



Fecha		
DD	MM	AAAA
18	11	2021

1. Presentación del trabajo (trabajo de grado, investigación o tesis).					
Código	Documento de Identidad		Apellidos	Nombres	Correo electrónico
	Tipo	número			
0431313001	C.C.	1143393495	LÓPEZ VERHELST	NICOLÁS DAVID	nlopezv@unicartagena.edu.co
Programa	ECONOMÍA				
Facultad	CIENCIAS ECONÓMICAS				
Título al que opta	ECONOMISTA				
Asesor	ALVARO ANDRÉS ESCOBAR ESPINOSA				
Título de la obra: OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE COLOMBIA					
Palabras claves (materias): OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN; BARRERAS A LA INNOVACIÓN; EMPRESAS MANUFACTURERAS					
2. Autorización de publicación de versión electrónica del trabajo (trabajo de grado, investigación o tesis).					
<p>Con esta autorización hago entrega del trabajo de grado (investigación o tesis) y de sus anexos (si existen), de forma gratuita en forma digital o electrónica (CD-ROM, DVD) y doy plena autorización a la Universidad de Cartagena, de forma indefinida, para que en los terminos establecidos en la ley 23 de 1982, la Ley 44 de 1993, leyes y jurisprudencia vigente al respecto, haga la publicación de éste, con fines educativos. Esta autorización, es válida sobre la obra en formato o soporte material, digital, electrónico o virtual, para usos en red, internet, intranet, biblioteca digital o cualquier formato conocido o por conocer.</p> <p>EL AUTOR, expresa que el trabajo de grado (investigación o tesis) objeto de la presente autorización, es original y la elaboró sin quebrantar ni suplantar los derechos de autor de terceros, de tal forma que el Trabajo es de su exclusiva autoría y tiene la titularidad sobre éste. En caso de queja o acción por parte de un tercero referente a los derechos de autor sobre el trabajo de grado en cuestión EL AUTOR, asumirá la responsabilidad total, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad de Cartagena actúa como un tercero de buena fe.</p> <p>Toda persona que consulte ya sea la biblioteca o en medio electrónico podrá copiar apartes del texto <u>citando</u> siempre la fuentes, es decir el título del trabajo, autor y año.</p> <p>Esta autorización no implica renunciar a la facultad que tengo de publicar total o parcialmente la obra. La autorización debe estar respaldada por las firmas de todos los autores del trabajo de grado.</p> <p>Si autorizo</p>					
3. Firma					
Firma Autor 1				Firma Autor 2	
Firma Autor 3				Firma Autor 4	



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
Fundada en 1827

Fecha		
DD	MM	AAAA
18	11	2021



**Universidad  
de Cartagena**  
Fundada en 1827



Acreditación Institucional de Alta Calidad  
Resolución 2583 del 26 de febrero de 2014. Ministerio de Educación Nacional

## REMISIÓN PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

FECHA : Cartagena de indias, 9 de octubre de 2020.  
DE : COMITÉ DE GRADUACIÓN.  
PARA : Doctor(es):  
**1. JOSÉ ÁNGEL VILLALBA HERNÁNDEZ**  
**2. GUSTAVO ADOLFO GARCÍA CEDIEL**  
ASUNTO : **REMISIÓN PROYECTO DE GRADO.**

Cordial saludo:

Para su consideración y estudio remitimos a usted(es), el proyecto de Grado titulado:  
**“OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE COLOMBIA”.**

AUTOR(A) : NICOLÁS DAVID LÓPEZ VERHELST

ASESOR(A) : ÁLVARO ANDRÉS ESCOBAR ESPINOZA

Sírvase remitir el concepto respectivo, marcando con una **X** los términos de:

APROBADO	<input type="checkbox"/>	NO APROBADO	<input type="checkbox"/>
APLAZADO	<input type="checkbox"/>	MERITORIA	<input checked="" type="checkbox"/>

Atentamente,

**RD – JVH - 2020 - 0024**

**JOSÉ ÁNGEL VILLALBA HERNÁNDEZ**

Director – Programa de Economía

**Recibe Jurado:**

**Firmas:**

1. GUSTAVO A. GARCÍA CEDIEL

**P.D: El plazo máximo para la entrega de este concepto es hasta el 30 de octubre de 2020.**



ISO 9001

icontec  
INTERNACIONAL

SC-CER153470



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS – PROGRAMA DE ECONOMÍA

Dirección: Barrio Piedra de Bolívar. Av. El Consulado, calle 30 N° 48 – 152. Telefax: 6754453- 4 Ext: 117.

E-mail: [preconomia@unicartagena.edu.co](mailto:preconomia@unicartagena.edu.co) Código Postal: 195. Apartado Aéreo N° 1382

web: [www.unicartagena.edu.co](http://www.unicartagena.edu.co) Cartagena de Indias, D.T y C – Colombia



**Universidad  
de Cartagena**  
Fundada en 1827



Acreditación Institucional de Alta Calidad  
Resolución 2583 del 26 de febrero de 2014. Ministerio de Educación Nacional

## REMISIÓN PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

FECHA : Cartagena de indias, 9 de octubre de 2020.  
 DE : COMITÉ DE GRADUACIÓN.  
 PARA : Doctor(es):  
**1. JOSÉ ÁNGEL VILLALBA HERNÁNDEZ**  
**2. GUSTAVO ADOLFO GARCÍA CEDIEL**  
 ASUNTO : **REMISIÓN PROYECTO DE GRADO.**

Cordial saludo:

Para su consideración y estudio remitimos a usted(es), el proyecto de Grado titulado:  
**“OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE COLOMBIA”.**

AUTOR(A) : NICOLÁS DAVID LÓPEZ VERHELST

ASESOR(A) : ÁLVARO ANDRÉS ESCOBAR ESPINOZA

Sírvase remitir el concepto respectivo, marcando con una **X** los términos de:

APROBADO	<input type="checkbox"/>	NO APROBADO	<input type="checkbox"/>
APLAZADO	<input type="checkbox"/>	MERITORIA	<input checked="" type="checkbox"/>

Atentamente,

RD – JVH - 2020 - 0024

**JOSÉ ÁNGEL VILLALBA HERNÁNDEZ**

Director – Programa de Economía

Recibe Jurado:

Firmas:

1. JOSÉ VILLALBA HERNÁNDEZ

**P.D: El plazo máximo para la entrega de este concepto es hasta el 30 de octubre de 2020.**



ISO 9001

icontec

SC-CER153470



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS – PROGRAMA DE ECONOMÍA

Dirección: Barrio Piedra de Bolívar. Av. El Consulado, calle 30 N° 48 – 152. Telefax: 6754453- 4 Ext: 117.

E-mail: [preconomia@unicartagena.edu.co](mailto:preconomia@unicartagena.edu.co) Código Postal: 195. Apartado Aéreo N° 1382

web: [www.unicartagena.edu.co](http://www.unicartagena.edu.co) Cartagena de Indias, D.T y C – Colombia



**Universidad  
de Cartagena**  
Fundada en 1827



Acreditación Institucional de Alta Calidad  
Resolución 2585 del 26 de febrero de 2014 - Ministerio de Educación Nacional

Cartagena de Indias, 30 de septiembre de 2020

Señores  
**COMITÉ DE GRADUACIÓN**  
Programa de Economía  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de Cartagena

Asunto: Remisión de trabajo de grado

Cordial saludo.

Por medio de la presente me permito presentar el trabajo de grado titulado "OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE COLOMBIA", realizado por el estudiante NICOLAS DAVID LOPEZ VERHELST como requisito parcial para optar por el título de Economista. Me permito comunicarles que he dirigido la elaboración del presente documento, el cual es presentado a su consideración y de los jurados asignados, para que se hagan todas las sugerencias y recomendaciones que a su juicio consideren pertinentes con el fin de mejorar la calidad académica del mismo.

Agradezco de antemano su gentil atención y colaboración.

Atentamente,

RD0061  
ANDRES ESCOBAR, PhD  
Coordinador Académico General

Con el código siguiente: 3e70898dc28c2f0397343427f3927b63545db3d8 usted podrá consultar en el siguiente enlace la veracidad del documento: <https://serviciosdigitales.sistemasudec.com/index.php/secretaria-general/verificar-firma>



**COORDINACIÓN ACADÉMICA GENERAL**  
Centro - Calle de la Universidad Cra. 6 No. 36-100, Claustro de San Agustín Telefax: 6600685  
E-mail: [cooracademica@unicartagena.edu.co](mailto:cooracademica@unicartagena.edu.co) web: [www.unicartagena.edu.co](http://www.unicartagena.edu.co)  
Cartagena de Indias, D.T. y C. - Colombia

Cartagena de Indias D. T. y C., 30 de septiembre de 2020

Señores,

**COMITÉ DE GRADUACIÓN**  
Programa de Economía.  
Universidad de Cartagena  
Ciudad. -

Cordial saludo.

Por medio de la presente hago entrega del trabajo de grado titulado "OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE COLOMBIA", como requisito parcial para optar por el título de Economista. Este es presentado a su consideración para que se realicen las correcciones y recomendaciones que se consideren pertinentes con el fin de mejorar la calidad académica del mismo. El presente es elaborado bajo la asesoría del docente Álvaro Andrés Escobar Espinoza.

De antemano agradezco su muy gentil colaboración.

Cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nicolás David López Verhelst', written over a horizontal line.

Nicolás David López Verhelst.  
Estudiante Facultad de Ciencias Económicas,  
Universidad de Cartagena.

## **Agradecimientos**

*Hacer un trabajo de grado o cualquier documento de índole científico demanda esfuerzo, dedicación y constancia por parte del autor. Lograr suplir estas exigencias no sería tarea fácil si no se contase con el apoyo necesario por parte de quienes nos rodean. Es por esta razón que se hace imperativo reconocer a aquellas personas que, por medio de su apoyo incondicional, permitieron la culminación de este documento e hicieron mucho más llevadero el trabajo. En primera instancia deseo agradecer a mi familia, ya que ellos siempre me apoyaron en los momentos cruciales de este trabajo. En especial agradezco a mi madre Milena López y a mi tía Vivian López, a ellas les debo lo que soy hoy como persona, y es gracias a ellas que tuve el privilegio de cursar estudios superiores. También deseo agradecer a todos mis profesores, sin ellos no sería el profesional que soy hoy. De todos ellos pude aprender algo, sin embargo, los siguientes profesores me brindaron su apoyo incondicional en algún momento de mi carrera: Prof. Gerardo Rodríguez, Prof. Jorge Herrera, Prof. José Villalba, Prof. Luis López, Prof. Paola Graziano y Prof. Robinson Castro. Es mucho lo que tengo que agradecerles, pero es poco el espacio para hacerlo. Mención especial deseo hacer al Prof. Andrés Escobar, quien ha sido parte activa en mi formación, tanto académica como profesional, y también me ha brindado su amistad incondicional. Al él le debo muchísimo, y casi todo lo que le debo es imposible de cuantificar en términos monetarios. Espero estar a la altura de sus expectativas. Por último, y no menos importante, deseo agradecer a mi novia Sara Bigaran. Ella me incentivó constantemente a superar los obstáculos de este arduo camino y, a pesar del poco tiempo de conocernos, ha sabido complementarme.*

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**PROGRAMA DE ECONOMÍA**

**OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN EN EMPRESAS  
MANUFACTURERAS DE COLOMBIA**

**Estudiante:**

**NICOLÁS DAVID LÓPEZ VERHELST**

**COD: 0431313001**

**Director:**

**ANDRES ESCOBAR ESPINOZA, PhD**

**Cartagena de Indias D. T. y C., Colombia**

**SEPTIEMBRE, 2020**

## **Resumen**

El presente trabajo se propone analizar la relación entre la propensión a innovar y la percepción de barreras a la innovación en empresas manufactureras colombianas para el periodo 2015-2016. Dicha relación se estimó por medio de un modelo probit utilizando datos de corte transversal provistos por la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT). También se realizaron controles al modelo utilizando variables que reflejaran otras características de las empresas como son su tamaño, intensidad tecnológica de las industrias, etc. Entre los resultados relevantes se encuentra que las barreras a la innovación presentan efectos negativos sobre la propensión a innovar. Las barreras financieras presentan el mayor efecto seguido de las barreras de mercado. Por otra parte, las variables de control que presentaron mejores ajustes fueron el logaritmo natural del empleo y la intensidad tecnológica alta de las industrias, ambas con efectos positivos sobre la propensión a innovar.

## Resumen ejecutivo

Toda la actividad innovadora que se lleva a cabo dentro de un país está enmarcada en un determinado contexto político, institucional y de mercado. Estos contextos se conocen en la literatura como *Sistemas de Innovación*. Un Sistema Nacional de Innovación (SNI) se entiende como el conjunto de instituciones, universidades, empresas y otros actores sociales que relacionados entre sí propician la creación de innovaciones. El SNI colombiano tiene como cabeza principal al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias). Los otros elementos que participan dentro del SNI colombiano son las universidades y otras entidades tanto privadas como públicas que fomentan la ciencia y la creación de innovaciones. Entre estas se encuentran Bancoldex, iNNpulsa, ACAC, etc.

MinCiencias tiene bajo su cargo una serie de proyectos, los cuales busca incentivar la innovación en las empresas, conectar a las universidades con las necesidades de la industria, mejorar la calidad de la investigación en Colombia y fomentar el uso de la ciencia en la resolución de problemas cotidianos. Esto redundará en mayores oportunidades investigativas tanto a nivel local como a nivel internacional, ampliación de las redes investigativas a nivel internacional y mayores incentivos para innovar por parte de las empresas.

Una importante conexión entre el estado, la academia y las empresas se genera con la creación de parques científicos y tecnológicos. En ellos, la actividad empresarial puede verse nutrida por el conocimiento generado en la academia y el apoyo del estado. En Colombia existen tres proyectos de parques científicos y tecnológicos, a saber: Parque Biopacífico, Parque Guatiguará y Parque Tecnológico de Bogotá. Con la puesta en marcha de estos parques se fortalecerá la innovación en las regiones donde se ubican y se mejorará los indicadores a nivel nacional.

El desempeño de los Sistemas Nacionales de Innovación se puede medir por medio de *indicadores científicos e indicadores de patentes y tecnológicos*. Los indicadores científicos del Sistema Nacional de Innovación colombiano muestran un rezago a nivel regional en materia de producción científica. También es cierto que a nivel interno se han venido presentado mejoras en esta materia. Estas mejoras se podrían explicar debido a una ampliación de la capacidad productiva y las creaciones de mayores redes de trabajo tanto a nivel local como regional.

Los indicadores de patentes y tecnológicos muestran la existencia de brechas considerables entre Colombia y los países líderes de la región. Sin embargo, Colombia ha venido mejorando sus indicadores de producción tecnológica. También se poseen brechas marcadas con los países líderes en la región en apoyo a la investigación. Esto es evidente debido al bajo gasto en I+D como

proporción del PIB (PPC). Todo esto se ve reflejado en que durante los últimos años Colombia se ha mantenido por debajo del promedio de América Latina en proporción de gasto en I+D.

