$

$$INN_t = \beta_0 + \beta_1 EXP_{t-1} + \beta_k X_t + u_t \quad [2]$$

Donde:

EXP: intensidad exportadora,

INN: esfuerzo en innovación,

X: vector de variables de control,

u: término de error.

Para calcular la intensidad exportadora (*EXP*) se considera el valor total de las exportaciones de cada empresa, que es dividido entre el total de las ventas de esa misma empresa. Para la variable esfuerzo en innovación (*INN*) se toma la inversión total en actividades de innovación de cada empresa, dividida entre el total de ocupados de la misma empresa. Cabe mencionar que la inversión en actividades de innovación está dada por la sumatoria de los montos de dinero invertidos en las actividades de innovación enunciadas en la tabla 1.

2.2.3 Test de causalidad de Granger (por subsector): VAR Granger

La existencia de una correlación entre dos variables no implica causalidad (Montero, 2013). Esto significa que si dos variables están correlacionadas positiva o negativamente no necesariamente el cambio en una de ellas es la causa de la variación de los valores de la otra. Este hecho constituye una limitación interpretativa para el análisis estadístico aplicado. No obstante, Granger (1969) propuso un test de causalidad basado en el criterio de que el futuro no puede afectar al pasado, en cambio, el pasado pudiera afectar los hechos futuros.

Bajo esta lógica, si los rezagos de una variable (X_{t-1}) están correlacionados con los valores futuros de otra variable (Y_t), es posible afirmar que X causa *en el sentido de Granger* a Y . Sin embargo, cabe resaltar que puede existir una correlación espuria entre la variable rezagada y la variable no rezagada en razón a que se trata de un indicador adelantado, de modo que la causalidad de Granger no es una prueba irrefutable del efecto causal entre X e Y (aunque constituye una duda razonable). No obstante, lo que sí es cierto es lo contrario: si no existe la correlación entre X_{t-1} e Y_t entonces la variable X no causa a Y .

La hipótesis nula (H_0) del test indica que no existe relación entre X e Y o, lo que es igual, que su coeficiente de correlación es estadísticamente igual a cero. Así, si tras probar esta hipótesis

con una significancia determinada se decide no rechazarla se puede concluir que no existe dicha causalidad, en tanto que si se rechaza H_0 entonces es posible que la causalidad realmente exista o, lo que es igual, existe causalidad a la Granger. Por lo anterior, Montero (2013) señala que la causalidad en el sentido de Granger es una condición necesaria pero no suficiente para la existencia de verdadera causalidad.

Oxley y Greasley (1998) señalan que para aplicar el test de causalidad de Granger es necesario que las variables en cuestión sean estacionarias, o que siendo no estacionarias estén cointegradas. Si se cumple esta condición es posible estimar modelos vectoriales autoregresivos (VAR) como los que se formalizan a continuación (con los rezagos m , n , q y r que se consideren necesarios):

$$X_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j Y_{t-j} + u_t \quad [3]$$

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^q b_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^r c_j X_{t-j} + v_t \quad [4]$$

Posteriormente, se realiza el contraste de significancia de H_0 mediante un test de Wald para determinar la existencia y la dirección de la relación causal en el sentido de Granger.

Dado que la información contenida en las versiones VIII y IX de la EDIT para todas las variables de cada empresa está disponible para dos años consecutivos (2015-2016 y 2017-2018) es posible aplicar el test de causalidad de Granger para *determinar la existencia y el sentido de la causalidad entre inversión en innovación y exportación para cada subsector de actividad industrial en Colombia*. Para tal fin, es necesario aplicar la prueba de Dickey-Fuller a cada variable

normal y rezagada para determinar la existencia o no de raíces unitarias. En caso de que exista raíz unitaria en alguna variable (y por lo tanto no sea estacionaria) será necesario aplicar la transformación de Box-Cox para lograr su estabilidad en media y varianza. Una vez estacionarizadas las variables se pueden estimar los modelos VAR para establecer la correlación entre los datos de esfuerzo en innovación del año $t - 1$ y la intensidad exportadora del año t , así como la correlación de los datos de exportación de $t - 1$ con la inversión en innovación de t . Al final de este ejercicio se prueba, para cada subsector, si el esfuerzo en innovación causa la exportación, si la exportación causa la inversión en innovación, si la causalidad es bidireccional o si no existe correlación entre estas variables.

2.2.4 Evaluación de impacto mediante el Método de Dobles Diferencias Emparejadas (DDE)

Una vez conocida la dirección de la causalidad (a la Granger) entre innovación y exportación en cada subsector, surge una pregunta crucial: *¿Cuál es el tamaño del efecto del esfuerzo en innovación sobre la intensidad exportadora o de la intensidad exportadora sobre el esfuerzo en innovación, según el caso específico de cada subsector?* Esta pregunta básica incorpora una dimensión causal importante, puesto que se centra únicamente en el **impacto**, es decir, en los cambios del esfuerzo en innovación directamente atribuibles a la intensidad exportadora o, en caso contrario, a la variación de la intensidad exportadora causada por el esfuerzo en innovación. Por ello, resulta fundamental *estimar la magnitud del efecto causal que tiene la actividad innovadora sobre las exportaciones y/o de la inserción en mercados internacionales sobre la inversión en innovación, para cada subsector de actividad en la industria manufacturera colombiana.*

En términos generales, para estimar el efecto causal o impacto (τ) de una intervención o fenómeno (D) en los resultados de una variable de interés (Y), existen tres enfoques (experimental, cuasi-experimental y no experimental) y distintos métodos estadísticos (diferencias, diferencias en diferencias, triples diferencias, emparejamiento, dobles diferencias emparejadas, regresión discontinua, variables instrumentales, entre otros). Por supuesto, no existe un enfoque metodológico universal aplicable a todas las mediciones de impacto, sino que su elección o combinación depende del diseño de la intervención o de la naturaleza del fenómeno, así como de la estructura de los datos disponibles. Sin embargo, independiente del método de evaluación utilizado, lo que se busca siempre es estimar el caso *contrafactual*, es decir, el resultado que habrían tenido los intervenidos en ausencia de la intervención o, lo que es igual, la realización de Y en ausencia de D .

La información bienal consignada en las versiones VIII y IX de la EDIT tiene características no experimentales, puesto que las decisiones empresariales de inversión en innovación y/o exportación no son aleatorias y no se tienen mediciones propias de empresas que invierten en innovación y/o exportan antes de que realizaran esta(s) actividad(es). En tal caso, cuando se tienen observaciones para un grupo de tratamiento (invierten en innovación y/o exportan) y un grupo de control (no invierten en innovación y/o no exportan), y además existen datos longitudinales de las unidades de análisis (empresas) luego de la intervención, se puede combinar el método de emparejamiento con el de diferencias en diferencias, de tal modo que es posible relajar los supuestos subyacentes a cada uno de estos métodos para brindar mayor robustez a los resultados obtenidos (Bernal y Peña, 2011).

Con el método de *dobles diferencias emparejadas* (DDE) la decisión de participación está basada en características observables y no observables que permanezcan constantes a lo largo del

tiempo entre ambos grupos, por lo que reduce el sesgo de selección (Gertler *et al.*, 2017). Bajo esta óptica, los supuestos de independencia condicional y tendencias paralelas se definen como $(u_{i,t} - u_{i,t-1}) \perp (D|X)$ y $E(Y_t^0 - Y_{t-1}^0 | D = 1, X) = E(Y_t^0 - Y_{t-1}^0 | D = 0, X)$, respectivamente. Donde $u_{i,t}$ y $u_{i,t-1}$ son las características no observables de tratados y controles, Y_t^0 y Y_{t-1}^0 son las variables de resultado de tratados y controles en ausencia de la intervención/fenómeno, D es el indicativo de la intervención y X es un vector de características individuales.

