

Innovación y productividad para las empresas manufactureras en Colombia: 2013 – 2016.

Análisis e implicaciones a nivel regional

Andrés Yesid Calderón Amaya y Diana Marcela Nova Díaz

Trabajo de grado para optar por el título de Economista

Director

Hector Luis Romero Valbuena

Doctor en Economía

Codirectora

Eddy Johanna Fajardo Ortiz

Doctora en Estadística

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Bucaramanga

2019

### **Dedicatoria**

*Primeramente a Dios, por estar presente en cada momento de mi vida y darme la fuerza que necesité siempre en mis caídas a lo largo de este camino tan enriquecedor que fue mi paso por la Universidad, el cual es para mí un sueño hoy hecho realidad, ya que soy la primera profesional en mi familia.*

*A las personas más valientes y que a pesar de sus dificultades nunca me dejaron de apoyar: mi padre, mi ejemplo a seguir y mi razón de superarme cada día con más esfuerzo y constancia.*

*Mi madre, mi motor de lucha y la persona que me dio apoyo cuando más lo necesité.*

*A mis hermanas, que son mi luz y mis ojos a las que debo el sentirme hoy orgullosa y tan afortunada porque las tres hemos sido mujeres empoderadas y que a pesar de lo duro que sea el camino jamás nos rendimos hasta lograr lo que queremos, ser las mejores.*

*A mi tía Rosa que aunque ya no está aquí, sino con Dios, hizo de madre conmigo, me apoyo y me guío, dejándome un legado inquebrantable de amor por todo lo que uno hace sin importar si hay recompensas. Espero hoy se sienta tan orgullosa de mí, como yo siempre me sentí de ella.*

*También a mi tío Luis, un hombre que siempre ha dejado su corazón en sus obras, mi segundo padre y un ser maravilloso que admiro demasiado.*

**Diana**

### **Agradecimientos**

*A Dios, por nunca dejarme sola en la oscuridad y darme tantas habilidades que nunca pensé poseer. A mi familia, por regalarme su apoyo y porque nunca dejó de creer y sentirse orgullosa de mí.*

*A Andrés Yesid Calderón, por su apoyo, paciencia y sobretodo porque me regalo lo más bonito de mi paso por la Universidad, su valiosa amistad, la cual no solo fue un regalo sino un privilegio para mí.*

*Al profesor Héctor Romero, por su gran trabajo con nosotros y por dedicar tiempo a resolver todas las inquietudes e intentar que siempre fuéramos los mejores.*

*A él que me apoya siempre con su amor y me hace sentir hoy tan feliz...*

*Finalmente, a la Universidad Industrial de Santander, por darme tantas oportunidades y permitirme ser hoy una profesional que se siente muy afortunada y orgullosa de ser parte de la comunidad UIS, a la Escuela de Economía y en especial a aquellos profesores que aunque son pocos, para mi representan un tesoro intelectual que se debería prologar para mejorar nuestra Carrera. ~ Diana*

*A Dios, por acompañarme siempre y brindarme todo por lo cual me siento afortunado. A mi familia, por respaldarme en todas las decisiones y demostrarme su amor infinito. Sin su apoyo no hubiera podido explotar todo mi potencial.*

*A Diana y Daniela, por todos los momentos que compartimos juntos en este tiempo. Por ser las mejores compañeras de grupo y de estudio, pero especialmente por permitirme reír y salir de la rutina académica. También a Riky y Ferley, por las discusiones que tuvimos en temas muy diferentes, por tenerme en cuenta y por hacerme sentir talentoso. He aprendido mucho de todos.*

*A los profesores que me cultivaron el amor por la Economía, me transmitieron las herramientas que hacen a un buen profesional en la ciencia, y me permitieron aportar un poco de mi energía y conocimientos.*

*Por último, a la UIS, por ser ese espacio donde uno puede vivir experiencias increíbles, crecer en muchos ámbitos y explorar(se) en diversos aspectos. ~ Andrés Yesid*

**Tabla de Contenidos**

Introducción .....	13
1. Planteamiento del problema.....	16
2. Pregunta de investigación .....	19
3. Objetivos de la investigación .....	20
4. Justificación .....	20
5. Marco referencial .....	23
5.1 Antecedentes .....	23
5.2 Marco teórico .....	31
6. Marco metodológico .....	42
7. Datos y estadísticas descriptivas: el panorama nacional y departamental de la innovación y la productividad en Colombia.....	45
8. Resultados y discusión .....	58
9. Conclusiones y recomendaciones .....	75
Referencias bibliográficas.....	79
Apéndice .....	88

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Composición departamental de la muestra. ....	50
Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en la función de producción.....	53
Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las variables de innovación: esfuerzo y resultados. ....	54
Tabla 4. Distribución de la muestra por departamento y por año, y estadísticas descriptivas a nivel departamental para las variables más relevantes. ....	56
Tabla 5. Resultados de regresión para las ecuaciones (14) y (15): modelo de esfuerzos en innovación.....	64
Tabla 6. Resultados de regresión (efectos marginales sobre la media) para la ecuación (16): modelo de los resultados en innovación bajo diferentes medidas de estos.....	65
Tabla 7. Resultados del multiplicador de Lagrange de Breusch y Pagan para probar la hipótesis de ausencia de efectos aleatorios en la ecuación (17).....	67
Tabla 8. Resultados de regresión para la ecuación (17): modelo de la productividad laboral (logaritmo natural de ventas por empleado). ....	70

**Lista de Figuras**

Figura 1. Representación de las actividades económicas en un modelo multisector.....	41
Figura 2. Productividad y elementos de la función de producción a nivel departamental para el total de observaciones. ....	57
Figura 3. Elementos de la situación departamental en el ámbito innovador: resultados y esfuerzo para el total de la muestra. ....	58
Figura 4. Efectos fijos departamentales de las ecuaciones (14) y (15): modelo de esfuerzos en innovación (medidos a través de la inversión en I+D). ....	72
Figura 5. Efectos fijos departamentales de la ecuación (16): modelo de los resultados en innovación bajo diferentes medidas de estos. ....	74

**Lista de Apéndices**

Apéndice A. Composición de la muestra por industria (CIU a dos dígitos): años 2013 y 2014.	88
Apéndice B. Composición de la muestra por industria (CIU a dos dígitos): años 2015, 2016 y total. ....	89
Apéndice C. Evolución anual de la media para las principales variables: 2013 y 2014.....	90
Apéndice D. Evolución anual de la media para las principales variables: 2015, 2016 y total. ....	91
Apéndice E. Desagregación departamental de la media y la mediana (P50) para las variables de la función de producción.....	92
Apéndice F. Desagregación departamental de la media y la mediana (P50) para las variables de la función de producción.....	93
Apéndice G. Desagregación departamental de la media para las variables de esfuerzo y resultados innovadores.....	94
Apéndice H. Desagregación departamental de la media para las variables de esfuerzo y resultados innovadores.....	95
Apéndice I. Composición de la muestra, tamaño promedio de empresa, y elementos de esfuerzo y resultados de innovación a nivel departamental para el total de los años.....	96
Apéndice J. Resultados completos de regresión para las ecuaciones (14) y (15): modelo de esfuerzos en innovación.....	97
Apéndice K. Resultados completos de regresión para la ecuación (16): modelo de los resultados en innovación bajo diferentes medidas de estos. ....	100
Apéndice L. Resultados completos de regresión para la ecuación (17): modelo de la productividad laboral (logaritmo natural de las ventas por empleado).....	103

## Resumen

**Título:** Innovación y productividad para las empresas manufactureras en Colombia: 2013 – 2016. Análisis e implicaciones a nivel regional\*

**Autores:** Andrés Yesid Calderón Amaya, Diana Marcela Nova Díaz\*\*

**Palabras clave:** Productividad, Innovación, Departamentos, Esfuerzo Innovador, Resultados en Innovación

### Descripción:

Colombia, y particularmente las empresas manufactureras, han visto cómo la brecha de productividad laboral y total de los factores con respecto a otros países como Estados Unidos y China ha venido creciendo en los últimos años, lo cual resta competitividad al país y ralentiza su desarrollo económico en el largo plazo. La teoría económica caracteriza la innovación como uno de los determinantes del desempeño productivo de las naciones, y la industria colombiana aún muestra bajos niveles tanto de esfuerzo como de resultados en este aspecto. Este documento revisa la relación entre innovación y productividad laboral en las firmas del sector secundario a nivel nacional, y se discuten cuáles son las implicaciones a nivel regional de esta. Puntualmente, se busca responder tres preguntas: ¿cuáles factores pueden estar afectando la decisión de que una firma incurra en inversiones en innovación, y en la magnitud de estas?, ¿las empresas que se esfuerzan más en innovación tienen mejores resultados en este aspecto?, ¿las organizaciones innovadoras tienden a ser más productivas que las que no innovan? Para responderlas, se utiliza una metodología de ecuaciones estructurales, en la que cada una de estas preguntas corresponde a una etapa, y los resultados de cada fase están en función de la etapa anterior. Adicionalmente, se utilizan la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) y la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE como bases de datos, en el periodo de tiempo 2013 a 2016. Los resultados responden de manera positiva a los dos últimos interrogantes, y sugieren que aspectos como el apoyo público, la cooperación y la apertura de mercados pueden impulsar a las empresas a esforzarse más en innovación. Finalmente, el análisis indica que hay unos departamentos que al parecer estarían estimulando la dinámica innovadora, mientras que otros, al contrario, se rezagan con respecto a Bogotá

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Director: Dr. Hector Luis Romero Valbuena. Codirectora: Dra. Eddy Johanna Fajardo Ortiz

### Abstract

**Title:** Innovation and productivity in the Colombian manufacturing firms: 2013 – 2016. analysis and implications at the regional level\*

**Authors:** Andrés Yesid Calderón Amaya, Diana Marcela Nova Díaz \*\*

**Keywords:** Productivity, Innovation, Departments, Innovative Effort, Innovation Production

### Description:

Colombia, and particularly its manufacturing enterprises, have seen how the gap in the labor and Total Factor Productivity, when compared to other countries like the United States and China, has been growing in the last year, decreasing the country's competitiveness and slowing down long-run economic development. The economic theory exposes innovation as one of the determinants of the nations' productive performance, and the Colombian industry still shows low levels both in innovative efforts and results. This document studies the relationship between innovation and labor productivity in the secondary sector of the economy at the national level, and its implication at the regional one. Punctually, we seek to answer three questions: which factors might be affecting the firm's decision to invest in innovation, and the volume of the investment? Do the enterprises with a larger effort in innovation also have better results in this aspect? Do the innovative organizations tend to be more productive than those who don't innovate? To give them an answer, we use a method of structural equations, in which each of these questions corresponds to a stage, and the results of each phase depend upon the former stage. Furthermore, we rely on the Annual Manufacturing Survey (AMS) and the Survey on Technological Innovation and Development (STID) from the Colombian Statistics Office DANE as the main data sources, during the years 2013 to 2016. The results show a positive answer to the last two questions, and suggest that factors such as the public support, cooperation and being opened to markets can impulse enterprises to invest more in innovation. Finally, the analysis indicates that some departments might be stimulating innovative dynamics, while others, in counterpart, are lagged when compared to Bogotá.

---

\* Bachelor's degree thesis

\*\* Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Director: Dr. Hector Luis Romero Valbuena. Codirectora: Dra. Eddy Johanna Fajardo Ortiz

## Introducción

La innovación y su impacto en la productividad arroja como resultado uno de los pilares fundamentales para mantener sostenible en el tiempo las ventajas competitivas de los países en cuanto a su crecimiento económico en aras a un desarrollo multidimensional de carácter duradero. A causa de ello se ha generado un particular interés en identificar cuál es la influencia de la innovación en la productividad, en este caso en el sector manufacturero colombiano, observando diversas variables económicas y sociales a nivel macroeconómico a la vez que se persigue encontrar los determinantes que influyen en los diferentes agentes económicos para que estos tengan los incentivos necesarios para generar innovación dentro de sus empresas u organizaciones. Según un informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2014, p.9), la innovación es clave para abordar los desafíos que enfrenta Colombia, ya que puede ayudar a desarrollar nuevas actividades económicas, estimular la productividad para sostener el aumento del nivel de ingresos y empleo en la creciente población urbana, al igual que fomentar la diversificación en el campo para mejorar los medios de subsistencia en zonas rurales y desarrollar la sostenibilidad ambiental del crecimiento económico.

Para esto, la literatura existente relacionada con el crecimiento económico ha mostrado que la difusión y la convergencia tecnológica de los países menos desarrollados hacia los más desarrollados, ha sido impulsada principalmente por la creación de nuevo conocimiento como una fuente principal y por el aumento de la innovación en los sectores claves de la economía. También se ha evidenciado cómo la innovación, la investigación y el desarrollo económico han sido variables importantes para el crecimiento científico, económico y social en cada país, lo cual se ve reflejado en sus índices de bienestar. Según la OECD (2014, p.9), el sistema de innovación en

Colombia es pequeño si se compara con países de la región como Argentina, Brasil o Chile. Además, se destaca que el sistema de innovación colombiano carece de un tejido empresarial fuerte, teniendo en cuenta que durante la última década solo una tercera parte de las firmas del sector manufacturero del país lograron introducir algún tipo de innovación y del monto total de I+D gastado en Colombia, únicamente el 30% fue llevado a cabo por el sector productivo nacional.

Con respecto a lo anterior, surge el interés de mostrar cómo ha impactado la innovación en la productividad y crecimiento económico en Colombia en el periodo de tiempo de estudio: 2013-2016, como estímulo para contextualizar este trabajo en el país y sus regiones. Por tal motivo, se pretende realizar una investigación sobre los determinantes tanto de los esfuerzos como de los resultados de innovación en las empresas del sector manufacturero colombiano, la relación de estos últimos con el desempeño productivo de las firmas, y cuáles son las implicaciones de estos hallazgos a nivel departamental. Además, se quiere mostrar que Colombia ha empezado a reconocer la innovación como un factor clave dentro de sus decisiones y acciones públicas y privadas, buscando estimular las inversiones en investigación y desarrollo, con el fin que el país tenga un avance y un reconocimiento en términos de innovación en el campo regional, aunque aún haya algunas dificultades.

Dado lo anterior, para el presente trabajo se realiza una búsqueda en bases de datos pertenecientes al Departamento Nacional de Estadística (DANE), utilizando la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) y la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT). Este documento permite conocer cuál es la relación entre el nivel innovador de las firmas manufactureras de las regiones y su desempeño productivo, una pregunta que ha sido poco estudiada a nivel global (ver Capello & Lenzi (2015) y Revoltella, Brasili, Bubbico, Tüske, & Weiss (2019) para el caso de Europa), y que no ha sido abordada para Colombia, a pesar de su alto

potencial para dar luces sobre las disparidades locales de crecimiento del sector, y servir de insumo para políticas en instituciones departamentales.

Los límites de este trabajo están relacionados con el estrecho contexto que se pretende evaluar empíricamente. En primer lugar cabe destacar que las conclusiones no pueden ser extrapoladas a otras ramas de actividad, lo cual es una debilidad en cuanto Colombia, al igual que otros países, se encuentra en proceso de desindustrialización (Echavarría & Villamizar, 2006). Sin embargo, el sector secundario es aún uno de los más importantes en la economía colombiana, representando en 2018 el 13,25% del valor agregado nacional, el 15,43% del empleo total y el 44,34% de las exportaciones de bienes, según datos del DANE. Adicionalmente, la riqueza de datos a nivel de empresa de este sector es superior al de los demás, pues poseen una alta representatividad y detalle en las variables de productividad. Además, estos permiten la desagregación a nivel departamental (contrario, por ejemplo, a los datos abiertos de la Encuesta Anual de Servicios).

A continuación, se presenta la descripción y formulación del problema de investigación, haciendo énfasis en la importancia de la innovación en Colombia y tomando como referencia la definición de innovación proporcionada por la OECD en el Manual de Oslo. Luego se presentarán los objetivos del trabajo y su justificación. Después, se expone la revisión de antecedentes que demuestran la importancia de la innovación para el desempeño productivo en diferentes contextos a nivel mundial, seguido del marco teórico que se centra en explicar por qué las actividades innovadoras son determinantes del crecimiento, tanto a nivel micro como macroeconómico. Seguidamente, se aborda con mayor detalle la estrategia empírica y los datos que se utilizarán para aplicarla. Los resultados se muestran y discuten posteriormente, y por último se ofrecen las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

## 1. Planteamiento del problema

El nivel y la dinámica de la productividad en Colombia han sido identificados como problemas estructurales que tiene la economía nacional por entidades como el Consejo Privado de Competividad (2017), el Departamento Nacional de Planeación (2016) y el Banco de la República (González-Gómez, 2017). En el primer aspecto, datos de la *Total Economy Database* (TED) de The Conference Board (2019) muestran que el producto interno bruto por persona empleada en el país durante el 2018 representó el 36,18% del mismo indicador para los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), y 25,18% del de Estados Unidos. Incluso, la productividad laboral colombiana en este año fue un 9,72% menor que el promedio latinoamericano.

El desempeño relativamente bajo de la productividad en la economía colombiana refleja además las dinámicas a las que ha sido sujeta en las últimas décadas. Según datos de la TED, La tasa de crecimiento promedio anual de la productividad laboral real entre 2000 y 2018 fue de 1,83% para Colombia. Esta cifra es 1,74 puntos porcentuales inferior a la variación porcentual típica de los países en desarrollo durante el mismo periodo, 3,89 puntos porcentuales inferior a la tasa en India, y 5,72 puntos porcentuales por debajo del cambio medio en China. La productividad total de los factores (PTF) ha tenido un comportamiento similar: según datos de la Penn World Table (Feenstra, Inklaar, & Timmer, 2015), el cambio porcentual por año promedio de esta medida desde el inicio de siglo XXI ha sido de 0,33%. Este indicador está por debajo de la media del conjunto de economías emergentes (0,37% según The Conference Board), y de algunas de ellas, como China (0,46%) e India (1,63%).

Este problema de productividad en Colombia se acentúa para su industria manufacturera. Basado en datos del DANE, la Oficina de Análisis Económico de Estados Unidos y el Banco

Mundial, el Consejo Privado de Competitividad (2017) encuentra que mientras un trabajador estadounidense produce en promedio el mismo valor agregado que 4,3 trabajadores colombianos, para la industria manufacturera el valor agregado de un empleado estadounidense equivale al de más de cinco en Colombia (pág. 19). Con respecto a las dinámicas de la productividad laboral de esta actividad en el país, Eslava, García, Hurtado Campuzano, & Pinzón (2017) muestran que entre 2000 y 2011, el nivel de este indicador solo varió un poco más de 0,2 puntos logarítmicos (alrededor de 22 puntos porcentuales básicos), lo cual refleja una variación promedio anual cercana al 2% (Eslava et al., 2018). Por otra parte, Casas & González (2016) encuentran una caída en la PTF del sector en 2013 con respecto a su nivel en 2005.

El origen de las dificultades que muestra la industria manufacturera en Colombia para avanzar productivamente se hayan en la naturaleza de la productividad misma. Siguiendo la descomposición de Olley & Pakes (1996), la productividad agregada de una actividad puede ser explicada por la productividad al interior de los establecimientos, y la eficiencia en la asignación, siendo esta una medida que indica si los factores se están yendo hacia las empresas más productivas (Bartelsman, Haltiwanger, & Scarpetta, 2013). Para el caso colombiano, la evidencia muestra que el crecimiento productivo del sector secundario ha estado explicado en su mayoría por las variaciones del componente interno (Eslava et al., 2017; OECD, UN, & UNIDO, 2019). Este primer estudio concluye que los cambios intraestablecimiento contribuyeron al 68% de la variabilidad de la productividad agregada entre 1993 y 2012, mientras que el segundo reporte arroja una ponderación del 70% sobre el crecimiento promedio entre 2001 y 2016. Teniendo en cuenta que este factor tuvo con frecuencias variaciones negativas en el periodo de estudio, puede ser catalogado como un jalonador hacia atrás del crecimiento en la actividad industrial del país.

Las observaciones anteriores se complementan gracias a los estudios de Eslava & Haltiwanger (2017 y 2018). Estos autores descomponen ciertos indicadores de dinamismo en el sector manufacturero colombiano, como el crecimiento en el producto o en las ventas, en tres factores: la productividad, las variaciones en el precio de los insumos, y las distorsiones a la asignación eficiente del mercado. Adicionalmente, la productividad queda descompuesta en dos aspectos: la productividad física (producir más unidades de bien con la misma cantidad de *input*), y el choque de la demanda, que refleja aumentos en el valor por unidad de bien producido. En particular, el segundo artículo encuentra que la productividad física es el factor que mejor permite explicar las diferencias en el crecimiento de la producción real dentro de la industria en Colombia (con un peso de 79,3%), mientras que los choques de demanda son los mayores contribuidores a la varianza de los cambios en las ventas a lo largo del ciclo de vida.

La teoría y los estudios empíricos indican que ambos constituyentes de la productividad evidencian el volumen y la eficiencia de las inversiones que realizan las firmas para innovar tanto en productos como en procesos, así como sus esfuerzos por mejorar el capital organizacional y sus estrategias de mercadeo (Atkeson & Burstein, 2010; Foster, Haltiwanger, & Syverson, 2016). Esta investigación estará centrada en el tema de la innovación, debido a su rol ampliamente discutido sobre la productividad física (gracias a las innovaciones en proceso), y también sobre los choques de demanda (atribuidas a las innovaciones en producto).

Según datos de la más reciente Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE, en el periodo 2015 – 2016, tan solo 21,70% de los establecimientos manufactureros llevaron a cabo con éxito actividades innovadoras, y de estas, apenas el 0,81% introdujeron un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en otros países. Además, según el Índice de Innovación Global (Cornell University, INSEAD & WIPO, 2018), el gasto bruto en innovación y

desarrollo (I+D) en Colombia en 2017 fue de 0,3% del PIB nacional, quedando en la posición 82 entre 126 países según esta medida. Ambos indicadores evidencian que el país está relativamente rezagado tanto en esfuerzos como en resultados en el tema innovador. Este hecho se acentúa, por ejemplo, si se le compara con las economías pertenecientes a la OCDE, quienes destinaron en promedio el 2,37% de su PIB durante 2017 (OECD, 2019).

Los hechos anteriormente presentados permiten evidenciar el problema sobre el cual se centrará este trabajo: existe una carencia de innovación al interior de las firmas manufactureras colombianas, que envuelve niveles relativamente bajos de esfuerzo y resultados en este aspecto. Esta falta de actividades innovadoras estaría teniendo un impacto negativo sobre el desarrollo de los establecimientos industriales, pues según los estudios de la eficiencia y el crecimiento anteriormente citados, entre el 68% y el 70% de los cambios en la productividad agregada son explicados por el crecimiento interno de la empresa, y el 66% de la varianza en los avances productivos durante el ciclo de vida dependen de dos factores donde la innovación cumple un rol fundamental: las mejoras en la productividad física y en los choques de demanda (Eslava & Haltiwanger, 2017). Esto es particularmente importante, teniendo en cuenta el bajo crecimiento de la productividad en el sector.

## **2. Pregunta de investigación**

Los dos problemas anteriormente presentados: el estancamiento de la productividad en un nivel relativamente bajo para la economía colombiana y su escasa participación en actividades de innovación, son el origen de la pregunta de investigación que aborda este trabajo: ¿cuál es el impacto de la innovación sobre la productividad de las empresas manufactureras en Colombia, y qué implicaciones tiene este a nivel departamental?

### **3. Objetivos de la investigación**

#### **3.1. Objetivo general**

- Determinar la relación entre la innovación y la productividad de las empresas manufactureras en Colombia, dándole un enfoque departamental a las implicaciones del estudio.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Analizar la evidencia empírica sobre los determinantes de los esfuerzos en innovación para las empresas manufactureras en Colombia.
- Evaluar empíricamente la hipótesis según la cual las empresas con mayor esfuerzo innovador obtienen mejores resultados en el ámbito mismo de la innovación.
- Estudiar de forma experimental para las firmas manufactureras colombianas la relación entre producción innovadora y productividad.
- Analizar las implicaciones a nivel regional de los hallazgos empíricos sobre la relación entre innovación y productividad.

### **4. Justificación**

El presente trabajo realiza una investigación sobre los determinantes tanto de los esfuerzos como de los resultados de innovación en las empresas del sector manufacturero colombiano, la relación de estos últimos con el desempeño productivo de las firmas y cuáles son las implicaciones de estos hallazgos a nivel departamental.

Mediante los análisis empíricos, la investigación busca aportar al debate sobre las dinámicas que envuelven las decisiones en actividades de innovación en el sector de estudio, de tal forma que tanto los impulsores de política pública, como los principales actores en el medio privado,

tengan información útil para establecer programas o realizar inversiones que les permitan mejorar en este aspecto. A pesar de que la empresa típica en Colombia posee unos esfuerzos relativamente bajos en el tema innovador, las estadísticas de la EDIT 2015-2016 del DANE sugieren la existencia de una heterogeneidad alta entre sectores y firmas. Por ejemplo, mientras que en la industria del petróleo y la fabricación de minerales no metálicos cada firma innovadora invirtió en promedio más de 5.000 millones de pesos en Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación (ACTI), en la manufactura de la madera y la confección de prendas de vestir este valor no superó los 300 millones COP. Entender qué hay detrás de estas diferencias es clave, y esta investigación busca arrojar luces al respecto.