Por otra parte, los datos procesados de la EDIT apoyan a los indicadores mostrados y brindan mayor información con respecto a las empresas manufactureras del país. La primera característica importante de las empresas manufactureras es que poseen baja propensión a innovar. Aproximadamente el 70% de las empresas son no innovadoras. De aquellas que son innovadoras, la gran mayoría se clasifican como innovadoras en sentido amplio, es decir, son innovadoras dentro del país más no fuera de este. La barrera a la innovación que mayormente perciben las empresas es la barrera financiera, les siguen las de conocimiento, mercado e institucionales.

En general, las empresas que son innovadoras (innovadoras en sentido amplio y estricto) tienen a ser más grandes en términos de personal ocupado; el número de empresas no exportadoras es mucho mayor que el número de empresas exportadoras. Este patrón se presenta en casi todas las empresas independientemente de su desempeño innovador. La única categoría en la cual no se presenta este patrón es en las empresas innovadoras en sentido estricto (las empresas innovadoras en sentido estricto son aquellas que son innovadoras fuera del país y, por ende, dentro de este). Las empresas con mayor nivel de gastos en actividades innovadoras son las empresas innovadoras en sentido estricto. Sin embargo, estas empresas son muy pocas. Por último, se debe resaltar que la gran mayoría de las empresas manufactureras pertenecen a industrias de baja intensidad tecnológica.

Para la estimación del modelo que relacionara la propensión a innovar y las barreras a la innovación se tomó una muestra de empresas manufactureras extraída de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT). La condición que debían cumplir estas empresas es que percibieran por lo menos una barrera a la innovación. La gran mayoría de las empresas que conforman la muestra son innovadoras. De igual manera, la mayoría de las empresas que reportaron ser innovadoras también reportaron haber percibido barreras a la innovación. Por una parte, es confuso el hecho de que estas empresas (las de la muestra) tengan bajo o nulo gasto en innovación y, sin embargo, la mayoría reporten ser innovadoras. Por otra parte, estas reportan una alta percepción de barreras a la innovación, lo cual lleva a la pregunta natural ¿cómo unas empresas que tienen bajos gastos en innovación y alta percepción de barreras a la innovación pueden ser en su mayoría innovadoras? Esto probablemente pueda ser materia de investigaciones futuras.

Siguiendo los objetivos del trabajo, se estimaron cuatro modelos de la propensión a innovar en el sector manufacturero con diferentes variables. Utilizando el criterio de Akaike, R-cuadrada ajustada, log-verosimilitud y el número de casos correctamente predichos se eligió el modelo que

presentara el mejor ajuste. Se concluyó que el mejor modelo incluía las variables: 1) barrera financiera; 2) barrera de mercado; 3) Logaritmo del empleo; 4) Gasto en innovación; 5) Empresas con alta intensidad tecnológica y 6) Intensidad de la inversión en innovación.

El efecto marginal más grande lo obtuvo las variables de intensidad tecnológica de la empresa. El efecto más pequeño fue el del gasto en innovación. Todas las variables cumplieron con los signos esperados excepto la variable de gasto en innovación. Su signo fue negativo y se esperaba un signo positivo. Por otra parte, este modelo presenta algunas amenazas a la validez interna y externa. Las amenazas a la validez interna que se pueden destacar son la incorrecta medición de algunas barreras a la innovación y la falta de variables que son importantes para el modelo. Esta primera amenaza también se constituye en una amenaza para la validez externa. La razón es que, debido a este problema, es muy difícil realizar comparaciones con los resultados de los demás países. Esto no significa que los resultados no tengan utilidad. De hecho, estas regresiones muestran relaciones muy sugestivas entre la propensión a innovar y las barreras a la innovación financieras y de mercados. Lo cual apoya los resultados de Pellegrino & Savona (2013, 2016) con respecto a la importancia de las barreras de mercado como factor que inhibe la innovación en las empresas.

# Contenido

0.1.	Planteamiento y formulación del problema .....	13
0.1.1.	Planteamiento del problema .....	13
0.1.2.	Formulación del problema .....	16
0.1.3.	Justificación .....	16
0.1.4.	Objetivo general.....	16
0.1.5.	Objetivos específicos.....	17
0.2.	Marco referencial.....	17
0.2.1.	Antecedentes .....	17
0.2.2.	Marco teórico.....	21
0.2.3.	Marco conceptual .....	27
0.2.4.	Marco legal.....	30
0.3.	Diseño metodológico .....	31
0.3.1.	Tipo de investigación.....	31
0.3.2.	Delimitación del estudio.....	31
0.3.3.	Datos .....	31
0.3.4.	Modelación.....	32
0.3.5.	Operacionalización de las variables. ....	35
0.4.	Nombres de las personas que participan en el proyecto.....	38
0.5.	Recursos disponibles y presupuesto .....	38
0.6.	Cronograma.....	38
1.	Sistema Nacional de Innovación de Colombia .....	39
1.1.	Características generales de los Sistema Nacionales de Innovación .....	39
1.2.	Sistema Nacional de Innovación colombiano .....	43
1.2.1.	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	45
1.2.2.	Otras instituciones .....	54
1.2.3.	Universidades colombianas.....	55
1.2.4.	Otras organizaciones privadas/públicas.....	57
2.	SNI y el sector empresarial colombiano.....	60
2.1.	Indicadores del SNI colombiano.....	60
2.1.1.	Indicadores científicos.....	60

2.1.2.	Indicadores innovación y patentes .....	65
2.2.	Caracterización de las empresas manufactureras .....	71
2.2.1.	Empresas por industria, barreras a la innovación y tipología .....	72
2.2.2.	Tamaño de las empresas manufactureras .....	75
2.2.3.	Desempeño exportador de las empresas manufactureras.....	77
2.2.4.	Intensidad tecnológica y gasto en innovación en empresas manufactureras. ....	78
3.	Propensión a innovar de las empresas manufactureras colombianas .....	81
3.1.	Distribución, medidas de centro y dispersión.....	81
3.2.	Análisis de relaciones entre las variables.....	86
3.3.	Modelación.....	89
3.3.1.	Estimación: propensión a innovar vs barreras a la innovación.....	89
3.3.2.	Efectos Marginales del modelo e interpretación .....	92
4.	Conclusiones y recomendaciones .....	96
5.	Referencias.....	98
6.	Anexo.....	104

## **Contenido de tablas**

Tabla 1.	Estudios que analizan los obstáculos a la innovación .....	13
Tabla 2.	Barreras a la innovación no financieras.....	28
Tabla 3.	VARIABLES DE CONTROL INCLUIDAS EN EL ANÁLISIS .....	35
Tabla 4.	Barreras a la innovación analizadas.....	37
Tabla 5.	Definiciones del concepto Sistema Nacional de Innovación .....	41
Tabla 6.	Grupos de investigación reconocidos por MinCiencias por región, años 2013 y 2019.....	63
Tabla 7.	Revistas indexadas por MinCiencias en función de la región en la cual operan para el periodo 2004-2016.....	64
Tabla 8.	Revistas indexadas por MinCiencias en función del área del conocimiento en la cual se enmarca para el periodo 2004-2016.....	64
Tabla 9.	Estadísticos descriptivos variables cuantitativas continuas. ....	85
Tabla 10.	Correlaciones entre las variables del modelo. ....	87
Tabla 11.	Estimaciones de modelos: propensión a innovar de las empresas manufactureras. ....	90
Tabla 12.	Efectos Marginal del modelo seleccionado.....	93

## **Contenido de figuras**

Figura 1.	Gráficos normales, modelo Probit .....	34
-----------	--	----

Figura 2. Modelo gráfico simplificado de los elementos de un Sistema Nacional de Innovación. ....	42
Figura 3. Estructura Sistema Nacional de Competitividad e Innovación colombiano. ....	44
Figura 4. Estructura básica de MinCiencias.....	50
Figura 5. Publicaciones en SCOPUS por cada 100.000 habitantes: países de Sudamérica para el año 2017.....	61
Figura 6. Número de documentos publicados e Índice H en países de la región para el año 2019. ....	62
Figura 7. Número de patentes otorgadas por las oficinas de cada país sudamericano para el año 2017.....	66
Figura 8. Coeficiente de invención por país sudamericano para el año 2017. ....	67
Figura 9. Serie temporal de los coeficientes inventivos colombiano y latinoamericano, periodo 2008-2017. ....	68
Figura 10. Esfuerzo relativo de países sudamericanos en materia de I+D para el año 2017, tomando como referencia el PIB (PPC).....	68
Figura 11. Serie comparativa del esfuerzo relativo en materia de I+D entre Colombia y el promedio de América Latina y el Caribe periodo 2008-2017.....	70
Figura 12. PIB per cápita vs porcentaje de gasto en investigación y desarrollo de los países suramericanos para el año 2017.....	71
Figura 13. Proporción de empresas innovadoras en función de las barreras a la innovación y su resultado innovador.....	75
Figura 14. Tamaño de las empresas manufactureras en función de sus resultados innovadores. ..	76
Figura 15. Empresas exportadoras en función de sus resultados innovadores.....	77
Figura 16. Proporción de empresas según su tipología e intensidad tecnológica, periodo 2015-2016.....	78
Figura 17. Gasto promedio en actividades innovadoras según resultado innovador de las empresas, periodo 2015-2016.....	79
Figura 18. Distribución de frecuencias de la percepción de barreras a la innovación.....	81
Figura 19. Distribución de frecuencias de variables de control cualitativas.....	82
Figura 20. Gráficos de cajas y bigotes para variables de control continuas .....	83
Figura 21. Histogramas de variables de control continuas.....	84

## **Contenido de ecuaciones**

Ecuación 1. Función de producción que incluye el trabajo, el capital y las ideas.....	22
Ecuación 2. Aumento de los factores capital y trabajo en una proporción b. ....	22
Ecuación 3. Aumento del acervo de ideas, capital y trabajo en una proporción b.....	22
Ecuación 4. Producción de bienes tangibles en función de las ideas y el trabajo. ....	24
Ecuación 5. Función de acumulación de ideas.....	25
Ecuación 6. Ecuaciones de identidad para la resolución del modelo simplificado de Romer. ....	25
Ecuación 7. Producción por trabajador en el modelo de Romer.....	26
Ecuación 8. Crecimiento de la producción por trabajador en el modelo de Romer simplificado. ...	26

Ecuación 9. Ecuación de variable latente.....	32
Ecuación 10. Ecuación de probabilidad condicional modelo Probit .....	33
Ecuación 11. Ecuación (f.d.a.) normal estándar.....	33
Ecuación 12. Efectos parciales de variables independientes.....	34
Ecuación 13. Ecuación modelo Probit estimada. ....	92

## **Anexos**

Anexo 1. Tabla: número de empresas en la EDIT según industria y tipología del DANE: periodo 2015-2016. ....	104
Anexo 2. Tabla: número de empresas que perciben barreras a la innovación según el tipo de barrera e industria, periodo 2015-2016.....	105
Anexo 3. Gasto promedio en actividades innovadoras según industrias. Periodo 2015-2016. ....	106
Anexo 4. Figura. Distribución de frecuencia de variables cualitativas en función de los resultados en innovación de las empresas. ....	107
Anexo 5. Figura. Distribución de frecuencia de variables cualitativas en función de los resultados en innovación de las empresas. ....	108
Anexo 6. Figura. Gráfica de cajas y bigotes de variables cuantitativas en función de los resultados en innovación de las empresas. ....	109

## 0.1. Planteamiento y formulación del problema

### 0.1.1. Planteamiento del problema

La literatura científica que analiza los obstáculos a la innovación en las empresas se ha enfocado en mayor medida en las limitaciones financieras o de recursos financieros (Crespi & Álvarez, 2015; Hall, 2002; Schiantarelli, 1995). En particular, se estudia lo relacionado a la gran incertidumbre, la presencia de asimetrías de la información y las complejidades de los mercados, específicamente a los retornos financieros de las inversiones en Investigación y Desarrollo (I+D), además de considerar la habilidad de atraer fondos externos para tal fin.

Existe evidencia científica sobre la presencia de barreras a la innovación, donde diversos autores señalan que las barreras más comunes a las que suelen enfrentarse las empresas en diferentes países se encuentran relacionadas con los aspectos financieros y de conocimiento (Bukstein, Hernández, & Usher, 2019; Canales & Álvarez, 2017; Coad, Pellegrino, & Savona, 2014, 2015; Corchuelo & Guerra, 2015; D'Este, Iammarino, Savona, & Von Tunzelmann, 2008; Demiras, 2008; Galia & Legros, 2004; Hadjimanolis, 1999; McCann, 2010; Pellegrino, 2017; Piater, 1984; Segarra & Teruel, 2010; Silva, Leitão, & Raposo, 2008). En menor medida, se encuentran aquellas relacionadas con la estructura del mercado, regulatorias e inherentes a la empresa (Baldwin & Lin, n.d.; Bukstein et al., 2019; Corchuelo & Guerra, 2015; Demiras, 2008; Madrid-guijarro, Garcia, & Auken, 2009; McCann, 2010; Pellegrino, 2017; Pellegrino & Savona, 2016; Tourigny & Le, 2004)

Sin embargo, a pesar de reconocer el rol de otros obstáculos indirectos, ninguna de estas contribuciones se enfocó a proveer una mirada detallada de otras fuentes de fallas a la innovación de manera sistémica. A pesar de esto, existen algunas excepciones que consideran factores relacionados con el mercado y la demanda, en igual importancia a las condiciones de financiamiento, para determinar las fallas en innovación de las empresas (Pellegrino & Savona, 2013, 2016). Lo anterior permite ubicar el financiamiento en una perspectiva donde aspectos tradicionales como las estructuras de mercado y la demanda se constituyen como elementos importantes para que las empresas no sean exitosas en los procesos de innovación.