A medida que X incluye más características la dimensionalidad tiende a hacer más complejo el emparejamiento de las observaciones, de modo que es útil condicionar el proceso por la probabilidad de participación dadas las características observables ($P(X)$). Por esta razón, tal como lo demuestran Rosenbaum y Rubin (1983), la distribución de características entre ambos grupos, condicionando por $P(X)$, será igual a $(y_i^1, y_i^0) \perp (D = 1|X) \Rightarrow (y_i^1, y_i^0) \perp (D = 1|P(X))$. De acuerdo con las consideraciones anteriores, el estimador de DDE se puede formalizar como:

$$\begin{aligned} \tau^{DDE} = & [E(Y_t^1 | D = 1, P(X)) - E(Y_{t-1}^1 | D = 1, P(X))] \\ & - [E(Y_t^0 | D = 0, P(X)) - E(Y_{t-1}^0 | D = 0, P(X))] \end{aligned} \quad [5]$$

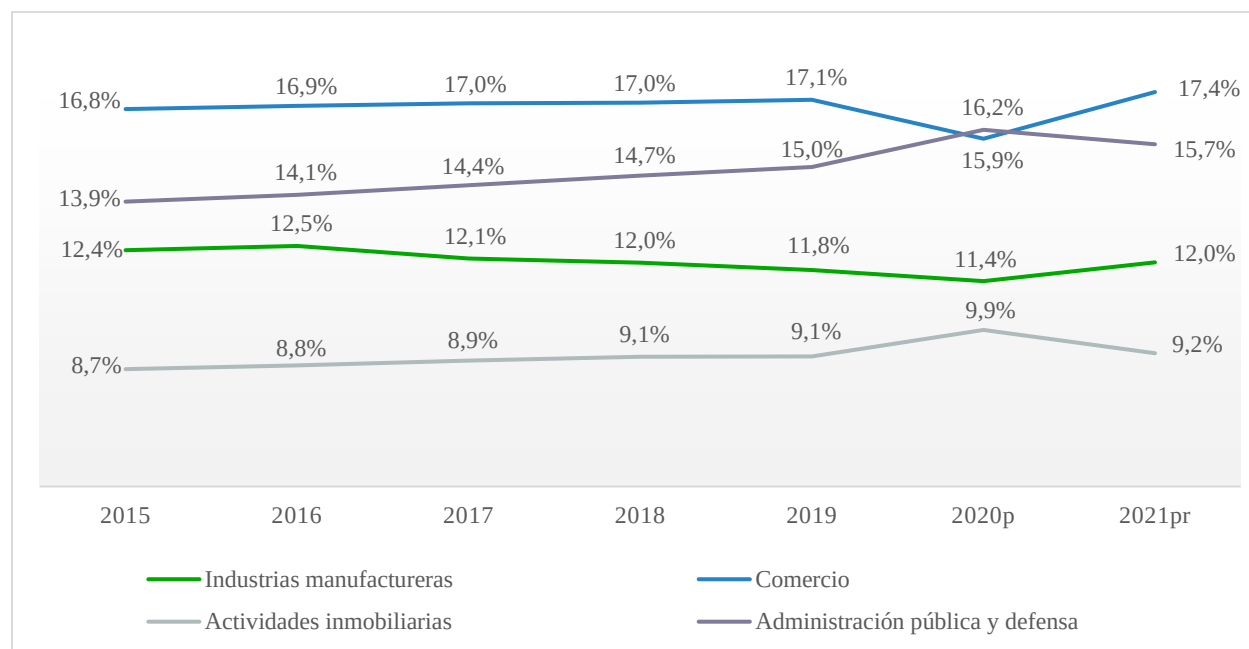
En síntesis, para estimar τ^{DDE} es preciso que el emparejamiento de las observaciones de los grupos de tratamiento y control se realice a partir de $P(X)$, calculada por el método de *propensity score matching* (PSM) con características observables de las unidades de análisis en $t - 1$. Adicionalmente, a cada observación emparejada se le debe calcular el cambio en la variable de resultados (y_i) entre los periodos t y $t - 1$. La variación estimada para las observaciones del grupo de tratamiento se conoce como *primera diferencia*, en tanto que al cambio para las unidades del grupo de control se le denomina *segunda diferencia*. Al restar la segunda diferencia de la

primera diferencia se estará aplicando *diferencias en diferencias* (Dif-en-Dif). Finalmente, τ^{DDE} será una estimación no segada del promedio de esas dobles diferencias.

3. Perfil empresarial de la industria manufacturera

Esta investigación se enfoca en el sector de la industria manufacturera en Colombia, el cual “constituye un nicho importante de innovación transmitible a otras industrias, mediante encadenamientos, y que, por tanto, ella posibilita expandir el valor agregado de la economía en su conjunto” (Bitran *et al.*, 2014, p. 113). En tal sentido, cabe destacar que este sector es el tercero con mayor participación en el Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia, dentro del total de 12 sectores incluidos en la contabilidad nacional. En la figura 1 se muestra la participación de los cuatro primeros renglones de la economía colombiana, donde se evidencia que la industria manufacturera tuvo a 2021 una participación del 12% en el PIB del país.

Figura 1. Participación sectorial en el PIB de Colombia



Nota: Elaboración propia con base en Cuentas Nacionales, DANE. La información de 2020 se encuentra provisional (p) y la de 2021 es preliminar (pr).

En este apartado se describe el perfil que caracteriza a las empresas del sector industrial en Colombia. De manera que, atendiendo al enfoque subsectorial que contempla esta investigación, conviene destacar que las empresas analizadas se distribuyen en las siguientes actividades económicas: 19,5% *Textiles, prendas de vestir y cuero*; 18,8% *Industria química y plástico*; 18,7% *Alimentos, bebidas y tabaco*; 14,7% *Minerales no metálicos y metales base*, 8,5% *Industria ligera*, 8,2% *Industria metalmecánica*, 7,1% *Papel, imprenta y editoriales*; 2,5% *Software, electrónica y aparatos eléctricos*; y 2% *Industria de la madera*.

Considerando que las decisiones de una empresa de exportar y/o innovar pueden estar orientadas por su tamaño, es fundamental conocer la proporción de micro, pequeñas, medianas y grandes empresas. Para el caso de esta investigación se encuentran clasificadas según el criterio de los ingresos por actividades ordinarias anuales (ventas brutas), el cual varía dependiendo del sector económico en el cual la empresa desarrolle su actividad y fue establecido en el Decreto 957 de 2019 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. Para la industria manufacturera, los rangos para la definición del tamaño empresarial se encuentran descritos en la tabla 2.

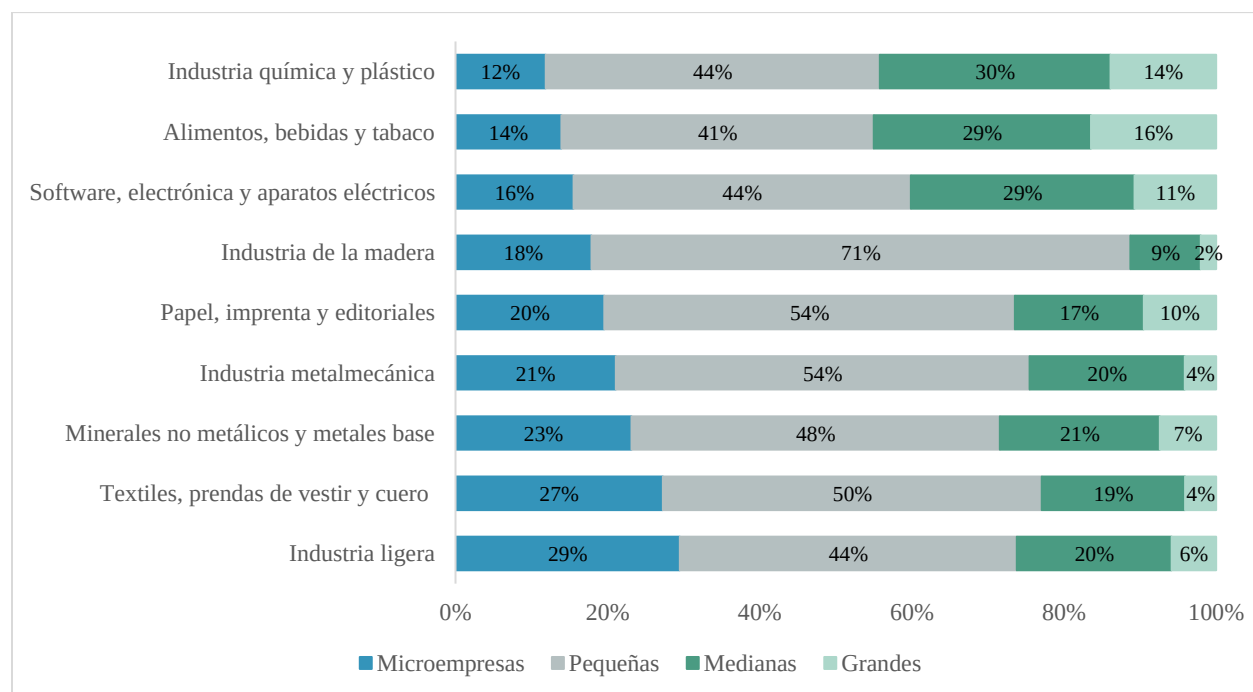
Tabla 2. *Criterios para la clasificación del tamaño empresarial según ventas – sector industrial*

Tamaño empresarial	Criterio (ventas)
Microempresa	Ingresos por actividades ordinarias anuales inferiores o iguales 23.563 Unidades Valor Tributario (UVT).
Pequeña empresa	Ingresos por actividades ordinarias anuales superiores a 23.563 UVT e inferiores o iguales a 204.995 UVT.
Mediana empresa	Ingresos por actividades ordinarias anuales superiores a 204.995 UVT e inferiores o iguales a 1.763.565 UVT.
Gran empresa	Ingresos por actividades ordinarias anuales superiores a 1.763.565 UVT.