Además de los esfuerzos y las inversiones en actividades innovadoras, la investigación también ayuda a entender qué hay detrás de los resultados o productos de innovación dentro de los establecimientos manufactureros colombianos, aspecto en el cual la estadística descriptiva de la EDIT sugiere la presencia de diferencias. Por ejemplo, entre 2015 y 2016, la brecha en el porcentaje de empresas no innovadoras entre los dos subsectores que se encuentran en los extremos de la distribución fue de 18,7 puntos porcentuales. Adicionalmente, entre la EDIT realizada en los años 2013 y 2014, a la de 2015 y 2016, el porcentaje de firmas que no tuvieron ningún resultado innovador ni realizaron esfuerzos en innovación bajó 2,1 puntos porcentuales, notablemente gracias a un crecimiento en la densidad de compañías innovadoras en sentido amplio. El análisis que se realiza puede otorgar una explicación a estas variaciones, para con ello obtener posibles factores que permitirían la continuación de la mejora presentada en la industria.

La importancia del análisis de la relación entre innovación y productividad, que está en el centro de esta investigación, radica en la evaluación directa en el ámbito colombiano de las teorías sobre mejoras productivas antes mencionadas, donde se indica que estas podrían tener origen en las

actividades innovadoras, tanto en producto como en procesos. En el marco de una Política Nacional de Desarrollo Productivo – el CONPES 3866 (Departamento Nacional de Planeación, 2016) – y otros esfuerzos para aumentar los esfuerzos en innovación de las firmas en Colombia como el CONPES 3834 (Departamento Nacional de Planeación, 2015), los tomadores de decisiones en el medio público y privado necesitan información sobre la eficiencia de sus políticas. La mejora productiva relacionada con la innovación según la literatura podría verse como un incentivo para que las empresas inviertan más en I+D o aumenten sus esfuerzos en ACTI, y para que los gobiernos generen y sustenten programas relacionados con la eliminación de barreras a esta inversión. En ese sentido, este trabajo es importante debido a sus potenciales aportes sobre el esclarecimiento empírico de esta relación para el contexto industrial colombiano.

Con relación al último aspecto, estudios como el de Busom & Vélez-Ospina (2017), y el de Gallego, Gutiérrez & Taborda (2015) han hecho importantes aportes para el caso colombiano. Sin embargo, estos autores presentan análisis exclusivos para el ámbito nacional con base en evidencia anterior al año 2012, y en el caso del primero, se utiliza solo una de las ediciones de la EDIT (la de 2010-2011). Esta investigación estará diferenciada por dos aspectos: el uso de las más recientes bases de datos sobre innovación y dinámicas del sector industrial en el país, y el enfoque regional que complementan los análisis descriptivos e inferenciales.

Respecto al primer aporte diferenciador, cabe señalar que este es el primer trabajo en utilizar datos posteriores a la resolución de los documentos de política nacional de innovación y productividad anteriormente mencionados. Adicionalmente, la delimitación temporal mayor a dos años de esta investigación permite aprovechar el potencial de la estructura de datos tipo panel que caracteriza tanto a la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) como de la EDIT, bases que son la principal fuente de información para realizar los análisis en este estudio.

Por último, en relación al segundo aporte diferenciador, hay que denotar que existen pocos estudios sobre las dinámicas departamentales en innovación en Colombia, así como las diferencias en el desempeño productivo regional. En el primer tema se concentran las comparaciones realizadas por el Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario (2018) para el Índice Departamental de Competitividad, y estudios comparativos entre diferentes departamentos (Cote-Peña, Meneses-Amaya, Arenas-Morantes, & Caballero-Pérez, 2016). En el segundo están algunos estudios que observan las diferencias ya sea en producto por trabajador o en productividad total de los factores para explicar salarios y aspectos del mercado laboral en distintas ciudades (Arango, Castellani, & Obando, 2016; Balat & Casas, 2018). Este trabajo permitiría conocer cuál es la relación entre el nivel innovador de las firmas manufactureras de las regiones y su desempeño productivo, una pregunta que ha sido poco estudiada a nivel global (ver Capello & Lenzi (2015) y Revoltella, Brasili, Bubbico, Tüske, & Weiss (2019) para el caso europeo), y que no ha sido abordada para Colombia, a pesar de su alto potencial para dar luces sobre las disparidades locales de crecimiento del sector, y servir de insumo para políticas en instituciones departamentales.

## **5. Marco referencial**

### **5.1. Antecedentes**

Los estudios empíricos internacionales que analizan la relación entre innovación y productividad se remontan hacia finales del siglo XX, siendo el de Crepon, Duguet & Mairesse (1998) el de mayor impacto. El objetivo de ese trabajo fue el de evaluar para el ámbito de la firma los vínculos entre estas dos variables, agregando la investigación. Para ello propusieron un modelo –conocido popularmente como CDM por las iniciales de los apellidos de sus autores – de ecuaciones estructurales en el cual los resultados de la innovación están en función de la inversión en investigación y donde la productividad es explicada, entre otros aspectos, por la producción

innovadora de la empresa. Esta aproximación fue aplicada para un conjunto de 4.164 compañías manufactureras francesas que respondieron a la Encuesta de Innovación en 1990. Los resultados indicaron que la probabilidad de incurrir en actividades de I+D aumentaban con el tamaño de la firma, su porción del mercado y diversificación, así como con factores por el lado de la demanda y cambios en la tecnología. Por último, encontraron un incremento de la productividad de las compañías cuando estas tenían más patentes, incluso controlando por la composición de su fuerza laboral y la intensidad en capital físico.

Diferentes autores empezaron a aplicar este modelo para otros países europeos: Por ejemplo, Lööf & Heshmati (2006) para el caso de Suecia, Van Leeuwen & Klomp (2006) para los países bajos, Parisi, Schiantarelli & Sembenelli (2006) para Italia, entre otros. Por su parte, Griffith, Huergo, Mairesse & Peters (2006) marcan un punto de inflexión en el uso de esta aproximación empírica, al comparar el rol de la innovación en la productividad para cuatro países en la Unión Europea: Francia, Alemania, España, y el Reino Unido. Utilizando datos de la tercera Encuesta de Innovación en la Comunidad Europea, el estudio encuentra que los sistemas motrices de innovación y productividad son muy similares para estas naciones, a pesar de algunas ambigüedades sobre el efecto de la innovación en procesos y en producto sobre la productividad.

En el ámbito de los países desarrollados se resalta el trabajo de Hall, Lotti, & Mairesse (2009), que aplica la metodología de ecuaciones estructurales para las Pymes italianas. Para lograr este objetivo, usaron datos de 9.674 firmas de la Encuesta sobre Empresas Manufactureras realizada durante el período 1995-2003 por Mediocredito-Capitalia. Los autores se centraron en las pymes, porque representan casi el 90 por ciento de toda la muestra, imponiendo un umbral de 250 empleados, lo cual se basa en la definición de la Comisión Europea. Los resultados del estudio sugieren que la competencia internacional fomenta la intensidad de la I+D, especialmente para las

empresas de alta tecnología. Además, se encuentra que el tamaño de la empresa, el esfuerzo investigativo y la inversión en equipos aumentan la probabilidad de tener tanto innovación de procesos como de productos. Ambos tipos de innovación tienen un impacto positivo en la productividad de la empresa, especialmente en la innovación de procesos.

Una contribución importante a la aproximación CDM es realizada por Raymond, Mairesse, Mohnen, & Palm (2015). Debido a que la mayoría de estudios sobre la relación innovación-productividad anteriormente realizados utilizan datos de corte transversal, el objetivo de estos autores es introducir el factor dinámico, que además pretende aportar al debate sobre la causalidad entre variables, pues los demás trabajos exploraban solamente correlaciones. Para ello, los autores proponen un sistema de cuatro ecuaciones simultaneas no lineales y dinámicas, cuyas estimaciones se realizan mediante el modelo de máxima verosimilitud aplicado a dos paneles de empresas manufactureras en Francia y Países Bajos para los periodos 1994-1996, 1998-2000 y 2002-2004, disponibles en la Encuesta de Innovación en la Comunidad Europea. Los resultados soportan la existencia de una relación causal unidireccional robusta de la innovación sobre la productividad, donde la incidencia y volumen de las actividades en I+D realizadas con persistencia durante un lapso de dos a cuatro años son determinantes significativos en la producción innovadora, y esta a su vez sobre el desempeño productivo de los trabajadores.

En cuanto a los países en desarrollo, Fu, Mohnen, & Zanello (2018) utilizan una versión revisada del modelo estructural para analizar la capacidad de innovación y el rendimiento de las empresas en establecimientos informales, utilizando una encuesta de innovación única de 501 firmas manufactureras en Ghana. Sus hallazgos principales se basan en que la innovación tiene un impacto positivo en la productividad laboral de las empresas, siendo las innovaciones tecnológicas las de mayor impacto. Además, el trabajo encuentra que las firmas formales no tienden a ser más

productivas que las informales, pero el rol de la innovación en la productividad tiende a ser mayor para las firmas formales.

Recientemente, Morris (2018), utilizando la Encuesta de Empresas del Banco Mundial, incluyó un panel de 40.577 empresas en 43 países para estudiar la relación innovación-productividad teniendo en cuenta la heterogeneidad empresarial. Los resultados indican que las empresas innovadoras son significativa y económicamente más productivas, aunque señala que los estudios que utilizan datos de corte transversal pueden estar positivamente sesgados.

En el ámbito América Latina, Crespi & Zuniga (2012) fueron pioneros al examinar los factores que determinan el desempeño innovador y la relación de este con los aspectos productivos de las empresas en seis economías de la región, utilizando las encuestas de innovación realizadas en cada una de estos países, que cubren periodos desde 1998 a 2001 para Argentina hasta 2008 para Costa Rica. Su metodología se basa en un modelo estructural recursivo en el que se formaliza: (i) la decisión de las empresas de invertir en innovación (en lugar de solo I+D) y sus determinantes; (ii) el conocimiento, o la cantidad de salida de conocimiento es generado a partir de la inversión en innovación; y (iii) La función sobre determinantes de la producción, donde la innovación, junto con otros insumos, se relaciona con la productividad laboral.

En línea con la mayoría de estudios ajenos a la región de América Latina, sus principales hallazgos indican que las empresas que invierten en conocimiento tienen más posibilidades de introducir nuevos avances tecnológicos y las que innovan tienen mayor productividad laboral que las que no lo hacen. Sin embargo, descubren que los determinantes a nivel empresarial de la inversión en innovación son mucho más heterogéneos que en los países de la OCDE. Observan que la cooperación, la propiedad extranjera y la exportación aumentan la propensión a invertir en actividades de innovación y alientan la inversión en innovación en solo la mitad de los países

estudiados. Adicionalmente, se denota que las fuentes de información científicas y de mercado tienen poco o ningún impacto en los esfuerzos de innovación firme, lo que ilustra los vínculos débiles que caracterizan los sistemas nacionales de innovación en esos países.

Una versión actualizada y mejorada del estudio anterior se encuentra en Crespi, Tacsir & Vargas (2016). En esta ocasión, los autores también utilizan la Encuesta de Empresas del Banco Mundial, en su edición de 2010, que permite una mejor comparación entre países – al tratarse de datos homogéneos –. Con una muestra de 4.376 empresas manufactureras en 17 países, y utilizando una aproximación econométrica ligeramente modificada del modelo CDM, los autores ratifican la fuerte evidencia concerniente a las relaciones entre los insumos a la innovación y los resultados de esta, así como entre estos últimos y la productividad: “las firmas que invierten más en conocimiento tienen mayor capacidad de introducir nuevos avances tecnológicos, y aquellas que innovan más tienen una productividad laboral superior” (pág. 64). Adicionalmente, el estudio sugiere la existencia de *spillovers* dentro del proceso innovador entre las empresas del mismo sector en el mismo país, y de diferencias entre el efecto de la innovación sobre la productividad, señalando que los retornos de la primera son mayores en las empresas más productivas.

Para el caso colombiano, Gallego, Gutiérrez & Taborda (2015), exploran la relación innovación-productividad comparando los servicios de industria colombiana con la manufactura, usando el enfoque empírico de CDM. Para esto usan la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE para el periodo 2008–2009 para el sector de servicios y el periodo 2007–2008 para las fábricas manufactureras. La información estándar a nivel de empresa se obtiene de Encuesta Anual Servicios (EAS) y Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Sus principales hallazgos son los siguientes: independientemente de la industria, la probabilidad de innovación aumenta cuando hay inversión en laboratorios de investigación y desarrollo (I + D) y

las empresas son grandes. Cuanto más intensa sea la inversión en innovación, mayor será la probabilidad de implementación de la innovación. Finalmente, se mejora la productividad laboral después de la introducción de innovaciones.

Por otro lado, Busom & Vélez-Ospina (2017) investigan la asociación entre las barreras percibidas para la innovación y la asignación de apoyo público para la innovación en las industrias manufactureras y de servicios en Colombia, así como en la heterogeneidad potencial de los rendimientos de la innovación en el nivel de la empresa y la distribución de la productividad. Para cumplir con este objetivo, utilizan la Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT) del periodo 2010–11 para el sector de servicios, y la encuesta 2009-10 para las fábricas manufactureras. La muestra total incluye 905 compañías industriales, 954 firmas en servicios de negocios intensivos en conocimiento (KIS), y 1.419 empresas en actividades de servicios restantes, que son referidas como tradicionales.

Extendiendo el sistema recursivo de los modelos estructurales, con una ecuación para la asignación de soporte directo y usando métodos de regresión por cuartiles para estimar la ecuación de productividad, los autores subrayan la existencia de algunas diferencias significativa entre las manufacturas y servicios. Particularmente, el estudio encuentra que la innovación tiene un mayor impacto sobre la productividad en las firmas menos eficientes, especialmente en servicios, mientras que el capital humano tiene un fuerte efecto sobre la productividad en todos los sectores. Adicionalmente, también sugieren que las restricciones de financiamiento están correlacionadas con la obtención de apoyo público en las fábricas y en algunos servicios, pero en los KIS, las barreras asociadas con las regulaciones son más significativas.

Los artículos anteriormente presentados comparten una característica: el uso del modelo de ecuaciones estructurales como herramienta metodológica empírica para evaluar la relación entre

innovación y productividad. A pesar de la preponderancia de esta aproximación, existe otra literatura donde se proponen métodos diferentes. Por ejemplo, Gu & Tang (2004), siguen la metodología de Lanjouw & Schankerman (1999) para modelar la innovación como una variable latente no observable que subyace a cuatro indicadores: I+D, patentes, adopción de tecnología y habilidades. Utilizando datos de Statistics Canada para 14 industrias manufactureras en el periodo 1980 – 1997, los autores demuestran que esta medida de la innovación tiene un impacto positivo y significativo en la productividad, aunque sugieren que el efecto tiene un rezago de uno a tres años, según el subsector.

Por otra parte, Pianta & Vaona (2007) se basan en la teoría neoschumpeteriana para estudiar las dinámicas de la innovación como uno de los factores determinantes para un mejor desempeño económico. Para explicarlo proponen dos funciones de productividad y éxito exportador en las industrias manufactureras europeas para diferentes tamaños de firma. Sus estimaciones empíricas fueron basadas en datos de corte transversal de la Encuesta de Innovación Europea (CIS2), abarcando a Austria, Francia, Italia, los Países Bajos, y el Reino Unido. Los hallazgos sugieren que la eficiencia técnica en el viejo continente depende de la innovación en productos y procesos, con ganancias productivas gracias a la estructura de los negocios. El proceso innovador también parece importante para ser más exitosos en el ámbito de las exportaciones.

Por su parte, Crowley & McCann (2015), optan por utilizar un modelo de sustitución endógena (*endogenous switching*) para su estudio, cuyo objetivo es determinar las características de las empresas que innovan, cuantificar el impacto de la geolocalización en zona urbana sobre las dinámicas innovadoras, y contribuir al debate sobre el impacto de la innovación sobre la productividad desde el punto de vista de las compañías en Irlanda. Como en otros estudios, estos autores buscan integrar a todas las empresas, independientemente de si innoven y no. Por ello

utilizan complementariamente un análisis de comparación contrafactual, de manera que se aborde el problema de autoselección. Esta metodología fue aplicada para los datos de la Encuesta del ambiente de negocios y desempeño empresarial – BEEP, por sus siglas en inglés – realizada por el Banco Mundial y el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo, y que cubrió 436 firmas irlandesas. Los resultados sugieren que existe una discrepancia entre los determinantes de la producción innovadora según la forma en como esta sea medida. Por ejemplo, el capital humano es un factor clave para la innovación en productos, pero no en procesos. El estudio también sugiere que la relación innovación-productividad depende del tipo de producto innovador, pues mientras la organización en procesos tuvo un efecto positivo sobre el desempeño productivo empresarial, las demás clases tenían una relación inversa.

Para el caso estadounidense, el trabajo de Foster, Grim, Haltiwanger & Wolf (2018) pretende comprobar la hipótesis según la cual las dinámicas de innovación de la industria subyacente son un importante motor de la gran dispersión en la productividad en las empresas dentro de sectores estrechamente definidos. El conjunto principal de datos es una extensión desarrollada recientemente a la Base de datos de negocios longitudinales (LBD), que cubre el universo de negocios de empleadores en el sector de negocios no agrícolas de los EE. UU: aproximadamente 7 millones de establecimientos y 6 millones de observaciones firmes por año para el período 1976-2013. Su metodología se basa en un análisis econométrico de momentos específicos a nivel de empresa, con el fin de explorar la relación dinámica entre la entrada, la dispersión de la productividad y el crecimiento de la productividad, lo que requirió una especificación de regresión de panel que explota datos a nivel industrial (a partir de datos a nivel micro) a través del tiempo, utilizando un enfoque estándar de diferencias en diferencias. Los autores encuentran que un aumento repentino de las entradas dentro de una industria produce un retraso en el aumento de la

dispersión de la productividad y luego de un subsecuente rezago, un incremento en el crecimiento de la productividad.

Por último, Saleem, Shahzad, Khan, & Khilji (2019) plantearon como objetivo respaldar los factores que impulsan la productividad total de los factores (PTF) y el crecimiento económico en Pakistán, partiendo de la hipótesis según la cual el avance de este país se ha producido principalmente a través de tecnología intensiva en mano de obra y actividades de fabricación orientadas a la exportación. Sin embargo, dichos autores evalúan la PTF a partir de la función de producción agregada, utilizando la función de producción Cobb-Douglas. Los datos anuales de la serie se extrajeron desde 1972 hasta 2016 a través de los Indicadores de Desarrollo Mundial (WDI) del Banco Mundial y la novena versión de la Penn World Table. Los resultados generales revelan la innovación contribuye significativamente a crecimiento económico y nivel de producción pakistaní. Los autores señalan que este análisis puede tener sugerencias importantes para los responsables de la formulación de programas en esta nación y otras economías emergentes al formular una política de crecimiento sostenible.

## **5.2. Marco teórico**

Para poner en contexto la génesis de lo que hoy día se conoce como innovación y su relación con la productividad, es de vital importancia destacar que en un principio se hablaba del primer concepto a través del cambio tecnológico, un debate situado en la intersección de las ciencias sociales y las ciencias naturales, como lo destaca Elster (2006, pp. 13–16). Desde esta visión, se tienen dos enfoques principales del cambio tecnológico: un enfoque racional desde las ciencias sociales, y otro evolutivo en las ciencias naturales. El primero concibe el cambio tecnológico como una actividad lógica e intencional dirigida hacia una serie de objetivos, como la elección de la mejor innovación entre un conjunto de cambios desde el punto de vista del marxismo y de los

teóricos neoclásicos (Elster, 2006). La diferencia entre ambos está en que bajo los marxistas el empresario utiliza la innovación como un arma en la lucha de las clases, para llegar a la meta de obtener poder, y no generar ganancias en el corto plazo, mientras que los neoclásicos explican el cambio tecnológico a la luz de la maximización del beneficio.

En segundo lugar, Elster (2006) expone el punto de vista evolutivo, propuesto en las ciencias naturales. Allí el cambio tecnológico puede verse como un proceso de ensayo y error, es decir, como la suma acumulativa de ciertos cambios de los procesos de producción, pequeños y en gran medida accidentales. En esta visión prima la historia y no las metas futuras cuando se trata de explicar el cambio tecnológico, por lo cual este fenómeno se concibe como análogo a la evolución por selección natural propuesta por Charles Darwin (1859/2017). Por tanto, estas teorías se proponen explicar no sólo las creaciones físicas sino también el surgimiento de genes para la capacidad de invención subjetiva, donde se resalta la creatividad como un elemento esencial en el cambio tecnológico.

Sin embargo, cabe aclarar que este trabajo está concentrado solamente en el enfoque racional de las ciencias sociales, específicamente desde la conceptualización del austriaco Joseph Schumpeter, a quien Elster resalta como “tal vez es el escritor individual más importante sobre el cambio tecnológico, sus causas y sus consecuencias” (2006, p. 14). El autor argumenta esto diciendo que Schumpeter fue quien puso mayor importancia en la creatividad y el desequilibrio dentro de la explicación del cambio tecnológico, agregando que él fue pionero en hacer una evaluación positiva del capitalismo que no se debió a la eficiencia y racionalidad de este sistema sino al carácter dinámico y evolucionista que le imprime el empresario innovador, protagonista de las alteraciones en la tecnología.

Es por ello que este trabajo se enmarcará principalmente dentro de dos teorías desarrolladas durante el siglo XX: la destrucción creativa – atribuida principalmente a Joseph Schumpeter – y el crecimiento endógeno, cuyo pionero y principal contribuyente es el economista estadounidense Paul Romer. Ambos análisis representaron un punto de inflexión en la literatura del progreso económico en el contexto del capitalismo, y pueden considerarse como complementarios, en cuanto han sido integrados para explicar los patrones de crecimiento a largo plazo de los países y demás economías. De este modo, se presentará en primera medida la teoría schumpeteriana. Posteriormente, se explica el modelo de crecimiento propuesto por Paul Romer y sus reflexiones. Por último, se exponen brevemente otros enfoques endógenos donde se articulan estas dos importantes propuestas.

El desarrollo del concepto de innovación y su importancia dentro del sistema capitalista nacieron principalmente en Joseph Schumpeter, en obras destacadas de este economista tales como *Capitalismo, Socialismo y Democracia* (Schumpeter, 1942/1961), que es un complemento de la *Teoría del Desarrollo Económico* (Schumpeter, 1911/1997). Para Schumpeter, la innovación tiene génesis desde un concepto que este denomina destrucción creativa, lo cual se refiere a la creación a partir de la destrucción de lo antiguo, que da lugar al surgimiento de una idea totalmente nueva que empieza a ser útil usurpando el lugar de lo anterior. Es decir, desde el sentido de utilidad en la necesidad existente en el ámbito social. De esta manera, la destrucción creativa del economista austríaco no puede entenderse sin su relación con el capitalismo, debido a que esta reciprocidad germina en el análisis que hace Schumpeter sobre la viabilidad de sistema económico y los diferentes razonamientos sobre su futuro, que como lo menciona de la Corte Carmona (2015), constituyen un punto clave y esencial del funcionamiento del régimen capitalista y su sostenimiento a largo plazo.

En este sentido, según Schumpeter, “el punto esencial que hay que tener presente consiste en que, al tratar el capitalismo nos enfrentamos con un proceso evolutivo” (1961, pág. 105). Esto quiere decir, que la unión entre el sistema económico y la sociedad en sus distintas expresiones (económica, política, social, cultural, entre otras) dan la posibilidad de que el avance de los procesos que se hallan en el seno del capitalismo esté motivado por el desarrollo del sistema y su constante renovación.

De esta forma, la innovación en el capitalismo según Schumpeter debe de entenderse como un elemento esencial que alimenta a la poderosa máquina de producción masiva, cuyo objetivo es la creación de un beneficio para el empresario, pues es este quien la lleva a cabo, como lo apunta De la Corte Carmona (2015). Por otra parte, se podría suavizar dicha expresión diciendo que el empresario busca satisfacer las necesidades de la población mediante la producción de aquellas mercancías y productos que suplan esas carencias que presenta los individuos, a la vez que es cierto que buscan obtener un beneficio con la producción y venta de dichos productos, como resultado de su trabajo o esfuerzo, apoyándose de las ventajas que ofrece la innovación, que a su vez favorecen el bienestar del consumidor en la medida que se satisface.