*Tabla 1.* Estudios que analizan los obstáculos a la innovación

<b>Autor</b>	<b>Barreras a la innovación</b>
Piater (1984) Ocho países europeos	- Sistema de educación y mano de obra calificada - Escasa incidencia capital-riesgo y bancos en la financiación - Trabas Burocráticas - Baja Efectividad normativa de la propiedad intelectual
Hadjimanolis (1999) Chipre	- Elevada burocracia - Falta de un esquema adecuado de financiación de la innovación - Falta de personal calificado

Baldwin & Lin (2002) Canadá	- Nivel externo: regulación - Nivel externo: elevado coste, habilidades organizacionales, falta de información científica y tecnológica
Galia & Legros (2004) Francia	- Falta de personal cualificado
Tourigny & Le (2004) Canadá	- Elevados costes - Rigidez de las organizaciones (pymes)
D'Este, Iammarino, Savona, & Von Tunzelmann (2008) Reino Unido	- Factores de costes - Factores de conocimiento - Factores de mercado - Factores de regulación
Demiras (2008) Turquía	- Falta de políticas tecnológicas y de I+D - Impacto negativo de la economía informal sobre la inversión - Falta de fuentes de financiación adecuadas - Falta de personal cualificado
Silva, Leitão, & Raposo (2008) Portugal	- Elevados costes - Falta de financiación - Falta de personal cualificado - Falta de respuesta de los clientes
Madrid-guijarro, Garcia, & Auken (2009) España	- Elevados costes - Resistencia empleado/directivo
McCann (2010) Reino Unido	- Falta de financiación (coste y acceso, pymes) - Excesiva regulación (pymes) - Falta de competitividad (pymes) - Falta de información sobre tecnología (grandes) - Falta de personal I+D cualificado (grandes)
Segarra & Teruel (2010) España	- Elevado coste de los proyectos - Dificultades de acceso al conocimiento
Coad, Pellegrino, & Savona (2014) Reino Unido	- Disponibilidad de recursos financieros - Falta de personal capacitado
Crespi & Álvarez (2015) Chile	- Restricciones financieras
Corchuelo & Guerra (2015) España	- Falta de apoyo por la administración - Falta de financiación interna y externa. - Costes elevados - Riesgo económico elevado
Pellegrino & Savona (2016) Reino Unido	- Regulación - Restricciones heterogéneas por sector económico
Canales & Álvarez (2017) Chile	- Factores de conocimiento
Pellegrino (2017) España	- Factores de costos - Factores de conocimiento - Factores de mercado
Bukstein, Hernández, & Usher (2019) Uruguay	- Obstáculos financieros - Obstáculos de conocimiento - Obstáculos de mercado - Obstáculos institucionales - Obstáculos de contexto

**Fuente:** Elaborado con base a Corchuelo & Carvalho (2013)

El análisis de las barreras a la innovación ha sido posible, en gran medida, por los datos provistos por las encuestas de innovación nacionales, las cuales permiten incrementar el análisis del rol de dichos obstáculos en dos importantes direcciones: la primera, provee un indicador directo sobre la percepción de los obstáculos a la innovación en un sentido más amplio, y más allá de los obstáculos financieros. Lo anterior incluye la percepción del conocimiento y las barreras relacionadas con la

información, estructuras de mercado, demanda y obstáculos de regulaciones. La segunda, permite investigar si este set de obstáculos o barreras afectan el comportamiento de las empresas en las diferentes etapas del ciclo de innovación, en las decisiones para innovar, su involucramiento en actividades de innovación (las cuales van más allá del gasto tradicional en I+D), y la introducción exitosa de nuevos productos y procesos en los mercados.

Para el caso colombiano existen algunas aproximaciones al estudio del desempeño innovador de las empresas manufactureras (Albarracín & Lema, 2012; Barona Zuluaga, Rivera Godoy, & Aguilera Cifuentes, 2015; Langebaek & Vásquez, 2007; Padilla, 2014; Villarreal, Arias, Salas, & Holguín, 2014). Algunos se proponen hallar los determinantes del desempeño innovador y de la inversión en I+D (Langebaek & Vásquez, 2007; Villarreal et al., 2014). En ellos se consideran las barreras a la innovación, más no analizan un set amplio de estas, y otros sólo se limitan a un estudio de carácter descriptivo de los obstáculos (Padilla, 2014; Villarreal et al., 2014). También se analiza la relación del desempeño innovador con el rendimiento de las empresas y las fuentes de financiación con el desempeño innovador (Albarracín & Lema, 2012; Barona Zuluaga et al., 2015).

Los datos para Colombia muestran que, de 7.947 empresas que hacen parte de la Encuesta de Desarrollo, Innovación y Tecnología entre 2015 y 2016, el 74,7% eran no innovadoras, el 21,7% eran innovadoras y el 3,6% restante eran potencialmente innovadoras. Luego, el 88,1% de las empresas que son innovadoras o potencialmente innovadoras perciben por lo menos una barreras a la innovación (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017). Estas cifras revelan, básicamente, dos cosas: la primera es que para el año 2017 aproximadamente tres de cada cuatro empresas en Colombia eran *no innovadoras*. La segunda es que las barreras a la innovación tienen relevancia dentro de la dinámica innovadora de las empresas manufactureras colombianas, esto lo confirma el hecho de que aproximadamente cuatro de cada cinco empresas *innovadoras* y *potencialmente innovadoras* afirman percibir por lo menos una barrera a la innovación.

De esta forma se evidencia que, en comparación con los estudios internacionales, el estudio de las barreras a la innovación no ha sido abordado debidamente dentro de la literatura local. Por ejemplo, no hay estudios aplicados a Colombia que muestren qué tipo de barreras tienen mayores efectos sobre el desempeño innovador en las empresas industriales, tampoco se tiene certeza si las barreras de demanda y de conocimiento son igual de importantes que las barreras financieras para explicar el desempeño innovador. Por tanto, es posible mejorar el entendimiento que se tiene del efecto de los distintos obstáculos sobre la innovación de la industria colombiana. También es posible incorporar los últimos avances en materia metodológica y marco de comprensión que se tienen acerca de la innovación, con el fin de ambientar el debate en Colombia en torno al tema.

### **0.1.2. Formulación del problema**

¿Cómo inciden las distintas barreras a la innovación sobre la propensión a innovar de las empresas manufactureras colombianas?

### **0.1.3. Justificación**

A mitad del siglo pasado, las nuevas características del entorno económico mundial forzaron a las empresas a hacerse más competitivas para garantizar su subsistencia. La globalización, la cooperación más allá de las fronteras y los avances tecnológicos han replanteado las reglas del juego y ponen a prueba la capacidad de los jugadores para adaptarse a nuevos escenarios (Bateman & Snell, 2009). Tanto los gobiernos como la academia se han dado cuenta de eso, lo cual les ha motivado a investigar la innovación como fuente de ventaja competitiva. En este sentido, ha florecido desde los tiempos de Schumpeter una línea de investigación completamente orientada a entender cuáles son las fuentes de innovación de las empresas y qué las motiva, hasta su posterior impacto en el desarrollo económico. Pero llegados a este punto no basta con entender de donde surge y que la motiva, también es necesario entender que la detiene o la inhibe.

Por otra parte, el apoyo a la innovación de las empresas por medio de incentivos fiscales se ha convertido en una estrategia muy extendida por parte de los gobiernos de países más desarrollados. El mínimo para llevar a cabo esta estrategia es identificar los puntos claves del proceso de innovación en los cuales se deban enfocar los esfuerzos gubernamentales. De esta forma, el estudio de las barreras a la innovación se hace importante para los hacedores de política. El objetivo es lograr eficiencia en el gasto destinado al estímulo de la innovación y, para ello, es de vital importancia contar con estudios que identifiquen en qué obstáculos se deben canalizar los esfuerzos y los recursos.

Debido a que en Colombia no se disponen de estudios precedentes que analicen debidamente los obstáculos a la innovación y su relación con el desempeño innovador, los resultados de este documento pretenden ser una primera aproximación en este sentido. Esto es importante porque llena un actual vacío en la literatura local y aporta una nueva evidencia a la literatura internacional.

La sociedad en general también se verá beneficiada. Los potenciales aumentos de la innovación, producto de mejores políticas, elevan las perspectivas de crecimiento económico (Galindo Martín & Méndez Picazo, 2012; Schumpeter, 1947), de esta forma la sociedad gozará de mejores niveles de vida a largo plazo.

### **0.1.4. Objetivo general**

Analizar la relación entre los obstáculos a la innovación y la propensión a innovar en las empresas manufactureras colombianas.

### **0.1.5. Objetivos específicos**

1. Describir las principales características del sistema de innovación colombiano.
2. Describir indicadores básicos del sistema nacional de innovación colombiano.
3. Caracterizar el sector manufacturero colombiano en términos de sus resultados en innovación.
4. Estimar los efectos de los obstáculos a la innovación sobre la propensión a innovar de las empresas manufactureras colombianas, considerando algunas características propias de las empresas.

## **0.2. Marco referencial**

### **0.2.1. Antecedentes**

#### **0.2.1.1. Barreras a la innovación.**

El análisis de las barreras financieras se enfoca en la disponibilidad de fuentes de financiación de las empresas, en sus costos y en el riesgo implícito que se asume en los negocios. Una aproximación en este sentido se presenta en Hall (2010), el cual analiza la relación entre financiación e innovación en las empresas. Los resultados de su investigación muestran que la probabilidad de que una empresa enfrente restricciones financieras dependerá de su edad y de su tamaño. También muestra que las empresas jóvenes tienden a ser más afectadas por las restricciones financieras al igual que las empresas pequeñas. Siguiendo esta línea, García, Barona, & Madrid (2013) analizan el efecto de las distintas fuentes de financiación sobre la actividad innovadora de las pequeñas y medianas empresas iberoamericanas, el principal hallazgo de esta investigación es que hay una relación positiva y significativa entre la disponibilidad de fuentes de financiación externas y propensión a innovar.

La percepción de elevados costos de innovación también disuade a las empresas de llevar a cabo acciones innovadoras, lo cual se constituye en una barrera financiera importante entre las empresas. Coad, Pellegrino, & Savona (2014, 2015) hallan que el costo y la no disponibilidad de la financiación representan limitaciones para la innovación en las empresas británicas sin importar su nivel de productividad. Dichas barreras de costo pueden verse exacerbadas en empresas jóvenes (Pellegrino, 2017). A nivel latinoamericano, Crespi & Álvarez (2015) estudian los efectos de las restricciones financieras sobre la innovación en empresas chilenas. En su estudio encuentran que las barreras financieras tienen un efecto negativo y significativo sobre la innovación y que dicho efecto depende del tamaño de la firma y la industria a la cual pertenece la empresa. Este último concuerda con lo hallado por Savignac (2008), el cual demuestra para el caso francés que las barreras financieras tienen una relación significativa y negativa con la decisión de llevar a cabo una acción innovadora.

Su percepción (la de las barreras financieras) por parte de las empresas tiene una relación positiva con el tamaño de la empresa y la riqueza.

Trabajos más recientes exploran, además de las barreras financieras, otras barreras con potenciales efectos sobre la propensión a la innovación, la productividad y las acciones innovadoras por parte de las empresas (Blanchard, Huiban, Musolesi, & Sevestre, 2012; Bukstein et al., 2019; Coad et al., 2014, 2015; Madeira, Carvalho, Moreira, Duarte, & Filho, 2017; Tiky, 2016). Estos obstáculos son llamados comúnmente en la literatura como barreras no financieras y se dividen en barreras de mercado, barreras de conocimiento, barreras institucionales y otras razones para no innovar (OCDE & EUROSTAT, 2005). En este sentido, Pellegrino & Savona (2013, 2016) comparan los efectos de las barreras financieras y las no financieras (en especial las barreras de mercado y conocimiento) sobre la propensión a innovar en productos y procesos de firmas británicas. Los resultados muestran que las barreras financieras y las de mercado tienen efectos significativos sobre la propensión a innovar.

Las barreras de conocimiento también tienen efectos importantes sobre la innovación. Evidencia de ello, son los resultados obtenidos en Canales & Álvarez (2017), los cuales muestran que dichas barreras tienen efectos significativos sobre la propensión a innovar en las empresas chilenas. De forma concreta, en la medida en que una empresa perciba mayores barreras de conocimiento menor será su propensión a innovar. Otras características de las empresas chilenas como son: su tamaño, si es exportadora o no, las redes de cooperación formadas con clientes y proveedores, y la interacción con otras instituciones, afectan la propensión a innovar (Fuentes & Soto, 2015). La evidencia disponible también indica que la percepción de falta de demanda incide en la decisión de invertir y el monto invertido en I+D (García-quevedo, Pellegrino, & Savona, 2017; Madeira et al., 2017). Por el contrario, la incertidumbre en la demanda (siendo diferente a la percepción de falta de demanda) parece tener un efecto débil tanto en la decisión de invertir como en el monto invertido en las industrias de media y baja tecnología para el caso español (García-quevedo et al., 2017). También se halla evidencia de que la recepción de fondos públicos incide en el comportamiento innovador de las firmas (Barbieri, Bragoli, Cortelezzi, & Marseguerra, 2019), y la falta de personal calificado también tiene un efecto restrictivo, sobre todo en las empresas de alta productividad (Coad et al., 2014, 2015; Madeira et al., 2017).

Otra forma de analizar las barreras a la innovación es observando las etapas del ciclo de la innovación que estas afectan (Pellegrino & Savona, 2013, 2016). La literatura revisada estudia básicamente dos etapas, aquella referida a la decisión de innovar y aquella referida a la introducción satisfactoria de la innovación. Para el caso de la primera, García-quevedo et al. (2017) muestra que

la incertidumbre del mercado no tiene un efecto considerable sobre dicha decisión. Sin embargo, Tiky (2016) en su estudio aplicado a las empresas etíopes no solamente halla que la percepción de falta de demanda tiene un efecto significativo en la decisión de no iniciar un proyecto de innovación, sino que la falta de financiamiento interna y el tamaño de la firma también lo están. Por otra parte, la introducción satisfactoria de la innovación está medida como la propensión a innovar. Los estudios revisados comprueban frecuentemente una relación significativa de las barreras financieras sobre dicha variable (Crespi & Álvarez, 2015; Garcia et al., 2013; Hall, 2010; Pellegrino & Savona, 2013). De igual forma, aunque con menor volumen de trabajos, se encuentra que la cualificación del persona, la poca información de los mercados, la incertidumbre en la demanda y las barreras regulatorias y de conocimiento tienen efectos significativos sobre la propensión a innovar (Bukstein et al., 2019; Canales & Álvarez, 2017; Madeira et al., 2017; Pellegrino & Savona, 2013, 2016). La última relación, aunque no se considera una etapa formalmente, consiste en el impacto de las innovaciones realizadas sobre la productividad de las empresas. Coad et al. (2014, 2015) muestra evidencia estadística que relaciona a algunas barreras como son el costo y cualificación del personal con la productividad de las empresas británicas.

Para el caso colombiano las investigaciones desarrolladas se centran en los determinantes de la inversión en innovación (Langebaek & Vásquez, 2007) y la relación entre la innovación y la productividad en el sector manufacturero (Villarreal et al., 2014). Se destaca que ninguno de los anteriores documentos analiza la propensión a innovar de las empresas colombianas. En ambos casos se utilizan datos provenientes de la encuesta de desarrollo y tecnología, conformándose datos de panel (Villarreal et al., 2014) y de corte transversal (Langebaek & Vásquez, 2007). Los resultados más relevantes muestran que el tamaño de la empresa y la cualificación promedio de la mano de obra son variables que explican en cierta medida la innovación en Colombia (Langebaek & Vásquez, 2007). Por otra parte, la presencia de personal altamente calificado tiene efecto significativo y positivo en las empresas pequeñas, más no en las medianas y grandes. Por último, los mecanismos de cooperación al igual que la presión ejercida por la demanda que enfrentan las firmas son importantes en la decisión de innovar. Muchos de estos resultados varían de acuerdo al tamaño de la empresa (Villarreal et al., 2014).