Nota: Elaboración propia con base en Decreto 957 de 2019 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia.

Conviene mencionar que la Unidad de Valor Tributario – UVT es definida por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) de Colombia y varía cada año. De modo que en 2018 la UVT fue de \$33.156. En tal sentido, el sector industrial está compuesto por 19,9% de microempresas, 47,4% pequeñas empresas, 23,4% medianas y 9,4% grandes firmas. Ahora bien, al revisar el comportamiento por subsectores (figura 2) se puede evidenciar que en cada uno de ellos la mayor proporción de empresas son pequeñas. De hecho, las micro y pequeñas empresas suman entre 55% y 89% del total de firmas en cada subsector. Los subsectores que cuentan con una mayor proporción de empresas grandes son *Alimentos, bebidas y tabaco* con el 16% e *Industria química y plástico* con 14%; los cuales, a su vez son las actividades económicas con una menor proporción de microempresas. Por su parte, solo el 2% de las firmas de la *Industria de la madera* se encuentran en la categoría de gran empresa.

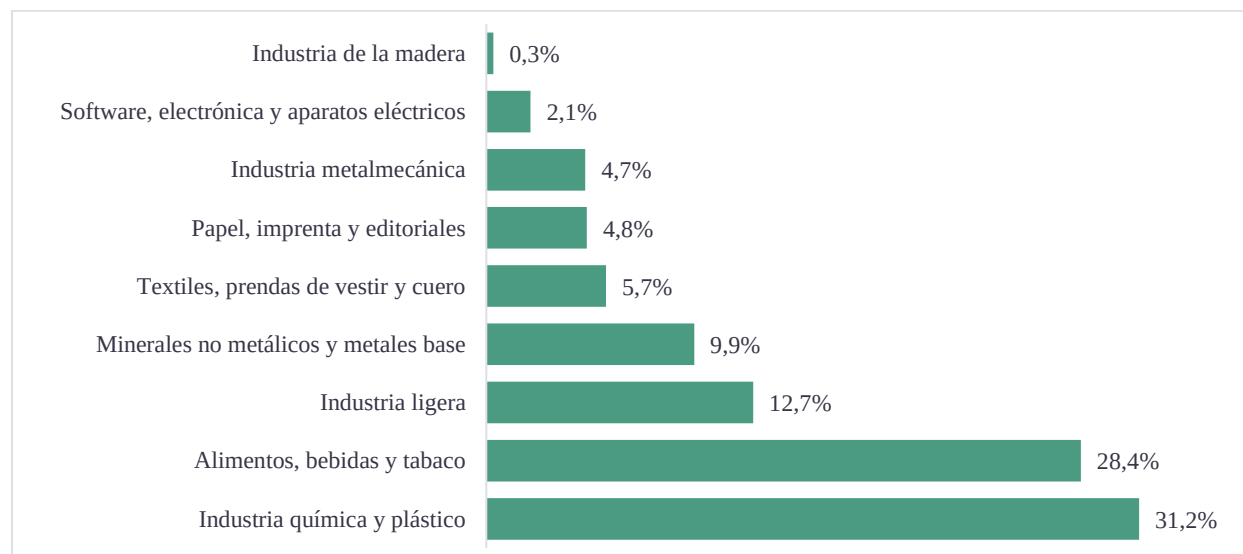
Figura 2. *Tamaño de la empresa por subsector de la industria manufacturera, 2018*



Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria - DANE.

En cuanto a la distribución subsectorial en el total de ventas de la industria (figura 3), se destaca la *Industria química y plástico* con el 31,2% del total de ventas del sector, seguido por las empresas de *Alimentos, bebidas y tabacos* que representan el 28,4% de las ventas. Cabe señalar que estos mismos sectores son los que tienen una mayor proporción de grandes empresas en su tejido. Adicionalmente, la *Industria de la madera* tan solo realiza el 0,3% de las ventas, y a su vez es el subsector no solo con menos empresas de gran tamaño, sino también con la mayor proporción de pequeñas empresas.

Figura 3. *Distribución de las ventas de la industria manufacturera según subsectores, 2018*



Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria – DANE.

Teniendo en cuenta que las variables de interés se enfocan en la participación del tejido empresarial de la industria en las exportaciones y la inversión en innovación, en la tabla 3 se puede apreciar dicha distribución según el tamaño empresarial. Tal como se ha evidenciado en diversos estudios, ser una gran empresa es un determinante para llevar productos de alto valor agregado al mercado internacional (Nolazco, 2020), lo cual es consecuente con el comportamiento de la industria en Colombia, puesto que el 89,64% de las empresas que exportan son de gran tamaño y

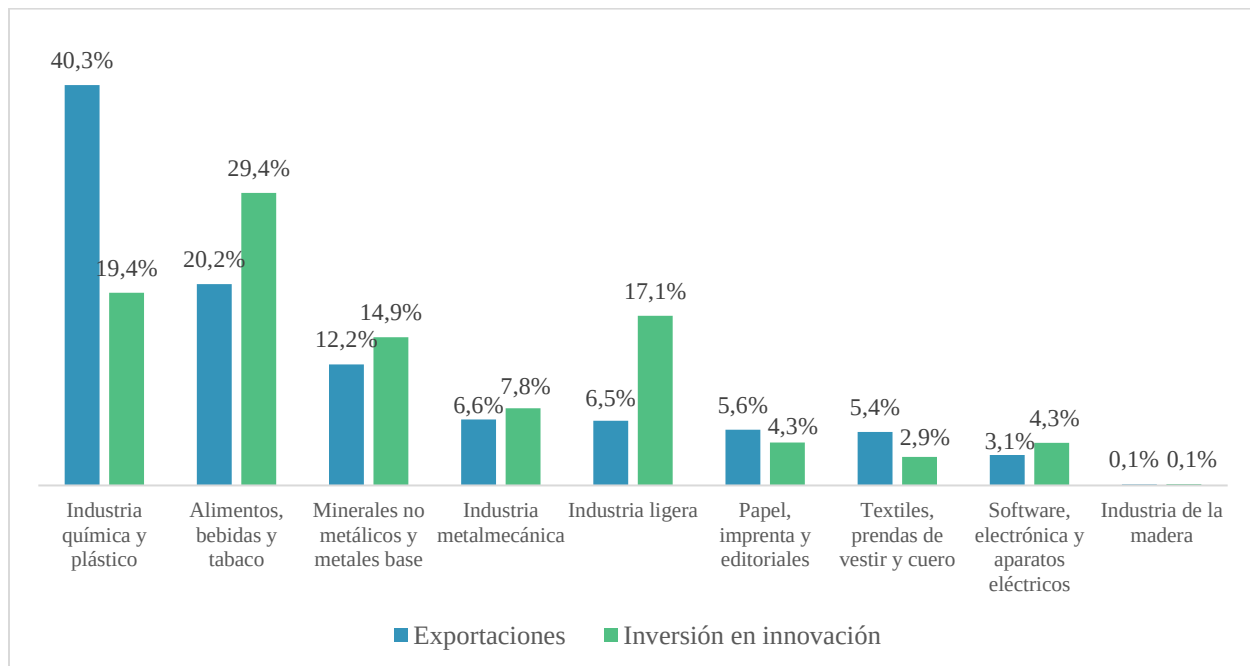
la mayoría de las empresas que destinan recursos para la innovación (86,06%) se destacan por ser grandes. En general, se encuentra que tanto las exportaciones como los esfuerzos en innovación son proporcionales al tamaño de las empresas; es decir, son las microempresas las que tienen una menor participación en estas variables con tan solo el 0,03% de las exportaciones y el 0,08% de la inversión en innovación.

Tabla 3. *Distribución de las exportaciones y la inversión en innovación según tamaño empresarial, 2018*

Tamaño de la empresa	Exportaciones	Inversión en innovación
Microempresa	0,03%	0,08%
Pequeña empresa	1,05%	2,21%
Mediana empresa	9,22%	11,76%
Gran empresa	89,64%	86,06%

Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria - DANE.

Ahora bien, siguiendo el marco de análisis de esta investigación es importante conocer la distribución subsectorial en cuanto a las exportaciones e innovación. A partir de la figura 4 se puede concluir que el 60% de las ventas a nivel internacional las realizan tan solo 2 subsectores, la *Industria química y plástico*, seguido de *Alimentos, bebidas y tabaco*. Así mismo, estos dos subsectores son los que más invierten en innovación, puesto que el 48% del total de recursos invertidos en ACTI por las empresas se encuentran en dichos sectores. Por su parte, las firmas de la *Industria de la madera* tienen una muy baja dinámica exportadora y destinan muy pocos recursos para generar innovaciones.