No obstante, en esta búsqueda del empresario de obtener beneficios a partir de las necesidades que identifica, también es imperativo de este ir mejorando su producto a causa de la competencia en los mercados para de esta forma asegurar su nicho de mercado y hacer distinguir su producto de los demás con algunas características especiales. Esto es un proceso de evolución material de la sociedad, que se halla en las diversas necesidades, que van a cambiar con el tiempo como consecuencia de que las antiguas carencias de las personas ya han sido satisfechas. Según Schumpeter, la destrucción creativa crea una paradoja entre lo antiguo y lo novedoso, que con el proceso que instauro el capitalismo en su dinamismo a partir de la evolución de las necesidades

termina creando una inevitable lucha, que da como resultado la participación necesaria de la innovación sobre lo ya creado. Esta actúa como el sello diferencial de la necesidad del cambio y lo hace menos polémico. Además, esta lucha es inevitable porque las propias realidades de la sociedad, obligaran a que se genere un cambio en las condiciones del entorno y las instituciones del mismo. De lo contrario, se provocaría un quiebre al sistema capitalista y con menos posibilidades de beneficios, ya que este se nutre de lo novedoso. (1961, pág. 110)

Sin embargo, Schumpeter es consciente a lo largo de sus argumentos del hecho que no siempre la introducción de algo nuevo (ya sea un producto, método de producción, mercado, entre otros) trae consigo una destrucción creativa, porque muchas veces el arraigamiento de lo ya establecido es más poderoso que la innovación, que es lo que se conoce como zona de confort o miedo al cambio. El anterior fenómeno produce que se conserve lo antiguo debido a una fuerte aversión al riesgo o incertidumbre de los cambios que puede producir lo nuevo (De la Corte Carmona, 2015).

Debido al punto precedente, Schumpeter dice finalmente que nada justifica que se trate de conservar industrias obsoletas, pero tiene sentido evitar que ellas se desmoronen estrepitosamente, o transformar una derrota, que se puede convertir en centro de efectos acumulativos depresivos (como el desempleo masivo). Recíprocamente, en el caso de las industrias que actuaron imprudentemente, pero siguen intentando sobrevivir en lugar de liquidarse, podremos hablar de un progreso ordenado, constante y con mucha disciplina organizacional que puede llevar a sobrevivir si se introduce de forma gradual dicho cambio del entorno (Schumpeter, 1997, pág. 118).

A partir de teoría Schumpeteriana surge el carácter endógeno del cambio tecnológico, que tiene a Paul Romer como su exponente pionero y más influyente. Entre sus aportes más importantes a la economía de las ideas se destacan la caracterización de estas como ilimitadas, al basarse en las infinitas combinaciones posibles de elementos ya conocidos que carecen de escasez. Esto como

oposición al modelo del crecimiento basado en la acumulación de factores productivos clásicos, como trabajo y capital (Solow, 1956), que están sujetos a limitantes.

En este aspecto, Romer quiere destacar la diferencia entre la economía de las ideas y la economía de los objetos a la vez que su importancia para la comprensión del nuevo crecimiento y desarrollo. En la mayoría de los casos, los economistas comprometidos con el desarrollo se han inclinado por estudiar a la economía de las ideas, para tratar de comprender algunos detalles que no son sencillos de explicar, pero que pueden ser útiles para cambiar las políticas más importantes del mundo económico que buscan un desarrollo más sostenible principalmente desde las empresas. Esto porque ya es evidente que el modelo neoclásico solo parece hablar de una perfecta competitividad con cambios tecnológicos físicos que siguen siendo un cuadro de muchos contrastes y controversias para favorecer el crecimiento y el desarrollo donde muchas veces las ideas, origen de los cambios tecnológicos y todo el conocimiento son olvidadas. (Romer, 1992)

Por otra parte, el modelo de Romer (1987, 1990) demostró cómo el conocimiento es la fuente principal para que funcione el crecimiento económico a largo plazo como lo mostraba Schumpeter desde la destrucción creadora. Este afirma que los estudios macroeconómicos previos sí habían destacado el papel de la innovación tecnológica como el punto de partida del crecimiento económico, pero no lograron nunca diseñar un modelo en donde se reflejara cómo las decisiones económicas de los individuos y su entorno social influían en el mercado, determinando la creación de nuevas tecnologías. Paul Romer resolvió este aparente misterio con un modelo que demuestra cómo las fuerzas económicas de las que hablaba Schumpeter, son el principal motor del deseo de las firmas para introducir nuevas ideas que crean innovaciones y así evitar que el sistema económico capitalista se atrase o destruya (Benavides, 1997). A continuación, se presenta

brevemente las bases del modelo de crecimiento endógeno de Romer, y cómo a través de este se demuestra la importancia de la innovación dentro del crecimiento y la productividad a largo plazo.

En su artículo sobre el avance basado en la especialización, Romer (1987) plantea las bases de su modelo de crecimiento endógeno. Para ello, se basa en una función de producción tipo Cobb-Douglas descrita en la ecuación (1). A diferencia del enfoque Solow-Swan (Solow, 1956; Swan, 1956), donde el producto está determinado por el factor trabajo y una sola clase de capital homogéneo, Romer utiliza una ecuación que captura lo que él llama la “preferencia por la variedad” (1987, p. 56). Esto permite que el *output* dependa de un intervalo de bienes de capital representado por la letra  $i$ . Si  $x(i)$  es la cantidad del capital  $i$ , y  $A$  es el tamaño del intervalo, entonces la producción está determinada por:

$$y = L^{1-\alpha} \int_0^A x(i)^\alpha di \quad (1)$$

Romer explicó que el volumen de cada bien de capital  $x(i)$ , así como el intervalo de estos ( $A$ ), están en función de otro insumo primario representado por  $Z$ , que no es otra cosa que el stock homogéneo y multipropósito de capital  $k$ . Si los costos de producir  $x$  unidades de capital ( $i$ ) en términos del capital homogéneo están representados por la ecuación (2), entonces la maximización del segundo factor de la ecuación (1) sobre el tamaño del intervalo  $A$  y la cantidad de cada bien intermedio implica que su determinación estará dada por las expresiones (3) y (4).

$$h(x) = \frac{1 + x^2}{2} \quad (2)$$

$$x(i) = \bar{x} = \left( \frac{\alpha}{2 - \alpha} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$A = (2 - \alpha)Z = (2 - \alpha)k \quad (4)$$

Reemplazando las dos últimas identidades en la ecuación (1), entonces la función de producción estará dada por la expresión (5), donde  $\alpha$ ,  $\bar{x}$  y  $L$  son variables exógenas. Nótese que, a diferencia de la ecuación base del modelo Solow-Swan, donde el capital tiene una productividad marginal decreciente, bajo el enfoque de Romer, el producto de generado por una unidad más de este insumo es constante. Este cambio permite que el *output* por trabajador esté en constante crecimiento, pues contrario a la aproximación neoclásica, donde depreciación e inversión se igualan en el largo plazo debido a la concavidad del capital, en el nuevo modelo el primer factor será siempre menor, como lo muestra la ecuación (6).

$$y = (2 - \alpha)k\bar{x}^\alpha L^{1-\alpha} = A\bar{x}^\alpha L^{1-\alpha} \quad (5)$$

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + s(2 - \alpha)\bar{x}^\alpha L^{1-\alpha}k \quad (6)$$

En un artículo posterior (Romer, 1990), el premio nobel de economía expone con mayor detalle su enfoque sobre el proceso de innovación, y las implicaciones de este sobre el crecimiento a largo plazo. En este modelo, una idea está representada por una nueva variedad  $i$ , cuyo desarrollo implica un costo en términos del factor trabajo, y no en función del capital, como en la aproximación anterior.

No obstante, la producción de nuevas ideas no dependen de todo el stock de trabajo físico, sino en una nueva clase de este: el capital humano, que autor define como una medida del “efecto acumulado de actividades como la educación formal y la formación dentro del trabajo” (Romer, 1990, p. S79). Dentro del documento, este nuevo factor se identifica con la variable  $H$ . Sin embargo, siguiendo la notación usada por el Comité del Premio en Ciencias Económicas en memoria de Alfred Nobel (2018), se usará  $L^R$ . Teniendo esto en cuenta, el costo de producción de

una idea en término está descrito por la ecuación (7), mientras que el número de nuevas ideas está dado por la expresión (8). Dentro de ambas identidades,  $\xi$  representa un indicador de productividad del insumo.

$$h_{(L^R)} = \frac{1}{\xi L^R} \quad (7)$$

$$\Delta A = A_{t+1} - A_t = \xi A_t L_t^R \quad (8)$$

Al igual que en el modelo de 1987, las cantidades de bienes de capital variado  $x(i)$  están en función del stock de capital de uso general ( $k$ ). Sin embargo, en esta ocasión se asume una estructura lineal en la producción. Si para producir una unidad de  $x(i)$  se requieren de  $\eta$  unidades de capital general, entonces la restricción de este último insumo estará dado por la ecuación (9) (The Committee for the Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel, 2018). Teniendo esto en cuenta, el volumen de cada bien  $i$  estará determinado por la expresión (10).

$$\int_0^{A_t} \eta x_t(i) d(i) = k_t \quad (9)$$

$$x_t(i) = \frac{k_t}{\eta A_t} \quad (10)$$

Reemplazando la ecuación (10) dentro de (5), y siendo  $L^F$  el stock de trabajo utilizado en la elaboración de bienes finales, entonces la función de producción está representada en la expresión (11). Bajo este modelo, la tasa de crecimiento a largo plazo del producto por trabajador  $\gamma$  está dada por la ecuación (12). De esta manera, el progreso económico adquiere su carácter endógeno, pues depende de las decisiones internas empresariales que determinan la cantidad utilizada de trabajo calificado y dedicado a la generación de ideas ( $L^R$ ).

$$y = \frac{1}{\eta} * k^{\alpha} (A_t L^F)^{1-\alpha} \quad (11)$$

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A} = \xi L_t^R \quad (12)$$

A partir del modelo propuesto por Romer, puede entonces observarse el papel de la innovación dentro de la productividad. En cuanto a productividad total de los factores (representada dentro del término  $A_t$ ), se estima que su crecimiento será igual al número de ideas generadas entre dos periodos. Este número se encuentra además determinado por los esfuerzos realizados por los productores, en cuanto estos sacrifican una parte de su stock total de trabajo para dedicarlo a las actividades de I+D ( $L^R$ ). Con respecto al producto por trabajador, la aproximación demuestra cómo su variación a largo plazo estará determinada únicamente por la generación de mayor variedad en el capital.

Posterior a la propuesta de Romer, surgió toda una nueva generación de estudios que investigan el efecto de la innovación sobre el crecimiento productivo a largo plazo. Algunos de ellos, como Aghion & Howitt (1992) y Segerstrom et al. (1990) integran explícitamente el enfoque schumpeteriano y el modelo de crecimiento endógeno, asumiendo que las actividades de I+D permiten generar sustitutos que reemplazan los productos existentes, pero un costo de producción más bajo. El primer supuesto, equivalente a la destrucción creativa de Schumpeter, garantiza la existencia de una alta tasa de progreso en los esfuerzos en invención, y por tanto en el *output* de las economías, en cuanto el proceso de reasignación de los recursos hacia las firmas innovadoras se traduce en externalidades que afectan negativamente a las firmas existentes menos productivas.

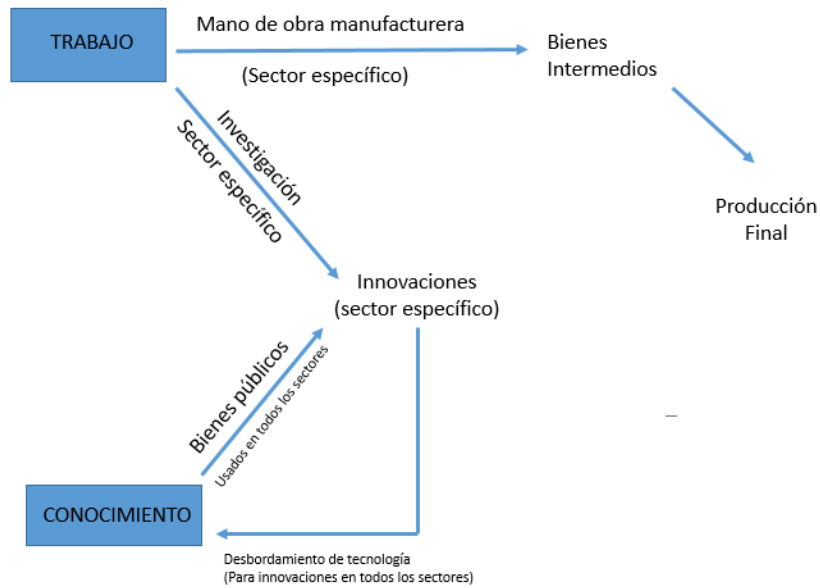


Figura 1. Representación de las actividades económicas en un modelo multisector.

Fuente: Aghion & Howitt (1998)

Otros autores utilizan modelos de crecimiento endógeno que integran la innovación para estudiar la influencia de ciertos factores sobre las discrepancias en el progreso de las economías y la desigualdad. Acemoglu (1998, 2002) y Grossman & Helpman (1991b, 1991a) son ejemplo de ello. En las dos primeras investigaciones, que sirvieron como base para explicar la disparidad salarial creciente en la mayoría de los países, se expone cómo las fuerzas del mercado pueden determinar los gastos en diferentes tipos de investigación, y por tanto los distintos usos que se dan al cambio tecnológico dentro de la industria. Por otra parte, los últimos documentos abordan la relación entre innovación y desarrollo en el marco de la economía global, integrando aspectos como las nuevas teorías comerciales dentro de la función endógena de avance.

De esta forma, tanto Romer como otros importantes contribuyentes a la teoría del crecimiento endógeno, han logrado a través de sus estudios situar la innovación en el centro del desarrollo productivo a largo plazo, basados en principalmente en las bases schumpeterianas. En general estos autores concluyen que la innovación genera externalidades positivas, ya que el conocimiento producido no es solamente utilizado para aumentar la productividad del sector del bien final, sino también para acrecentar la productividad del sector de la investigación (Benavides, 1997). Por otra parte, dichas externalidades aumentan la productividad dentro de la economía en general, es decir es una variable de transición ya que se genera una especie de competencia por la adquisición de ese conocimiento específico, aumentando el producto por insumo de cada sector e influyendo positivamente en el crecimiento económico con un carácter particular (con sostenibilidad a largo plazo), como se puede observar en la figura 1.

## **6. Marco metodológico**

Siguiendo con el patrón metodológico usado en la mayoría de los estudios sobre innovación, este trabajo utilizará una aproximación basada en la propuesta de Crepon, Duguet, & Mairesse (1998), ampliamente conocida como CDM. El modelo CDM se caracteriza por su corte estructural, que consta de tres etapas. En la primera, donde se evalúa el esfuerzo innovador, las compañías deciden si se involucran o no en actividades de I+D, ACTI, y determinan la inversión en estas. La segunda etapa consiste en una función de producción de conocimiento o innovación, en la cual se estiman el impacto de factores que posiblemente afecten la introducción de nuevos productos o procesos, incluido el efecto innovador. La tercera etapa consiste en una ecuación del producto por trabajador, donde se caracteriza a la producción innovadora como un insumo para la eficiencia laboral. En esta última etapa se mide la relación entre innovación y productividad.

A pesar de que la estructura de fondo se ha mantenido intacta, el modelo CDM ha sufrido diferentes modificaciones a lo largo de su vigencia, como se pudo detallar en los antecedentes. Estos cambios serán tenidos en cuenta para la realización de este trabajo. El primero de ellos comienza en la etapa número 1. Siguiendo la propuesta de Griffith et al. (2006), la sección del esfuerzo innovador consta de tres ecuaciones. Siendo  $i$  el subíndice que identifica la empresa, y  $t$  aquel que indica el periodo, entonces la decisión que afronta una compañía de vincularse o no en actividades de innovación está dada por la ecuación (12), mientras que la expresión (13) representa los determinantes de la magnitud de inversión en I+D.

$$rd_{it}^* = w_{it}\alpha + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

$$r_{it}^* = z_{it}'\beta + e_{it} \quad (13)$$

En este caso,  $rd_{it}^*$  y  $r_{it}^*$  son dos variables latentes no observadas que representan respectivamente la vinculación en ACTI (carácter binario) y la magnitud del esfuerzo innovador. Por otra parte,  $w_{it}$  y  $z_{it}'$  son matrices que recogen los determinantes de la decisión de involucrarse en actividades de innovación, y del grado de estas.  $\alpha$  y  $\beta$  son los vectores que integran los parámetros de interés, y, por último,  $\varepsilon_{it}$  y  $e_{it}$  son los términos de error.

Utilizando esta especificación, se tiene en cuenta todas las firmas al momento de estimar los parámetros, y no solo las que reportan haber realizado tales esfuerzos en innovación. De esta forma, los autores buscan corregir el sesgo de selección que estaba presente en el modelo CDM original y en los estudios subsiguientes hasta el 2006. En lugar de utilizar variables observadas en las encuestas, Griffith et al. (2006) proponen la ecuación de selección (14) y la expresión condicional (15). La primera de ellas, que tiene a  $rd_{it}$  como variable endógena, binaria y

dependiente, indica que tan solo las firmas cuyo esfuerzo innovador supere cierto umbral ( $c$ ) reportaran haberlo realizado. Por otra parte, en la segunda se observa la magnitud de tal inversión en innovación, que es únicamente cuantificable para aquellas firmas que hacen y reportan involucrarse en actividades de I+D.

$$rd_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } rd_{it}^* = w_{it}\alpha + \varepsilon_{it} > c \\ 0 & \text{si } rd_{it}^* = w_{it}\alpha + \varepsilon_{it} \leq c \end{cases} \quad (14)$$

$$r_{it} = \begin{cases} r_{it}^* = z_{it}'\beta + e_{it} & \text{si } rd_{it} = 1 \\ 0 & \text{si } rd_{it} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

La propuesta anterior se basa en el supuesto de que todas las empresas realizan alguna clase de esfuerzo innovador, pero no todas deciden reportarlo. Tal consideración también es tenida en cuenta para la segunda etapa del enfoque CDM: la producción innovadora. Siguiendo a Mohnen & Hall (2013), la ecuación (16) modela los determinantes de la probabilidad de ser innovador en producto, proceso, o en aspectos organizacionales. Esta probabilidad se señala mediante una variable binaria que depende del esfuerzo innovador latente ( $r_{it}^*$ ) y de otros aspectos recogidos dentro de  $x'_{it}$ .

$$I_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } I_{it}^* = r_{it}^*\gamma + x'_{it}\delta > 0 \\ 0 & \text{si } r_{it}^*\gamma + x'_{it}\delta \leq 0 \end{cases} \quad (16)$$

En la última etapa, la productividad de la firma, medida a través del producto promedio por trabajador, se representa como una función de la producción innovadora de la empresa, y de una serie de factores que se supone que afectan la eficiencia laboral. Esto puede observarse mediante la expresión (18), donde  $y_{it}$  es la variable que representa el desempeño productivo,  $N_{it}$  es un vector que indica si el establecimiento es innovador ( $I_{it}$ ), o la magnitud de su innovación ( $g_{it}$ ), y  $p_{it}$  es la matriz que recoge los demás determinantes de la productividad.  $\xi$  y  $\pi$  son parámetros de interés, y, por último,  $v_{it}$  es el término de error.

$$y_{it} = n_{it}\xi + p_{it}\pi + v_{it} \quad (17)$$

Con respecto a los métodos de estimación, artículos como el de Hall (2011) o el de Mohnen & Hall (2013) discuten las tendencias econométricas dentro de los estudios que usan el CDM para observar la relación innovación-productividad. Particularmente, el más reciente de ellos, muestra que la mayoría de los autores optan por utilizar un enfoque secuencial con variables instrumentales, en oposición a otra opción bajo el cual los parámetros se computan mediante máxima verosimilitud. En este trabajo optaremos por la aproximación más usada, en cuanto su estructura se asemeja a las etapas que componen el modelo CDM, y dado que no se reportan diferencias grandes diferencias entre los resultados obtenidos con ambos modelos (Hall, 2011; Musolesi & Huiban, 2010).

Teniendo en cuenta lo anterior, entonces las ecuaciones (14) y (15) serán estimadas mediante un modelo de Tobit generalizado por máxima verosimilitud, conocido como el modelo de selección de Heckman (Heckman, 1979). Para la segunda etapa del modelo CDM, y siguiendo la reflexión de Roper, Du, & Love (2008), los parámetros de la expresión (16), por su naturaleza binaria, se computarán utilizando un modelo probit multivariado. Finalmente, la última etapa será desarrollada mediante un modelo de mínimos cuadrados en dos etapas, donde los valores ajustados de las variables dependientes en (16) y (17) entran como determinantes de la productividad.

## **7. Datos y estadísticas descriptivas: el panorama nacional y departamental de la innovación y la productividad en Colombia**

Para realizar estas estimaciones y los respectivos análisis se utilizan dos fuentes de datos relacionadas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La primera de ellas es la Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT), que se realiza con una periodicidad de dos años. En este trabajo se usarán las dos versiones más recientes: 2013-2014, y

2015-2016. La primera de ella obtuvo información de 8.835 empresas, mientras que la segunda tuvo un tamaño muestral de 7.947. En esta encuesta se obtienen las variables sobre el esfuerzo y la producción en innovación, mientras que aquellas que caracterizan otros factores de la empresa se extraen de la segunda fuente: la Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Esta operación estadística se realiza anualmente, y entre los años 2013 a 2016, cubrió respectivamente 9.222, 9.159, 9.015 y 8.466 establecimientos industriales del territorio nacional.

Eslava et. al (2017) señalan tres fortalezas para la última encuesta, las cuales la vuelven ideal para trabajar temas de productividad. La primera de ellas es la cobertura censal de los establecimientos manufactureros colombianos de carácter pequeño, mediano y grande. Adicionalmente, su estructura de tipo panel y su realización anual permiten un seguimiento consistente a las firmas de este sector, y por último, la riqueza de la información reportada, entre las que se destacan la información sobre precios y producción real. Sin embargo, tres retos se presentan al momento de emparejar estas bases. En primer lugar, está el hecho de que la EAM se encuentra a nivel establecimiento, mientras que la EDIT está a nivel empresa. En segundo lugar, no todas las empresas de la EAM reportaron información sobre sus esfuerzos y resultados de innovación. Por último, está la diferencia entre la periodicidad con la que se realizan ambos ejercicios, pues la EAM se hace cada año, y la EDIT de forma bienal.

Para solucionar el primer inconveniente, se agregó la información a nivel de empresa y año, y se eliminaron los establecimientos duplicados. Después se descartaron aquellas firmas que no hubiesen respondido la EDIT, o aquellas que estuviesen en la EDIT, pero no en la EAM. Por último, y debido a la alta dispersión en las variables relacionadas con la producción, se borraron

aquellas observaciones en cuyas ventas per cápita estuviesen 1,5 veces el rango intercuartil por encima del percentil 75 o por debajo del percentil 25. De esta forma, quedaron 32.200 observaciones en total, de las cuales, 8.444 corresponden para el año 2013, 8.285 en 2014, 8.022 en 2015 y 7.449 en 2016. Con respecto a la composición de la muestra por industria, los apéndices A y B muestran el número de empresas según CIIU a dos dígitos por periodo y para el total. De allí puede destacarse que los sectores con mayor número de compañías son la elaboración de productos alimenticios (16% del total de observaciones), la fabricación de productos textiles, confecciones de prendas de vestir (12%), la fabricación de productos de caucho y de plástico (9%), y la fabricación de productos a base de metal excepto maquinaria y equipo (8%). Adicionalmente, si se observa el comportamiento del número de firmas por año, podemos concluir que en el periodo estudiado existió una tendencia a la baja en este indicador, que se refleja tanto para el total de empresas (la cifra en 2016 fue 12% menor que en el 2013) como para las que tienen mayor representación. Solo cinco de los veintidós subsectores presentaron una excepción a este patrón, entre los que se destacan la fabricación de productos a partir del cuero y la industria maderera.

La tabla 1 y el panel (a) del apéndice I muestran la distribución de la muestra por departamentos. Casi el 60% de las observaciones totales se concentran en Bogotá y Antioquia, puesto que en la capital se encuentran aproximadamente el 36% de las empresas muestreadas, y las compañías antioqueñas representan en promedio el 21,8% del total nacional. Valle del Cauca, Cundinamarca y Santander terminan de completar el top cinco de unidades administrativas relevantes según representación en el sector manufacturero colombiano, con participaciones respectivas de 12,9%, 6,6% y 4,13%. Los departamentos con menor número de empresas fueron Casanare, Vichada, Sucre, Córdoba y César.

Entrando propiamente a las estadísticas descriptivas, la tabla 2 presenta algunas medidas de tendencia central, así como los valores extremos y la desviación estándar para las variables de la función de producción en todo el periodo de estudio, obtenidas a partir de la EAM. De allí destacamos en primer lugar las ventas por empleado para la observación típica fueron de aproximadamente 114 millones 298 mil pesos, con una mediana de 73 millones 318 mil pesos, y desviación estándar de 109 millones 232 mil pesos, que sigue siendo relativamente alta a pesar de eliminación de los valores atípicos. Respecto a las ventas totales tenemos que en promedio fueron de aproximadamente de 15.144 millones de pesos, presentando una mediana de 2.118 millones y una dispersión típica por izquierda y por derecha de aproximadamente 61.603 millones.