Los trabajos analizados usan datos provenientes de encuestas nacionales elaboradas a partir del Manual de Oslo. Se trabajan tanto datos de panel (Bukstein et al., 2019; García-quevedo et al., 2017; Pellegrino, 2017; Pellegrino & Savona, 2013, 2016; Villarreal et al., 2014), como de corte transversal (Canales & Álvarez, 2017; Langebaek & Vásquez, 2007; Tiky, 2016). Las variables de barreras a la innovación van acompañadas por otras de control, entre las cuales se encuentran

comúnmente el tamaño de la firma, la edad de la firma, la industria a la cual pertenece la firma, y si la firma es exportadora o no (Coad et al., 2014, 2015; Crespi & Álvarez, 2015; Fuentes & Soto, 2015; Tiky, 2016). La mayoría de los trabajos utilizan variables dependientes dicótomas (por ejemplo, decisión de innovar o no, innovador exitoso o no, etc.), lo cual lleva a que muchos de estos se muevan entre modelos logit, probit y tobit, dependiendo de la naturaleza del estudio (Blanchard et al., 2012; Canales & Álvarez, 2017; García-quevedo et al., 2017; Langebaek & Vásquez, 2007; Madeira et al., 2017; Pellegrino, 2017; Tiky, 2016; Villarreal et al., 2014)

#### **0.2.1.2. Otras características de las empresas.**

En la literatura se utiliza de forma variada las características de las empresas como variables de control. En este apartado se expondrán brevemente algunas de estas, las cuales se encuentran comúnmente en la literatura y presentan una correlación significativa con la propensión a innovar. La primera variable es el tamaño de la empresa, la cual puede ser medida como el número de empleados o como el volumen de ventas de una empresa. Esta es, por lo general, la variable que mejor ajuste presenta en la literatura. En este sentido, las empresas más grandes tienen mayores probabilidades de lograr una innovación (Blanchard et al., 2012; Bukstein et al., 2019; Canales & Álvarez, 2017; Fuentes & Soto, 2015; Pellegrino & Savona, 2013, 2016). En parte, esto se explica por la mayor disponibilidad de recursos que pueden disponer las empresas más grandes en comparación con las más chicas. Otra variable cuyo ajuste es muy relevante en la literatura es si la empresa es exportadora o no. Las empresas que son exportadoras tienen mayores probabilidades de ser innovadoras (Canales & Álvarez, 2017; Fuentes & Soto, 2015; Pellegrino & Savona, 2013, 2016). Esto se debe a que las empresas exportadoras están mucho más expuestas a la competencia internacional, lo cual incentiva al desarrollo de innovación para mantener ventajas competitivas.

La edad de la empresa no siempre es significativa, sin embargo, presenta en toda la literatura analizada un efecto negativo cuando se utiliza la muestra correcta (Canales & Álvarez, 2017; Crespi & Álvarez, 2015; Pellegrino & Savona, 2013, 2016). Esta relación se debe al hecho de que las empresas con mayor tiempo en el mercado se encuentran comúnmente en las fronteras del conocimiento respecto a su bien o servicio. Por tanto, las empresas más antiguas presentan mayores dificultades para implantar nuevas innovaciones. Una última variable cuyos efectos, al igual que la edad de la empresa, no siempre son significativos es aquella referida al nivel educativo de los empleados. Usualmente se mide como la proporción de empleados con educación superior en la empresa y su efecto es positivo sobre la propensión a innovar (Bukstein et al., 2019; Canales & Álvarez, 2017; Pellegrino & Savona, 2013, 2016). En la medida en que la empresa disponga de más mano de obra calificada mayores son las probabilidades de introducir exitosamente una innovación.

Otras variables que pueden encontrarse en el análisis de la propensión a innovar, más no son frecuentes en la literatura y sus efectos no son altamente significativos son: el gasto en innovación y cambios en la estructura organizacional (Pellegrino & Savona, 2013, 2016); redes de cooperación (Fuentes & Soto, 2015); intensidad de la inversión en I+D, la industria de la empresa y fuentes de información para la innovación (Blanchard et al., 2012); Si la firma tiene una unidad formal o informal de Investigación y Desarrollo o bien gasta en I+D (Canales & Álvarez, 2017).

## **0.2.2. Marco teórico**

### **0.2.2.1. *El conocimiento como un bien no-rival***

Comúnmente el análisis económico tiene como objetivo entender las complejidades inherentes a los bienes cuyos usos son rivales. Esta rivalidad consiste en que, el uso de un bien para un determinado fin, impide su uso para cualquier otro fin alternativo. En otras palabras, pone en la mesa el tema de la escasez y el costo de oportunidad.

En la teoría microeconómica se encuentran varios ejemplos de bienes rivales. Uno de estos ejemplos lo constituye el análisis de asignación de factores por parte de las empresas para la producción de bienes y servicios. Los factores capital y trabajo son bienes rivales. Esto implica que, ante aumentos del capital, siendo constante el factor trabajo, cada unidad de capital adicional no dispondrá de las mismas cantidades de factor trabajo para la producción de bienes de consumo. Esto también sería cierto si el factor que aumentase fuese el factor trabajo. Por tanto, la rivalidad de los factores productivos se traduce en rendimientos a escala decreciente de forma individual. Sin embargo, un aumento en la misma cuantía de ambos factores presenta rendimientos a escala constantes. Esto se conoce como el argumento de *duplicación de los factores*.

Por otra parte, las ideas y el conocimiento pueden concebirse como el plan o el plano del cual se basa la creación de todo bien. Se refiere a ese conjunto de pensamientos ordenados, sistemáticos, coherentes y contrastados con la realidad que nos permiten conocer más acerca de ella, resolver problemas o mejorar la forma de hacer algo. Una característica importante de las ideas es que son no-rivales, es decir, cualquier persona puede hacer uso de ellas al mismo tiempo y sin afectar su disponibilidad (Jones, 2009). En otras palabras, el uso de estas por parte de una persona no disminuye su disponibilidad para su uso por parte de otras personas. Para el caso de las empresas, la no-rivalidad de las ideas implica la posibilidad de rendimientos a escala crecientes. De forma intuitiva, se podría pensar que un aumento de las ideas y del conocimiento elevan la Productividad Total de los Factores (PTF). Una duplicación del conjunto de ideas, capital y trabajo no solamente duplicaría la producción, sino que, por efectos del aumento de la productividad, el efecto en la producción sería aún mayor.

*Ecuación 1.* Función de producción que incluye el trabajo, el capital y las ideas.

$$F(T_t, K_t, L_t) = A_t K_t^a L_t^{1-a}$$

La ecuación 1 muestra una función de producción Cobb-Douglas que contiene el término de ideas simbolizado por  $A_t$ . Luego,  $K_t$  y  $L_t$  simbolizan el capital y el trabajo respectivamente. Cada uno de estos términos tienen un subíndice “t” que simboliza el carácter dinámico de esta función. Por medio de esta ecuación se observa que un aumento conjunto de  $K_t$  y  $L_t$ , supongamos, en  $b$  cantidades, eleva la producción en exactamente la misma cantidad. Esto muestra, en parte, la importancia de la no-rivalidad de las ideas dentro del proceso de producción. La ecuación 2 muestra dicha observación.

*Ecuación 2.* Aumento de los factores capital y trabajo en una proporción  $b$ .

$$F(A_t, bK_t, bL_t) = A_t (bK_t)^a (bL_t)^{1-a} = bF(A_t, K_t, L_t)$$

Sin embargo, cuando se aumenta en una misma proporción  $b$  el acervo de ideas, el capital y el trabajo, el uso de la ecuación 1 muestra que la producción aumenta en una proporción mayor que  $b$ . Este resultado se evidencia en la ecuación 3.

*Ecuación 3.* Aumento del acervo de ideas, capital y trabajo en una proporción  $b$ .

$$F(bA_t, bK_t, bL_t) = bA_t (bK_t)^a (bL_t)^{1-a} = b^2 F(A_t, K_t, L_t)$$

Por tanto, la no-rivalidad de las ideas le brindan un papel bastante importante al conocimiento para interpretar el crecimiento en producción. A su vez, dada su característica de no-rivalidad, el aumento del acervo de ideas, el capital y el trabajo en una misma cuantía genera rendimientos a escala creciente en la función de producción. Aunque parece obvio, este se constituye en uno de los resultados más importante en el análisis del crecimiento económico actual y, a su vez, es una de las razones por las cuales es tan importante estudiar las ideas y el conocimiento como motor de crecimiento.

#### **0.2.2.2. El problema de los mercados competitivos**

Las empresas que deciden llevar a cabo alguna acción innovadora buscan básicamente aumentar su competitividad en el mercado y generar poder de monopolio. Todo esto le garantizará mayores beneficios a la empresa. De esta forma, la organización de los mercados que surge de las continuas rondas de innovación se puede definir como mercados de competencia monopolística (Tirole, 1990).

Una primera aproximación al carácter no competitivo de los mercados con alta innovación lo presenta Schumpeter (1944). Schumpeter asume una economía con un flujo circular, en la cual no existen cambios. Cada agente económico sabe cuál es su labor en el flujo circular de la economía debido a sus experiencias pasadas. No hay grandes ahorros y sobrantes de dinero ya que cada persona sabe exactamente, por experiencias pasadas, lo que se necesita para que la economía se mantenga estable. En este sentido, sólo hay una forma de que haya crecimiento económico y es la innovación. Esta se manifiesta como la “reorganización” de los factores productivos trabajo y tierra para la consecución de bienes o servicios nuevos o con características nuevas. Los nuevos productos desplazan a los antiguos productos, y así. Este proceso se conoce en la literatura como destrucción creativa o en inglés *creative destruction*. El autor afirma que las innovaciones garantizan monopolios a corto plazo a los emprendedores y que esto no es necesariamente malo, ya que sirve como incentivo para la innovación. Esto lleva naturalmente al debate de las patentes y los monopolios. Por otra parte, la fuente de financiación de los emprendedores es el crédito. Esto es así ya que en la economía sin innovación no hay ahorro, por tanto, la única fuente para financiar la innovación es la creación de dinero por medio del crédito.

Como se mencionó anteriormente, todo esto genera un problema para los mercados competitivos, ya que implica que deberíamos aceptar una cota de monopolio que incentive la innovación y genere crecimiento. Los mercados competitivos implican que los empresarios deberían aceptar un precio igual al coste marginal de producción. Esto generaría beneficios nulos a largo plazo. Sin embargo, para la creación de la innovación el empresario debe incurrir en costes de investigación y desarrollo. Estos costes son de naturaleza fija y no se incluyen dentro de los costes directos de fabricación. Si el empresario no proyecta precios mayores que su coste marginal de producir la innovación, entonces no tendrá beneficios y por tanto no tendrá incentivos para desarrollarla. En primer lugar, esta estructura no permitiría recuperar los costos en investigación y desarrollo. En segundo lugar, la creación de nuevo conocimiento implica el uso de recursos de capital y trabajo de manera ineficiente.

### **0.2.2.3. Cambio tecnológico, conocimiento y crecimiento**

De los dos apartados anteriores se pueden concluir dos cosas. La primera es que una de las características más importantes de las ideas es su no-rivalidad, la cual genera rendimientos crecientes en el sistema productivo. La segunda es que los mercados monopolísticamente competitivos generan mayores incentivos para la innovación, siendo la innovación fuente de diferenciación de las compañías y poder de monopolio.

Aquí se desarrollará un modelo de crecimiento que tiene en cuenta a las ideas. Este modelo fue desarrollado por Romer (1989). Sin embargo, se mostrará una versión simplificada expuesta en Jones (2009). Para esto, la economía debe verse, en principio, como un conjunto de idea y objetos. Los objetos abarcan la tierra, el capital y el trabajo, y las ideas conservan la connotación dada anteriormente. Para simplificar, los objetos se reducirán al factor trabajo  $L_t$  y las ideas a un término  $A_t$ .

Los supuestos para desarrollar el modelo son los siguientes:

1. Las ideas son no-rivales. Esto va en concordancia con lo expuesto en secciones pasadas.
2. Un aumento en la misma proporción de las ideas y el factor trabajo generan rendimientos a escala creciente. Esto se deriva del primer supuesto.
3. En el tiempo es posible acumular ideas.
4. Existen dos funciones de producción, la primera es la función de producción de bienes tangibles. La segunda es una función de acumulación de ideas/conocimiento.
5. Los trabajadores se reparten entre la producción de ideas y la producción de bienes tangibles, para simplificar el modelo las proporciones se fijarán de forma exógena.
6. No se tiene en cuenta el capital físico. Esto no genera resultados diferentes y sirve para simplificar el modelo.

La función que describe la producción de bienes tangibles de una economía está descrita por la ecuación 4, en ella se utiliza una combinación de ideas ( $A_t$ ) y trabajo ( $L_t$ ) para generar los productos simbolizados por  $Y_t$ . El subíndice “t” indica que las variables están medidas en el tiempo y el subíndice “y” en  $L_{yt}$  indica que la variable trabajo es una fracción del trabajo total,  $\bar{N}$ , dedicada a la producción de  $Y_t$ .

*Ecuación 4.* Producción de bienes tangibles en función de las ideas y el trabajo.

$$Y_t = A_t L_{yt}$$

Por otra parte, la función que describe la acumulación de conocimiento está dada por la ecuación 5. El miembro izquierdo representa la acumulación o variación de conocimiento entre el periodo “t” y el periodo inmediatamente anterior. El parámetro  $\bar{z}$  es un coeficiente de productividad en la producción de ideas y el subíndice “a” en  $L_{at}$  indica que esa es la cantidad destinada a la producción de ideas.

*Ecuación 5.* Función de acumulación de ideas.

$$\Delta A_t = \bar{z} A_t L_{at}$$

Se podría decir que el gran aporte de Romer en la teoría del crecimiento radica en la ecuación 5, la cual endogeniza la tecnología descrita por Solow. A su vez, aporta una connotación un tanto diferente al no sólo referirse a  $A_t$  como tecnología, sino que involucraba, en general, la investigación, la innovación y el conocimiento, es decir, la ideas.

Para la resolución del modelo es necesario introducir algunas ecuaciones de identidad. Las relaciones descritas en la ecuación 6 describen dichas condiciones.

*Ecuación 6.* Ecuaciones de identidad para la resolución del modelo simplificado de Romer.

$$(1) \quad \bar{N} = L_{yt} + L_{at}$$

$$(2) \quad L_{at} = \bar{\theta} \bar{N}$$

$$(3) \quad \bar{g} = \frac{\Delta A_t}{A_t} = \bar{z} \bar{\theta} \bar{N}$$

$$(4) \quad A_t = \bar{A}_0 (1 + \bar{g})^t$$

La relación 1 considera fijo el número de trabajadores, este conjunto de trabajadores se divide en trabajadores para la producción de bienes tangibles y trabajadores para la producción de conocimiento. La segunda relación muestra que el número de trabajadores que producen conocimientos están determinados por una proporción  $\bar{\theta}$  del conjunto total de trabajadores. Por consiguiente, el número de trabajadores que producen bienes tangibles están en función de una proporción  $(1 - \bar{\theta})$ . En el presente modelo se asumirá que estas proporciones se fijan de manera exógena. La tercera relación muestra cómo se simboliza el crecimiento del stock de conocimientos en el modelo. Por último, la cuarta relación muestra el proceso de acumulación de conocimientos durante el tiempo, en esta se evidencia dos cosas: la primera es que existe un stock de conocimiento inicial en el año cero denotado por  $\bar{A}_0$ . Lo segundo, es que cada conocimiento o idea generada en cada periodo de tiempo sirve para para genera aún más conocimiento en periodos posteriores.

La resolución del modelo implica que el producto por trabajador estará en función del stock de conocimiento inicial, la proporción de trabajadores que se destinen a la producción de conocimiento y la tasa de crecimiento del conocimiento. Este resultado se refleja en la ecuación 7.