Figura 4. Distribución de las exportaciones y la inversión en innovación según subsectores, 2018

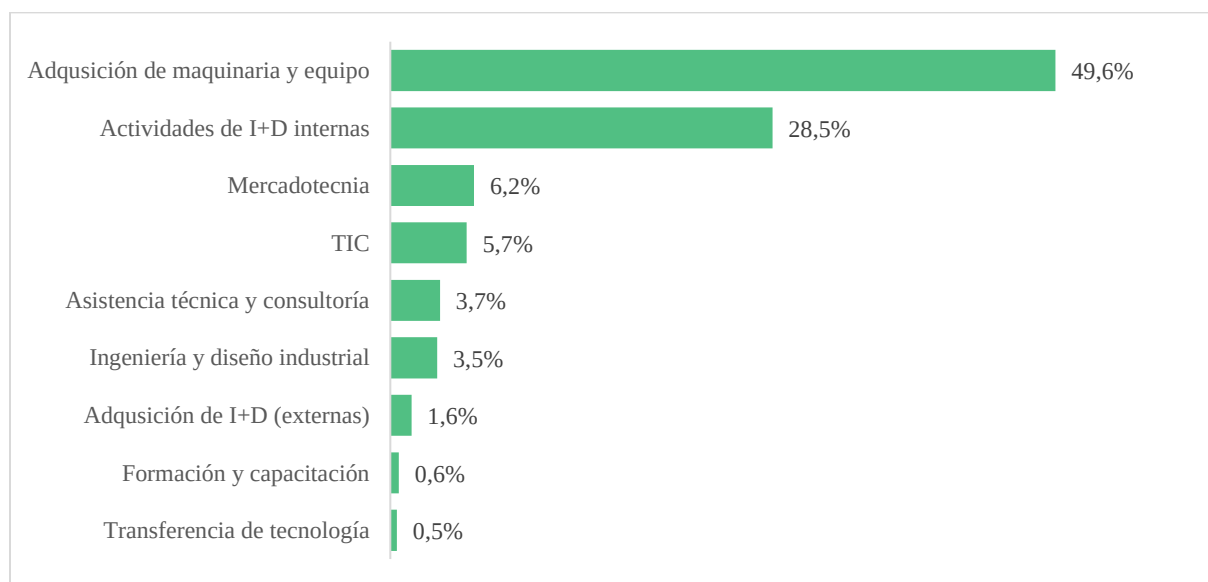
Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria – DANE.

Como se ha mencionado con antelación, las empresas destinan recursos para incorporar innovaciones con las que buscan ofrecer productos de mayor calidad, disminuir costos, efectuar procesos más eficientes y generar valor agregado en sus procesos y productos. Las Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) en las que invierten las organizaciones son todas aquellas acciones que la empresa realiza para producir, promover, difundir y aplicar conocimientos científicos y técnicos para el desarrollo o introducción de bienes y servicios nuevos o significativamente mejorados; así como métodos organizativos, técnicas de comercialización y procesos novedosos (DANE, 2019).

En 2018 la inversión en ACTI de las firmas del sector de la industria manufacturera en Colombia fue de \$1,6 billones, y tal como se puede observar en la figura 5, estas empresas destinaron la mitad de sus recursos a la adquisición de maquinaria y equipo (49,6%) para la

producción de bienes, servicios o procesos nuevos o altamente mejorados; así mismo, invirtieron otro 28,5% en las actividades de I+D internas. De manera que las empresas dedicaron un poco más del 78% de su esfuerzo en innovación únicamente a estas dos actividades.

Figura 5. *Distribución de la inversión en actividades de innovación (ACTI) en la industria, 2018*

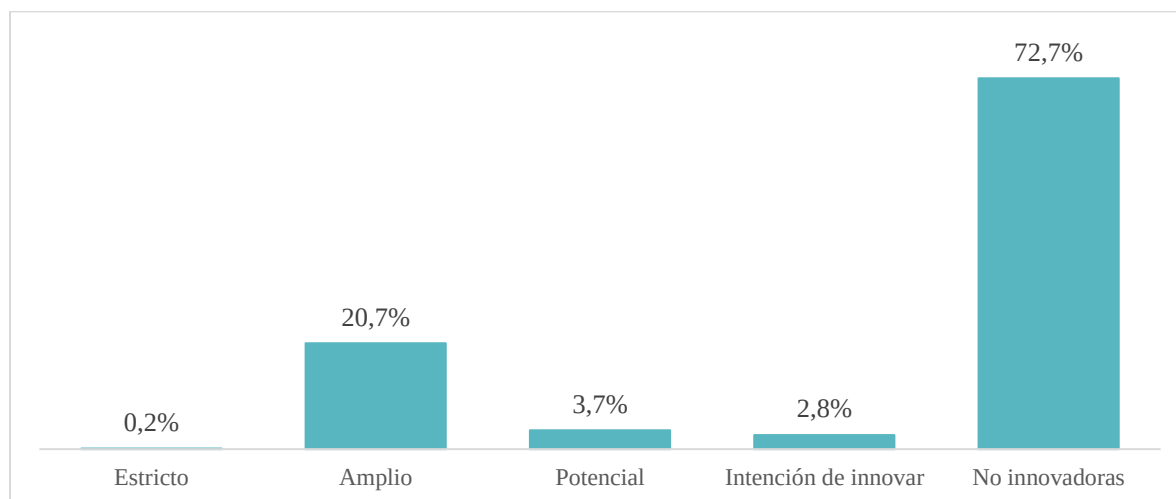


Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria – DANE.

Los cambios organizacionales que implican innovaciones pueden ser nuevos para la sociedad o nuevos para la empresa, de manera que el DANE (2019) define una innovación como un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado introducido en el mercado, y también como un proceso, una técnica de comercialización o un método organizativo que se introduce como novedad en la empresa. Con base en ello, en la EDIT-Industria se establecen tipologías de clasificación según el grado de innovación de las empresas, a saber: innovadoras en sentido estricto, innovadoras en sentido amplio, potencialmente innovadoras, con intención de innovar y no innovadoras.

Tal como se evidencia en la figura 6, en el sector de la industria manufacturera tan solo el 0,2% de las empresas reportaron ser *innovadoras en sentido estricto*, con una inversión de \$208.339 millones; estas empresas obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado para el mercado internacional. Mientras que el 20,7% de las empresas se caracterizan por ser *innovadoras en sentido amplio* y haber invertido \$1,4 billones; esto implica que obtuvieron para el mercado nacional o para la empresa al menos un bien, servicio o método nuevo o significativamente mejorado. Las empresas que se reconocen como *potencialmente innovadoras* corresponden al 3,7%, invirtieron \$38.191 millones y se caracterizan porque no han obtenido ninguna innovación, pero reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación. Adicionalmente, el 2,8% de las empresas son *no innovadoras con intención de innovar*. Por su parte, las firmas *no innovadoras* alcanzan el 72,7% y se caracterizan por no haber obtenido innovaciones, ni reportaron tener proceso de innovación en curso o haber abandonado algún proyecto para la obtención de innovaciones.

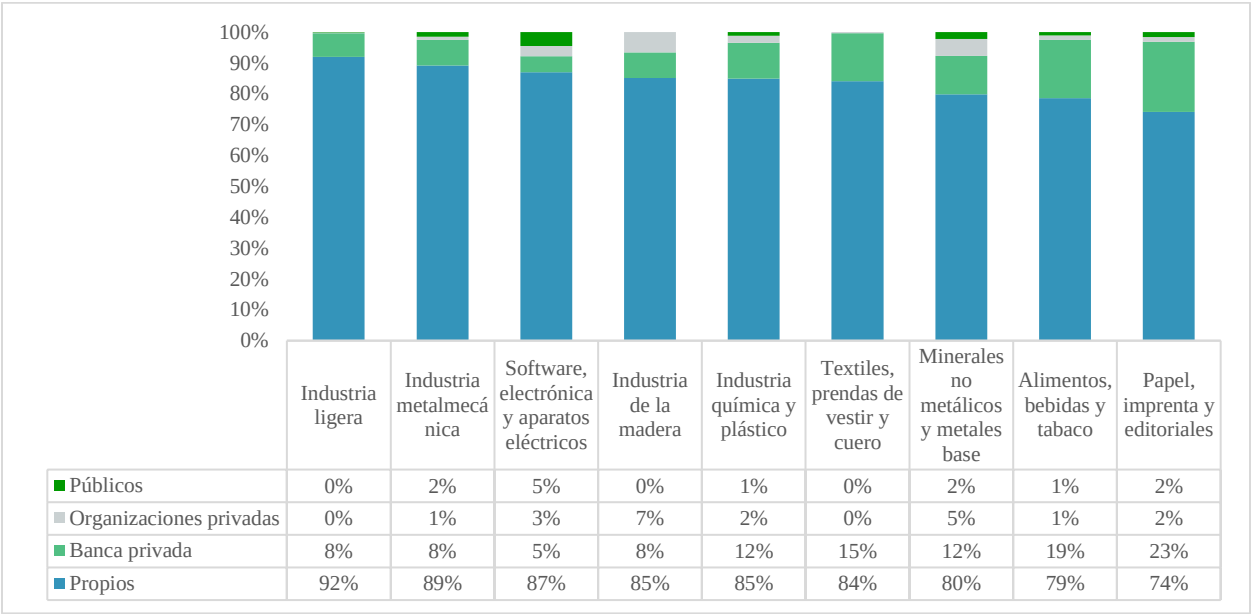
Figura 6. Tipología de la innovación empresarial, 2018



Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria – DANE.