En cuanto a los factores de producción, se tiene que el 50% de las empresas tuvieron menos de 28 empleados, y que la observación típica tuvo 82 trabajadores, de los cuales en promedio el 38,5% eran altamente cualificados. El capital, medido a través del valor en libros de la maquinaria y equipo, fue de 6.734 millones de pesos para la observación típica, y estuvo por debajo de los 359 millones para el 50% de las observaciones. El mismo indicador, definido como el valor total de los activos fijos, tuvo una media (mediana) de 11.135 millones de pesos (820 millones de pesos), lo cual refleja la gran dispersión que presenta este *input*. Cuando se calcula el stock en términos per cápita, se obtiene un promedio aproximado (mediana) de 39 millones (13 millones) a partir de la maquinaria y equipo, y de 81 millones (32 millones) a través de los activos fijos. Por otro lado, se resalta que, en promedio, las empresas de la muestra tuvieron un consumo intermedio de aproximadamente 7.384 millones. La energía consumida por la compañía típica, por último, fue de 1 millón 345 mil kilovatios-hora.

Por otra parte, la tabla 3 muestra las estadísticas descriptivas para las variables relacionadas con el esfuerzo y los resultados de la innovación. En este caso, la media para las características binarias

puede interpretarse como el porcentaje de empresas que cumplen con la característica descrita. De este modo, lo primero que podemos resaltar es el bajo nivel de innovación en productos para las empresas colombianas, medida a través del porcentaje de empresas que sacaron en los dos años de la encuesta algún bien o servicio nuevo o significativamente mejorado. Para el primer criterio, tenemos que solo el 6,8% de las firmas fueron innovadoras en todos los ámbitos (a nivel interno y de mercados), mientras que menos del 1% lo fueron en el ámbito de los mercados domésticos e internacionales. En cuanto al lanzamiento de productos mejorados en todos los ámbitos, solo 6,5% de las empresas fueron innovadoras según este criterio. Si solo se tienen en cuenta aquellas que introdujeron a los mercados domésticos y foráneos bienes y servicios mejorados, este porcentaje es igual al 1%. La innovación en procesos fue más común que la de productos, con 11,8% de las firmas mejorando o incorporando nuevos métodos de producción. En cuanto a la innovación organizacional y en mercadeo, los datos muestran que solo el 6% de los establecimientos innovaron en el primer aspecto, y 4,7% lo hicieron en el segundo.

Estos resultados en innovación podrían verse como un reflejo de los bajos esfuerzos que realizan las firmas manufactureras en el tema. Si bien el 19,2% de las empresas realizaron inversión en ACTI en el periodo estudiado, tan solo el 6.4% de las empresas lo hicieron en I+D. Por otra parte, la dispersión en las variables que recogen el monto invertido en estas actividades relacionadas con la innovación muestra que solo un pequeño grupo de empresas están realizando casi todo el esfuerzo agregado nacional. A pesar que los datos reportan que en promedio se invirtieron cerca de 83 millones en ACTI y 36 millones en I+D, la mediana y el percentil 75 (no reportado) de ambas variables indica que para al menos el 75% de las observaciones no tenían inversión en ninguno de estos indicadores. Como resultado, se tiene un bajo nivel de innovación en el sector industrial colombiano (especialmente si se mide a través de los registros en PI: solo el

6% de las firmas obtuvieron alguno de estos instrumentos en durante cada una de las versiones de la EDIT).

Tabla 1.

*Composición departamental de la muestra.*

<b>Departamento</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Total</b>
Antioquia	1 813	1 801	1 746	1 661	7 021
Atlántico	327	318	302	285	1 232
Bogotá	3 213	3 134	3 028	2 744	12 119
Bolívar	91	94	96	90	371
Boyacá	66	69	67	62	264
Caldas	142	135	135	121	533
Cauca	80	78	73	71	302
Cesar	32	31	31	28	122
Córdoba	20	19	20	24	83
Cundinamarca	547	542	524	520	2 133
Huila	48	44	42	41	175
Magdalena	46	48	45	40	179
Meta	41	41	40	38	160
Nariño	46	47	49	37	179
N. de Santander	127	118	123	108	476
Quindío	49	47	44	47	187
Risaralda	179	177	168	157	681
Santander	353	342	322	316	1 333
Sucre	16	18	19	16	69
Tolima	88	85	85	75	333
Valle del Cauca	1 103	1 076	1 040	950	4 169
Casanare	3	6	5	3	17
Vichada	14	15	18	15	62
<b>NACIONAL</b>	<b>8 444</b>	<b>8 285</b>	<b>8 022</b>	<b>7 449</b>	<b>32 200</b>

Notas: Cálculos de elaboración propia a partir de datos de la EAM y la EDIT (2014 – 2016).

Estos resultados en innovación podrían verse como un reflejo de los bajos esfuerzos que realizan las firmas manufactureras en el tema. Si bien el 19,2% de las empresas realizaron inversión en ACTI en el periodo estudiado, tan solo el 6.4% de las empresas lo hicieron en I+D. Por otra parte, la dispersión en las variables que recogen el monto invertido en estas actividades

relacionadas con la innovación muestra que solo un pequeño grupo de empresas están realizando casi todo el esfuerzo agregado nacional. A pesar que los datos reportan que en promedio se invirtieron cerca de 83 millones en ACTI y 36 millones en I+D, la mediana y el percentil 75 (no reportado) de ambas variables indica que para al menos el 75% de las observaciones no tenían inversión en ninguno de estos indicadores. Como resultado, se tiene un bajo nivel de innovación en el sector industrial colombiano (especialmente si se mide a través de los registros en PI: solo el 6% de las firmas obtuvieron alguno de estos instrumentos en durante cada una de las versiones de la EDIT).

Para concluir la revisión de las estadísticas descriptivas para el total de la muestra, se comentan brevemente las variaciones anuales de las variables más importantes, cuyos datos se encuentran en los apéndices C y D. En cuanto a las ventas promedio por trabajador, observamos un aumento de 4 millones 839 mil pesos entre el año 2013 y 2014. Respecto a 2014-2015 también hay un aumento de 6 millones 456 mil pesos y finalmente entre 2015 y 2016 continúan aumentando las ventas per cápita en 7 millones 233 mil pesos. Lo que significa que hubo aumentos de la productividad en este periodo de tiempo. De esta manera, se puede evidenciar una tendencia al alta de esta variable durante todo el rango estudiado, ya que si comparamos las ventas per cápita entre 2013 y 2016 nos arroja que hubo un aumento aproximado de 18 millones 529 mil pesos (17,48%).

En cuanto a los factores de producción, tenemos que la mayoría de variables tuvieron un comportamiento al alza a lo largo del periodo de estudios. Un ejemplo de esto es el número de empleados promedio por empresa, cuyo crecimiento fue de 13,11 unidades entre 2013 y 2016. El capital, medido tanto a través del valor en libros de la maquinaria y equipo como a través del valor en libros del total de activos fijos, también aumentó. Tal vez la única variable que tuvo un

comportamiento relativamente estable fue el porcentaje de trabajadores cualificados, pues entre 2013 y 2016, esta cifra aumentó en 23 puntos básicos.

Por último, también se destaca el positivo comportamiento de las variables relacionadas con el panorama innovador. Con respecto al esfuerzo en innovación, las filas 13 y 14 de los apéndices C y D reportan un aumento en el porcentaje de empresas que invirtieron en I+D y en ACTI, pasando del 5,08% en el 2013 al 8,16% en el 2016 en la primera medida, y del 13,51% en 2013 al 25% en el 2016 para la segunda. De igual forma, también aumentó el promedio de inversión en I+D, tanto a nivel agregado como por trabajador (aunque se registró un pico en 2015, para después caer en 2016). El cambio en las variables de resultados en innovación podría verse como un reflejo de estos mayores esfuerzos: el porcentaje de firmas con registros de propiedad industrial (PI) pasó de 24,8% en 2013 a 34,22% en 2016. Adicionalmente, en 2016 7,42% de las compañías reportaron haber lanzado un nuevo producto (independientemente de si fue para ellas mismas, para el mercado nacional o para el ámbito internacional); porcentaje que fue 6,16% en 2013. La proporción de firmas con nuevos productos en los mercados domésticos y externos también creció, al igual que la de aquellas con bienes o servicios significativamente mejorados. Una mayor fracción de los establecimientos también innovaron a organizacionalmente.

La tabla 4 y las figuras 2 y 3 ilustran la situación de la productividad y la innovación a nivel departamental. Con respecto al primer aspecto, el panel (a) de la figura 2 muestra las ventas por trabajador para la observación típica en el total de la muestra. Los departamentos con las mejores cifras en esta medida productiva son Casanare, Cauca, Meta, Bolívar y Magdalena; departamentos destacados por tener una baja participación en el total de la muestra (el número de empresas en cada uno representan menos del 1% del total, a excepción de Bolívar – 1,15%). Entre los departamentos con una representatividad relativamente alta, y con niveles de productividad por

encima del promedio nacional, se resaltan Cundinamarca, Atlántico y Caldas. Sin embargo, los demás departamentos que conforman en top 5 (incluido Santander), tienen una productividad media inferior al total para Colombia.

Tabla 2.

*Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en la función de producción.*

Variable	N	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Trabajadores cualificados (%)	32 200	38,5%	35,0%	22,3%	0,0%	100,0%
Ventas por trabajador	32 200	114 298	78 318	109 232	9 927	734 844
Ventas totales	32 200	15 144	2 118	61 603	12	1 966 957
Valor agregado	32 200	6 746	955	29 627	0	988 432
Número de trabajadores	32 200	82	28	187	1	4 559
Valor en libros – Equipo TIC	32 200	205	26	1 098	0	93 570
Valor en libros – Maq&Eq	32 200	6 734	359	56 229	0	3 230 657
Valor en libros – Activos fijos	32 200	11 135	820	72 811	0	3 524 934
Exportaciones	32 200	1 405	0	9 158	0	413 651
Consumo de materias primas	32 200	7 367	787	32 779	0	1 233 221
Consumo de energía	32 200	1 345	70	9 803	0	464 918
Salario por trabajador	32 200	11 222	10 111	8 938	0	1 281 492
Maq&Equipo por trabajador	32 200	39 466	13 810	299 684	0	23 500 000
Activos fijos por trabajador	32 200	81 041	32 600	1 277 611	0	218 000 000

**Notas:** Las variables per cápita (ventas, salario, dotación de maquinaria y equipo y de activos fijos por trabajador) se encuentran en miles de pesos, y el consumo de energía, en miles de kWh. Las demás variables, a excepción del número de trabajadores y los trabajadores cualificados, se encuentran en millones de pesos. Esta tabla es de elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta Anual Manufacturera (2013 – 2016).

Tabla 3.

*Estadísticas descriptivas de las variables de innovación: esfuerzo y resultados.*

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Nuevo producto (1)	31 247	0,068	0	0,251	0	1,000
Nuevo producto (2)	31 247	0,008	0	0,089	0	1,000
Producto mejorado(1)	31 247	0,065	0	0,247	0	1,000
Producto mejorado (2)	31 247	0,010	0	0,097	0	1,000
Innovación en procesos	31 247	0,118	0	0,322	0	1,000
Innovación Organizacional	31 247	0,060	0	0,238	0	1,000
Innovación en mercadeo	31 247	0,047	0	0,211	0	1,000
Tenencia de registros de PI	31 247	0,294	0	0,456	0	1,000
Obtención de registros de PI	31 247	0,060	0	0,237	0	1,000
Inversión en I+D	32 200	36,526	0	1 414,580	0	160 000,000
Log(Inversión en I+D per cápita)	2 048	6,022	6,068	1,773	0,180	14,069
Inversión en ACTI	28 409	83,760	0	1 792,965	0	183 000,000
Log(Inversión en ACTI per cápita)	2 380	7,173	7,261	1,700	0,115	14,281
Inversión en I+D ( <i>dummy</i> )	32 200	0,064	0	0,244	0	1,000
Inversión en ACTI ( <i>dummy</i> )	32 200	0,192	0	0,394	0	1,000
Apoyo público	7 500	0,026	0	0,159	0	1,000
Información a partir del mercado	5 969	0,721	1,000	0,448	0	1,000

**Notas:** La media de las variables binarias puede interpretarse como la participación de observaciones que cumplen con cierta característica (por ejemplo: si en la encuesta reportaron haber lanzado un nuevo producto). Estas participaciones no se encuentran en porcentajes. (1) indica el lanzamiento de un producto nuevo o significativamente mejorado para el ámbito de la empresa, del mercado nacional e internacional. (2) indica el lanzamiento de un producto nuevo o significativamente mejorado únicamente en el ámbito de los mercados nacional e internacional. Las variables continuas de inversión se encuentran en miles de pesos. Esta tabla es de elaboración propia a partir de los datos de la EDIT: versiones 2013-14 y 2015-16.

Pasando a las variables de la función de producción, el panel (b) de la figura 2 y del apéndice I, así como los apéndices E y F muestran que los departamentos con establecimientos con mayor tamaño promedio, medido a través de las ventas totales, como en el número de empleados, o en el consumo intermedio, son Cauca, Bolívar y Cesar. En cuanto a los determinantes de la productividad, se resalta el capital per cápita como uno de los más importantes. El panel (c) de la figura 2 ilustra esto, al igual que el apéndice F. Medido a través del total valor en libros de los activos fijos, los departamentos con mayor stock por trabajador (Casanare, Meta y Cundinamarca,) coinciden con aquellos con mayores ventas por empleado, mientras que Antioquia, Quindío, Nariño, Valle del Cauca y Risaralda, departamentos con el menor stock de capital per cápita, también se caracterizan por tener niveles relativamente bajos de ventas por trabajador. Por otra parte, Magdalena, Bolívar y Cesar son las unidades administrativas con mayor proporción de empleados altamente cualificado, aunque también sobresalen Valle del Cauca y Bogotá, que tienen una gran representatividad y están por encima del promedio nacional. Las industrias de Norte de Santander, Quindío, Caldas, Sucre y Risaralda, son las de menor porcentaje en este indicador.

Al igual que el vínculo directo entre productividad laboral y capital por trabajador, existe una relación positiva entre el esfuerzo en innovación de las empresas del departamento y los resultados innovadores, como lo muestra la tabla 4 y los paneles (a) y (b) de la figura 3. Las unidades administrativas con menor porcentaje de firmas que lanzaron un nuevo producto en todos los ámbitos también son aquellas con el menor porcentaje de establecimientos con inversión en I+D o en ACTI. Por otra parte, las compañías en departamentos como Caldas, Cauca o Risaralda esforzarse más en innovación, y, por tanto, tuvieron mejores resultados en el lanzamiento de productos nuevos o significativamente mejorados, así como en la obtención de registros de

propiedad industrial. Por último, los datos reportan una relación más confusa cuando se mide el esfuerzo innovador a través de la inversión promedio en I+D por trabajador. Esto podría deberse a la alta dispersión de la variable, pues el esfuerzo monetario departamental se encuentra concentrado en unas pocas firmas, lo cual sesga la media, haciéndola poco confiable.

Tabla 4.

*Distribución de la muestra por departamento y por año, y estadísticas descriptiva*

Depart.	Inversor en	Nuevo producto		Prod. Mejorado		Ventas por trabajador	
	I+D (%)	%		%		(miles)	
		(1)	(2)	(1)	(2)	Promedio	Mediana
Antioquia	8,35	8,92	1,14	1,32	8,44	105 711,4	75 664,3
Atlántico	5,36	5,84	1,08	0,92	5,34	127 577,5	87 924,4
Bogotá	5,31	5,31	0,42	0,63	5,37	102 817,8	74 919,6
Bolívar	8,36	6,11	1,39	2,78	10,28	176 368,6	117 142,9
Boyacá	4,92	7,03	0,39	1,95	8,20	134 794,1	86 375,5
Caldas	14,82	15,95	1,56	1,17	10,31	127 441,4	70 230,9
Cauca	11,59	15,75	2,40	3,08	11,30	224 715,6	184 712,4
Cesar	2,46	3,45	0,00	0,00	0,86	206 550,6	143 772,8
Córdoba	6,02	6,02	0,00	0,00	0,00	157 502,3	102 213,5
Cundinamarca	10,55	10,14	2,23	2,61	11,52	153 301,5	108 591,9
Huila	2,29	1,78	0,00	0,00	1,18	146 900,1	96 990,3
Magdalena	5,59	5,78	0,00	0,00	4,62	159 715,2	103 572,1
Meta	2,50	1,28	0,64	0,00	3,21	185 034,1	128 221,3
Nariño	0,56	4,73	0,00	0,00	2,37	127 696,7	69 578,7
N. de Santander	2,52	3,04	0,00	0,00	2,82	99 796,2	69 237,0
Quindío	3,74	6,49	0,00	0,00	5,41	126 431,1	84 578,2
Risaralda	8,96	12,33	0,61	0,61	7,15	104 247,0	67 976,6
Santander	4,58	4,91	0,70	0,86	5,61	112 887,2	77 080,0
Sucre	7,25	9,38	0,00	0,00	6,25	154 927,1	87 630,3
Tolima	1,20	4,40	0,63	0,94	2,83	136 486,4	80 161,3
Valle del Cauca	4,58	5,03	0,62	0,50	4,98	111 185,7	72 541,4
Casanare	0,00	6,25	0,00	0,00	0,00	374 620,4	356 358,9
Vichada	1,61	0,00	0,00	0,00	1,69	120 688,5	73 604,9
<b>TOTAL NACIÓN</b>	<b>6,36</b>	<b>6,76</b>	<b>0,80</b>	<b>0,95</b>	<b>6,51</b>	<b>114 298,0</b>	<b>78 317,9</b>

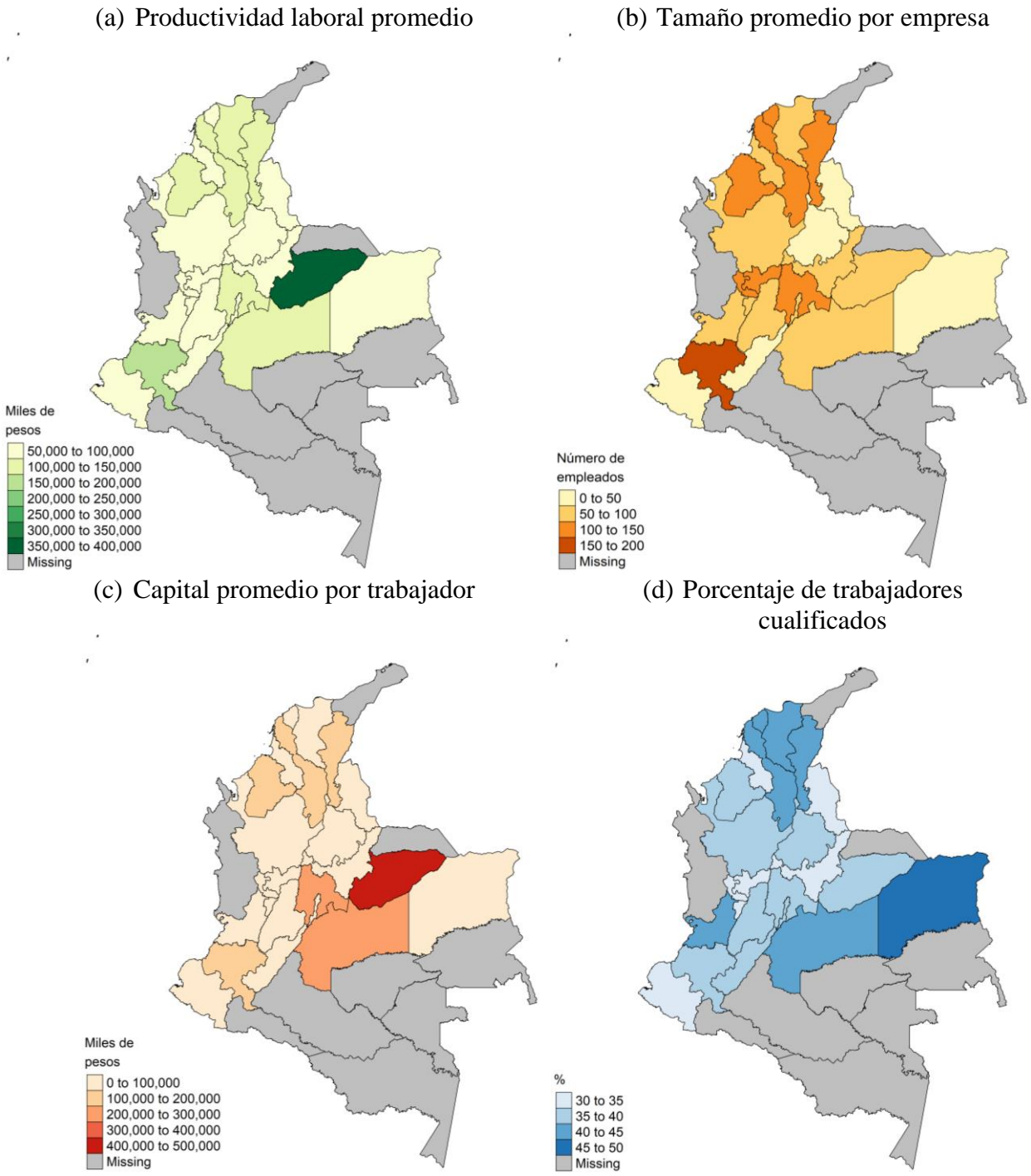


Figura 2. Productividad y elementos de la función de producción a nivel departamental para el total de observaciones.

**Notas:** El capital promedio por empresa está definido como el valor total de los activos fijos por trabajador. Esta figura es de elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta Anual Manufacturera: 2013 – 2016.

(a) Porcentaje de empresas no innovadoras a nivel departamental

(b) Porcentaje de empresas con inversión en I+D a nivel departamental

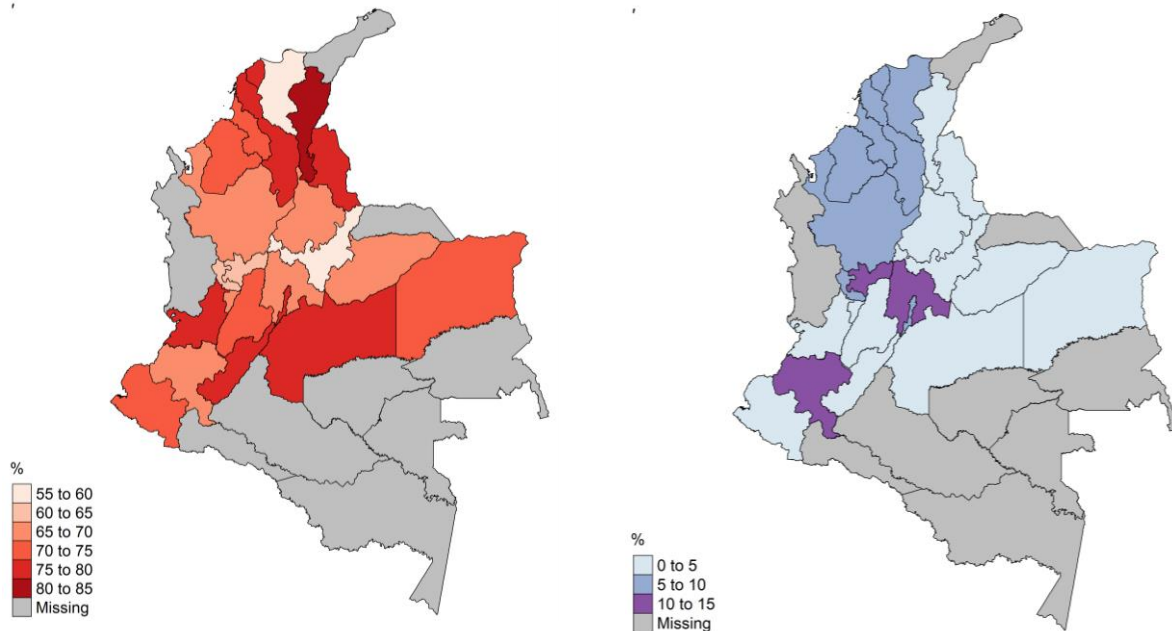


Figura 3. Elementos de la situación departamental en el ámbito innovador: resultados y esfuerzo para el total de la muestra.

**Notas:** Esta figura es de elaboración propia a partir de los datos de la EDIT: 2013-2014 y 2015-2016.

### 8. Resultados y discusión

La tabla 5 muestra los coeficientes de regresión para los modelos de esfuerzo en innovación (ecuaciones 14 y 15). Las dos primeras columnas corresponden a la función de la magnitud del esfuerzo, medida a través del logaritmo de la inversión en I+D o en ACTI por trabajador. Las últimas dos corresponden a la decisión de invertir o no en I+D o en ACTI (que actuó como ecuación de selección en el modelo de Heckman). Se excluyen de esta tabla las estimaciones de efectos fijos de año, departamento e industria. Estas últimas se detallan en el apéndice J. A continuación se presentan los principales resultados de esta primera fase en el modelo CDM.