*Ecuación 7.* Producción por trabajador en el modelo de Romer.

$$\frac{Y_t}{N} = y_t = \bar{A}_0(1 - \bar{\theta})(1 + \bar{g})^t = \bar{A}_0(1 - \bar{\theta})(1 + \bar{z}\bar{\theta}\bar{N})^t$$

La ecuación 7 muestra que el aumento de la proporción de trabajadores destinados a la producción de conocimiento incide de dos formas en la producción por trabajador de bienes tangibles. Por un lado, a medida que hay más personas dedicadas a generar conocimiento entonces hay menos personas dedicadas a la producción de bienes de consumo, esto genera una disminución en la producción de bienes de consumo. Por otro lado, a medida que haya una mayor disposición de trabajadores en la producción de conocimiento, el crecimiento del stock de conocimiento será mayor y se puede hacer crecer la economía más rápido. Sin embargo, este crecimiento no sólo dependerá de cuantas personas se dediquen a su producción de conocimiento e innovación, sino que también dependerá de cuán productivas son ellas para hacerlo.

Por otra parte, el crecimiento de la producción por trabajador estará en función del crecimiento del stock de conocimiento. Este resultado se muestra en la ecuación 8.

*Ecuación 8.* Crecimiento de la producción por trabajador en el modelo de Romer simplificado.

$$\frac{dy}{y_t} = \ln(1 + \bar{g}) dt = \ln(1 + \bar{z}\bar{\theta}\bar{N}) dt$$

Por tanto, las conclusiones básicas que se pueden extraer de este pequeño modelo son que, en primera instancia, la gran contribución de Romer al entendimiento del crecimiento consiste en endogenizar el conocimiento y las ideas en la teoría convencional. En segunda instancia, el modelo de Romer indica que el factor clave para el crecimiento continuo es el crecimiento de las ideas y el conocimiento, y que estas últimas, a su vez, dependen de la productividad en la creación de conocimiento y del tamaño de la población trabajadora. Esto repercute directamente en la innovación atribuyéndole mayor relevancia en la teoría económica. Junto con los subapartados anteriores, se puede argumentar que es la innovación quien, en última instancia, genera crecimiento continuo en la economía.

Se debe destacar que luego del modelo de Romer han aparecido algunas extensiones reviviendo la destrucción creadora de Schumpeter. Este modelo se conoce como modelo de crecimiento neo-schumpeteriano y es expuesto en Aghion & Howitt (2010). Para fines del presente documento la teoría de Romer es suficiente, ya que esta es, en últimas, la base de la teoría propuesta por Aghion & Howitt.

### **0.2.3. Marco conceptual**

**Innovación:** una definición clásica de la innovación se puede obtener en Schumpeter (1944), el cual la define como la reorganización de los factores productivos trabajo y tierra con el fin de conseguir bienes o servicios nuevos o con características nuevas. Según Schumpeter, los agentes que llevan a cabo dichas innovaciones son los emprendedores, los cuales son agentes que presentan poca aversión al riesgo. La innovación también se puede definir como la introducción de un producto, proceso, método de organización o comercialización nuevo o significativamente mejorado y llevan consigo las siguientes características:

1. Incertidumbre. No se sabe de antemano los resultados que generará la actividad innovadora.
2. Implica inversión. Esto significa que la innovación requiere inversión ya sea en activos físicos, salarios etc.
3. Generan derrames de conocimiento. Esto se desprende del hecho de que las empresas raramente pueden apropiarse de todos los beneficios que genera su actividad innovadora, por tanto, otras empresas pueden verse beneficiadas adoptando su innovación.
4. Es fruto de un nuevo conocimiento, un nuevo uso o combinación de conocimiento existente.
5. Se mejora el desempeño de la empresa aumentando o manteniendo la competitividad por medio de cambios de la curva de demanda, de oferta o mejorando sus habilidades para innovar (OCDE & EUROSTAT, 2005).

Dada la definición anterior, también se evidencia una clara clasificación de las distintas formas de innovación. En este sentido, la innovación se divide en: 1) Innovación de productos; 2) Innovación en proceso; 3) Innovación en organización y 4) Innovación en comercialización. Estas se agrupan comúnmente en innovaciones tecnológicas (innovaciones en producto y proceso) y no tecnológicas (innovaciones en organización y comercialización). Cada uno de estos tipos de innovación se pueden observar en mayor o menor proporción dependiendo del sector analizado y el tipo de industria. Estas innovaciones también presentan ciclos o etapas, los cuales pueden dividirse en tres, a saber:

1. Tomar la decisión de llevar a cabo una innovación.
2. Dedicarse a la acción innovadora.
3. La introducción satisfactoria de la innovación (Pellegrino & Savona, 2013, 2016).

Cada una de las anteriores etapas son importantes en el proceso de innovación y pueden verse afectadas por factores específicos.

**Barreras a la innovación:** las barreras a la innovación se definen como toda aquella condición tanto interna como externa a las empresas que tiene la capacidad de disuadir su acción innovadora, ralentizarla o en últimas provocar su abandono. Estas son divididas comúnmente entre barreras financieras y no financieras. Dentro de las barreras financieras se encuentran todas aquellas referidas al costo y las fuentes de financiación de las empresas. El conjunto de barreras no financieras está compuesto por barreras de mercado, de conocimiento, institucionales entre otras.

Las **barreras financieras** o de costos están conformadas por:

1. Percepción de excesivos riesgos.
2. Coste demasiado alto. Se refiere a los costes de innovación altos.
3. Falta de financiación en la empresa. Se refiere a la no disponibilidad de fondos internos de las empresas.
4. Falta de financiación externa, capital riesgo. Se refiere a los fondos procedentes de empresas financieras.
5. Falta de financiación externa, fuentes de financiación pública. Se refiere a los fondos procedentes del estado (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Barreras no financieras:** en la tabla 2 se observa de forma resumida las barreras a la innovación no financieras según la clasificación propuesta por la OCDE y EUROSTAT. Estas se dividen en barreras de conocimiento, barreras de mercado y barreras institucionales. La primera categoría, las barreras de conocimiento, son todos aquellos factores que impiden la obtención de conocimiento clave para la introducción algún tipo de innovación por parte de la empresa. Por otra parte, los obstáculos de mercado son todos aquellos factores que distorsionan o genera incertidumbre en el mismo, logrando de esta forma desincentivar la innovación. La suma de los obstáculos de mercado y los obstáculos financieros resulta en los obstáculos económicos. La tercera categoría está conformada por las barreras institucionales, las cuales se podrían entender como aquellos obstáculos que emanan de entidades o instituciones reguladora externas a la empresa. Dichas barreras tienen la capacidad de afectar negativamente la innovación, y ejemplo de estos son las regulaciones de derecho de propiedad, los impuestos e incentivos públicos, entre otros. Por último, la cuarta categoría, evidencia aquellos obstáculos adicionales que no encajan en ninguna de las categorías anteriores.

*Tabla 2.* Barreras a la innovación no financieras

<b>Factores de conocimiento</b>
Potencial de innovación (I+D, diseño, etc.) insuficiente
Falta de personal cualificado
Dificultad para encontrar socios de cooperación
Rigideces organizativas en la empresa

<b>Factores de mercado</b>
Demanda incierta para los productos o servicios innovadores
Mercado potencial dominado por empresas establecidas
<b>Factores institucionales</b>
Falta de infraestructura
Deficientes derechos de Propiedad Industrial e Intelectual
Legislación, regulaciones, estándares, impuestos
<b>Otras razones para no innovar</b>
No hay necesidad, por existencia de innovaciones previas
No hay necesidad, por falta de demanda de innovaciones

**Fuente:** adaptado de OCDE & EUROSTAT (2005) para la presente investigación.

Es importante enfatizar en el hecho de que las barreras a la innovación anteriormente expuestas son percibidas, es decir, no comprenden mediciones objetivas de las mismas. Tanto para el caso de las barreras financieras como para las no financieras se optó por tener en cuenta las indicaciones del Manual de Oslo, básicamente, por dos razones. La primera razón es que la gran mayoría de los trabajos que se analizaron utilizaron sus indicaciones, y la segunda es que no se cuenta con otro sistema de conceptos y relaciones tan completo como este.

**Actividades innovadoras:** son todas las tareas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo la inversión en nuevo conocimiento, que conducen real o potencialmente a la puesta en marcha de innovaciones. Algunas de estas actividades pueden ser innovadoras en sí mismas, mientras que otras no son novedosas, pero son necesarias para la puesta en marcha de innovaciones. Las actividades innovadoras incluyen también aquella I+D que no se puede imputar directamente al desarrollo de una innovación específica (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Empresa innovadora:** es toda aquella empresa que ha llevada a cabo como mínimo una innovación durante el periodo analizado (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Innovación de producto:** es la introducción de un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en sus características o en sus usos posibles (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Innovación de proceso:** es la introducción de un método de producción o de distribución nuevo o significativamente mejorado. Incluye mejoras significativas en técnicas, equipo o software (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Innovación comercial:** es la introducción de un nuevo método de comercialización que entrañe importantes mejoras en el diseño o presentación del producto, en su posicionamiento, en su promoción o en su precio (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Innovación organizativa:** es la introducción de un nuevo método de organización aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas de la empresa (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Empresa activa en innovación:** es aquella que ha tenido actividades innovadoras durante el período analizado, incluyendo las actividades en proceso y abandonadas (OCDE & EUROSTAT, 2005).

**Propensión a innovar:** se define como la probabilidad de llevar a cabo una innovación exitosa en una empresa (Canales & Álvarez, 2017). Se refiere a la disposición por parte de las empresas de desarrollar e introducir de forma exitosa un nuevo producto, servicio, método organizativo o proceso, con capacidad de aumentar sus rendimientos, mantener su cuota de mercado o aumentarla. Es decir, la propensión a innovar es la capacidad de convertir la intención innovadora en una innovación real.

#### **0.2.4. Marco legal**

1. Art. 158-1 del Estatuto Tributario: en este artículo se especifican los casos en los cuales es posible deducir las inversiones que se realicen en investigación, desarrollo tecnológico e innovación durante el periodo gravable. También se especifican los montos máximos que pueden ser deducidos y los porcentajes de deducción acordes al monto invertido. Este artículo ha sido modificado por Art. 12, Ley 0633 del 2000, Art. 36, Ley 1450 DE 2011 y por último el Art. 170, Ley 1955 de 2019.
2. Ley 1955 de 2019, por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” También se dictan las disposiciones para el apoyo del Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación.
3. Ley 1951 de 2019, por la cual se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones.
4. Ley 1286 de 2009, por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones.
5. Artículo 40 de la Ley 789 del 27 de diciembre de 2002: “por la cual se dictan normas para apoyar el empleo y ampliar la protección social y se modifican algunos artículos del Código Sustantivo de Trabajo”. Por medio de este artículo también se crea el Fondo Emprender, el cual se constituye en un fondo de capital semilla creado por el Gobierno Nacional.
6. Artículo 13 de la Ley 1753 de 2015 (Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018) por medio de la cual se expresa la necesidad de unificar los fondos de modernización e innovación creados por la ley 590 de 2000 y 1450 de 2011. A partir de esta se crea iNNPulsa.

7. Artículo 21 de la Ley 7a. de 1991 por medio del cual se crea el Banco de Comercio Exterior de Colombia (Bancoldex).
8. Decreto 2226 de 2019 por el cual se establece la estructura del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones.
9. Decreto número 2869 de 1968 por el cual se crean el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales “Francisco José de Caldas”.
10. Ley 29 de 1990 Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias.
11. Decreto 585 de 1991 Por el cual se crea el consejo nacional de ciencia y tecnología, se reorganiza el instituto colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología- Colciencias- y se dictan otras disposiciones.

### **0.3. Diseño metodológico**

#### **0.3.1. Tipo de investigación**

La presente investigación tiene un alcance correlacional (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014). En esta se pretende medir el efecto de las barreras a la innovación en conjunto con un grupo de variables de control sobre la propensión a innovar.

#### **0.3.2. Delimitación del estudio**

La muestra que se analizará está conformada por las empresas manufactureras que se encuentran dentro de las fronteras colombianas y que conforman la EDIT para el periodo 2015-2016. Para el análisis de innovación se tendrá en cuenta las innovaciones en producto, procesos, organizativas y comerciales.

#### **0.3.3. Datos**

Los datos provienen de la VIII edición de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) para el periodo 2015-2016. Esta es elaborada por el DANE y su objetivo es indagar sobre los productos, las actividades, los recursos y los instrumentos de apoyo asociados al desarrollo tecnológico y la innovación de las empresas del sector manufacturero (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017). Para tal fin, se genera información bienal para Colombia y la estructura de los datos es de corte transversal.

La encuesta está conformada por 7.947 empresas las cuales se dividen entre 24 industrias. Las industrias que presentan mayor participación en el grupo son la industria de productos alimenticios y la industria de prendas de vestir, las cuales representan de forma conjunta un 28,1%

del total. Por otra parte, la industria que presenta una menor participación es la industria de fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos con una participación del 0,3%.

Un aspecto muy importante es la depuración de los datos. Como primera medida, se seleccionarán de la EDIT las variables estrictamente necesarias para el análisis. Luego se crearán las variables correspondientes y posteriormente se filtrarán los valores perdidos de cada variable. La población estará constituida por todas las empresas manufactureras que se encuentran dentro de las fronteras colombianas con personal ocupado mayor o igual a 10 personas, y/o con un valor de la producción superior a 500 millones de pesos anuales para 2016. La muestra estará conformada por las empresas que durante el periodo 2015-2016 percibieron por lo menos una barrera a la innovación.

### **0.3.4. Modelación**

#### **0.3.4.1. Generalidades del modelo y estimación.**

La variable dependiente analizada se constituye como una variable dependiente limitada, la cual sólo puede tomar un conjunto de valores específicos. En particular, esta sólo puede tomar valores de ceros y unos. De esta forma se opta por el uso de un modelo probit, el cual está especialmente diseñado para el análisis de variables limitadas y se halla frecuentemente en la literatura aplicada que versa sobre barreras a la innovación. Este modelo también permite un tratamiento mucho más ameno de algunos temas de especificación debido a las propiedades de la distribución normal (Wooldridge, 2010). Es así que, siguiendo el planteamiento de Pellegrino & Savona (2013, 2016), se tiene que una empresa será innovadora en la medida en que se cumpla la siguiente relación:

*Ecuación 9.* Ecuación de variable latente

$$Y_i = 1[\alpha + X_i\beta + Z_i\gamma + e > 0]$$

Luego si,

$$y^* = \alpha + X_j\beta + Z_j\gamma + e$$

Entonces,

$$Y_i = 1[y^* > 0]$$

Donde  $X_j$  representa el conjunto de barreras a la innovación y  $Z_j$  representa el conjunto de variables de control del modelo. Por otra parte,  $Y_i$  representa la variable dependiente del modelo que en este caso es la propensión a innovar. Dicha variable tomará el valor de 1 (desarrolló exitosamente por lo menos una innovación) si se cumple que  $\alpha + X_j\beta + Z_j\gamma + e > 0$  y tomará el valor de 0 en

otro caso. Esta relación se da por medio de la función  $1[\cdot]$ , la cual recibe el nombre de *función de indicador* y  $y^*$  recibe el nombre de *variable latente* (Wooldridge, 2010). Por último,  $\beta$  y  $\gamma$  representan los coeficientes que miden el efecto indirecto que tienen las barreras a la innovación y las variables de control sobre la probabilidad de que una empresa sea innovadora, respectivamente. Al tomar las probabilidades condicionales tanto del miembro derecho como del izquierdo de la ecuación se obtiene<sup>1</sup>:

*Ecuación 10.* Ecuación de probabilidad condicional modelo Probit

$$P(Y = 1|\mathbf{X}, \mathbf{Z}) = F(\alpha + \mathbf{X}\beta + \mathbf{Z}\gamma)$$

Donde  $P(Y = 1|\mathbf{X}, \mathbf{Z})$  representa la probabilidad de que una empresa tomada de manera aleatoria afirme haber desarrollado exitosamente por lo menos una innovación durante el periodo analizado en función de las barreras a la innovación y las variables de control. Por otra parte  $F(\cdot)$  representa la función de densidad acumulada de una distribución normal estándar, la cual está en función de los valores de  $\mathbf{X}$  y  $\mathbf{Z}$ . Una estrategia frecuente para abordar esta ecuación consiste reemplazar  $\alpha + \mathbf{X}\beta + \mathbf{Z}\gamma$  por  $S$ , siendo  $S$  una variable aleatoria normal, lo que expresado en forma matemática sería:

*Ecuación 11.* Ecuación (f.d.a.) normal estándar.

$$F(\cdot) = \int_{-\infty}^S ((2\pi)^{-1/2} e^{-s^2/2}) dz; \text{ donde } S = \alpha + \mathbf{X}\beta + \mathbf{Z}\gamma$$

Por último, se maximiza  $F(\cdot)$  en función de los coeficientes  $\beta$  y  $\gamma$  y, utilizando los datos muestrales, se obtendrá como resultado las estimaciones de los parámetros  $\beta$  y  $\gamma$ . A esto se le conoce como método de estimación de Máxima Verosimilitud (MV)<sup>2</sup>.