Las empresas pueden hacer uso de varias fuentes para financiar o cofinanciar sus actividades de innovación, por lo cual los recursos pueden ser propios, públicos, de la banca privada o de organizaciones privadas (incluye otras empresas, fondos, cooperación y donaciones). De este modo, tal como se refleja en la figura 7, la mayor proporción de empresas del sector industrial en Colombia utiliza recursos propios provenientes del ejercicio de su actividad económica para desarrollar ACTI. Siendo la banca privada la segunda fuente de financiación que emplean las empresas para ejecutar actividades de generación de conocimiento e innovación.

Figura 7. Fuente de los recursos invertidos en actividades de innovación, 2018



Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria – DANE.

Dentro de este contexto, Guatibonza (2021) afirma que el desempeño innovador en las empresas del sector manufacturero colombiano se beneficia de manera significativa por la presencia de trabajadores con educación universitaria y superior, de manera que son éstos quienes aportan en mayor magnitud al desarrollo e introducción de innovaciones en las firmas. No

obstante, analizar el personal ocupado² del sector industrial según su máximo nivel educativo alcanzado (tabla 4), se encuentra que el 65,10% de los empleados apenas cuentan con educación primaria, secundaria o incluso no alcanzan ningún nivel educativo; el 19,44% ha recibido formación técnica, tecnológica y formación profesional en el SENA. Mientras los empleados que cuentan con niveles de mayor formación, como son los posgrados, apenas alcanzan el 2,44% del total de empleados del sector industrial. Se puede observar que a medida en que el nivel educativo incrementa, la participación del personal es cada vez menor.

Tabla 4. *Distribución del personal ocupado y de los empleados que participan en ACTI según formación, 2018*

Máximo nivel de formación	Personal ocupado	Ocupados que participan en ACTI (relativo al total de ocupados)
Doctorado	0,04%	0,04%
Maestría	0,38%	0,26%
Especialización	2,02%	0,79%
Universitario	13,02%	3,01%
TyT_SENA	19,44%	1,65%
Básica	65,10%	1,17%

Nota: Elaboración propia con base en EDIT Industria – DANE. El nivel “TyT_SENA” incluye Formación Profesional Integral del SENA, tecnólogo, técnico profesional; mientras que “Básica” hace referencia a educación primaria, secundaria y las personas que no cuentan con educación.

En cuanto al personal que participa en ACTI³, se evidencia que tan solo el 6,91% del total de ocupados tiene a cargo el desarrollo de actividades concernientes a generar o aplicar nuevos

² El personal ocupado por la empresa corresponde al que ejerce su fuerza laboral independientemente del tipo de contratación ya sean personas propietarias, permanentes, temporal contratado directamente o a través de agencias, personal aprendiz o pasantes en etapa práctica o personal por prestación de servicios (DANE, 2019).

³ El personal que participa en actividades científicas, tecnológicas y de innovación, corresponde al que desarrolla, ya sea en dedicación permanente o parcial, actividades dentro de la empresa dirigidas a la producción, promoción, difusión y aplicación de conocimientos científicos y técnicos; y al desarrollo o introducción de bienes, servicios, procesos, técnicas de comercialización y métodos organizativos nuevos o significativamente mejorados (DANE, 2019).

conocimientos científicos y tecnológicos. Cabe mencionar que el total de personal con doctorado realiza actividades de CTI. El mayor porcentaje de empleados que se dedica a ACTI cuentan con formación de pregrado universitario, sin embargo, tan solo alcanza el 3,01% del total de empleados del sector manufacturero en Colombia.

Así mismo, cabe mencionar que el 12,1% del personal total ocupado cuenta con certificaciones de competencias laborales específicas. Lo cual se refiere a la culminación de un proceso de reconocimiento formal (por parte del SENA u organismos certificadores acreditados) de competencias del trabajador que son dedicadas hacia la actividad principal de la empresa, con base en un tiempo de capacitación y práctica. Por último, y bajo el entendimiento de la relevancia del talento humano como factor acelerador de resultados organizacionales eficientes, cabe mencionar que solo el 5,6% de los empleados de la industria manufacturera recibe formación y capacitación relacionada específicamente con actividades científicas, tecnológicas y de innovación; las cuales son financiadas o cofinanciadas por las empresas y corresponden a programas de doctorado, maestría, especialización o capacitación mayor o igual a 40 horas.

Estos aspectos sobre la formación del personal deben ser prioritarios para el tejido empresarial, pues tal como lo afirma Guatibonza (2021), “aumentando la incorporación de personal con nivel universitario o superior, y mejorando las capacidades y habilidades de los niveles técnicos y tecnólogos, con el fin de que tengan una mayor incidencia en el desempeño innovador de las firmas” (p. 25).

4. Estimaciones y resultados

Las estimaciones Tobit buscan establecer, para cada subsector de la industria manufacturera colombiana, la correlación entre la inversión contemporánea en ACTI (INN_t) y la expresión rezagada de la intensidad exportadora (EXP_{t-1}), así como entre la proporción contemporánea de ventas al exterior (EXP_t) y el rezago del esfuerzo en innovación (INN_{t-1}). En ambos casos se utiliza la productividad⁴ contemporánea como variable de control. La tabla 5 da cuenta de la existencia y el sentido de estas correlaciones.

Tabla 5. Estimaciones Tobit de la correlación entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora

Subsectores	Tobit	
	Y = Esfuerzo en innovación (t) X = Intensidad exportadora (t-1)	Y = Intensidad exportadora (t) X = Esfuerzo en innovación (t-1)
INDUSTRIA MANUFACTURERA	+	–
Alimentos, bebidas y tabaco	0	+
Textiles, prendas de vestir y cuero	0	–
Industria de la madera	–	0
Papel, imprenta y editoriales	0	+
Industria química y plástico	+	+
Minerales no metálicos y metales base	0	0
Software, electrónica y aparatos eléctricos	0	0
Industria metalmecánica	+	+
Industria ligera	0	0

Nota: Elaboración propia. El símbolo “+” es indicativo de correlación positiva, en la que los valores de ambas variables tienden a incrementarse o disminuirse juntos. Por su parte, “–” indica la existencia de correlación negativa, en la que los valores de una variable tienden a incrementarse mientras que los valores de la otra descenden. “0” significa ausencia de relación entre las variables.

⁴ La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por una empresa y el número de empleados de esta (Productividad = Ventas totales / Total personal ocupado).

Los resultados demuestran la existencia de correlación entre la inversión en innovación y la intensidad exportadora para la industria manufacturera colombiana en su conjunto. En el caso de la relación entre INN_t y EXP_{t-1} , como era de esperarse, esta correlación es positiva; mientras que para la relación entre EXP_t y INN_{t-1} la correlación es negativa, un hecho que resulta contraintuitivo a priori.

Ahora bien, a partir de las estimaciones por subsectores se observa que existe correlación positiva entre INN_t y EXP_{t-1} para las empresas de la *Industria química y plástico*, así como para la *Industria metalmecánica*. Para el subsector de *Madera* se advierte una correlación negativa y, para las demás actividades manufactureras (*Alimentos, bebidas y tabaco; Textiles, prendas de vestir y cuero; Papel, imprenta y editoriales; Minerales no metálicos y metales base; Software, electrónica y aparatos eléctricos; e Industria ligera*) la relación no es estadísticamente significativa. Del mismo modo, los resultados sugieren correlación positiva entre EXP_t y INN_{t-1} para los subsectores de *Alimentos, bebidas y tabaco; Papel, imprenta y editoriales; Industria química y plásticos; y Metalmecánica*. En el caso de *Textiles, prendas de vestir y cuero* la correlación estimada es negativa; y aparentemente inexistente en las actividades de *Madera, Minerales no metálicos y metales base, Software, electrónica y aparatos eléctricos e Industria ligera*.