En primer lugar se analiza el coeficiente de la variable de cooperación de innovación, que indica si la empresa cooperó con otras instituciones para llevar a cabo actividades de I+D. Esta variable presenta un efecto positivo en la ecuación (14), lo cual indica que las empresas que cooperan con otros establecimientos para innovar tienen una probabilidad significativamente mayor de invertir en investigación y desarrollo que aquellas que no cooperan, manteniendo lo demás constante. Con respecto a la ecuación (15), podemos denotar que estas empresas que cooperan con otras para innovar, tienden a invertir más en términos per cápita, ya que se observa que presentan también un efecto positivo y significativo al igual que en la primera ecuación tanto en (I+D) como en (ACTI). Esto confirma los resultados de Gallego et al. (2015) para el caso colombiano, pero difieren del efecto de la cooperación para el caso latinoamericano (Crespi, Tacsir, & Vargas, 2016)

Seguidamente, las estimaciones indican que ser mayoritariamente exportador no otorga una probabilidad significativamente superior para invertir en innovación según la ecuación (14). Por otra parte, la ecuación (15) sugiere que el hecho de que la empresa tenga exportaciones de más del 50% de sus ventas, tiene como resultado efectos positivos y significativos sobre la magnitud invertida en I+D y en ACTI en términos per cápita. De igual manera, tenemos en la ecuación (14) que si la empresa exporta, la probabilidad de invertir en I+D y en ACTI es mayor, ya que dicha variable presenta un comportamiento con efectos positivos y significativos. Respecto a la ecuación (15), tenemos que en I+D esta variable tiene un efecto positivo y a la vez es significativo, pero en ACTI, esta variable se comporta de manera diferente, ya que a pesar de tener un efecto positivo no es una variable significativa. Esto coincide parcialmente con el estudio de Griffith et al. (2006), quienes encontraron en los países europeos estudiados que aquellas empresas cuya competencia más importante estaba en el ámbito internacional, tenían mayor probabilidad de invertir, pero solo en España y Francia, el impacto era significativo sobre la magnitud de la inversión.

Posteriormente, las estimaciones de la ecuación (14) indican que el hecho de que la empresa posea algún derecho de PI otorga una probabilidad significativamente mayor a que esta decida invertir en I+D o en ACTI. Sin embargo, los coeficientes del modelo de magnitud de la inversión indican que la utilización de estos mecanismos de protección formal no garantiza un mayor esfuerzo en innovación, lo cual coincide en gran medida con el caso europeo (Griffith et al., 2006), mas no con el colombiano (Busom & Vélez-Ospina, 2017), pues en este último estudio no se encontraron efectos significativos de esta variable sobre la decisión de inversión en innovación. Ahora bien, si la empresa recibe apoyo público para llevar a cabo sus actividades de I+D y de ACTI, se observan unos efectos positivos y además bastante significativos en la ecuación (14), concluyendo que hay una probabilidad relativamente alta de invertir en innovación. Además, si se observa la ecuación (15), puede verse que también se presentan las mismas características, dando como resultado que las empresas invierten más en I+D y en ACTI por empleado, lo cual coincide con el caso italiano (Hall, Lotti, & Mairesse, 2013) y para el latinoamericano (Crespi et al., 2016).

Por otra parte, si la empresa recibió apoyo de otra firma de su grupo para llevar a cabo sus actividades de I+D o en ACTI, dicha acción otorga una probabilidad significativamente superior de que la empresa incurra en actividades de I+D (más no en ACTI). Con respecto a la ecuación (15) se observa que hay efectos positivos tanto en I+D como en ACTI al igual que es una variable significativa en los dos casos, lo que quiere decir que si las empresas reciben apoyo de su propio grupo de firmas tienden a invertir más en términos per cápita en innovación.

Con respecto a la variable número de empleados, se puede decir que es una variable significativa y con efectos positivos en la ecuación (14), es decir contribuye a la decisión positiva de invertir en innovación tanto en I+D como en ACTI. Por tanto, entre más empleados, la probabilidad de que una empresa innove es mayor, aunque la diferencia va decreciendo a medida

que aumenta el tamaño. Lo contrario pasa en la ecuación (15) donde se observa que esta es una variable con efectos negativos en la inversión en I+D o ACTI. Esto indica que si bien las empresas que tienen más empleados deciden innovar con mas constancia, se debe tener en cuenta, que esta innovación es en menor cuantía o esfuerzo que en comparación con las empresas más pequeñas que invierten. Estos resultados coinciden con el caso francés y holandés (Raymond et al., 2015), pero contrarios a las estimaciones para las firmas italianas (Hall et al., 2013).

En cuanto al porcentaje de trabajadores cualificados, se observa en la ecuación (14) que la probabilidad de que una empresa innove es mayor a medida que esta fracción aumenta, ya que esta variable presenta efectos positivos y es significativa para decidir si se innova tanto I+D como en ACTI, lo que quiere decir que entre más trabajadores cualificados más posibilidades existen de innovar. Con respecto a la ecuación (15), se tiene que en la inversión en I+D el efecto de esta variable también es positivo y significativo, lo cual va en línea con los resultados para el caso latinoamericano (Crespi et al., 2016). Es importante señalar que esto no ocurre cuando se mide el esfuerzo en innovación como la magnitud de inversión en ACTI, pues esta variable tiene un efecto negativo, aunque estadísticamente igual a cero.

Con respecto a las fuentes de información para innovar, ambas ecuaciones indican que si los medios científicos representaron una fuente de información importante para innovar, entonces la probabilidad de invertir en I+D, así como la magnitud de tal inversión, se hacen significativamente superiores. Lo mismo ocurre si los agentes del mercado representaron una fuente de información importante de la empresa para innovar. Puede observarse según la ecuación (14), que tanto en I+D como en ACTI, esta variable es altamente significativa y a la vez tiene efectos positivos. Esto nos da a entender que existe alta probabilidad de invertir en innovación gracias al aporte de los agentes del mercado. En cuanto a la ecuación (15), se observa que también es una variable significativa

que presenta efectos positivos, aumentando la tendencia a invertir más en términos per cápita en innovación tanto en ACTI como en I+D. Esto contradice los resultados de los dos estudios anteriores para Colombia (Busom & Vélez-Ospina, 2017; Gallego et al., 2015), pues en ninguno de los dos se encuentran efectos significativos para los dos tipos de fuentes de información.

Finalmente, se tiene que la variable del valor en ventas en la ecuación (14) es significativa y presenta efectos positivos, aportando a la probabilidad de invertir en innovación tanto en I+D como en ACTI. Si observamos la ecuación (15), vemos que a pesar de presentar efectos positivos en I+D, esta variable no es significativa. Por otro lado, al observar las ACTI, vemos que la variable se comporta un poco diferente ya que presenta también efectos positivos y significativos. Con respecto a eso podríamos concluir que las empresas que venden más tienden a invertir más en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación, mas no necesariamente en las de I+D.

Por otro lado, la tabla 6 muestra los efectos marginales bajo el promedio para las estimaciones de la ecuación (16), que representa los resultados de la innovación (remitirse al apéndice K para ver las estimaciones completas). Estos resultados se miden a través de cinco variables dicotómicas: la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado, la innovación en procesos (o el lanzamiento de alguna de las dos), la innovación organizacional y la otención de algún derecho de PI. A continuación se presentan los principales hallazgos en esta fase del modelo CDM.

Lo primero en sobresalir es el efecto positivo y significativo del esfuerzo innovador sobre los resultados de innovación sin importar bajo que variable estos sean medidos. En este caso, el logaritmo predicho de la inversión en I+D per cápita según la ecuación (15) es el regresor que recoge el esfuerzo en innovación realizado por la firma en cierto periodo (se prefirió este sobre la inversión en ACTI debido a que el concepto de I+D es más utilizado en la literatura a nivel global). Bajo un nivel de significancia del 5%, las firmas tienen mayor probabilidad de innovar en

productos, servicios, a nivel organización, o de adquirir derechos de PI, a medida que invierten más en I+D por empleado, lo cual indica que los esfuerzos en innovación rinden sus frutos.

Tabla 5.

*Resultados de regresión para las ecuaciones (14) y (15): modelo de esfuerzos en innovación.*

	Log(Inv, por trabajador)		Decisión de invertir en I+D/ACTI	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Competencia internacional	0,620*** (0,181)	0,336*** (0,129)	0,107 (0,080)	0,009 (0,070)
Cooperación para innovar	0,663*** (0,121)	0,339*** (0,062)	0,678*** (0,040)	0,923*** (0,041)
Tenencia de derechos de PI	0,110 (0,091)	0,036 (0,052)	0,248*** (0,033)	0,265*** (0,025)
Apoyo público	1,235*** (0,188)	0,806*** (0,129)	1,133*** (0,111)	8,816 (91 421,737)
Número de empleados	-0,001** (0,000)	-0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)
Número de empleados <sup>2</sup>	0,000 (0,000)	0,000*** (0,000)	-0,000** (0,000)	-0,000*** (0,000)
% Trabajadores cualificados	0,005** (0,002)	0,000 (0,001)	0,004*** (0,001)	0,002*** (0,001)
Ayuda financiera del grupo	1,287*** (0,331)	1,271*** (0,229)	0,924*** (0,203)	8,794 (46 418,056)
Competencia moderada	-0,120 (0,157)	0,061 (0,109)	-0,135** (0,065)	0,048 (0,056)
Competencia alta	-0,131 (0,189)	-0,014 (0,124)	-0,254*** (0,075)	0,050 (0,063)
Exportador	0,288*** (0,105)	0,000 (0,062)	0,228*** (0,040)	0,087*** (0,032)
Fuente de info. científica	0,475*** (0,138)	0,266*** (0,070)	0,738*** (0,040)	0,977*** (0,033)
Fuente de info. Del mercado	0,386*** (0,118)	0,207*** (0,075)	0,544*** (0,041)	1,056*** (0,032)
Log(Valor de las ventas)	0,068 (0,042)	0,120*** (0,024)	0,108*** (0,015)	0,129*** (0,011)
Constante	5,975*** (0,144)	6,032*** (0,146)	5,788*** (0,140)	5,779*** (0,140)
E.F.: Año	Sí	Sí	Sí	Sí
E.F.: Industria (CIU-2d)	Sí	Sí	Sí	Sí
E.F.: Departamento	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	31 247	31 247	31 247	31 247
Log-verosimilitud	-8 216,330	-18 056,240	-	-

**Notas:** (1) indica la decisión de invertir y la magnitud de la inversión en I+D. (2) corresponde a las ACTI. Se presentan los tests de significancia agregada y los valores de log-verosimilitud para el modelo conjunto. Errores estándar en paréntesis. P-valor: \*\*\*<0,01, \*\*<0,05, \*<0,1. Cálculos propios a partir de los datos de la EAM (2013 – 2016) y de la EDIT (2013-2014 y 2015-2016).

Tabla 6.

*Resultados de regresión (efectos marginales sobre la media) para la ecuación (16): modelo de los resultados en innovación bajo diferentes medidas de estos.*

	Innova en productos o procesos	Innovador en productos	Innovador en procesos	Innova en organización	Obtuvo derechos de PI
Log(Inv. en I+D por trabajador)	0,222*** (0,010)	0,785*** (0,048)	0,815*** (0,046)	0,049*** (0,004)	0,005** (0,002)
Inversor en capital fijo	0,054*** (0,007)	0,140*** (0,042)	0,322*** (0,037)	0,013*** (0,003)	-0,001 (0,002)
Tenencia de derechos de PI	0,030*** (0,005)	0,268*** (0,027)	0,063** (0,026)	0,010*** (0,002)	0,054*** (0,003)
Fuente de info. De mercado	0,164*** (0,008)	0,776*** (0,041)	0,629*** (0,040)	0,033*** (0,003)	0,006*** (0,002)
Número de empleados	0,000*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,000*** (0,000)	0,000*** (0,000)
Número de empleados <sup>2</sup>	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000 (0,000)
Empleados cualificados (%)	-0,001*** (0,000)	0,000 (0,001)	-0,005*** (0,001)	-0,000*** (0,000)	0,000* (0,000)
Inversor en TIC	0,004 (0,006)	0,075** (0,035)	0,012 (0,031)	0,009*** (0,003)	0,001 (0,001)
Ayuda del grupo	-0,100* (0,052)	-0,598*** (0,199)	-0,716*** (0,188)	-0,044*** (0,014)	-0,002 (0,008)
Cooperación para innovar	0,024** (0,011)	0,071 (0,052)	-0,066 (0,051)	-0,003 (0,004)	0,004* (0,002)
Exportador	-0,083*** (0,007)	-0,187*** (0,038)	-0,333*** (0,036)	-0,014*** (0,003)	-0,001 (0,001)
Log(Valor de las ventas)	0,004* (0,002)	0,023* (0,013)	0,040*** (0,012)	-0,001 (0,001)	0,001** (0,001)
E.F.: Año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E.F.: Industria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E.F.: Dpto	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	31 247	31 247	31 247	31 247	31 231
Log-verosimilitud	-8 661,853	-14 641,200	-14 641,200	-5 303,611	-4 175,055

**Notas:** Se presentan las pruebas de significancia agregada y los valores de log-verosimilitud conjuntos para el modelo probit bivariado (ecuaciones 2 y 3). Errores estándares entre paréntesis. P-valor: \*\*\*<0,01, \*\*<0,05, \*<0,1. Cálculos propios a partir de los datos de la EAM (2013 – 2016) y de la EDIT (2013-2014 y 2015-2016).

Sin embargo, la magnitud del esfuerzo en innovación sobre los resultados innovadores depende de cómo estos sean medidos. La primera columna de la tabla indica que un aumento en 10% en la inversión en I+D por trabajador otorga un 2,2% más de probabilidad de que la firma innove ya sea en productos o en servicios, manteniendo lo demás constante. Por otra parte, tal incremento en la variable que recoge el esfuerzo innovador está relacionada con una probabilidad 7.5% mayor de innovar en productos, y 8.15% de innovar en procesos. Para las innovaciones organizacionales y para la adquisición de los derechos de PI, el impacto es aún menor. Un aumento de igual proporción en la inversión en I+D per cápita significaría una variación positiva en la probabilidad de innovar en organización en 0,49%, y de 0,05% en la probabilidad de adquirir un derecho de PI.

Estos resultados coinciden parcialmente con los estudios para el caso colombiano y latinoamericano. Particularmente para Colombia, Busom & Vélez-Ospina (2017) encuentran resultados similares para la innovación organizacional ( $\beta=0,04$ ), aunque sus coeficientes para la introducción de innovaciones en productos o en procesos son menores que los que acá se encontraron. Para Latinoamérica, Crespi et al. (2016) exponen coeficientes que oscilan entre 0,1305 y 0,1677. Adicionalmente, en este estudio se encuentra que la magnitud del esfuerzo innovador no es significativa para las innovaciones en proceso.

Los coeficientes en los demás regresores indican en resultados que difieren en cierta medida con respecto a las estimaciones de las ecuaciones (14) y (15), puesto que no se pueden interpretar de la misma forma (al tratarse de efectos parciales). Por ejemplo, ahora para dos firmas con el mismo monto de inversión en I+D por empleado, y los mismos valores en las demás variables, se encuentra que aquella que exporta tiene en promedio una menor probabilidad de innovar en cuatro de las cinco medidas que aquella que no exporta. La ayuda financiera del grupo ahora también indica efectos negativos (aunque no son significativos para un  $\alpha=0,05$  en dos de las tres medidas).

La cooperación para innovar también pierde impacto. Por otra parte, algunos efectos se mantienen similares, como es el caso de las fuentes de información, el número de empleados, y las ventas de la empresa.

Finalmente, se discuten las variables agregadas en esta ecuación que no estaban en el modelo de esfuerzo innovador: la inversión en capital fijo y la inversión en TIC. Las estimaciones indican que las firmas que invirtieron en el primer indicador tuvieron una probabilidad mayor de innovar bajo 4 de las 5 medidas que aquellas que no invirtieron. La inversión en TIC parece tener solo un efecto positivo y significativo para la innovación en productos y la innovación organizacional, lo cual coincide parcialmente con el estudio de Hall et al. (2013) para las empresas italianas.

Tabla 7.

*Resultados del multiplicador de Lagrange de Breusch y Pagan para probar la hipótesis de ausencia de efectos aleatorios en la ecuación (17).*

	Innovación en productos	Innovación en procesos	Innovación en productos o proceso	Innovación organizacional	Obtuvo DPI
<i>Log(Ventas por trabajador<sub>it</sub>)</i>	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605
$\sigma_{\varepsilon}^2 = var(\varepsilon_i)$	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
$\sigma_u^2 = var(u_{it})$	0,166	0,165	0,166	0,167	0,167
$\chi^2(\sigma_u^2 = 0)$	16 032,55	16 018,07	16 007,36	16 011,41	16 042,80
<i>p – valor</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Notas:** Cálculos propios a partir de los datos de la EAM y de la EDIT (2013-2014 y 2015-2016).

Con respecto a la etapa 3 (que es además la de principal interés), se aplicaron dos técnicas econométricas para estimar los coeficientes: MCO agrupados y efectos aleatorios (MEFA). Para escoger el modelo a reportar y analizar, se realizó la prueba del multiplicador de Lagrange de

Breusch y Pagan (Breusch & Pagan, 1980), que evalúa la existencia de efectos aleatorios. En caso de que la prueba sugiera la inexistencia de estos, el método MEFA no sería apropiado en este caso para computar los efectos parciales de cada regresor sobre la variable dependiente (que en nuestro caso es el logaritmo de las ventas por empleado). La tabla 7 muestra los resultados de dicho test para cada uno de los modelos de productividad laboral (ecuación 17). Como ninguno de ellos muestra evidencia de que la varianza del término idiosincrático sea estadísticamente igual a cero, entonces el modelo de efectos aleatorios es apropiado para estimar los coeficientes en nuestro caso.

La tabla 8 muestra entonces las estimaciones de los coeficientes de la ecuación (17) bajo la técnica de efectos aleatorios. En todos los modelos, la variable dependiente es la productividad laboral (medida a través del logaritmo natural de las ventas por empleado). Cada columna corresponde a una diferente medida de resultados innovadores – basados en las funciones de la ecuación (16) –. Por motivos de simplicidad y de espacio, se omiten de nuevo los coeficientes de los efectos fijos de año, industria y departamento, los cuales se reportan en el apéndice L. A continuación, se discuten los hallazgos principales de dichas regresiones.

Lo primero en resaltar es que los resultados de innovación, bajo todas las medidas consideradas, tienen un impacto positivo y significativo sobre la productividad. Recordando que bajo el modelo CDM se utilizan las probabilidades predichas – y no las observadas – de haber sido innovador, se encuentra que las firmas que obtuvieron productos nuevos o significativamente mejorados tuvieron en promedio una productividad laboral 4,5% mayor que aquellas que no innovaron en productos, manteniendo lo demás constante. Por otra parte, los estimadores sugieren que, para dos firmas con las mismas características, la productividad laboral de aquella que innove en procesos será en promedio 6,3% mayor que aquella que no lo haga. La diferencia de productividad entre una firma que haya innovado en productos o en procesos, versus una que no lo haya hecho, sería de 6,7%.

Los demás tipos de innovación parecen tener un impacto mayor sobre la productividad laboral. Para el caso de la innovación organizacional, los resultados indican que las empresas que son innovadoras en este aspecto tenían una productividad superior en 9,4% en promedio a aquellas que no innovaron organizacionalmente, manteniendo lo demás constante. La diferencia más grande se obtiene cuando los resultados de innovación se miden a través de la adquisición de derechos de propiedad industrial. Si se comparan dos firmas con las mismas características, aquella que haya obtenido alguna medida de protección será en promedio 26,7% más productiva que la que no haya adquirido derechos de PI durante el año estudiado. Es importante destacar este aspecto, en cuanto aún se tienen muchas barreras al momento de acceder a medidas de protección, como lo muestran Moscoso D., Estrada, Diaz R., & Andrade V (2015) para el sector colombiano de biotecnología.

Estos resultados coinciden en parte con los estudios de Busom & Vélez-Ospina (2017), Crespi et al. (2016), y Gallego et al. (2015). El primero de ellos, para el caso colombiano, encuentra también que la innovación no tecnológica tiene un mayor impacto sobre la productividad laboral manufacturera que la innovación tecnológica (sin embargo, ambos coeficientes son mayores en sus resultados que en los nuestros). En el segundo estudio, que es aplicado al caso latinoamericano, los autores encuentran impactos positivos y significativos de la innovación en productos y de la adquisición de derechos de PI (con coeficientes de 36,35% y 34,77% respectivamente), pero no se encuentra evidencia de un impacto de la innovación en procesos sobre la productividad. El último artículo, también para Colombia, es el de mayor coincidencia. Los autores encuentran efectos positivos y significativos tanto de la innovación tecnológica como de la no tecnológica sobre la productividad, con coeficientes que oscilan entre 14,00% y 19,00%. Además, los resultados también sugieren que el efecto de la innovación no tecnológica es mayor que la tecnológica.

Tabla 8.

*Resultados de regresión para la ecuación (17): modelo de la productividad laboral (logaritmo natural de ventas por empleado).*

	Innov, en productos	Innovación en procesos	Innov, en prod, o proc	Innov, en org,	Obtuvo DPI
Inversor en bienes de capital fijo	0,017*** (0,006)	0,002 (0,006)	0,022*** (0,006)	0,024*** (0,006)	0,025*** (0,006)
Inversor en TIC	0,031*** (0,005)	0,033*** (0,005)	0,036*** (0,005)	0,035*** (0,005)	0,036*** (0,005)
Número de empleados (cientos)	0,026*** (0,004)	0,025*** (0,004)	0,030*** (0,004)	0,032*** (0,004)	0,028*** (0,004)
Cientos de empleados <sup>2</sup>	-0,001*** (0,000)	-0,001*** (0,000)	-0,001*** (0,000)	-0,001*** (0,000)	-0,001*** (0,000)
Log(Capital por trabajador)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)
Log(Consumo intermedio per c.)	0,381*** (0,019)	0,380*** (0,019)	0,382*** (0,019)	0,382*** (0,019)	0,382*** (0,019)
% de trabajadores cualificados	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)
Innovador en productos	0,045*** (0,004)	-	-	-	-
Innovador en procesos	-	0,063*** (0,005)	-	-	-
Innovador en productos o en proc.	-	-	0,067*** (0,011)	-	-
Innovador organizacional	-	-	-	0,094*** (0,026)	-
Obtención de derechos de PI	-	-	-	-	0,267*** (0,035)
Constante	6,171*** (0,164)	6,204*** (0,164)	6,049*** (0,160)	6,046*** (0,160)	6,046*** (0,160)
E.F.: Año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E.F.: Industria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E.F.: Departamento	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	30 598	30 598	30 598	30 598	30 583
Número de empresas	8 842	8 842	8 842	8 842	8 837
Observaciones promedio por empresa	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
$\chi^2$	9 428,06	9 635,53	8 973,19	8 838,40	9 282,77
p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Notas:** Se presentan los errores estándares por clúster a nivel de la empresa entre paréntesis. P-valor: \*\*\*<0,01, \*\*<0,05, \*<0,1. Cálculos propios a partir de los datos de la EAM (2013 – 2016) y de la EDIT (2013-2014 y 2015-2016).

Por último, también se encuentran coincidencias en el sentido de los efectos de los demás determinantes de la productividad. Particularmente, todas las regresiones indican que el capital por trabajador, el consumo intermedio y el porcentaje de trabajadores cualificados tienen efectos positivos sobre las ventas por trabajador, lo cual coincide con Crespi et al. (2016). Además, siguiendo en línea con los resultados de Hall et al. (2013), invertir en TIC y en bienes de capital fijo también se relaciona con una mayor productividad laboral (a excepción de la última variable para el modelo con innovación en procesos). Finalmente, los coeficientes de las variables relacionadas con el número de empleados indican que a medida que aumenta el tamaño de la empresa, también lo hace la productividad de esta, aunque el incremento es cada vez más pequeño. La forma de esta función, que es de u-invertida, es contraria al caso italiano (Hall et al., 2013), y parcialmente similar al estudio de Gallego et al. (2015) para Colombia y de Crespi et al. (2016) para Latinoamérica (aunque estos autores no incluyen el componente cuadrático de la variable).

Además de las conclusiones que arrojan los resultados de las regresiones sobre el impacto de los esfuerzos en innovación sobre los resultados innovadores en las empresas, y el efecto de estos últimos sobre la productividad laboral de las firmas en cada región, los coeficientes de los efectos fijos de los departamentos también pueden arrojar indicios del estado de los sistemas de innovación en cada unidad administrativa en comparación con Bogotá. Estos efectos pueden apreciarse en la figura 4 para las ecuaciones de esfuerzo innovador y en la figura 5 para las funciones de resultados en innovación. También pueden observarse respectivamente en los apéndices J y K.

Con respecto a las ecuaciones (14) y (15), las estimaciones sugieren que los departamentos que tienden a tener una mayor probabilidad de innovar en I+D, manteniendo todo lo demás constante respecto a Bogotá, son: Caldas, y Risaralda, ya que presentan efectos positivos y son significativos. Aquellos departamentos que tienen una menor probabilidad de innovar en comparación con

Bogotá son Atlántico, Boyacá, Cauca, Cesar, Córdoba, Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Santander, Tolima, Valle del Cauca y Vichada. Sin embargo, es importante resaltar que esta última unidad administrativa es de las que menos observaciones tiene en toda la muestra.