En la figura 1 se observan dos gráficas. El gráfico (a) muestra la función de densidad de probabilidad (f.d.p.) normal estándar, cuyas características principales es la simetría y que es unimodal. Su máximo se alcanza en cero. El gráfico (b) muestra la función de densidad acumulada (f.d.a.) normal estándar, esta función es estrictamente creciente y sólo toma valores entre cero y uno. Esta última característica de la f.d.a. es lo que genera su atractivo para la presente investigación.

---

<sup>1</sup> Una exposición más detallada del método requerido para pasar de la ecuación 9 a la ecuación 10 se encuentra en Wooldridge (2001)

<sup>2</sup> Una buena exposición del desarrollo matricial del método de MV se puede observar en Uriel, Contreras, Moltó, & Peiró (1997).

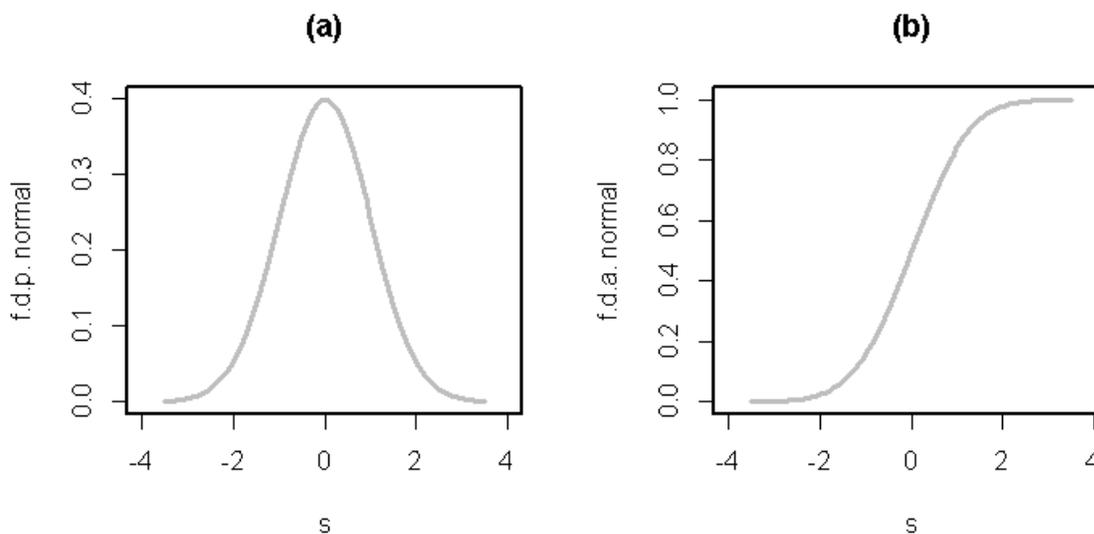


Figura 1. Gráficos normales, modelo Probit

\*Fuente: elaborado por el autor

#### 0.3.4.2. Efectos marginales del modelo Probit y medidas de ajuste.

Debido a la naturaleza no lineal del modelo Probit y al hecho de que, por intermedio la variable aleatoria normal  $S_j$ , las variaciones de  $X_j$  y  $Z_j$  afectan las probabilidades de ocurrencia del evento analizado se tiene que:

1. Los cambios en  $P(Y = 1|X, Z)$  debido a cambios en  $X_j$  o  $Z_j$  serán mayores o menores dependiendo del valor de partida de las variables independientes. En otras palabras, la razón de cambio entre las probabilidades de ocurrencia del evento analizado y las variables independientes no es constante.
2. Los coeficientes  $\beta$  y  $\gamma$  no indican por sí solos la razón de cambio entre la probabilidad de ocurrencia del evento analizado y las variables independientes.

El cálculo indica que los efectos parciales de las variables independientes sobre  $P(Y = 1|X, Z)$  se representan de la siguiente forma:

Ecuación 12. Efectos parciales de variables independientes.

$$\frac{\partial P(Y = 1|X)}{\partial X} = \frac{\partial F(\cdot)}{\partial X} \cdot \beta \quad \text{ó} \quad \frac{\partial P(Y = 1|Z)}{\partial Z} = \frac{\partial F(\cdot)}{\partial Z} \gamma$$

Es decir, los efectos parciales están en función la probabilidad puntual y los coeficientes estimados. También se hace evidente que, siendo  $\frac{\partial F(\cdot)}{\partial X}$  una función estrictamente creciente, los signos de los efectos parciales serán iguales a los signos de los coeficientes estimados  $\beta$  y  $\gamma$ . Para el caso de variables independientes binarias es mucho más fácil, sólo se debe observar el cambio ceteris paribus de las probabilidades cuando la variable independiente toma el valor de 1 y cuando toma el valor de 0.

Las medidas de ajustes del modelo son básicamente dos, a saber, un pseudo- $R^2$  expuesto en McFadden (1974) y el porcentaje correctamente predicho. La primera medida está basada en la función de log-verosimilitud. La segunda medida consiste en proporcionar valores de 1 a toda observación cuya probabilidad de ocurrencia sea mayor o igual a 0,5 y un valor de 0 si la probabilidad de ocurrencia de dicha observación es menor a 0,5. En la medida en que dichas predicciones sean igual a los valores reales de la variable dependiente se dirá que son correctamente predichas, en caso contrario se dirá que están incorrectamente predichas. Para el presente trabajo se tendrán en cuenta las dos medidas de ajuste de bondad.

### 0.3.5. Operacionalización de las variables.

La variable dependiente, dado el objetivo del trabajo, es la propensión a innovar de las empresas manufactureras colombianas entre 2015 y 2016. Dada su naturaleza esta variable es dicótoma. Esto quiere decir que sólo hay dos posibles resultados, a saber, sí la empresa es innovadora o si por el contrario no lo es. Cuando la empresa haya desarrollado exitosamente un bien, servicio, proceso o método organizativo nuevo para la empresa o el mercado se dice que dicha empresa es innovadora y la variable dependiente tomará el valor de 1, en caso contrario se dirá que no es innovadora y por tanto tomará el valor de cero. Por otro lado, las variables independientes utilizadas se dividen en dos grupos. El primer grupo lo constituyen las variables de control del modelo y el segundo grupo lo conforman las variables de barreras a la innovación. El primero grupo de variables está descrito en la tabla 2, en esta se muestran los nombres y las definiciones de las variables, los estudios en las cuales se han tenido en cuenta y por último se reporta la relación esperada con la variable dependiente. El segundo grupo de variables está descrito por la tabla 3, y muestra el conjunto de barreras a la innovación que se tuvieron en cuenta utilizando la clasificación del Manual de Oslo y las barreras disponibles en la EDIT.

Tabla 3. Variables de control incluidas en el análisis

Variable de control	Definición	Autores	Signo esperado
Personal altamente calificado	Porcentaje del personal empleado con educación de maestría, doctorado	(Bukstein et al., 2019; Canales & Álvarez, 2017;	(+)

		Pellegrino & Savona, 2013, 2016)	
Exportación	Dummy. Igual a 1 si la empresa exporta. Igual a 0 en otro caso.	(Canales & Álvarez, 2017; Fuentes & Soto, 2015; Pellegrino & Savona, 2013, 2016)	(+)
Tamaño empresarial	Logaritmo natural del número de empleados	Blanchard et al., 2012; Bukstein et al., 2019; Canales & Álvarez, 2017; Fuentes & Soto, 2015; Pellegrino & Savona, 2013, 2016)	(+)
Sector industrial	Sector industrial clasificados en función de su intensidad tecnológica. Según la clasificación propuesta en Hatzichronoglou (1997) y la Clasificación Internacional Industrial Uniforme cuarta revisión (ciiu4), los sectores se dividen en:  Sectores de alta intensidad tecnológica: 21, 26, 27. Sectores de intensidad tecnológica alta-media: 20, 28, 29, 30, 33. Sectores de intensidad tecnológica baja-media: 19, 22, 23, 24, 25, 32. Sectores de baja intensidad tecnológica: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 31.	Propuesta por el autor, adaptado de Villarreal et al.(2014).	(+/-)
Intensidad de la inversión en I+D	Monto invertido en I+D sobre el número de empleados.	(Blanchard et al., 2012	(+)
Gasto en innovación	Monto gastado en innovación	(Pellegrino & Savona, 2013, 2016)	(+)

**Fuente:** elaborado por el autor

Tabla 4. Barreras a la innovación analizadas

Barreras a la innovación	Definición	Signo esperado
Barreras financieras	Dummy. Igual a 1 si la percepción es alta o media en por lo menos una de las siguientes barreras: 1) Escasez de recursos propios 2015-2016; 2) Baja rentabilidad de la innovación 2015-2016 o 3) Dificultades para acceder a financiamiento externo a la empresa 2015-2016. Es igual a 0 en otro caso	(+/-)
Barreras de conocimiento	Dummy. Igual a 1 si la percepción es alta o media en por lo menos una de las siguientes barreras: 1) Falta de personal calificado 2015-2016; 2) Escasa información sobre mercados 2015-2016. o 3) Escasa información sobre tecnología disponible. Es igual a 0 en otro caso	(+/-)
Barreras de mercado	Dummy. Igual a 1 si la percepción es alta o media en por lo menos una de las siguientes barreras: 1) Escasa información sobre mercados 2015-2016. Es igual a 0 en otro caso.	(+/-)
Barreras institucionales	Dummy. Igual a 1 si la percepción es alta o media en por lo menos una de las siguientes barreras: 1) Insuficiente capacidad del sistema de propiedad intelectual para proteger la innovación 2015-2016 o 2) Dificultad para el cumplimiento de regulaciones y reglamentos técnicos 2015-2016. Es igual a 0 en otro caso.	(+/-)

Fuente: elaborado por el autor

#### **0.4. Nombres de las personas que participan en el proyecto**

- Nicolás David López Verhelst

#### **0.5. Recursos disponibles y presupuesto**

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se dispone de:

1. Computadora con software estadístico para el análisis de datos.
2. Bases de datos bibliográficas proporcionadas por la universidad.
3. Datos de empresas manufactureras colombianas disponibles de forma gratuita.

El presupuesto para la presente investigación es de 200.000 pesos colombianos, los cuales incluyen movilidad y gastos adicionales derivados de la impresión y presentación del trabajo.

#### **0.6. Cronograma**

Actividad\Mes	Julio	Agosto	Septiembre
Depuración de base de datos			
Análisis descriptivo de las variables			
Análisis inferencial			
Presentación de resultados finales			

# 1. Sistema Nacional de Innovación de Colombia

La actividad innovadora de las empresas está afectada en gran medida por su entorno. El ambiente económico, social y cultural juegan un papel importante en las decisiones de innovación y en el éxito o fracaso por parte de las empresas en dicha materia. Todos estos elementos interactúan, confluyen, son de naturaleza cambiante y no son estáticos, y hacen parte de un solo sistema llamado Sistema Nacional de Innovación.

Es importante saber qué se entiende por Sistema Nacional de Innovación, por qué es importante estudiarlo y cuáles son los actores que intervienen. A partir de aquí se desprenderán dos importantes preguntas, las cuales son: ¿qué elementos conforman el Sistema Nacional de Innovación colombiano? y ¿cómo funciona interactúan estos elementos? De esta forma se tendrá un panorama más amplio para entender el éxito o fracaso de las empresas a la hora de innovar. También se tendrá mayor entendimiento del entorno en el cual operan las empresas y llevan a cabo sus actividades innovadoras.

## 1.1. Características generales de los Sistema Nacionales de Innovación

El concepto de Sistema Nacional de Innovación es todavía fuente de debate. Sin embargo, existe un consenso con respecto a los potenciales beneficios a nivel económico y social derivados de una correcta aplicación de estos. Se resalta muy a menudo los potenciales efectos tanto en el desarrollo económico como en la competitividad de los países (OCDE, 1997).

Dentro del desarrollo económico, resalta el efecto que tienen los cambios tecnológicos y la creación de innovaciones en el crecimiento económico, tal como lo establece Chris Freeman (2002). Desde el punto de vista temporal, el concepto de Sistema Nacional de Innovación aparece por primera vez en la segunda mitad del siglo XX con el trabajo de Christopher Freeman titulado *Technology Policy and Economic Performance: Lesson from Japan* en el año 1987. En este, Freeman se propuso explicar el éxito económico obtenido por Japón y cómo la interrelación entre las diferentes instituciones y organismos coadyuvaron para la consecución de dicho resultado (Freeman. 1987, citado en Kuramoto. 2007, p. 105). Este trabajo representa un gran avance en el sentido de reconocer el importante rol que juegan las instituciones en del desarrollo y difusión del conocimiento. También marca una ruta importante en el desarrollo de políticas y la participación activa de los estados en el fortalecimiento de la estructura de aprendizaje y conocimiento en sus territorios.

Una primera aproximación a la definición de Sistema Nacional de Innovación (SNI) se podría lograr dividiendo el concepto en palabras claves, definir las separadamente y, posteriormente, definir las conjuntamente. Las tres palabras claves son: *sistema, nacional e innovación*. Según la

RAE, un *sistema* se puede definir como un conjunto de cosas que interrelacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

En el presente contexto, la palabra *nacional* hace referencia a todo organismo, institución u organización que haga parte de la nación. Al referirse a nacional no se pretende decir que los Sistemas de Innovación sólo puedan ser avaluado a este nivel. La palabra *nacional* surge del hecho de que el concepto de sistema de innovación es *ex post*. Es decir, este nace como una necesidad para entender cambios en el crecimiento de una nación (Japón) y poder compararla con otros resultados (Lundvall, 2007).