No obstante, tal como se ha mencionado, la correlación no implica causalidad. En tal sentido, para no cometer la falacia *cum hoc ergo propter hoc* (en latín “con esto, por tanto, a causa de esto”) es razonable aplicar el test de causalidad de Granger (1969) para comprobar la existencia de efectos causales entre el esfuerzo de inversión en innovación y la intensidad exportadora, además de determinar si los efectos estimados tienen carácter unidireccional o bidireccional. En la tabla 6 se reportan los F-estadísticos de las ecuaciones [3] y [4] para los distintos subsectores.

Tabla 6. Test de causalidad de Granger entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora

Subsectores	Granger (F-estadístico)	
	Y = Esfuerzo en innovación (t) X = Intensidad exportadora (t-1)	Y = Intensidad exportadora (t) X = Esfuerzo en innovación (t-1)
INDUSTRIA MANUFACTURERA	35,13***	0,05
Alimentos, bebidas y tabaco	7,61***	19,61***
Textiles, prendas de vestir y cuero	1,81	1,12
Industria de la madera	2,54	1,31
Papel, imprenta y editoriales	0,95	4,31**
Industria química y plástico	5,62***	1,04
Minerales no metálicos y metales base	0,1	0,65
Software, electrónica y aparatos eléctricos	0,25	3,02*
Industria metalmecánica	10,32***	7,14***
Industria ligera	2,94*	1,09

Nota: Elaboración propia. Significancia * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

En general, los resultados del test de Granger son consistentes con las estimaciones Tobit. Sin embargo, tras la medición de causalidad se observan algunas discrepancias que favorecen considerablemente el análisis. En primer lugar, para todos los casos contraintuitivos en los que los modelos Tobit indicaban una correlación negativa, el test de Granger demostró que en realidad no existe relación causal. Segundo, algunos casos en los que las estimaciones Tobit establecían que la correlación no era estadísticamente significativa, Granger mostró la existencia de relación causal. Finalmente, un caso en el que el modelo Tobit estimaba una correlación positiva, el test de Granger no muestra evidencia suficiente a favor de causalidad, de modo que puede tratarse de una relación espuria que ahora no será contemplada en los análisis posteriores.

Los F-estadísticos alcanzan significancia para explicar la causalidad a la Granger desde la intensidad exportadora hacia el esfuerzo en innovación tanto para la *industria manufacturera* en su conjunto como para los subsectores de *Alimentos, bebidas y tabaco*; *Industria química y plástico*, *Metalmecánica* e *Industria ligera*. Para el resto de subsectores no se aprecia significancia

estadística para la causalidad en esa dirección. De otra parte, el test de causalidad a la Granger desde el esfuerzo en innovación hacia la intensidad exportadora solo es estadísticamente significativo para los subsectores de *Alimentos, bebidas y tabaco; Papel, imprenta y editoriales; Software, electrónica y aparatos eléctricos; y Metalmecánica*. Para los demás subsectores, así como para el global de la industria manufacturera, la significancia no aporta evidencia sobre causalidad en ese sentido.

A partir de estos resultados, en la tabla 7 se presenta el tipo de enfoque teórico que sigue la relación entre el esfuerzo en innovación y la intensidad exportadora en la industria manufacturera colombiana, así como en cada uno de sus subsectores de actividad. La heterogeneidad de enfoques que se presenta entre subsectores de la industria en Colombia refuerza la importancia de analizar cada actividad económica según sus particularidades. Esto también lo evidencian Bitran *et al.* (2014) en su estudio para Chile, el cual realizaron tanto a nivel de la industria como de manera desagregada.

Tabla 7. *Enfoque teórico del sentido de la relación entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora*

Subsectores	Enfoque teórico de la relación
INDUSTRIA MANUFACTURERA	Aprendizaje mediante exportación
Alimentos, bebidas y tabaco	Reforzamiento mutuo
Textiles, prendas de vestir y cuero	No relacionados
Industria de la madera	No relacionados
Papel, imprenta y editoriales	Autoselección
Industria química y plástico	Aprendizaje mediante exportación
Minerales no metálicos y metales base	No relacionados
Software, electrónica y aparatos eléctricos	Autoselección
Industria metalmecánica	Reforzamiento mutuo
Industria ligera	Aprendizaje mediante exportación

Nota: Elaboración propia.

Debido a las diferencias en el grado de desarrollo de la industria entre países, es natural encontrar divergencia en el sentido de la relación entre la propensión a innovar y a exportar. Así, cada economía tendrá una situación particular. Específicamente, esta investigación ha puesto en evidencia que la industria manufactura en Colombia responde al enfoque de aprendizaje mediante exportaciones. Estos resultados son similares a los de Bitran *et al.* (2014) sobre las empresas industriales en Chile, donde quienes participan en mercados extranjeros realizan mayores esfuerzos en innovación. En contraste, diversos autores han demostrado la existencia de autoselección para Chile (Bravo-Ortega *et al.*, 2013), Portugal (Silva *et al.*, 2013), España (Monreal *et al.*, 2012), Alemania (Lachenmaier y Wößmann, 2006) y Estados Unidos (Bernard y Jensen, 1999). Por su parte, estudios para Perú (Nolazco, 2020) y España (Filipescu *et al.*, 2013) aporta evidencia de reforzamiento mutuo.

Una vez identificado el sentido de la causalidad entre ambas variables de interés para cada subsector, es importante estimar la magnitud del efecto causal que tiene la actividad innovadora sobre la intensidad exportadora y/o de la inserción en mercados internacionales sobre la inversión en actividades de innovación. Tal como se explicó en el apartado metodológico, se trata de un problema de medición de impacto y, dada la estructura de panel corto de los datos de la EDIT - Industria manufacturera, lo más apropiado para este propósito es utilizar el Método de Dobles Diferencias Emparejadas, una combinación de los métodos de PSM y Dif-en-Dif que permite obtener un estimador no sesgado del efecto causal (τ^{DDE}).

En cualquier caso, el emparejamiento entre empresas *exportadoras* y *no exportadoras* o entre aquellas que *invierten en ACTI* y las que *no invierten en ACTI* se realiza mediante el algoritmo de Kernel, debido a que genera resultados más robustos. Así mismo, para la aplicación de diferencias en diferencias se requiere crear la variable $\Delta Y = Y_t - Y_{t-1}$ tanto para *EXP* como

para *INN*. Para aportar estabilidad a la variable ΔINN , esta es incorporada a la estimación en su forma funcional logarítmica. ΔEXP , por su parte, se incorpora en su forma original. Por último, cabe mencionar que en las estimaciones se utiliza el logaritmo de la productividad rezagada como variable de control.

La tabla 8 recoge los resultados del análisis de DDE para el total de la industria manufacturera colombiana, así como para aquellos subsectores de actividad en los que el test de causalidad de Granger aporta suficiente evidencia a favor de la existencia de *autoselección*, *aprendizaje mediante exportación* o *reforzamiento mutuo*. Por lo tanto, se excluyen los subsectores de *Textiles, prendas de vestir y cuero*; *Industria de la madera* y *Minerales no metálicos y metales base*.

Tabla 8. Estimación de DDE para la relación causal entre esfuerzo en innovación e intensidad exportadora

Subsector	Y = Ln(Diferencia del Esfuerzo en innovación) D = Exporta	Y = Diferencia de la Intensidad exportadora D = Invierte en ACTI
INDUSTRIA MANUFACTURERA	0,3387***	N/A
Alimentos, bebidas y tabaco	0,5376**	0,0024
Textiles, prendas de vestir y cuero	N/A	N/A
Industria de la madera	N/A	N/A
Papel, imprenta y editoriales	N/A	0,0035
Industria química y plástico	0,5759*	N/A
Minerales no metálicos y metales base	N/A	N/A
Software, electrónica y aparatos eléctricos	N/A	0,0274**
Industria metalmecánica	0,5461**	0,0120*
Industria ligera	0,0387***	N/A

Nota: Elaboración propia. N/A implica que no se realizó la estimación DDE debido a que no se encontró causalidad a la Granger. Significancia * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. En los modelos Log-Nivel el coeficiente estimado tiene una interpretación porcentual si se le multiplica por 100, así: $\% \Delta Y = (100 * \beta_1) \Delta X$.

Los coeficientes estimados miden el tamaño del efecto causal (τ^{DDE}) entre innovación y exportaciones. Los resultados muestran que en los subsectores en los que existe autoselección los impactos son moderados. En el subsector de *Software, electrónica y aparatos eléctricos* la diferencia anual de la intensidad exportadora de las empresas que invierten en ACTI se incrementa en promedio 2,74% más que la diferencia de aquellas empresas que no invierten en ACTI. Por su parte, en el subsector de *Papel, imprenta y editoriales* el efecto del esfuerzo en innovación sobre la diferencia de la intensidad exportadora, pese a ser positivo, es tan pequeño (0,35%) que no alcanza significancia estadística.