(a) Ecuación (14): Decisión de invertir en I+D

(b) Ecuación (15): Magnitud de inversión en I+D – Log (Inversión en I+D por trabajador)

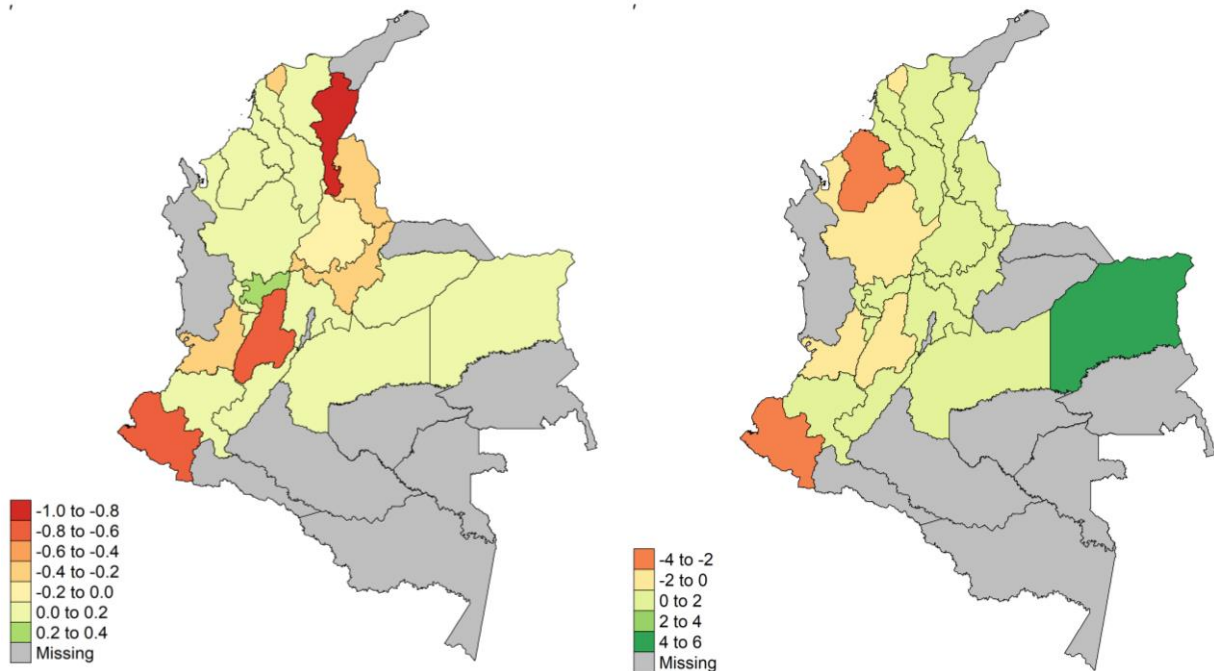


Figura 4. Efectos fijos departamentales de las ecuaciones (14) y (15): modelo de esfuerzos en innovación (medidos a través de la inversión en I+D).

**Notas:** Se presentan los coeficientes departamentales de la ecuación de selección y del modelo de magnitud de inversión bajo la técnica de Heckman. Las comparaciones se hacen con respecto a Bogotá. Las diferencias que no son significativamente diferentes a cero bajo  $\alpha = 0.1$  fueron igualadas a cero. Figura de elaboración propia a partir de datos de la EAM (2014 – 2016) y la EDIT (2013 – 2014 y 2015 – 2016).

En referencia a la cuantía que se invierte en I+D, se observa que solo hay un departamento que invierte más en comparación con Bogotá el cual es Vichada. Por otro lado, los que menos invierten son Antioquia, Atlántico, Boyacá, Caldas, Cesar, Córdoba, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca. Ahora bien, respecto al esfuerzo de invertir más en ACTI, respecto de Bogotá, tenemos el departamento de Casanare. Finalmente, los que invierten menos en comparación con la capital son Caldas y Valle del Cauca. El resto de los departamentos siguen el mismo patrón de presentar efectos positivos respecto de invertir más. No obstante, estos no son significativos.

Las interpretaciones de los efectos fijos para la función de productos en innovación (ecuación 16), deben hacerse con mayor cuidado. En este caso, los estimadores deben interpretarse como el efecto sobre la probabilidad de innovar de que una empresa con ciertas características y determinado nivel de inversión en I+D por trabajador se encuentre en un departamento y no en Bogotá. Para la innovación en productos, este efecto es positivo y significativo para 11 departamentos (incluidos Santander), entre los que se resaltan Nariño, Tolima, Córdoba, Norte de Santander y Risaralda. Por otra parte, 4 departamentos muestran efectos significativamente negativos: Vichada, Meta, Huila y Sucre.

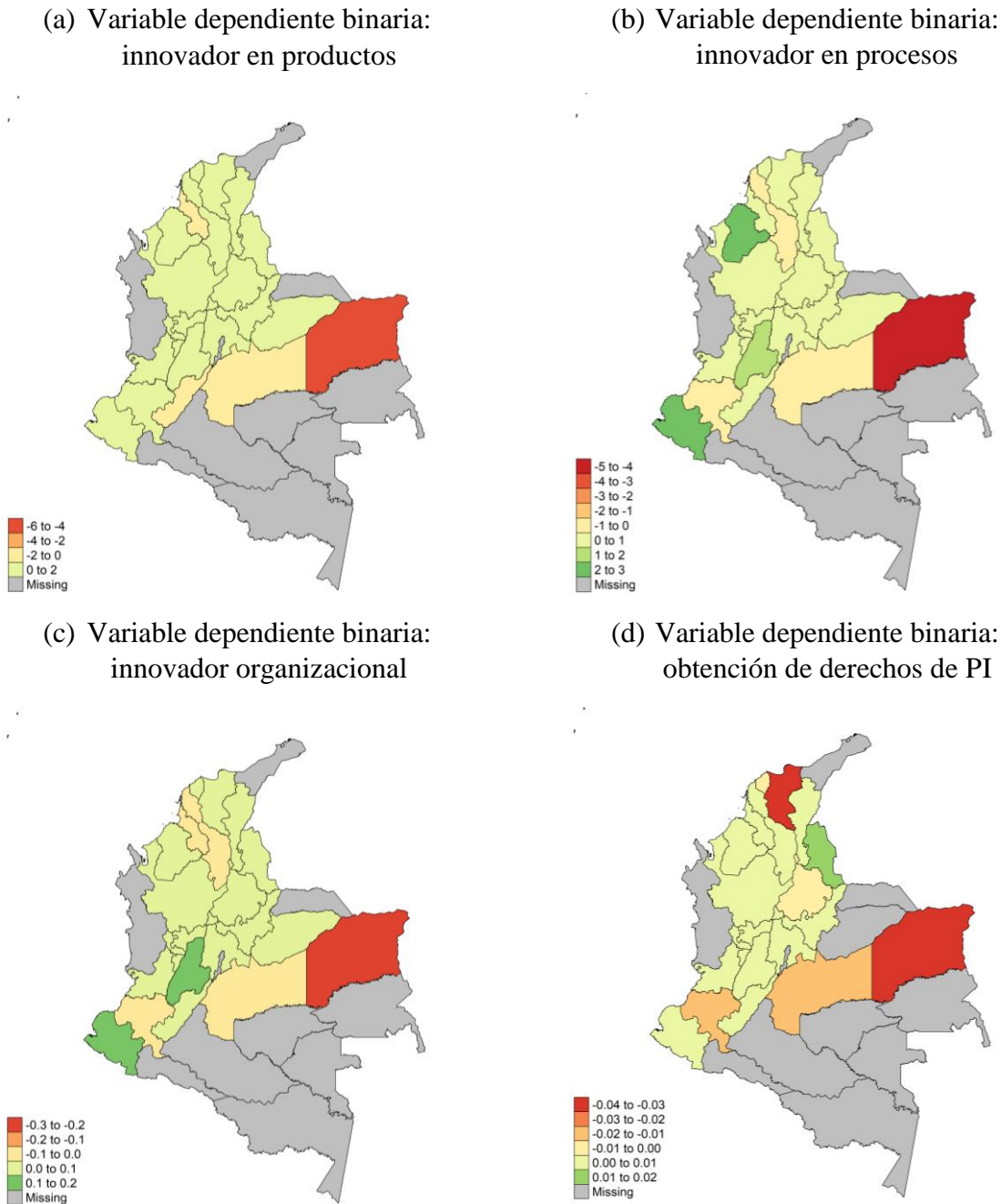


Figura 5. Efectos fijos departamentales de la ecuación (16): modelo de los resultados en innovación bajo diferentes medidas de estos.

**Notas:** Se presentan los coeficientes departamentales de la ecuación de innovación para diferentes medidas bajo los modelos probit y probit bivariado. Las comparaciones se hacen con respecto a Bogotá. Las diferencias que no son significativamente diferentes a cero bajo  $\alpha=0,1$  fueron igualadas a cero. Figura de elaboración propia a partir de datos de la EAM (2014 – 2016) y la EDIT (2013 – 2014 y 2015 – 2016).

Para la innovación en procesos, 18 departamentos muestran diferencias significativas en la probabilidad de innovar en este ámbito con respecto a Bogotá, manteniendo lo demás constante. De estos, 4 muestran efectos negativos, y 14 positivos. Entre los primeros encontramos de nuevo a Vichada y a Meta, y se añaden Bolívar y Cauca. La lista de efectos positivos la lideran Nariño, Tolima, Córdoba y Norte de Santander de nuevo, y le siguen Boyacá, César y Santander. Algo similar ocurre con la innovación organizacional, donde 5 unidades administrativas tienen efectos parciales significativamente inferiores a la capital, mientras 13 enseñan diferencias positivas y significativas. En esta clase de innovación, la lista de departamentos con mayores discrepancias se repite tanto en los que tienen efectos positivos como en los que tienen efectos negativos.

Finalmente tenemos el caso de la adquisición de derechos de PI, donde se rompe la tendencia de los efectos departamentales. En este caso, bajo el supuesto *ceteris paribus*, seis departamentos presentan probabilidades significativamente inferiores a Bogotá en la probabilidad de obtener estas herramientas de protección, mientras solo tres tienen efectos significativamente positivos. Para el primer caso, se tiene notablemente a Magdalena, Vichada, Cauca, Meta y Atlántico. Por último, tenemos a Antioquia, Risaralda y Norte de Santander en el segundo caso. Si bien las magnitudes difieren de una definición de innovación a otra, en general los efectos departamentales van en el mismo sentido, lo cual sugiere que los sistemas de innovación del sector manufacturero desarrollan más el esfuerzo innovador y la obtención de resultados en ciertas regiones que en otras.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se estudió de forma empírica la relación entre innovación y productividad en el contexto manufacturero colombiano. Usando datos de más de 8.800 empresas de la Encuesta Anual Manufacturera y la Encuesta Desarrollo e Innovación Tecnológica del DANE, y una metodología de ecuaciones estructurales propuesta inicialmente por Crepon, Duguet, & Mairesse

(1998), conocido ampliamente como el modelo CDM, se intentó dar respuesta a cuatro objetivos específicos: analizar la evidencia empírica sobre los determinantes de los esfuerzos en innovación para las empresas manufactureras en Colombia, evaluar empíricamente la hipótesis según la cual las empresas con mayor esfuerzo innovador obtienen mejores resultados en el ámbito mismo de la innovación, estudiar de forma experimental para las firmas manufactureras colombianas la relación entre producción innovadora y productividad, y analizar las implicaciones a nivel regional de los hallazgos empíricos sobre la relación entre innovación y productividad. A continuación se exponen las principales conclusiones para cada uno de estas metas.

En cuanto al primer objetivo, el análisis empírico indica que factores como la cooperación entre empresas e instituciones, el apoyo financiero tanto público como privado, el nivel de cualificación de los empleados, la participación en el comercio internacional y las fuentes de información científicas y del mercado se relacionan positivamente con un mayor esfuerzo en innovación. También se encontró que las empresas más grandes tienden en mayor proporción a invertir en I+D, pero en un menor monto por empleado. Estos resultados coinciden en gran medida con los realizados anteriormente a nivel nacional, así como los aplicados en Latinoamérica y en Europa.

Con respecto al segundo objetivo, el análisis permite concluir que existe una relación positiva y significativa del esfuerzo que las empresas realicen en innovación sobre su producción innovadora, sin importar bajo qué variable esta sea medida. Sin embargo, el ejercicio empírico sugiere que la magnitud del efecto sí depende del resultado al cuál quiera llegar la empresa. Por ejemplo, mientras un aumento en 10% en la inversión en I+D por trabajador otorga un 2,2% más de probabilidad de que la firma innove ya sea en productos o en procesos, manteniendo lo demás constante, un incremento de igual proporción en el esfuerzo innovador significaría una variación de 0,49% en la probabilidad de innovar en organización y de 0,05% en la probabilidad de adquirir

un derecho de propiedad industrial. Estos resultados coinciden parcialmente con los estudios para el caso colombiano y latinoamericano.

En el tercer objetivo, donde se estudió la relación entre producción innovadora y productividad laboral, el análisis de los datos sugiere un impacto positivo y significativo de los resultados de la innovación sobre las ventas por empleado de las empresas. De nuevo la magnitud del efecto al parecer depende de cuál tipo de innovación ejerza la empresa, pues por ejemplo, aquellas que obtuvieron productos nuevos o significativamente mejorados tuvieron en promedio una productividad laboral 4,5% mayor que aquellas que no innovaron en productos, manteniendo lo demás constante. La brecha de productividad entre las firmas que innovaron organizacionalmente y las que no lo hicieron, fue en promedio de 9,4%, y si se comparan dos firmas con las mismas características, aquella que haya obtenido alguna medida de protección fue en promedio 26,7% más productiva que la que no haya adquirido derechos de propiedad durante los años estudiados.

Además de las implicaciones que los resultados de los primeros tres objetivos pueden dejar a nivel departamental, los coeficientes de los efectos fijos de los departamentos también pueden arrojar indicios del estado de los sistemas de innovación en cada unidad administrativa en comparación con Bogotá. Por ejemplo, las estimaciones sugieren hay departamentos en los cuales hay una cultura más desarrollada de inversión en innovación, como Caldas, y Risaralda. También hay unidades administrativas donde el esfuerzo innovador promedio resulta ser significativamente inferior al que realizan las empresas establecidas en la capital. Antioquia, Atlántico y Boyacá tienen las brechas más altas allí.

Los resultados del ejercicio empírico también sugieren que hay brechas significativas en la probabilidad de ser innovador según dónde la empresa se encuentre. Por ejemplo, en innovación en productos, 11 departamentos, entre los que sobresalen Nariño, Tolima, Córdoba, Norte de

Santander y Risaralda, tendrían un mejor sistema innovador que Bogotá, mientras que Vichada, Meta, Huila y Sucre estarían desfavoreciendo esta clase de innovación. Para la innovación en procesos, 18 departamentos muestran diferencias significativas en la probabilidad de innovar en este ámbito con respecto a Bogotá, manteniendo lo demás constante. De estos, 4 muestran efectos negativos (Vichada, Meta, Bolívar y Cauca), y 14 positivos, entre lo Nariño, Tolima, Córdoba y Norte de Santander de nuevo, y le siguen Boyacá, César y Santander. Algo similar ocurre con la innovación organizacional, donde 5 unidades administrativas tienen efectos parciales significativamente inferiores a la capital, mientras 13 enseñan diferencias positivas y significativas.

Finalmente tenemos el caso de la adquisición de derechos de Propiedad Industrial, donde se rompe la tendencia de los efectos departamentales. En este caso, seis departamentos presentan probabilidades significativamente inferiores a Bogotá en la probabilidad de obtener estas herramientas de protección, mientras solo tres tienen efectos significativamente positivos. Para el primer caso, tenemos notablemente a Magdalena, Vichada, Cauca, Meta y Atlántico. Por último, tenemos a Antioquia, Risaralda y Norte de Santander en el segundo caso. Si bien las magnitudes difieren de una definición de innovación a otra, en general los efectos departamentales van en el mismo sentido, lo cual sugiere que los sistemas de innovación del sector manufacturero desarrollan más el esfuerzo innovador y la obtención de resultados en ciertas regiones que en otras.

**Referencias bibliográficas**

- Acemoglu, D. (1998). Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1055–1089.  
<https://doi.org/10.1162/003355398555838>
- Acemoglu, D. (2002). Directed Technical Change. *Review of Economic Studies*, 69(4), 781–809.  
<https://doi.org/10.1111/1467-937X.00226>
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323. <https://doi.org/10.2307/2951599>
- Aghion, P., & Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory* (p. 694). p. 694. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Arango, L. E., Castellani, F., & Obando, N. (2016). *It is mainly about where you work! Labor demand in the Colombian manufacturing sector* (Borradores de Economía; No. 933). Retrieved from [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/be\\_933.pdf](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/be_933.pdf)
- Atkeson, A., & Burstein, A. T. (2010). Innovation, Firm Dynamics, and International Trade. *Journal of Political Economy*, 118(3), 433–484. <https://doi.org/10.1086/653690>
- Balat, J., & Casas, C. (2018). *Firm Productivity and Cities: The Case of Colombia Firm Productivity and Cities: The Case of Colombia* (Borradores de Economía; No. 1032). Retrieved from [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/borradores\\_de\\_economia\\_1032.pdf](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/borradores_de_economia_1032.pdf)

- Bartelsman, E., Haltiwanger, J., & Scarpetta, S. (2013). Cross-Country Differences in Productivity: The Role of Allocation and Selection. *American Economic Review*, 103(1), 305–334. <https://doi.org/10.1257/aer.103.1.305>
- Benavides, O. A. (1997). Teoría Del Crecimiento Endógeno. *Cuadernos de Economía*, 16(26), 46–67.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239–253. <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Busom, I., & Vélez-Ospina, J. A. (2017). Innovation, Public Support, and Productivity in Colombia. A Cross-industry Comparison. *World Development*, 99, 75–94. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.07.005>
- Capello, R., & Lenzi, C. (2015). Knowledge, Innovation and Productivity Gains across European Regions. *Regional Studies*, 49(11), 1788–1804. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.917167>
- Casas, C., & González, A. (2016). *Productivity Measures for the Colombian Manufacturing Industry* (No. Borradores de Economía; No. 947). Retrieved from [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/be\\_947.pdf](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/be_947.pdf)
- Cote-Peña, C. P., Meneses-Amaya, C. P., Arenas-Morantes, C. J., & Caballero-Pérez, D. I. (2016). Benchmarking entre sistemas regionales de innovación: el caso de Santander y Antioquia, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.4088>

- Crepon, B., Duguet, E., & Mairesse, J. (1998). *Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level*. <https://doi.org/10.3386/w6696>
- Crepon, B., Duguet, E., & Mairessec, J. (1998). Research, Innovation And Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115–158. <https://doi.org/10.1080/10438599800000031>
- Crespi, G., Tacsir, E., & Vargas, F. (2016). Innovation Dynamics and Productivity: Evidence for Latin America. In I.-A. D. Bank, M. Grazzi, & C. Pietrobelli (Eds.), *Firm Innovation and Productivity in Latin America and the Caribbean: The Engine of Economic Development* (pp. 37–71). [https://doi.org/10.1057/978-1-349-58151-1\\_2](https://doi.org/10.1057/978-1-349-58151-1_2)
- Crespi, G., & Zuniga, P. (2012). Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries. *World Development*, 40(2), 273–290. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.07.010>
- Crowley, F., & McCann, P. (2015). Innovation and Productivity in Irish Firms. *Spatial Economic Analysis*, 10(2), 181–204. <https://doi.org/10.1080/17421772.2015.1023340>
- Darwin, C. (2017). *El origen de las especies*. Bogotá D.C: Comcosur.
- de la Corte Carmona, J. (2015). *Schumpeter y la destrucción de instituciones por los innovadores* (Universidad Pontificia Comillas). Retrieved from <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/4633>
- Echavarría, J. J., & Villamizar, M. (2006). El Proceso Colombiano de Desindustrialización. *Banco de La República*, (Borradores de Economía No. 361), 1–62. Retrieved from <http://www.banrep.gov.co/es/el-proceso-colombiano-desindustrializacion>

Elster, J. (2006). *El cambio tecnológico* (5ta reimpr). Barcelona: Editorial Gedisa.

Eslava, M., García, G. A., Hurtado Campuzano, B., & Pinzón, A. (2017). Baja productividad en Colombia: ¿un asunto de empresas o de mercado? In Consejo Privado de Competitividad & Universidad de los Andes (Eds.), *Productividad: la clave del crecimiento para Colombia* (pp. 36–80). Retrieved from <https://compite.com.co/proyecto/productividad/>

Eslava, M., & Haltiwanger, J. (2017). *The Life-cycle Growth of Plants in Colombia: Fundamentals vs. Distortions* (No. 2017/18). Retrieved from CAF website: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1105>

Eslava, M., & Haltiwanger, J. C. (2018). The Life-Cycle Growth of Plants: The Role of Productivity, Demand and “Distortions.” *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3177289>

Eslava, M., Hurtado, B., Albis, N., Andreasen, E., Carbajal, F., Dardati, E., ... Urrutia, C. (2018). *Microdatos para el estudio de la productividad en América Latina* (No. 2018/11). Retrieved from CAF website: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1235>

Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, *105*(10), 3150–3182. <https://doi.org/10.1257/aer.20130954>

Foster, L., Grim, C., Haltiwanger, J., & Wolf, Z. (2018). *Innovation, Productivity Dispersion, and Productivity Growth* (No. NBER Working Paper No. 24420). <https://doi.org/10.3386/w24420>

Foster, L., Haltiwanger, J., & Syverson, C. (2016). The Slow Growth of New Plants: Learning

about Demand? *Economica*, 83(329), 91–129. <https://doi.org/10.1111/ecca.12172>

Fu, X., Mohnen, P., & Zanello, G. (2018). Innovation and productivity in formal and informal firms in Ghana. *Technological Forecasting and Social Change*, 131(September 2017), 315–325. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.08.009>

Gallego, J. M., Gutiérrez, L. H., & Taborda, R. (2015). Innovation and productivity in the colombian service and manufacturing industries. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(3), 612–634. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2015.1026698>

Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., & Peters, B. (2006). Innovation and Productivity Across Four European Countries. *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4), 483–498. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grj028>

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991a). *Innovation and growth in the global economy*. MIT Press.

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991b). Quality Ladders in the Theory of Growth. *The Review of Economic Studies*, 58(1), 43. <https://doi.org/10.2307/2298044>

Gu, W., & Tang, J. (2004). Link between innovation and productivity in Canadian manufacturing industries. *Economics of Innovation and New Technology*, 13(7), 671–686. <https://doi.org/10.1080/1043890410001686806>

Hall, B. (2011). *Innovation and Productivity* (No. NBER Working Paper 17178). <https://doi.org/10.3386/w17178>

Hall, B. H., Lotti, F., & Mairesse, J. (2009). Innovation and productivity in SMEs: empirical evidence for Italy. *Small Business Economics*, 33(1), 13–33. <https://doi.org/10.1007/s11187->

009-9184-8

- Hall, B. H., Lotti, F., & Mairesse, J. (2013). Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 22(3), 300–328. <https://doi.org/10.1080/10438599.2012.708134>
- Heckman, J. J. (1979). Sample Selection Bias as a Specification Error. *Econometrica*, 47(1), 153. <https://doi.org/10.2307/1912352>
- Lanjouw, J., & Schankerman, M. (1999). *The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators*. <https://doi.org/10.3386/w7345>
- Lööf, H., & Heshmati, A. (2006). On the relationship between innovation and performance: A sensitivity analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4–5), 317–344. <https://doi.org/10.1080/10438590500512810>
- Mohnen, P., & Hall, B. H. (2013). Innovation and Productivity: An Update. *Eurasian Business Review*, 3(1), 47–65. <https://doi.org/10.14208/bf03353817>
- Morris, D. M. (2018). Innovation and productivity among heterogeneous firms. *Research Policy*, 47(10), 1918–1932. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.07.003>
- Moscoso D., F. F., Estrada, F., Diaz R., N., & Andrade V., N. A. (2015). Obstacles to Progress in R&D Activities Caused by Institutional and Regulatory Frameworks: The Case of the Biotech Sector in Colombia. *Research in World Economy*, 6(4), 116–122. <https://doi.org/10.5430/rwe.v6n4p116>
- Musolesi, A., & Huiban, J.-P. (2010). Innovation and productivity in knowledge intensive business services. *Journal of Productivity Analysis*, 34(1), 63–81. <https://doi.org/10.1007/s11123-009->

0163-5

OECD. (2014). *OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014*.

<https://doi.org/10.1787/9789264204638-en>

OECD. (2019). *Main Science and Technology Indicators, Volume 2018 Issue 2*.

<https://doi.org/10.1787/g2g9fae2-en>

OECD, UN, & UNIDO. (2019). What is in Colombia's next economic chapter? In *Production Transformation Policy Review of Colombia: Unleashing productivity* (pp. 43–79).

<https://doi.org/10.1787/0333fd4e-en>

Olley, G. S., & Pakes, A. (1996). The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica*, 64(6), 1263–1297. <https://doi.org/10.2307/2171831>

Parisi, M. L., Schiantarelli, F., & Sembenelli, A. (2006). Productivity, innovation and R&D: Micro evidence for Italy. *European Economic Review*, 50(8), 2037–2061.

<https://doi.org/10.1016/J.EUROECOREV.2005.08.002>

Pianta, M., & Vaona, A. (2007). Innovation and Productivity in European Industries. *Economics of Innovation and New Technology*, 16(7), 485–499.