Por último, la palabra *innovación* se refiere a la creación de bienes o servicios, procesos, técnicas de organización o de comercialización, con características novedosas o sustancialmente mejoradas.

En este sentido, un Sistema Nacional de Innovación se podría definir como un conjunto de organismos, instituciones u organizaciones que hacen parte de la nación y que, interrelacionadas entre sí ordenadamente, fomentan y contribuyen a la creación de en bienes o servicios, procesos, métodos de organización o de comercialización con características novedosas o sustancialmente mejoradas.

Otros autores utilizan el término Sistema de Innovación tecnológica (SIT) para referirse al SNI. Con lo que, en términos estrictos, se estarían refiriendo a innovaciones en productos y procesos. Autores como Kuramoto (2007) definen el SIT (o SNI) como las distintas instituciones, empresas y gobierno que configuran el cuerpo científico y tecnológico, y la manera en que cada uno de estos agentes interactúan para la creación, difusión y utilización del conocimiento. En últimas, el recurso más importante en la economía es el conocimiento y el proceso más importante es el aprendizaje (Lundvall, 2007).

La tabla 5 muestra una recopilación de las distintas definiciones del concepto *Sistemas Nacionales de Innovación* por parte de autores relevantes en el tema. De este conjunto de definiciones se pueden extraer elementos comunes, los cuales son:

- a) Las universidades, las organizaciones privadas (con o sin ánimo de lucro), las organizaciones públicas y las instituciones son actores importantes dentro del sistema de innovación.
- b) La importancia de las distintas relaciones entre los actores del sistema. Esto implica que no son sólo los actores dentro del sistema lo que importa, sino también la forma en cómo estos interactúan.

c) Las conexiones entre los elementos del sistema son canales para el flujo de conocimiento.

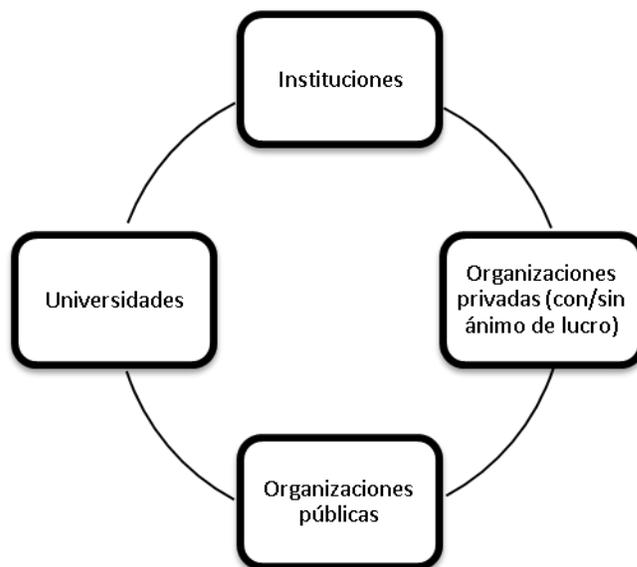
Tabla 5. Definiciones del concepto Sistema Nacional de Innovación

Definición	Autor
<p><i>“ .. the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies.”</i> (Freeman. 1987, citado en OCDE. 1997, p. 10)</p>	<p>Christopher Freeman</p>
<p><i>“ .. the elements and relationships which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful, knowledge ... and are either located within or rooted inside the borders of a nation state.”</i> (Lundvall. 1992, citado en OCDE. 1997, p. 10)</p>	<p>Bengt- Åke Lundvall</p>
<p><i>“The national innovation systems approach stresses that the flows of technology and information among people, enterprises and institutions are key to the innovative process. Innovation and technology development are the result of a complex set of relationships among actors in the system, which includes enterprises, universities and government research institutes.”</i> (OCDE, 1997, p. 7)</p>	<p>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)</p>
<p><i>“...el sistema de innovación tecnológica (SIT) se refiere a las distintas instituciones, empresas y gobierno que conforman el aparato científico y tecnológico, y a la manera en que cada uno de estos agentes interactúa para la creación, difusión y utilización del conocimiento.”</i> (Kuramoto, 2007, p. 2)</p>	<p>Juana R. Kuramoto</p>
<p><i>“... un [conjunto] complejo de conocimientos, habilidades y experiencias que, en medio de un marco de condicionamientos dinámicos, hacen posible un incremento y diversificación de capacidad e idoneidad técnica y que permiten [...] desempeños económicos y sociales importantes, o bien los frustran”</i> (Vega Centeno. 2003, citado en Kuramoto. 2007, p. 108)</p>	<p>Máximo Vega Centeno</p>

**Fuente:** Elaborado por el autor.

Las instituciones a las cuales se hacen referencia incluyen los ministerios y otros elementos de políticas del estado. Sin embargo, una visión más amplia de estas permitiría incluir las normas, prácticas e incentivos que se dan en estos procesos (Kuramoto, 2007). Las organizaciones privadas incluyen las empresas, fundaciones cuyo funcionamiento esté ligado a generación o difusión del conocimiento, entre otros. Las organizaciones públicas incluyen a las empresas públicas u otras organizaciones de investigación estatales. Por último, se encuentran las universidades tanto públicas como privadas. Ciertamente las relaciones en el SNI no se presentan como un flujo circular o en forma lineal. Más bien se podría entender como un conjunto de elementos interrelacionados que tienen conexiones más complejas en múltiples direcciones (OCDE, 1997). Con base en esto se elabora la figura 2. Esta tiene como objetivo mostrar de forma resumida lo que a interpretación del autor son los elementos básicos de los SNI con base en las definiciones y conceptos expuestos en Kuramoto (2007), Lundvall (2007) y OCDE (1997).

Se debe tener en cuenta que los Sistemas Nacionales de Innovación están moldeados, en parte, por características sociales como son la norma, las prácticas empresariales, incentivos para la innovación y la cultura. Esto implica que no hay necesariamente un único tipo de sistema de innovación, tampoco un orden específico para el flujo de la innovación, por ejemplo, desde la universidad a las industrias (Kuramoto, 2007).



*Figura 2.* Modelo gráfico simplificado de los elementos de un Sistema Nacional de Innovación.

**\*Fuente:** Elaborado por el autor.

Entre los factores que limitan el desarrollo científico y tecnológico de una nación se pueden encontrar los factores culturales e institucionales, los factores económicos y financieros y los factores organizacionales y de gestión. Los factores culturales e institucionales hacen referencia a una incorrecta percepción, por parte de la sociedad y las instituciones, de la importancia de la ciencia y la innovación; los factores económicos y financieros hacen referencia a los costos percibidos de realizar una innovación y la poca capacidad de las empresas para asumir dichos costos; por último, los factores organizacionales y de gestión hace referencia a las estructuras administrativas inadecuadas por parte de las entidades académicas lo cual impide el desarrollo científico e innovador (López, 2004).

## **1.2. Sistema Nacional de Innovación colombiano**

El SNI colombiano presenta, en esquemas generales, la misma sencilla estructura expuesta en el apartado anterior, a saber, está compuesto por: instituciones, universidades y otras organizaciones privadas/públicas. El conjunto de estos elementos y sus relaciones conforman todo el SNI colombiano.

La institución rectora del SNI colombiano es el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias). Esta institución es el instrumento directo del gobierno para impactar en el SNI y es la encargada de dirigir políticas públicas para el apoyo de las actividades innovadoras. También se encarga de asociar todos los elementos del sistema de forma eficiente en términos de generación de innovación. Otras instituciones que inciden de forma indirecta en la generación de nuevos conocimientos son el DANE, Ministerio de Tecnologías de la Información (MinTic), entre otros.

El rol de las universidades dentro del SNI colombiano consiste en ser fuente de nuevos conocimientos y ser apoyo para las industrias, tanto en términos de consultoría como en términos tecnológicos. El instrumento por defecto de las universidades colombianas para la gestión del conocimiento y el fomento de la investigación son los grupos y semilleros de investigación. En ellos se generan el mayor aporte en materia de conocimiento para el país (Bustos-González, 2019). La organización y gestión de los grupos de investigación y semilleros de Colombia es una tarea llevada a cabo por MinCiencias.

El SENA, Bancoldex, Innpulsa, entre otros, son ejemplos de otras organizaciones, ya sean de carácter público o privado, que tienen aportes tanto directos como indirectos en el SNI colombiano. Algunas de estas apoyan a los emprendedores que aportan soluciones innovadoras, otras brindan investigación para apoyar la gestión de las empresas y otras sencillamente son el eslabón final por

medio del cual se manifiesta la innovación. Todas y cada una de estas instituciones juegan un papel importante en la producción de innovación y difusión del conocimiento.

Las posibles diferencias entre el SNI colombiano y otros SIN's se derivan, en primer lugar, del grado de participación estatal en la asignación de recursos para el apoyo a la innovación. En segundo lugar, se diferencia en las distintas relaciones creadas entre los elementos que conforman el SIN, las cuales están moldeadas por aspectos culturales, económicos y políticos (Kuramoto, 2007). En posteriores apartados se detallará un poco más los elementos del SNI colombiano.

El esquema utilizado por el DNP para representar el SIN colombiano se muestra en la figura 3. Aunque este no sólo muestra la estructura del Sistema Nacional de Innovación, sino también el Sistema Nacional de Competitividad. Este es llamado Sistema Nacional de Competitividad e Innovación. En él se organizan las instituciones en tres niveles, los cuales son: 1) Nivel Estratégico, 2) Nivel Ejecutivo y 3) Nivel Técnico.



Figura 3. Estructura Sistema Nacional de Competitividad e Innovación colombiano.

\*Fuente: [https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/Sistema%20Nacional%20de%20Competitividad%20e%20Innovaci%C3%B3n%20\(SNC\).aspx](https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/Sistema%20Nacional%20de%20Competitividad%20e%20Innovaci%C3%B3n%20(SNC).aspx)

El Sistema Nacional de Competitividad e Innovación gestiona y dirige las actividades que llevan a cabo las organizaciones públicas, privadas y académicas cuyos objetivos sean la formulación, implementación y seguimiento de las políticas que promuevan la competitividad e innovación del país (DNP, 2020).

La Comisión Nacional, encabezada por el presidente, se apoya en el Comité Ejecutivo quién a su vez crea instancias técnicas llamadas Comités Técnicos. Los comités técnicos desarrollan planes para mejorar la competitividad y la innovación del país; apoyan la implementación de la agenda nacional en innovación y competitividad y articula los distintos elementos del sistema como son el sector privado, la academia y la sociedad civil entorno a los objetivos de innovación y competitividad, entre otros (DNP, 2020).

Estos comités son básicamente seis, los cuales se describen brevemente a continuación:

- **Comité Técnico Formalización Empresarial:** Este es presidido por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. La secretaria la lleva a cabo el DNP. Se encarga de hacer seguimiento, evaluar e implementar las acciones públicas cuyo fin sea fomentar la formalización empresarial.
- **Comité Técnico de la Política de Desarrollo:** la secretaría la lleva a cabo el DNP. Se encarga de hacer seguimiento de que las acciones contempladas en el Plan de Acción y Seguimiento (PAS) del documento CONPES 3866 de 2016; así como de las mismas acciones del gobierno relacionadas con el cumplimiento de dicho documento.
- **Comité Técnico Ciencia, Tecnología e Innovación:** este es presidido por MinCiencias y la secretaría la ejerce el DNP. Este se encarga de coordinar la política en CTeI de largo plazo.
- **Comité de Regionalización:** este está presidido por Vicepresidencia de la República. Su secretaria la ejerce el DNP. Entre otras labores se encarga de articular la Agenda Nacional de Competitividad e Innovación (ANCI).
- **Comité Técnico Facilitación de Comercio:** este es presidido por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Su secretaria es ejercida por el DNP. Se encarga de coordinar y apoyar a todos los actores tanto públicos como privados que participen en el comercio internacional.
- **Comité Técnico Emprendimiento:** presidido por iNNpulsa y la secretaría es ejercida por el DNP. Apoya y lleva a cabo seguimiento de la política nacional de emprendimiento.

### **1.2.1. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación**

Por medio de la ley n° 1951 del 24 de enero de 2019 se ordena la creación del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (MinCiencias) en Colombia. MinCiencias es la máxima rectora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación (SNCTI) del país y es la encargada de formular y gestionar las políticas que promuevan la cultura científica, la creación de nuevas tecnologías y el fomento de la producción de innovación en el territorio colombiano.

El 2018 fue un año importante para MinCiencias, ya que, bajo el nombre de Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación– Colciencias, esta entidad cumplió 50 años de estar en vigencia. En esos 50 años de vida la entidad sufrió múltiples transformaciones, por ejemplo, se le dio el carácter de “Departamento Administrativo”, se le reconocieron facultades para el análisis y la creación de propuestas destinadas al mejoramiento del SNI colombiano, entre otros.

La creación de MinCiencias fue un paso necesario e importante para la mejora del SNI colombiano y se puede considerar como una evolución de Colciencias, como antes se conocía. El estatus de ministerio le otorga mayor autonomía para articular sus políticas con los distintos elementos del SNI colombiano y, de esta forma, le brinda mayor alcance a sus políticas y programas. Otra ventaja que le brinda este cambio es que eleva el estatus de la entidad permitiéndole disponer de un asiento en el Consejo de Ministro. Esto implica que MinCiencias puede participar en las decisiones de política del estado en materia de ciencia, tecnología e innovación.

#### ***1.2.1.1. Breve historia de MinCiencias y contexto***

Para entender el estado actual de MinCiencias es importante saber cuál ha sido su recorrido. Lo que hoy se conoce como MinCiencias nació en 1968 por medio del decreto número 2869 del mismo año bajo la presidencia de Carlos Lleras Restrepo. Por medio de este decreto se ordena la creación el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y, de igual forma, se ordena la creación del Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales “Francisco José de Caldas”.

La función básica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología fue asesorar a la presidencia en temas de políticas para el desarrollo científico y tecnológico del país. Este consejo estaba conformado por el presidente de la República, el Ministro de Educación Nacional, el Ministro de Agricultura, el Ministro de Salud, el Ministro de Fomento, el rector de la Universidad Nacional de Colombia, otros dos rectores que representaran a las universidades privadas y a otras universidades públicas que no fueran la U. Nacional, entre otros delegados del gobierno.

Por otra parte, la función básica del Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales “Francisco José de Caldas” fue coordinar y coadyuvar la financiación de las actividades ligadas al desarrollo científico y tecnológico del país. La dirección del fondo estaba a cargo de la junta directiva presidida por el Ministerio de Educación Nacional y el gerente, el cual figura como su representante legal.

La entidad nace en una época en la cual todos los gobiernos de Latinoamérica veían a la ciencia como la ruta del desarrollo. En este sentido, gobiernos como el de Argentina y México

actuaron de similar manera al crear sus propias instituciones para el fomento de la ciencia (Revista Semana, 2018)

En el año 1990 el Congreso de la República le da un empujón a la ciencia en Colombia al establecer las obligaciones del estado en materia de fomento de la investigación y el avance tecnológico. Esto se logró mediante la expedición de la Ley 29 del mismo año, en la cual se establece en su artículo primero que es labor del estado promover y orientar el adelanto científico y tecnológico y, por tanto, está obligado a incorporar la ciencia y la tecnología a los planes y programas de desarrollo económico y social del país y a formular planes de ciencia y tecnología tanto para el mediano como para el largo plazo. También está obligado a establecer relaciones entre sus actividades de desarrollo científico-tecnológico con los demás elementos del sistema.