En los subsectores que aprenden mediante exportación los impactos son considerablemente más grandes. En el caso de la *industria manufacturera* en su conjunto, cuando una empresa es exportadora se espera que la diferencia anual de su volumen de inversión en ACTI aumente 33,87% más que en las empresas no exportadoras. En el subsector de *Industria química y plástico* este aumento asciende a 57,59% y en la *Industria ligera* es de 3,87%.

De otra parte, cabe señalar que los coeficientes estimados para los subsectores en los que existe reforzamiento mutuo son proporcionales tanto a autoselección como a aprendizaje mediante exportación, según el sentido de la relación. En *Alimentos, bebidas y tabaco*, el valor esperado de la diferencia del esfuerzo en innovación es un 53,76% más alto para las empresas que exportan, mientras que la diferencia anual de la intensidad exportadora, a pesar de ser relativamente mayor para las empresas que invierten en ACTI, tiene una brecha (0,24%) que no resulta suficientemente explicativa desde el punto de vista estadístico. Finalmente, en el subsector de *Metalmecánica* el efecto de las exportaciones sobre la diferencia del esfuerzo en innovación es de 54,61% y el impacto de la innovación sobre la diferencia de la intensidad exportadora es de 1,20%.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Los estudios sobre la dinámica del tejido empresarial han puesto en evidencia una estrecha relación entre los niveles de productividad, las actividades de innovación y la capacidad exportadora. Este vínculo ha sido ampliamente abordado para diversos países, sectores de actividad económica y tipos de innovación. Sin embargo, el alcance de estos análisis para Colombia ha sido limitado en tanto que abordan un enfoque unidireccional frente a la relación entre estas variables, partiendo únicamente de la premisa de que una mayor inversión en innovación repercutirá en un elevado desempeño productivo y exportador; además, se han usado principalmente enfoques descriptivos sobre la dinámica exportadora e innovadora. Tal como lo afirman Polo *et al.* (2018), la discusión tradicional se ha enfocado en “profundizar y comprender acerca de los retornos económicos de la innovación tecnológica, asociados a la introducción de productos y procesos nuevos o mejorados al mercado, al tiempo que se enfocan de forma casi exclusiva en los gastos en I+D” (p. 91).

En esta investigación no solo se abordó el enfoque anterior, sino que también se consideró la perspectiva de que “la exigencia derivada del nivel competitivo en los mercados internacionales hace que las exportaciones sean un determinante de la innovación empresarial” (Polo *et al.*, 2018, p. 94). En otras palabras, se estudió el sentido de la causalidad entre esfuerzo en innovación y desempeño exportador, considerando una mirada bidireccional y sin descartar un reforzamiento mutuo entre ambas. Así mismo, se estimó el efecto causal que tiene una variable sobre la otra, en los casos en los que la relación existe.

Los resultados evidencian que, para el conjunto de la *industria manufacturera* de Colombia, la intensidad exportadora genera, en términos de causalidad a la Granger, un mayor esfuerzo en innovación. Esto implica que participar en el mercado global genera un aprendizaje en el tejido empresarial en cuanto al conocimiento de productos, procesos, servicios, marketing, valor agregado y demanda del mercado; que influyen en las decisiones de expandir las estrategias de innovación.

En cuanto a la relación causal entre la propensión a innovar y a exportar en cada subsector, se encontró -según lo esperado- que existe heterogeneidad en la dirección de los efectos causales para seis de los nueve subsectores de estudio. Esto significa que los resultados aportaron evidencia de autoselección para algunos subsectores, para otros mostraron aprendizaje mediante exportaciones y en algunos más se mantiene una relación bidireccional en la que exportación e innovación se refuerzan mutuamente. De ello se deriva la importancia de enfocar estrategias diferenciadas para cada actividad económica del sector industrial.

La estimación de la magnitud del efecto causal aportó evidencia de que, en el sector de la *industria manufacturera*, cuando una empresa es exportadora se espera que la diferencia anual de su esfuerzo en innovación se incremente 33,87% más que en las empresas que no exportan. En general, en los subsectores que aprenden mediante la exportación los impactos son más elevados; es decir, cuando una empresa exporta, su inversión en innovación se incrementa considerablemente, puesto que al competir en mercados internacionales se le hace necesario tecnificar y sofisticar productos y procesos. Tal como demostraron Martins *et al.* (2014), exponer una firma a la competencia internacional es una iniciativa que repercute en mayores niveles de inversión en investigación y desarrollo (I+D), con el propósito de aprender a ser más eficiente.

Por su parte, en los subsectores en los que las empresas se autoseleccionan para innovar los impactos son moderados. Una posible explicación a este resultado es que no necesariamente todas las empresas promueven la innovación con la intención de crear condiciones favorables que les permitan competir en el mercado internacional, sino que también pueden hacerlo con el propósito de mejorar su desempeño en el mercado interno.

Esta investigación suministra criterios de decisión para el sector empresarial y es un aporte para los encargados de la política nacional sobre cómo y hacia dónde orientar los esfuerzos de estímulo a la productividad, innovación y competitividad internacional. Este estudio provee elementos importantes a la discusión sobre la eficiencia de una política de incentivo para la inversión en ciencia, tecnología e innovación a nivel empresarial; o bien, una estrategia para promover las exportaciones, dado que la exposición a la dinámica del mercado internacional inducirá posteriormente a la innovación.

A partir de la heterogeneidad que se identificó entre subsectores, una de las principales recomendaciones para los tomadores de decisiones de política pública y, en general, para todo el tejido empresarial, es implementar un enfoque diferencial en cada subsector de la industria manufacturera; esto dependiendo del efecto identificado en la relación causal entre innovación y exportaciones. De manera que los resultados de esta investigación son un soporte tanto para el sector público como privado en cuanto a la asignación de recursos y el diseño de políticas más eficientes.

Como se ha mencionado, esta investigación permitió conocer el sentido y la magnitud de la causalidad entre innovación y exportaciones, lo cual brinda conocimientos sobre las estrategias que se deben priorizar para impulsar tanto el desempeño innovador como la capacidad

exportadora. Sin embargo, aun cuando el efecto causal se genere de forma unidireccional, se recomienda no solo apropiarse el enfoque que genera un impacto considerable, sino también fomentar articuladamente estrategias que incentiven tanto la innovación como las exportaciones. Puesto que promover solo la innovación, sin que exista claridad sobre las condiciones que se deben gestar para expandirse al mercado internacional, puede resultar en que las ventas sean únicamente en el mercado interno. Por otra parte, si solo se incentiva la actividad exportadora, es posible que al enfrentar dificultades en el mercado internacional las empresas no cuenten con suficientes capacidades de innovación para sortearlas.

En consecuencia, para alcanzar una competitividad estratégica es fundamental que se implementen programas mediante una ruta sólida y consistente, amparada en un ecosistema que articule las ofertas institucionales de entidades como iNNpulsa Colombia, Procolombia y las cámaras de comercio. Guatibonza (2021) afirma que “la mayoría de los instrumentos de política pública para fomentar la innovación en Colombia corresponden a apoyos financieros, programas de redes y colaboración con universidades que, aunque también son importantes, no son sus únicos determinantes” (p. 25). Por ello, las iniciativas deben estar encauzadas primordialmente en apoyar a las micro, pequeñas y medianas empresas, así como en fomentar una mentalidad empresarial globalizada y promover más espacios de I+D en el tejido empresarial.

Referencias Bibliográficas

- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Bernal, R. y Peña, X. (2011). *Guía práctica para la evaluación de impacto*. Bogotá: Ediciones Uniandes.
- Bernard, A., & Jensen, B. (1999). Exceptional Exporter Performance. Cause, effect or both? *Journal of International Economics*, 47(1), 1-25.
- Bitran, E., González, C., Greve, F. y 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.
- Bonales, J. y Gallegos, E. (2014). Competitividad y comercio internacional. *INCEPTUM*, IX(16), 49-58.
- Bravo-Ortega, C., Benavente, J. y González, A. (2013). Innovation, Exports and Productivity: Learning and Self-selection in Chile. *Departamento de Economía, Universidad de Chile*, Documentos de Trabajo No. 371.
- Calderón, Y., y Nova, D. (2019). *Innovación y productividad para las empresas manufactureras en Colombia: 2013 – 2016. Análisis e implicaciones a nivel regional* (Trabajo de grado de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Cassiman, B., Golovko, E. y Martínez, E. (2010). Innovación, exportaciones y productividad. En: Sanz, L. y Cruz, L. (comps.), *Análisis sobre la ciencia y la innovación en España* (pp. 599-615). Madrid: IPP-CSIC.