<https://doi.org/10.1080/10438590600914569>

Raymond, W., Mairesse, J., Mohnen, P., & Palm, F. (2015). Dynamic models of R & D, innovation and productivity: Panel data evidence for Dutch and French manufacturing.

*European Economic Review*, 78, 285–306.

<https://doi.org/10.1016/J.EUROECOREV.2015.06.002>

Revoltella, D., Brasili, A., Bubbico, R. L., Tüske, A., & Weiss, C. (2019). Framework Conditions,

- Innovation and Productivity in European Regions. *Comparative Economic Studies*, 61(2), 235–259. <https://doi.org/10.1057/s41294-019-00091-2>
- Romer, P. M. (1987). Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. *The American Economic Review*, 77, 56–62. <https://doi.org/10.2307/1805429>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102. <https://doi.org/10.2307/2937632>
- Roper, S., Du, J., & Love, J. H. (2008). Modelling the innovation value chain. *Research Policy*, 37(6–7), 961–977. <https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2008.04.005>
- Saleem, H., Shahzad, M., Khan, M. B., & Khilji, B. A. (2019). Innovation, total factor productivity and economic growth in Pakistan: a policy perspective. *Journal of Economic Structures*, 8(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0134-6>
- Segerstrom, P. S., Anant, T. C. A., & Dinopoulos, E. (1990). A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle. *The American Economic Review*, Vol. 80, pp. 1077–1091. <https://doi.org/10.2307/2006762>
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Swan, T. W. (1956). Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record*, 32(2), 334–361. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>
- The Committee for the Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel. (2018). *Economic Growth, Technological Change and Climate Change: Scientific Background on the Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2018*. Retrieved from

<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/advanced-economicsciencesprize2018.pdf>

Van Leeuwen, G., & Klomp, L. (2006). On the contribution of innovation to multi-factor productivity growth. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4–5), 367–390.

<https://doi.org/10.1080/10438590500512927>

## Apéndice

Apéndice A. Composición de la muestra por industria (CIU a dos dígitos): años 2013 y 2014.

<b>ciiu2d</b>	<b>Descripción</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
10	Elaboración de productos alimenticios	1 368	1 345
11	Elaboración de bebidas	69	67
13	Fabricación de productos textiles	286	272
14	Confección de prendas de vestir	988	962
15	Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; maletas y bolsos	332	314
16	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería	164	190
17	Fabricación de papel cartón y productos de papel y cartón	117	108
18	Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales	507	518
19	Coquización fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	34	37
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	492	490
21	Fabricación de productos farmacéuticos sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	191	188
22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	718	703
23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	385	385
24	Fabricación de productos metalúrgicos básicos	149	144
25	Fabricación de productos elaborados de metal excepto maquinaria y equipo	682	666
26	Fabricación de productos informáticos electrónicos y ópticos	8	11
27	Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	177	169
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	508	492
29	Fabricación de vehículos automotores remolques y semirremolques	185	172
30	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	31	34
31	Fabricación de muebles colchones y somieres	461	411
32 y 33	Otras industrias manufactureras	592	607
	<b>Total</b>	<b>8 444</b>	<b>8 285</b>

Apéndice B. Composición de la muestra por industria (CIU a dos dígitos): años 2015, 2016 y total.

<b>Descripción</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Total</b>
Elaboración de productos alimenticios	1 310	1 207	5 230
Elaboración de bebidas	64	77	277
Fabricación de productos textiles	264	263	1 085
Confección de prendas de vestir	927	864	3 741
Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; maletas y bolsos	302	353	1 301
Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería	180	171	705
Fabricación de papel cartón y productos de papel y cartón	97	114	436
Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales	497	426	1 948
Coquización fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	31	37	139
Fabricación de sustancias y productos químicos	466	450	1 898
Fabricación de productos farmacéuticos sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	185	180	744
Fabricación de productos de caucho y de plástico	680	650	2 751
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	345	362	1 477
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	148	136	577
Fabricación de productos elaborados de metal excepto maquinaria y equipo	644	612	2 604
Fabricación de productos informáticos electrónicos y ópticos	10	13	42
Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	165	172	683
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	483	409	1 892
Fabricación de vehículos automotores remolques y semirremolques	156	161	674
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	30	28	123
Fabricación de muebles colchones y somieres	386	356	1 614
Otras industrias manufactureras	629	408	2 212
<b>Total</b>	<b>8 022</b>	<b>7 449</b>	<b>32 200</b>

Apéndice C. Evolución anual de la media para las principales variables: 2013 y 2014.

Variable	2013	2014
Ventas por trabajador	105 952,5000	110 791,7000
Número de trabajadores	76,3204	79,9852
Participación de los trabajadores cualificados	0,3823	0,3848
Valor total de las ventas	12 909,5700	14 593,8600
Activos fijos por trabajador	62 948,7200	72 869,4900
Maquinaria y Equipo por trabajador	32 411,6600	39 265,3800
Salarios por trabajador	10 117,1800	11 022,4900
Consumo de energía	1 263,2180	1 433,2170
Consumo intermedio	7 641,0300	8 491,4420
Exportaciones	1 570,4280	Sin información
Obtención de registros de PI	0,0555	0,0569
Tenencia de registros de PI	0,2488	0,2556
Inversor en ACTI	0,1351	0,2328
Inversor en I+D	0,0508	0,0547
Nuevos productos (1)	0,0616	0,0636
Nuevos productos (2)	0,0049	0,0054
Productos significativamente mejorados (1)	0,0597	0,0618
Productos significativamente mejorados (2)	0,0081	0,0090
Procesos nuevos o significativamente mejores	0,1083	0,1124
Innovación organizacional	0,0515	0,0530
Inversión en I+D	12 358,2000	18 181,6200
Inversión en I+D por trabajador	60,1522	119,1998

**Notas:** Las variables per cápita se encuentran en miles de pesos, y el consumo energético, en miles de kWh. Las demás variables, a excepción del número de trabajadores y los trabajadores cualificados, se encuentran en millones de pesos. La media de las variables binarias puede interpretarse como la participación de observaciones que cumplen con cierta característica. Estas participaciones no se encuentran en porcentajes. (1) indica el lanzamiento de un producto nuevo o significativamente mejorado para el ámbito de la empresa, del mercado nacional e internacional. (2) indica el lanzamiento de un producto nuevo o significativamente mejorado únicamente en el ámbito de los mercados. Esta tabla es de elaboración propia a partir de los datos de la EAM: 2013 – 2016, y de la EDIT: versiones 2013-14 y 2015-16.

Apéndice D. Evolución anual de la media para las principales variables: 2015, 2016 y total.

<b>Variable</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Total</b>
Ventas por trabajador	117 248,2000	124 481,1000	114 298,0000
Número de trabajadores	81,9928	89,4386	81,7112
Participación de los trabajadores cualificados	0,3854	0,3861	0,3846
Valor total de las ventas	15 486,3600	17 918,1900	15 143,5600
Activos fijos por trabajador	78 327,3000	113 561,1000	81 041,0300
Maquinaria y Equipo por trabajador	43 405,3600	43 443,9100	39 466,1300
Salarios por trabajador	11 452,7000	12 448,3300	11 222,1100
Consumo de energía	1 299,3090	1 388,7070	1 344,9800
Consumo intermedio	9 037,8480	10 553,7500	8 881,6440
Exportaciones	1 955,8080	2 185,4740	1 404,6520
Obtención de registros de PI	0,0628	0,0652	0,0599
Tenencia de registros de PI	0,3417	0,3422	0,2945
Inversor en ACTI	0,1545	0,2500	0,1916
Inversor en I+D	0,0696	0,0816	0,0636
Nuevos productos (1)	0,0721	0,0742	0,0676
Nuevos productos (2)	0,0113	0,0110	0,0080
Productos significativamente mejorados (1)	0,0691	0,0710	0,0651
Productos significativamente mejorados (2)	0,0106	0,0107	0,0095
Procesos nuevos o significativamente mejores	0,1233	0,1278	0,1175
Innovación organizacional	0,0680	0,0695	0,0600
Inversión en I+D	67 535,4000	50 928,3500	36 525,5200
Inversión en I+D por trabajador	427,3908	249,8900	210,7284

**Notas:** Las variables per cápita se encuentran en miles de pesos, y el consumo energético, en miles de kWh. Las demás variables, a excepción del número de trabajadores y los trabajadores cualificados, se encuentran en millones de pesos. La media de las variables binarias puede interpretarse como la participación de observaciones que cumplen con cierta característica. Estas participaciones no se encuentran en porcentajes. (1) indica el lanzamiento de un producto nuevo o significativamente mejorado para el ámbito de la empresa, del mercado nacional e internacional. (2) indica el lanzamiento de un producto nuevo o significativamente mejorado únicamente en el ámbito de los mercados. Esta tabla es de elaboración propia a partir de los datos de la EAM: 2013 – 2016, y de la EDIT: versiones 2013-14 y 2015-16.

Apéndice E. Desagregación departamental de la media y la mediana (P50) para las variables de la función de producción.

Departamento	N	Ventas totales		Número de empleados	
		Media	P50	Media	P50
Antioquia	7 021	15 098,0	2 370,1	89,0	31,0
Atlántico	1 232	24 506,6	3 853,4	125,6	46,0
Bogotá	12 119	8 940,5	1 657,6	63,4	22,0
Bolívar	371	33 718,3	4 893,3	130,9	52,0
Boyacá	264	25 019,0	1 863,2	77,0	27,5
Caldas	533	22 469,2	2 569,2	105,9	44,0
Cauca	302	62 275,5	16 761,9	185,0	101,0
Cesar	122	30 533,9	7 356,7	100,7	63,5
Córdoba	83	28 618,3	5 667,5	118,4	66,0
Cundinamarca	2 133	29 838,2	5 441,6	129,8	50,0
Huila	175	13 523,3	1 796,7	44,8	17,0
Magdalena	179	22 219,0	3 402,0	75,3	44,0
Meta	160	20 518,3	5 701,7	72,3	32,5
Nariño	179	7 680,3	1 370,7	34,4	19,0
N. de Santander	476	6 160,0	1 311,7	41,3	19,5
Quindío	187	7 606,8	2 293,7	54,3	23,0
Risaralda	681	16 201,8	2 388,3	114,0	32,0
Santander	1 333	9 430,4	1 370,0	44,9	17,0
Sucre	69	12 405,9	2 999,1	57,7	28,0
Tolima	333	12 332,1	1 919,9	51,9	20,0
Valle del cauca	4 169	18 912,7	2 097,5	89,3	30,0
Casanare	17	20 725,4	21 969,2	53,4	53,0
Vichada	62	5 040,0	1 792,9	28,1	22,0
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>32 200</b>	<b>15 143,6</b>	<b>2 118,0</b>	<b>81,7</b>	<b>28,0</b>

**Notas:** N indica el número total de observaciones en la muestra por departamento. Las estadísticas descriptivas de las variables ventas totales y consumo intermedio se encuentran en millones de pesos, mientras que las del capital por empleado están en miles de pesos. Esta tabla es de elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM): 2013 – 2016.

Apéndice F. Desagregación departamental de la media y la mediana (P50) para las variables de la función de producción.

Departamento	Capital por empleado		Trabajadores Cualificados (Fracción)		Consumo intermedio	
	Media	P50	Media	P50	Media	P50
Antioquia	47 646,3	22 120,3	0,35	0,32	8 637,1	1 202,8
Atlántico	81 236,4	39 220,0	0,41	0,39	14 964,7	1 887,9
Bogotá	76 325,1	32 229,3	0,40	0,36	5 052,7	835,7
Bolívar	178 698,5	69 761,6	0,42	0,40	23 906,5	2 771,4
Boyacá	97 998,2	50 014,0	0,34	0,31	17 663,4	984,8
Caldas	98 948,6	40 528,3	0,33	0,31	14 116,9	1 454,4
Cauca	177 441,8	111 215,8	0,38	0,38	37 708,9	9 977,7
Cesar	189 394,4	72 508,7	0,41	0,45	17 426,4	3 547,7
Córdoba	129 847,8	65 309,3	0,40	0,41	19 784,7	3 490,8
Cundinamarca	200 421,6	55 827,1	0,39	0,35	17 258,6	2 925,7
Huila	77 743,8	51 086,7	0,38	0,38	10 399,5	992,5
Magdalena	94 557,7	43 877,9	0,43	0,41	13 794,5	2 080,7
Meta	227 018,1	114 745,7	0,41	0,36	13 546,4	4 005,4
Nariño	64 818,4	45 564,0	0,35	0,33	5 421,2	717,8
N. de Santander	74 463,0	39 276,4	0,32	0,28	3 094,5	695,9
Quindío	54 808,9	43 895,2	0,33	0,32	5 198,7	1 287,9
Risaralda	70 371,7	30 582,6	0,33	0,31	9 057,1	1 255,9
Santander	70 758,3	38 086,1	0,37	0,33	5 219,6	738,3
Sucre	97 021,5	34 600,0	0,33	0,31	4 391,6	2 090,0
Tolima	90 093,2	42 232,0	0,40	0,40	8 655,6	1 152,3
Valle del cauca	65 761,8	27 793,7	0,41	0,38	11 029,5	1 005,1
Casanare	467 477,7	216 662,5	0,38	0,37	14 784,3	15 447,4
Vichada	78 290,4	35 137,1	0,49	0,48	3 796,0	729,3
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>81 041,0</b>	<b>32 599,8</b>	<b>0,38</b>	<b>0,35</b>	<b>8 881,6</b>	<b>1 064,7</b>

**Notas:** N indica el número total de observaciones en la muestra por departamento. Las estadísticas descriptivas de las variables ventas totales y consumo intermedio se encuentran en millones de pesos, mientras que las del capital por empleado están en miles de pesos. Esta tabla es de elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM): 2013 – 2016.

Apéndice G. Desagregación departamental de la media para las variables de esfuerzo y resultados innovadores.

Departamento	Nuevo producto (%)		Producto mejorado (%)		Innovación en procesos %
	(1)	(2)	(1)	(2)	
Antioquia	8,92	1,14	1,32	8,44	16,91
Atlántico	5,84	1,08	0,92	5,34	10,09
Bogotá	5,31	0,42	0,63	5,37	8,37
Bolívar	6,11	1,39	2,78	10,28	8,61
Boyacá	7,03	0,39	1,95	8,20	21,09
Caldas	15,95	1,56	1,17	10,31	20,43
Cauca	15,75	2,40	3,08	11,30	14,73
Cesar	3,45	-	-	0,86	7,76
Córdoba	6,02	-	-	-	20,48
Cundinamarca	10,14	2,23	2,61	11,52	14,31
Huila	1,78	-	-	1,18	10,06
Magdalena	5,78	-	-	4,62	16,76
Meta	1,28	0,64	-	3,21	12,18
Nariño	4,73	-	-	2,37	13,02
N. de Santander	3,04	-	-	2,82	9,11
Quindío	6,49	-	-	5,41	16,22
Risaralda	12,33	0,61	0,61	7,15	14,31
Santander	4,91	0,70	0,86	5,61	14,80
Sucre	9,38	-	-	6,25	-
Tolima	4,40	0,63	0,94	2,83	15,72
Valle del cauca	5,03	0,62	0,50	4,98	8,58
Casanare	6,25	-	-	-	25,00
Vichada	-	-	-	1,69	16,95
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>6,76</b>	<b>0,80</b>	<b>0,95</b>	<b>6,51</b>	<b>11,75</b>

**Notas:** Tabla de elaboración propia a partir de los datos de la EDIT, en sus versiones de 2013-2014 y 2015-2016.

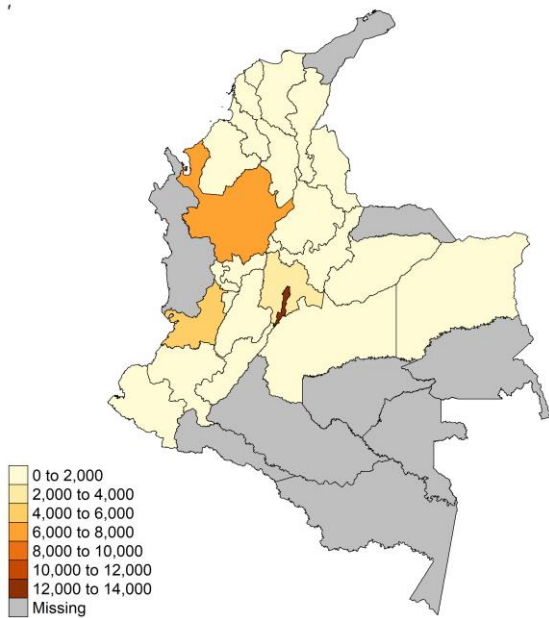
Apéndice H. Desagregación departamental de la media para las variables de esfuerzo y resultados innovadores.

Departamento	Innovación	Tenencia	Invirtió	Log(Inversión en I+D)	
	En la org, (%)	De PI (%)	En I+D (%)	Por trabajador	Agregada
Antioquia	9,33	36,49	8,35	5,92	10,77
Atlántico	3,67	27,27	5,36	5,99	11,26
Bogotá	4,57	25,66	5,31	6,14	10,60
Bolívar	3,89	21,67	8,36	6,39	11,99
Boyacá	10,55	25,39	4,92	6,27	10,26
Caldas	10,12	32,49	14,82	5,84	10,89
Cauca	5,48	31,16	11,59	6,92	12,51
Cesar	3,45	17,24	2,46	5,87	11,41
Córdoba	2,41	48,19	6,02	4,25	9,28
Cundinamarca	8,06	32,32	10,55	6,12	11,29
Huila	4,14	27,81	2,29	6,01	9,93
Magdalena	2,31	11,56	5,59	5,65	10,80
Meta	5,77	26,28	2,50	7,61	12,06
Nariño	3,55	31,36	0,56	3,91	7,94
N. de Santander	4,99	16,05	2,52	5,31	9,19
Quindío	9,19	7,57	3,74	6,99	10,25
Risaralda	5,78	36,38	8,96	5,57	10,02
Santander	6,00	29,67	4,58	6,06	10,49
Sucre	6,25	31,25	7,25	7,55	11,77
Tolima	8,49	33,65	1,20	5,30	9,67
Valle del cauca	3,92	29,82	4,58	5,78	10,86
Casanare	6,25	50,00	-	-	-
Vichada	3,39	33,90	1,61	12,52	13,91
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>6,00</b>	<b>29,45</b>	<b>6,36</b>	<b>6,02</b>	<b>10,80</b>

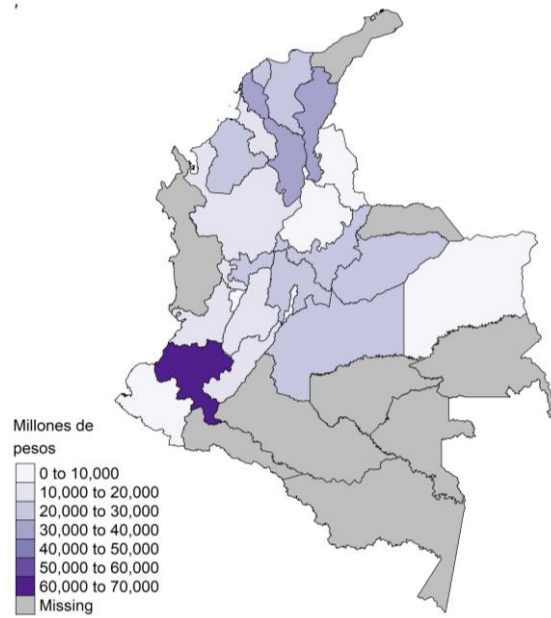
**Notas:** Tabla de elaboración propia a partir de los datos de la EDIT, en sus versiones de 2013-2014 y 2015-20.

Apéndice I. Composición de la muestra, tamaño promedio de empresa, y elementos de esfuerzo y resultados de innovación a nivel departamental para el total de los años.

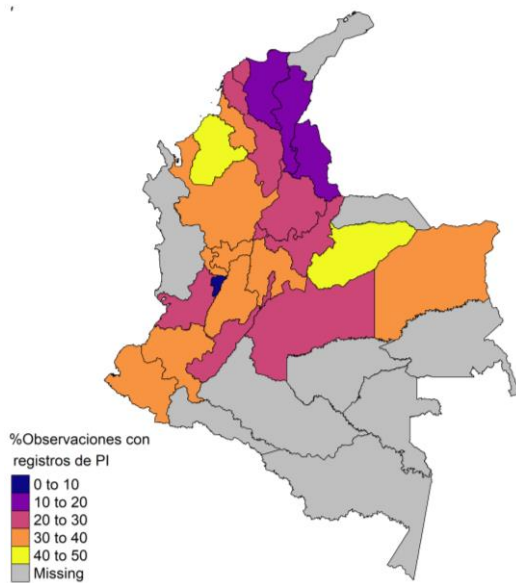
(a) Número de observaciones en la muestra por departamento



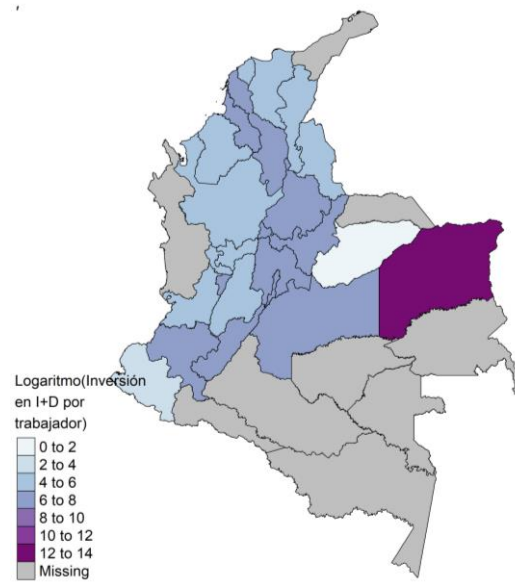
(b) Tamaño promedio de empresa medido a través de las ventas totales



(c) Porcentaje de empresas con registros de propiedad industrial



(d) Esfuerzo promedio por empresa en I+D por trabajador



**Notas:** Esta figura es de elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM): 2013 – 2016, y la EDIT: 2013-2014, y 2015-2016.

Apéndice J. Resultados completos de regresión para las ecuaciones (14) y (15): modelo de esfuerzos en innovación.