- Castiblanco, S., Castro, O. y Gómez, A. (2017). El sector servicios en Colombia: una exploración de la relación entre innovación e internacionalización. *Dimensión Empresarial*, 15(2), 117-140.
- DANE, 2019. *Metodología General Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria manufacturera – EDIT*. Bogotá: Dirección de Metodología y Producción Estadística, Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE.
- Ferrer, L., González, K. y Mendoza, L. (2015). La innovación como factor clave para mejorar la competitividad de las PYMES en el departamento del Atlántico, Colombia. *Dictamen Libre*, 16, 21-36.
- Filipescu, D., Prashantham, S., Rialp, A., & Rialp, J. (2013). Technological Innovation and Exports: Unpacking their Reciprocal Causality. *Journal of International Marketing*, 21(1), 23-38.
- Frohmann, A., Mulder, N., Olmos, X. y Urmeneta, R. (2016). *Internacionalización de las Pymes: innovación para exportar*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.
- García, R., y Cardoso, D. (2020). Factores impulsores de la propensión a innovar y la productividad en los sectores de servicios y la industria manufacturera en Colombia. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, Edición especial 2020, 33-52.
- Gertler, P., Martínez, S., Premand, P., Rawlings, L. y Vermeersch, C. (2017). *La evaluación de impacto en la práctica*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo, BID.
- Gómez, H., Botiva, M. y Guerra, A. (2008). *Institucionalidad y estrategias para el desarrollo exportador y la innovación en Colombia: diagnóstico inicial*. (p. 49). Santiago de Chile: CEPAL - Colección Documentos de Proyectos.

- Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross spectral methods. *Econometrica*, 37, 424-438.
- Greenaway, D., & Kneller, R. (2007). Firm Heterogeneity, Exporting and Foreign Direct Investment. *The Economic Journal*, 117(517), F134-F161.
- Guatibonza, A. (2021). *Capital humano, innovación y desempeño en las firmas colombianas: evidencia para el sector manufacturero* (Trabajo de grado de maestría). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Heckman, J., Ichimura, H., & Todd, P. (1997). Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training programme. *Review of Economic Studies*, 64(4), 605-654.
- Heckman, J., Ichimura, H., & Todd, P. (1998). Matching as an econometric evaluation estimator. *Review of Economic Studies*, 65(2), 261-294.
- Lachenmaier, S., & Wößmann, L. (2006). Does innovation cause exports? Evidence from exogenous innovation impulses and obstacles using German micro data. *Oxford Economic Papers*, 58, 317-350.
- López, J., & García, R. (2005). Technology and Export Behaviour: A Resource-based View Approach". *International Business Review*, 14(5), 539-557.
- Martí, C., Matallín, J. y Fernández, M. (2007). Análisis comparativo de los modelos con variables censuradas: el caso de las comisiones de los planes de pensiones. En: *Conocimiento, innovación y emprendedores: camino al futuro* (p. 33). Universidad de La Rioja.
- Martins, I., Gómez, E. y Vaillant, Y. (2014). El efecto del comportamiento exportador sobre el compromiso del propietario-gerente con la innovación en Colombia: interpretaciones bajo el enfoque de aprendizaje. *Cuadernos de Administración*, 27(49), 135-153.

- Meneses, C., Estrada, I. y Cote, C. (2017). Implicaciones de la inversión en recursos intangibles sobre la capacidad exportadora de las empresas de Santander, Colombia. *Finanzas y Política Económica*, 9(2), 397-417.
- Milesi, D. y Aggio, C. (2008). Éxito exportador, innovación e impacto social: un estudio exploratorio de PYMES exportadoras latinoamericanas. *Banco Interamericano de Desarrollo, BID*, Working Paper.
- Monreal, J., Aragón, A., & Sánchez, G. (2012). A longitudinal study of the relationship between export activity and innovation in the Spanish firm: The moderating role of productivity. *International Business Review*, 21, 862–877.
- Montero, R. (2013). *Test de Causalidad*. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada, España.
- Nolazco, J. (2020). Efectos entre las actividades de innovación, exportación y productividad: un análisis de las empresas manufactureras peruanas. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (85), 67-110.
- Oxley, L., & Greasley, D. (1998). Vector autoregression, cointegration and causality: testing for causes of the British industrial revolution. *Applied Economics*, 30, 1387-1397.
- Pedrozo, A. (2019). *Factores determinantes del desempeño innovador de las firmas manufactureras en Colombia 2015-2016* (Trabajo de grado de pregrado). Universidad Piloto de Colombia. Bogotá: Colombia.
- Polo, J., Ramos, J., Arrieta, A. y Ramírez, N. (2018). Impacto de la innovación sobre la conducta exportadora en el sector de alimentos y bebidas de Colombia. *Revista de Análisis Económico*, 33(1), 89-120.

- Ramos, J., Polo, J., Arrieta, A. y Vega, J. (2018). Impacto de la innovación en marketing sobre la conducta exportadora de las empresas del sector agroindustrial español. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, (25), 54-71.
- Romo, D., y Abdel, G. (2005). Sobre el concepto de competitividad. *Comercio Exterior*, 55(3), 200-214.
- Rosenbaum, P., & Rubin, D. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70, 41-45.
- Silva, A., Afonso, O. y Africano, A. (2013). ¿Las empresas más productivas se autoseleccionan para exportar? Aplicación de una prueba para el caso de Portugal. *Investigación económica*, 72(283), 1-25.
- Tobin, J. (1958). Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica*, 26, 24-36.

Apéndices

Apéndice A. Definición de las Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación – ACTI (DANE, 2019)

Actividades de I+D Internas. Trabajos de creación sistemáticos llevados a cabo dentro de la empresa con el fin de aumentar el volumen de conocimientos y su utilización para idear y validar servicios, bienes o procesos nuevos o significativamente mejorados. Corresponde únicamente a los montos de inversión asociados a la etapa de investigación y desarrollo, previos a la de producción de los servicios, bienes o procesos nuevos o significativamente mejorados.

Adquisición de I+D (externa). Adquisición o financiación de las mismas actividades indicadas en el ítem 1, pero realizadas por otras organizaciones públicas o privadas (incluye organismos de investigación).

Adquisición de maquinaria y equipo. Maquinaria y equipo específicamente comprada para la producción o introducción de servicios, bienes o procesos nuevos o significativamente mejorados. No incluye maquinaria y equipo para I+D registrada en el ítem 1, ni la comprada simplemente para la reposición o ampliación de capacidad instalada, es decir, aquellos dedicados a la producción tradicional.

Tecnologías de información y telecomunicaciones. Adquisición, generación, outsourcing o arriendo de elementos de hardware, software y/o servicios para el manejo o procesamiento de la información, específicamente destinados a la producción o introducción de servicios, bienes o procesos nuevos o significativamente mejorados. No incluye las tecnologías de información y telecomunicaciones para I+D registradas en el ítem 1, ni las compradas simplemente

para la reposición o ampliación de capacidad instalada, es decir, aquellas dedicadas a la producción tradicional.

Mercadotecnia. Es la inversión en un nuevo método de comercialización que implica cambios significativos en el diseño o empaque de un producto -sea éste nuevo o no-, así como su posicionamiento, promoción o fijación de precios. Incluye las nuevas técnicas de investigación de mercados y publicidad de lanzamiento.

Transferencia de tecnología y/o adquisición de otros conocimientos externos. Adquisición o uso bajo licencia, de patentes u otros registros de propiedad intelectual, de inventos no patentados y conocimientos técnicos o de otro tipo; de otras empresas u organizaciones para utilizar en las innovaciones de su empresa. Incluye acceso a bases de resúmenes y referencias bibliográficas de literatura científica o de ingeniería, así como modalidades de transferencia de know-how, definida como aquella relacionada con conocimiento no escrito y no protegido por patentes. No incluye lo reportado en adquisición de I+D interna y externa.

Asistencia técnica y consultoría. Asesorías para la utilización de conocimientos tecnológicos aplicados, por medio del ejercicio de un arte o técnica, específicamente contratadas para la producción o introducción de servicios, bienes o procesos nuevos o significativamente mejorados. Incluye procesos de sondeo, monitoreo o vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, entre otros. No incluye lo reportado en adquisición de I+D interna y externa.

Ingeniería y diseño industrial. Hace referencia a los cambios en los métodos o patrones de producción y control de calidad, y elaboración de planos y diseños orientados a definir procedimientos técnicos, necesarios para la producción o introducción de servicios, bienes o

procesos nuevos o significativamente mejorados en la empresa. No incluye lo reportado en adquisición de I+D interna y externa.

Formación y capacitación. Corresponde a la formación de su personal, sea interno o externo, destinada específicamente a la introducción de productos nuevos o significativamente mejorados, y/o la implementación de procesos nuevos o significativamente mejorados, de métodos organizativos nuevos, o de técnicas de comercialización nuevas. No incluye lo reportado en adquisición de I+D interna y externa.