	Log(Inv. por trabajador)		Decisión de invertir en I+D/ACTI	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Competencia internacional	0,620*** (0,181)	0,336*** (0,129)	0,107 (0,080)	0,009 (0,070)
Cooperación para innovar	0,663*** (0,121)	0,339*** (0,062)	0,678*** (0,040)	0,923*** (0,041)
Tenencia de derechos de PI	0,110 (0,091)	0,036 (0,052)	0,248*** (0,033)	0,265*** (0,025)
Apoyo público	1,235*** (0,188)	0,806*** (0,129)	1,133*** (0,111)	8,816 (91 421,737)
Número de empleados	-0,001** (0,000)	-0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)
Número de empleados <sup>2</sup>	0,000 (0,000)	0,000*** (0,000)	-0,000** (0,000)	-0,000*** (0,000)
% Trabajadores cualificados	0,005** (0,002)	0,000 (0,001)	0,004*** (0,001)	0,002*** (0,001)
Ayuda financiera del grupo	1,287*** (0,331)	1,271*** (0,229)	0,924*** (0,203)	8,794 (46 418,056)
Competencia moderada	-0,120 (0,157)	0,061 (0,109)	-0,135** (0,065)	0,048 (0,056)
Competencia alta	-0,131 (0,189)	-0,014 (0,124)	-0,254*** (0,075)	0,050 (0,063)
Exportador	0,288*** (0,105)	0,000 (0,062)	0,228*** (0,040)	0,087*** (0,032)
Fuente de info. científica	0,475*** (0,138)	0,266*** (0,070)	0,738*** (0,040)	0,977*** (0,033)
Fuente de info. Del mercado	0,386*** (0,118)	0,207*** (0,075)	0,544*** (0,041)	1,056*** (0,032)
Log(Valor de las ventas)	0,068 (0,042)	0,120*** (0,024)	0,108*** (0,015)	0,129*** (0,011)
Año: 2015	0,463*** (0,129)	0,230*** (0,072)	0,132*** (0,048)	0,301*** (0,033)
Año: 2016	0,690*** (0,115)	0,280*** (0,069)	0,278*** (0,043)	0,239*** (0,033)
Año: 2017	0,741*** (0,115)	0,307*** (0,068)	0,334*** (0,043)	0,423*** (0,032)
Elaboración de bebidas	-0,777 (0,890)	0,515* (0,278)	-1,025*** (0,271)	-0,330** (0,130)
Fabricación de productos textiles	-0,502** (0,243)	-0,048 (0,140)	-0,167* (0,096)	-0,096 (0,070)
Confección de prendas de vestir	-0,628*** (0,230)	-0,613*** (0,111)	-0,233*** (0,079)	-0,148*** (0,048)
Curtido y recurtido de cueros;calzado;artículos de viaje, maletas, bolsos de mano	-1,313*** (0,282)	-0,467*** (0,147)	-0,141 (0,100)	-0,075 (0,069)
	-0,919***	0,092	0,435***	0,220***

	Log(Inv. por trabajador)		Decisión de invertir en I+D/ACTI	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles	(0,317)	(0,191)	(0,109)	(0,082)
Papel, cartón y productos de papel y cartón	0,617** (0,315)	0,197 (0,196)	0,049 (0,130)	0,012 (0,096)
Actividades de impresión y de producción de copias	0,275 (0,283)	0,365*** (0,128)	-0,187* (0,100)	0,038 (0,058)
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	-0,057 (1,160)	0,030 (0,389)	-0,378 (0,331)	0,054 (0,166)
Sustancias y productos químicos	0,499*** (0,158)	-0,070 (0,097)	0,322*** (0,063)	0,099* (0,053)
Productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	0,908*** (0,196)	0,014 (0,126)	0,195** (0,084)	0,147** (0,072)
Productos de caucho y de plástico	0,146 (0,173)	0,326*** (0,100)	0,060 (0,067)	-0,024 (0,048)
Otros productos minerales no metálicos	0,036 (0,201)	0,241** (0,117)	0,153** (0,078)	0,067 (0,060)
Productos metalúrgicos básicos	0,189 (0,341)	1,052*** (0,187)	0,003 (0,121)	-0,032 (0,091)
Productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	0,030 (0,183)	0,074 (0,107)	0,226*** (0,069)	0,051 (0,050)
Productos informáticos, electrónicos y ópticos	1,217* (0,665)	0,137 (0,470)	0,670** (0,266)	0,619*** (0,235)
Aparatos y equipo eléctrico	0,633*** (0,215)	-0,069 (0,143)	0,428*** (0,089)	0,123 (0,078)
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	0,366* (0,195)	-0,099 (0,121)	0,299*** (0,074)	0,003 (0,059)
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	-0,226 (0,272)	-0,360** (0,169)	0,171 (0,104)	-0,020 (0,084)
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	0,274 (0,525)	-0,709** (0,355)	-0,406* (0,242)	-0,196 (0,201)
Fabricación de muebles, colchones y somieres	-0,973*** (0,258)	-0,186 (0,131)	-0,059 (0,095)	0,033 (0,061)
Otras industrias manufactureras	0,567*** (0,183)	0,161 (0,107)	0,457*** (0,067)	0,131** (0,051)
Instalación, mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipo	2,430** (0,990)	3,575*** (0,824)	0,082 (0,379)	-0,533 (0,417)
Antioquia	-0,166* (0,100)	-0,070 (0,060)	0,040 (0,039)	0,074** (0,030)
Atlántico	-0,629*** (0,232)	-0,216 (0,135)	-0,248*** (0,088)	-0,139** (0,062)

	Log(Inv. por trabajador)		Decisión de invertir en I+D/ACTI	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Bolivar	0,174 (0,332)	0,419* (0,235)	-0,223 (0,142)	-0,276** (0,114)
Boyacá	-0,457 (0,462)	-0,111 (0,206)	-0,306* (0,169)	0,306*** (0,106)
Caldas	-0,148 (0,213)	-0,133 (0,147)	0,236** (0,095)	0,154* (0,084)
Cauca	0,413 (0,343)	0,252 (0,214)	-0,067 (0,137)	-0,000 (0,108)
Cesar	-0,909 (0,989)	0,626 (0,548)	-0,934** (0,433)	-0,542** (0,254)
Cordoba	-2,189*** (0,832)	0,014 (0,438)	-0,267 (0,289)	-0,136 (0,211)
Cundinamarca	0,120 (0,135)	0,140 (0,086)	0,005 (0,055)	0,017 (0,044)
Huila	-0,187 (0,741)	0,563 (0,359)	-0,257 (0,249)	-0,088 (0,163)
Magdalena	-0,065 (0,519)	-0,103 (0,275)	0,216 (0,185)	0,341*** (0,125)
Meta	1,376 (0,838)	0,170 (0,352)	-0,275 (0,255)	-0,054 (0,152)
Nariño	-2,781* (1,616)	0,180 (0,344)	-0,757** (0,379)	-0,143 (0,152)
N. De Santander	-0,883 (0,539)	0,066 (0,235)	-0,323* (0,174)	-0,011 (0,103)
Quindío	0,137 (0,571)	0,613** (0,308)	-0,227 (0,218)	-0,087 (0,144)
Risaralda	-0,315 (0,233)	-0,177 (0,137)	0,194** (0,091)	0,255*** (0,070)
Santander	-0,187 (0,238)	-0,140 (0,118)	-0,185** (0,089)	0,142** (0,056)
Sucre	1,460* (0,756)	-0,392 (0,518)	0,418 (0,287)	0,217 (0,228)
Tolima	-1,505* (0,860)	0,092 (0,233)	-0,626** (0,253)	0,270*** (0,103)
Valle Del Cauca	-0,434*** (0,143)	-0,111 (0,083)	-0,213*** (0,054)	-0,113*** (0,038)
Vichada	5,885*** (1,647)	0,546 (0,557)	-0,453 (0,529)	-0,032 (0,254)
Casanare		1,973** (0,942)	-6,681 (55 208,853)	-0,097 (0,478)
Constant	2,145** (0,963)	4,519*** (0,461)	-4,240*** (0,239)	-4,017*** (0,176)

**Notas:** (1) indica la decisión de invertir y la magnitud de la inversión en I+D. (2) corresponde a las ACTI. La base para los efectos fijos de los años es el 2014. Para las industrias es la preparación de alimentos, y para los departamentos es Bogotá. Errores estándar en paréntesis. P-valor: \*\*\*<0,01, \*\*<0,05, \*<0,1. Cálculos propios a partir de los datos de la EAM (2013 – 2016) y de la EDIT (2013-2014 y 2015-2016).

Apéndice K. Resultados completos de regresión para la ecuación (16): modelo de los resultados en innovación bajo diferentes medidas de estos.

	Innova en productos o procesos	Innovador en productos	Innovador en procesos	Innova en organización	Obtuvo derechos de PI
Log(Inv. en I+D por trabajador)	0,222*** (0,010)	0,785*** (0,048)	0,815*** (0,046)	0,049*** (0,004)	0,005** (0,002)
Inversor en capital fijo	0,054*** (0,007)	0,140*** (0,042)	0,322*** (0,037)	0,013*** (0,003)	-0,001 (0,002)
Tenencia de derechos de PI	0,030*** (0,005)	0,268*** (0,027)	0,063** (0,026)	0,010*** (0,002)	0,054*** (0,003)
Fuente de info. De mercado	0,164*** (0,008)	0,776*** (0,041)	0,629*** (0,040)	0,033*** (0,003)	0,006*** (0,002)
Número de empleados	0,000*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,000*** (0,000)	0,000*** (0,000)
Número de empleados <sup>2</sup>	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000 (0,000)
Empleados cualificados (%)	-0,001*** (0,000)	0,000 (0,001)	-0,005*** (0,001)	-0,000*** (0,000)	0,000* (0,000)
Inversor en TIC	0,004 (0,006)	0,075** (0,035)	0,012 (0,031)	0,009*** (0,003)	0,001 (0,001)
Ayuda del grupo	-0,100* (0,052)	-0,598*** (0,199)	-0,716*** (0,188)	-0,044*** (0,014)	-0,002 (0,008)
Cooperación para innovar	0,024** (0,011)	0,071 (0,052)	-0,066 (0,051)	-0,003 (0,004)	0,004* (0,002)
Exportador	-0,083*** (0,007)	-0,187*** (0,038)	-0,333*** (0,036)	-0,014*** (0,003)	-0,001 (0,001)
Log(Valor de las ventas)	0,004* (0,002)	0,023* (0,013)	0,040*** (0,012)	-0,001 (0,001)	0,001** (0,001)
Año: 2015	-0,103*** (0,008)	-0,333*** (0,043)	-0,386*** (0,039)	-0,021*** (0,003)	-0,002 (0,002)
Año: 2016	-0,136*** (0,009)	-0,436*** (0,050)	-0,451*** (0,046)	-0,021*** (0,004)	-0,008*** (0,002)
Año: 2017	-0,142*** (0,010)	-0,449*** (0,051)	-0,468*** (0,047)	-0,022*** (0,004)	-0,007*** (0,002)
Elaboración de bebidas	0,039 (0,027)	0,174 (0,153)	0,155 (0,140)	0,024** (0,011)	0,002 (0,005)
Fabricación de productos textiles	0,112*** (0,013)	0,319*** (0,076)	0,478*** (0,067)	0,026*** (0,006)	0,001 (0,003)
Confección de prendas de vestir	0,104*** (0,011)	-0,019 (0,066)	0,461*** (0,053)	0,029*** (0,004)	0,003 (0,002)
Curtido de cueros;calzado;artículos de viaje, maletas	0,283*** (0,018)	0,803*** (0,099)	1,056*** (0,087)	0,058*** (0,007)	0,009** (0,004)
Fabricación de productos de madera y de corcho	0,228*** (0,018)	0,561*** (0,117)	0,860*** (0,090)	0,040*** (0,009)	0,003 (0,006)
Papel, cartón y productos de papel y cartón	-0,134*** (0,019)	-0,521*** (0,110)	-0,574*** (0,100)	-0,032*** (0,009)	-0,001 (0,004)
Actividades de impresión y de copias	-0,040*** (0,011)	-0,225*** (0,065)	-0,109* (0,056)	-0,005 (0,005)	0,002 (0,003)

	Innova en productos o procesos	Innovador en productos	Innovador en procesos	Innova en organización	Obtuvo derechos de PI
Coquización, productos de la refinación del petróleo y mezcla de combustibles	0,016 (0,031)	0,080 (0,182)	-0,047 (0,177)	0,031** (0,012)	0,003 (0,008)
Sustancias y productos químicos	-0,086*** (0,011)	-0,155*** (0,056)	-0,542*** (0,056)	-0,026*** (0,005)	-0,001 (0,002)
Productos farmacéuticos, químicos medicinales y botánicos farmacéuticos	-0,177*** (0,016)	-0,512*** (0,083)	-0,866*** (0,084)	-0,048*** (0,007)	0,010*** (0,003)
Productos de caucho y de plástico	-0,007 (0,009)	-0,012 (0,051)	-0,041 (0,047)	0,001 (0,004)	-0,003 (0,002)
Otros productos minerales no metálicos	-0,039*** (0,011)	-0,181*** (0,066)	-0,080 (0,056)	0,003 (0,005)	0,000 (0,003)
Productos metalúrgicos básicos	-0,072*** (0,017)	-0,357*** (0,106)	-0,355*** (0,093)	-0,017** (0,008)	-0,008 (0,005)
Productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	-0,010 (0,009)	-0,093 (0,057)	-0,083 (0,051)	0,003 (0,004)	0,004 (0,002)
Productos informáticos, electrónicos y ópticos	-0,318*** (0,053)	-1,625*** (0,393)	-1,096*** (0,283)	-0,030 (0,019)	0,008 (0,009)
Aparatos y equipo eléctrico	-0,098*** (0,015)	-0,212*** (0,081)	-0,646*** (0,084)	-0,031*** (0,007)	-0,000 (0,003)
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	-0,080*** (0,011)	-0,140** (0,061)	-0,529*** (0,062)	-0,016*** (0,005)	-0,003 (0,003)
Fabricación de vehículos automotores, remolques	0,064*** (0,015)	0,322*** (0,085)	0,013 (0,085)	-0,010 (0,008)	-0,013*** (0,005)
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	-0,089** (0,035)	-0,295 (0,190)	-0,904*** (0,213)	-0,032** (0,016)	0,008 (0,006)
Fabricación de muebles, colchones y somieres	0,227*** (0,015)	0,788*** (0,081)	0,834*** (0,074)	0,064*** (0,006)	0,007** (0,003)
Otras industrias manufactureras	-0,111*** (0,011)	-0,347*** (0,062)	-0,492*** (0,059)	-0,024*** (0,005)	0,002 (0,002)
Instalación, mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	-0,553*** (0,065)	-2,080*** (0,365)	-2,019*** (0,341)	-0,100*** (0,025)	-0,012 (0,020)
Antioquia	0,094*** (0,006)	0,281*** (0,034)	0,467*** (0,030)	0,027*** (0,002)	0,003** (0,001)
Atlántico	0,138*** (0,013)	0,447*** (0,074)	0,543*** (0,068)	0,016** (0,006)	-0,007** (0,003)
Bolívar	-0,057*** (0,021)	-0,153 (0,117)	-0,305*** (0,113)	-0,034*** (0,011)	0,003 (0,005)
Boyacá	0,165*** (0,021)	0,369*** (0,129)	0,876*** (0,105)	0,049*** (0,008)	0,006 (0,005)
Caldas	0,077*** (0,016)	0,342*** (0,089)	0,411*** (0,081)	0,018*** (0,006)	0,003 (0,003)
Cauca	-0,067*** (0,020)	-0,177 (0,113)	-0,269** (0,109)	-0,039*** (0,011)	-0,016*** (0,006)

	Innova en productos o procesos	Innovador en productos	Innovador en procesos	Innova en organización	Obtuvo derechos de PI
Cesar	0,119** (0,048)	-0,159 (0,381)	0,615*** (0,223)	0,045** (0,018)	0,007 (0,009)
Cordoba	0,537*** (0,044)	1,025*** (0,310)	2,233*** (0,211)	0,072*** (0,025)	-0,018 (0,013)
Cundinamarca	-0,001 (0,008)	0,065 (0,047)	-0,014 (0,045)	-0,000 (0,004)	0,001 (0,002)
Huila	-0,016 (0,036)	-0,584** (0,269)	0,271 (0,168)	0,009 (0,014)	-0,002 (0,007)
Magdalena	0,090*** (0,024)	0,131 (0,155)	0,491*** (0,128)	-0,016 (0,016)	-0,036** (0,017)
Meta	-0,304*** (0,032)	-1,534*** (0,227)	-0,944*** (0,159)	-0,056*** (0,013)	-0,014* (0,008)
Nariño	0,624*** (0,040)	1,894*** (0,231)	2,492*** (0,194)	0,130*** (0,017)	-0,001 (0,010)
N. De Santander	0,235*** (0,020)	0,751*** (0,127)	0,943*** (0,105)	0,054*** (0,009)	0,012** (0,005)
Quindío	0,056** (0,024)	0,097 (0,156)	0,308** (0,125)	0,019* (0,010)	0,001 (0,009)
Risaralda	0,127*** (0,014)	0,636*** (0,076)	0,407*** (0,076)	0,013* (0,007)	0,008*** (0,003)
Santander	0,106*** (0,010)	0,194*** (0,066)	0,559*** (0,054)	0,017*** (0,005)	-0,007** (0,003)
Sucre	-0,247*** (0,046)	-0,401* (0,231)	-6,274 (458,711)	-0,044** (0,020)	0,011 (0,009)
Tolima	0,422*** (0,024)	1,139*** (0,154)	1,787*** (0,120)	0,105*** (0,010)	0,002 (0,006)
Valle Del Cauca	0,100*** (0,008)	0,294*** (0,047)	0,350*** (0,044)	0,015*** (0,004)	-0,001 (0,002)
Casanare	0,051 (0,078)	-0,682 (0,684)	0,535 (0,378)	0,010 (0,035)	
Vichada	-1,222*** (0,075)	-5,614*** (0,600)	-4,137*** (0,350)	-0,289*** (0,032)	-0,032** (0,016)
Observaciones	31 247	31 247	31 247	31 247	31 231

**Notas:** La base para los efectos fijos de los años es el 2014. Para las industrias es la preparación de alimentos, y para los departamentos es Bogotá. Errores estándares entre paréntesis. P-valor: \*\*\*<0,01, \*\*<0,05, \*<0,1. Cálculos propios a partir de los datos de la EAM (2013 – 2016) y de la EDIT (2013-2014 y 2015-2016).

Apéndice L. Resultados completos de regresión para la ecuación (17): modelo de la productividad laboral (logaritmo natural de las ventas por empleado).

	Innov. en productos	Innovación en procesos	Innov. en prod. o proc	Innov. en org.	Obtuvo DPI
Inversor en bienes de capital fijo	0,017*** (0,006)	0,002 (0,006)	0,022*** (0,006)	0,024*** (0,006)	0,025*** (0,006)
Inversor en TIC	0,031*** (0,005)	0,033*** (0,005)	0,036*** (0,005)	0,035*** (0,005)	0,036*** (0,005)
Número de empleados (cientos)	0,000*** (0,000)	0,000*** (0,000)	0,000*** (0,000)	0,000*** (0,000)	0,000*** (0,000)
Cientos de empleados <sup>2</sup>	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)	-0,000*** (0,000)
Log(Capital por trabajador)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)	0,116*** (0,006)
Log(Consumo intermedio per c.)	0,381*** (0,019)	0,380*** (0,019)	0,382*** (0,019)	0,382*** (0,019)	0,382*** (0,019)
% de trabajadores cualificados	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)
Año: 2015	0,009*** (0,003)	0,010*** (0,003)	0,010*** (0,003)	0,010*** (0,003)	0,010*** (0,003)
Año: 2016	0,032*** (0,004)	0,031*** (0,004)	0,036*** (0,004)	0,035*** (0,004)	0,036*** (0,004)
Año: 2017	0,048*** (0,005)	0,046*** (0,005)	0,053*** (0,005)	0,052*** (0,005)	0,053*** (0,005)
Elaboración de bebidas	0,090** (0,043)	0,100** (0,043)	0,079* (0,043)	0,074* (0,043)	0,076* (0,043)
Fabricación de productos textiles	-0,030 (0,027)	-0,039 (0,027)	-0,036 (0,027)	-0,036 (0,027)	-0,026 (0,027)
Confección de prendas de vestir	0,053** (0,023)	0,035 (0,023)	0,029 (0,023)	0,026 (0,023)	0,030 (0,023)
Curtido de cueros;calzado;artículos de viaje, maletas	-0,078*** (0,023)	-0,086*** (0,023)	-0,089*** (0,023)	-0,089*** (0,023)	-0,087*** (0,023)
Fabricación de productos de madera y de corcho	-0,144*** (0,028)	-0,158*** (0,028)	-0,159*** (0,028)	-0,159*** (0,028)	-0,148*** (0,028)
Papel, cartón y productos de papel y cartón	0,056* (0,032)	0,059* (0,032)	0,052 (0,033)	0,051 (0,033)	0,059* (0,033)
Actividades de impresión y de copias	0,018 (0,029)	0,010 (0,029)	0,013 (0,030)	0,012 (0,030)	0,024 (0,030)
Coquización, productos de la refinación del petróleo y mezcla de combustibles	0,230*** (0,055)	0,238*** (0,055)	0,229*** (0,055)	0,225*** (0,054)	0,237*** (0,055)
Sustancias y productos químicos	0,113*** (0,020)	0,131*** (0,020)	0,126*** (0,021)	0,129*** (0,021)	0,125*** (0,020)
Productos farmacéuticos, químicos medicinales y botánicos farmacéuticos	0,278*** (0,041)	0,294*** (0,041)	0,291*** (0,041)	0,296*** (0,041)	0,269*** (0,041)
Productos de caucho y de plástico	-0,037** (0,017)	-0,037** (0,017)	-0,037** (0,017)	-0,037** (0,017)	-0,027 (0,017)
	0,235***	0,229***	0,230***	0,229***	0,238***

	Innov. en productos	Innovación en procesos	Innov. en prod. o proc	Innov. en org.	Obtuvo DPI
Otros productos minerales no metálicos	(0,029)	(0,029)	(0,030)	(0,030)	(0,030)
Productos metalúrgicos básicos	0,021 (0,030)	0,025 (0,029)	0,010 (0,030)	0,008 (0,030)	0,019 (0,030)
Productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	-0,067*** (0,019)	-0,067*** (0,019)	-0,074*** (0,020)	-0,076*** (0,020)	-0,067*** (0,020)
Productos informáticos, electrónicos y ópticos	0,124 (0,103)	0,100 (0,103)	0,101 (0,103)	0,091 (0,103)	0,089 (0,101)
Aparatos y equipo eléctrico	-0,006 (0,032)	0,014 (0,031)	0,007 (0,032)	0,010 (0,032)	0,012 (0,032)
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	-0,057** (0,022)	-0,035 (0,022)	-0,053** (0,022)	-0,054** (0,022)	-0,046** (0,022)
Fabricación de vehículos automotores, remolques	-0,078*** (0,025)	-0,060** (0,025)	-0,074*** (0,025)	-0,072*** (0,025)	-0,060** (0,024)
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	-0,129** (0,054)	-0,089* (0,054)	-0,131** (0,055)	-0,132** (0,055)	-0,143*** (0,054)
Fabricación de muebles, colchones y somieres	-0,136*** (0,023)	-0,137*** (0,023)	-0,139*** (0,023)	-0,141*** (0,023)	-0,132*** (0,023)
Otras industrias manufactureras	-0,035* (0,020)	-0,028 (0,020)	-0,033* (0,020)	-0,034* (0,020)	-0,030 (0,020)
Instalación, mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	-0,041 (0,082)	-0,048 (0,081)	-0,048 (0,082)	-0,050 (0,083)	-0,041 (0,083)
Antioquia	0,068*** (0,013)	0,053*** (0,013)	0,076*** (0,013)	0,078*** (0,013)	0,075*** (0,013)
Atlántico	0,053*** (0,020)	0,049** (0,020)	0,052*** (0,020)	0,052*** (0,020)	0,057*** (0,020)
Bolívar	0,124*** (0,037)	0,133*** (0,037)	0,122*** (0,037)	0,124*** (0,037)	0,120*** (0,037)
Boyacá	0,010 (0,039)	-0,023 (0,039)	0,007 (0,039)	0,007 (0,039)	0,010 (0,039)
Caldas	-0,027 (0,028)	-0,038 (0,028)	-0,014 (0,028)	-0,010 (0,028)	-0,015 (0,028)
Cauca	0,149*** (0,046)	0,150*** (0,046)	0,156*** (0,046)	0,163*** (0,047)	0,174*** (0,047)
Cesar	0,167*** (0,059)	0,132** (0,060)	0,133** (0,058)	0,127** (0,058)	0,127** (0,059)
Córdoba	-0,071 (0,052)	-0,131** (0,053)	-0,099* (0,052)	-0,092* (0,052)	-0,074 (0,053)
Cundinamarca	0,078*** (0,017)	0,079*** (0,017)	0,086*** (0,017)	0,088*** (0,017)	0,086*** (0,016)
Huila	0,107** (0,048)	0,068 (0,047)	0,074 (0,048)	0,072 (0,048)	0,075 (0,048)
Magdalena	0,013 (0,052)	-0,012 (0,051)	0,010 (0,052)	0,016 (0,052)	0,033 (0,052)
Meta	0,061 (0,064)	0,028 (0,064)	0,040 (0,064)	0,038 (0,064)	0,049 (0,065)
Nariño	-0,131** (0,060)	-0,159*** (0,059)	-0,144** (0,060)	-0,143** (0,060)	-0,134** (0,060)

	Innov. en productos	Innovación en procesos	Innov. en prod. o proc	Innov. en org.	Obtuvo DPI
N. De Santander	-0,012 (0,035)	-0,024 (0,035)	-0,012 (0,035)	-0,012 (0,036)	-0,010 (0,036)
Quindío	0,046 (0,039)	0,027 (0,039)	0,049 (0,039)	0,051 (0,040)	0,061 (0,039)
Risaralda	-0,081*** (0,029)	-0,074** (0,029)	-0,063** (0,029)	-0,057* (0,029)	-0,065** (0,029)
Santander	-0,015 (0,020)	-0,038* (0,020)	-0,014 (0,020)	-0,011 (0,020)	-0,005 (0,020)
Sucre	-0,063 (0,170)	0,291* (0,172)	-0,037 (0,170)	-0,036 (0,170)	-0,051 (0,171)
Tolima	-0,024 (0,053)	-0,061 (0,053)	-0,031 (0,053)	-0,031 (0,054)	-0,024 (0,054)
Valle Del Cauca	-0,007 (0,014)	-0,009 (0,014)	-0,010 (0,014)	-0,009 (0,014)	-0,010 (0,014)
Casanare	0,311** (0,124)	0,241* (0,126)	0,284** (0,124)	0,291** (0,123)	
Vichada	0,031 (0,110)	-0,056 (0,109)	-0,015 (0,109)	-0,008 (0,109)	-0,007 (0,111)
Innovador en productos	0,045*** (0,004)				
Innovador en procesos		0,063*** (0,005)			
Innovador en productos o en proc.			0,067*** (0,011)		
Innovador organizacional				0,094*** (0,026)	
Obtención de derechos de PI					0,267*** (0,035)
Constante	6.171*** (0,164)	6.204*** (0,164)	6.049*** (0,160)	6.046*** (0,160)	6.046*** (0,160)
Observaciones	30,598	30,598	30,598	30,598	30,583

**Notas:** La base para los efectos fijos de los años es el 2014. Para las industrias es la preparación de alimentos, y para los departamentos es Bogotá. Se presentan los errores estándares por clúster a nivel de la empresa entre paréntesis. P-valor: \*\*\*<0,01, \*\*<0,05, \*<0,1. Cálculos propios a partir de los datos de la EAM (2013 – 2016) y de la EDIT (2013-2014 y 2015-2016).