Para el año 1991, por medio del decreto 585 del mismo año, durante el mandato de Cesar Gaviria, se cambió la denominación de lo que se conocía hasta entonces como *Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología* y pasó a ser el *Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias*. Este estaría adscrito al Departamento Nacional de Planeación (DNP), poseería personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente. De igual forma, mediante este decreto se ordena la creación del consejo nacional de ciencia y tecnología, y se establece que la sigla Colciencias puede ser utilizada por la entidad para todos los efectos a que haya lugar. Entre otras características importantes de Colciencias que se establece en este decreto, se encuentra la forma en como está constituido el patrimonio de Colciencias.

Pasadas casi dos décadas desde la promulgación del decreto 585 en 1991, en el 2009 el Congreso de la República, por medio de sus facultades legislativas, aprueba la ley 1286 de ese mismo año. Esta ley modifica y deroga artículos tanto de la ley 29 de 1990, hecha por la misma entidad, como el decreto 585 de 1991 y se constituye como un segundo espaldarazo a la ciencia en el país. Entre otros aspectos, aquellos cambios que más resaltan son:

- Se le otorga a Colciencias el carácter de Departamento Administrativo mediante la transformación del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” -Colciencias- en el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias.
- Se define el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCTI) colombiano y sus actores.

- Se crea el Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Fondo Francisco José de Caldas el cual estará a cargo de ahí en adelante por Colciencias.

En el año 2019, por medio de la ley 1951, se da el paso definitivo por parte del congreso y se le otorga el carácter de Ministerio a Colciencias, creándose de esta forma lo que hasta la fecha se conoce como Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - MinCiencias. Esta ley se basa en gran medida en las leyes 29 y 1286 de 1990 y 2009 respectivamente, lo cual implica que se modifican y/o fortalecen lo anteriormente dispuesto por el congreso. Junto al presidente de la República, MinCiencias es la entidad encargada de formular la política pública destinadas al fortalecimiento de la ciencia en el país.

#### ***1.2.1.2. Objetivo y funciones de MinCiencias***

De acuerdo con la ley 1955 de 2019, por medio de la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, los objetivos generales de MinCiencias son:

- Formular la política pública de ciencia, tecnología e innovación del país.
- Establecer estrategias de transferencia y apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología, la Innovación para la consolidación de una sociedad basada en el conocimiento.
- Impulsar el desarrollo científico, tecnológico y la innovación de la Nación, programados en la Constitución Política de 1991 y en el Plan Nacional de Desarrollo, de acuerdo con las orientaciones trazadas por el Gobierno nacional.
- Garantizar las condiciones necesarias para que los desarrollos científicos, tecnológicos e innovadores, se relacionen con el sector productivo y favorezcan la productividad y la competitividad.
- Velar por la consolidación y fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).

Con estos objetivos MinCiencias buscar ser el actor principal del SNCTI. Por otra parte, atendiendo a la información disponible en el portal de MinCiencias y el decreto 2226 de 2019, las funciones de la entidad son:

- Diseñar, formular, coordinar y promover la implementación y evaluación de la política pública e instrumentos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI).

- Formular y coordinar el diseño, ejecución y evaluación del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Dirigir y coordinar el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Promover el bienestar social, desarrollo económico, productivo, sostenible y cultural del territorio y de sus pobladores.
- Establecer vínculos con otros sistemas administrativos, orientados al avance de la ciencia, la tecnología y la innovación.
- Establecer los lineamientos que deben adoptar las entidades e institutos públicos y demás organismos para el desarrollo de actividades en Ciencia Tecnología e Innovación.
- Fortalecer las capacidades regionales en materia de ciencia, desarrollo tecnológico e innovación, para el logro de los objetivos y de la Política Pública formulada por el Ministerio.
- Promover la cooperación interinstitucional, interregional e internacional entre los actores del SNCTI.
- Administrar el Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, “Fondo Francisco José de Caldas” y cumplimos las funciones que en relación con los demás fondos tenemos asignadas o se le asignen por la Constitución y la ley.

Estas representan en gran medida el conjunto total de 19 funciones que por ley se le asignan a MinCiencias. En tanto las funciones descritas evidencian el rol mediador, gestor y planificador que tiene MinCiencias en el sistema.

El rol de mediador se identifica en las funciones 5 y 8. A partir de estas es claro que las relaciones con los otros actores del sistema son tan importantes como los mismos actores. MinCiencias es la encargada de coordinar los esfuerzos individuales de los elementos del sistema para que de esta forma se alcancen los objetivos comunes. Para lograr esto, MinCiencias debe establecer vínculos con otros sistemas administrativos, promover la cooperación entre instituciones y crear canales efectivos para la transferencia de conocimiento.

MinCiencias también es gestor. Cuenta de esto lo dan las funciones 1, 2, 3, 4, 7 y 9. Su rol de gestor va desde la gestión, y ejecución de las políticas públicas y el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, hasta la gestión del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.

Por último, su rol de planificador queda patente en las funciones 1, 2 y 6. En ellas se le atribuye a MinCiencias la labor de formular tanto la política pública que se llevará a cabo como la

elaboración del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. La entidad también se encarga de diseñar los lineamientos que deben tener en cuenta las demás entidades para llevar a cabo actividades de carácter innovadoras. De esta forma, MinCiencias viene a ocupar un lugar muy importante para el desarrollo de la actividad científica, tecnológica e innovadora dentro del país.

### 1.2.1.3. ¿Cómo se estructura MinCiencias?

Con base en el decreto 2226 de 2019, la estructura básica de MinCiencias está dada como se muestra en la figura 4.

Entre las distintas divisiones que presenta el Ministerio, son relevantes para el presente trabajo las labores llevadas a cabo por el Despacho del Ministro, el Despacho del Viceministerio de Conocimiento, Innovación y Productividad y, por último, el Despacho del Viceministerio de Talento y Apropiación Social del Conocimiento. Estos serán descritos. Tanto la Secretaría General como los Órganos de Asesoría y Coordinación son departamentos de carácter administrativo de la propia entidad y, por tanto, no revisten de relevancia aparente para el presente trabajo.

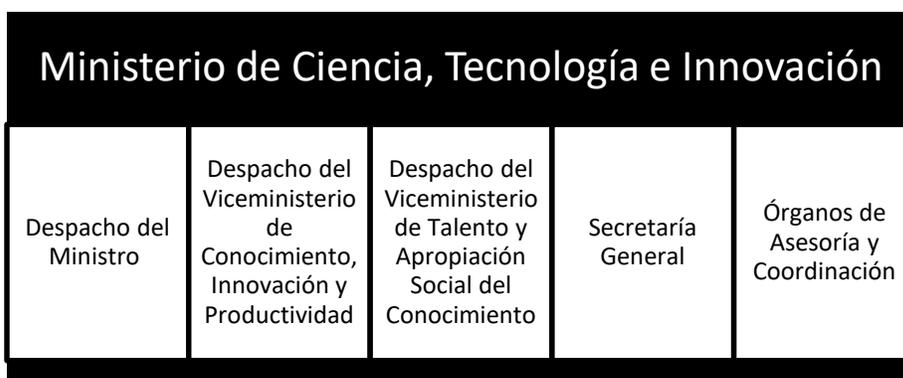


Figura 4. Estructura básica de MinCiencias.

**\*Fuente:** elaborado por el autor con base en el decreto 2226 de 2019

El Despacho del Ministro se encarga de dirigir todo el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), liderando y orientando la política pública que incentiven la investigación, el desarrollo de nuevas tecnologías y la innovación. Este también es el encargado de definir y orientar políticas de reconocimiento y acreditación al investigador y cualquier otra organización que adelante actividades de CTel (Grupos de investigación, semilleros, entre otros). Es en este despacho donde se llevan a cabo las decisiones trascendentales para fortalecer el sistema.

El Despacho del Viceministerio de Conocimiento, Innovación y Productividad es el encargado de asesorar al ministro en el proceso de formulación, implementación, seguimiento y

evaluación de las políticas de CTel, relacionadas con la generación de conocimiento, el desarrollo tecnológico, la innovación y la productividad.

Por último, el Viceministerio de Talento y Apropiación Social del Conocimiento es el encargado de asesorar al ministro en el proceso de formulación, implementación, seguimiento y evaluación de las políticas de CTel, relacionadas con capacidades en CTel en las regiones, formación de capital humano de alto nivel, redes y apropiación social del conocimiento. Es decir, este despacho es el encargado de evaluar y proponer políticas dirigidas tanto a la cualificación y formación de investigadores como a la creación de redes de investigación que nos dirijan a una sociedad del conocimiento.

Es de destacar que tanto el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación como la misma presidencia disponen de un grupo de 47 expertos investigadores a nivel internacional llamado *Misión de Sabios* que contribuye a la formulación de políticas tanto corto como a plazo en materia de educación, ciencia, tecnología e innovación.

#### ***1.2.1.4. ¿Cómo se relaciona MinCiencias con los demás elementos del sistema?***

MinCiencias se relaciona con los otros elementos del sistema por medio de las políticas, planes, programas y estrategias que esta institución lleva a cabo para el fomento de la CTel. En este sentido, es importante determinar cuáles son esas políticas, planes, programas y estrategias que MinCiencias está llevando a cabo actualmente y, más importante aún, cómo estas benefician a las universidades, empresas y otros actores del sistema.

Como primera medida de política, MinCiencias brinda ofertas para financiar proyectos de investigación. Dichos proyectos deben girar bajo algunas temáticas específicas propuestas por la institución. Por ejemplo, se financian proyectos de investigación en temas como el conflicto armado, geociencia, etc. También promueve la movilidad internacional hacia países con los cuales la entidad tenga convenios, financiando proyectos de investigación que se hagan en conjunto con grupos extranjeros. Estas ofertas también tienen en cuenta a las empresas, brindándoles beneficios tributarios o apoyo en las actividades innovadoras. En general, MinCiencias destina una parte de su presupuesto al apoyo científico tanto a grupos de investigación, como a jóvenes investigadores y empresas mediante la modalidad de convocatorias. Estas son importantes ya que cumplen en gran medida con los objetivos de internacionalización y cualificación de los investigadores.

Las convocatorias son extensiones de lo que se conoce como proyectos estratégicos, los cuales están adscritos a los viceministerios que hacen parte de MinCiencias y son ejes de política pública. El *Viceministerio de Conocimiento, Innovación y Productividad* cuenta con 10 proyectos

estratégicos mientras que el *Viceministerio de Talento y Apropiación Social del Conocimiento* cuenta con 17. El *Viceministerio de Conocimiento, Innovación y Productividad* cuenta con dos dependencias para la gestión de sus proyectos, las cuales son: 1) La *Dirección de Generación de Conocimiento* y 2) La *Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento*.

La *Dirección de Generación de Conocimiento* tiene bajo su mando aquellos proyectos cuyo fin son identificar a los distintos actores del SNCTI colombiano y gestionar tanto su vinculación al sistema como su producción en materia científica. Por medio de herramientas como son las plataformas ScienTI, SGIP y Pubindex, esta dependencia puede identificar y reconocer a los distintos actores, entre los que se encuentran: investigadores, grupos de investigación, consejos nacionales de CTeI, entre otros. Son cinco los proyectos estratégicos del Viceministerio de Conocimiento que están adscritos a esta dependencia, de los cuales resaltan el proyecto de Reconocimiento de Actores y Programas Nacionales de CTeI. De los proyectos a cargo de la Dirección de Generación de Conocimiento se desprenden ocho convocatorias u ofertas, las cuales están dirigidas a incentivar la investigación y la generación de nuevo conocimiento.

La *Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento* tiene bajo su mando los otros cinco proyectos restantes. Entre otros, se encuentran los proyectos de Innovación Empresarial, Beneficios Tributarios y Patentes, los cuales están dirigidos a fomentar y difundir el uso de los conocimientos existentes para la creación de innovaciones.

En función del proyecto de Innovación Empresarial, se crean los programas de “Alianzas para la innovación” y “Sistemas de innovación”, los cuales buscan formar a los empresarios y desarrollar los componentes claves que impulsen la creación de innovación y la consolidación de sistemas básicos de innovación en empresas. En función de este proyecto también se crea “Pactos por la innovación”, el cual se configura como una estrategia para articular los actores del ecosistema de innovación en Colombia.

De los proyectos a cargo de la *Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento* se desprenden quince convocatorias u ofertas, las cuales están dirigidas a incentivar la innovación en las empresas mediante beneficios tributarios y el fortalecimiento de aliados estratégicos.

Por otra parte, de los diecisiete proyectos a cargo del *Viceministerio de Talento y Apropiación Social del Conocimiento*, doce están a cargo de la *Dirección de Capacidades y Divulgación de la CTeI* y los cinco restantes están a cargo de la *Dirección de Vocaciones y Formación en CTeI*.

La *Dirección de Capacidades y Divulgación de la CTeI* está a cargo de proyectos cuyos objetivos son asociar, vincular y propiciar el trabajo conjunto entre actores locales, nacionales e internacionales. Dichos proyectos tienen como finalidad generar redes para la transferencia de conocimiento y la aplicación de los mismos. De estos, resaltan los proyectos RedCol, Apropiación Social, Centros de Ciencia y A Ciencia Cierta. RedCol busca articular los esfuerzos de los actores del SNCTI, para potenciar la visibilidad, circulación y gestión de la información científica colombiana. Por otra parte, Apropiación Social, Centros de Ciencia y A Ciencia Cierta pretenden llevar el conocimiento a las regiones, de tal forma que se puedan generar soluciones a problemáticas locales y se fomente una sociedad del conocimiento. De estos proyectos se desprenden cuatro convocatorias, las cuales se enfocan en gran medida en vincular a los investigadores en escenarios internacionales mediante movilidad internacional y el fomento del uso de conocimiento científico en las regiones.

Por último, la *Dirección de Vocaciones y Formación en CTeI* está a cargo de los proyectos dirigidos a fomentar el espíritu investigador. En este sentido, resaltan los proyectos Nexo Global, Programas Ondas y Jóvenes Investigadores. El primero pretende brindar a jóvenes estudiantes de pregrado una primera experiencia en la participación de un proyecto de investigación a nivel internacional. Programas Ondas busca incentivar la investigación en niños y jóvenes en etapa escolar. Por último, Jóvenes investigadores pretende dar oportunidades a jóvenes recién egresados o a aquellos que sólo tengan pendiente la ceremonia de grado. De estos proyectos se desprenden cinco convocatorias, las cuales se enfocan en brindar a los jóvenes acceso a estudios tanto en universidades locales, como en universidades internacionales.

En resumen, los encargados de dirigir los proyectos estratégicos son las distintas Direcciones que se desprenden de cada viceministerio. Aunque parezca que cada Dirección trabaja de forma separada, esto no es así. Al converger en objetivos comunes como son la internacionalización, el fomento de la investigación, la innovación, entre otros, todos los departamentos se ven en la necesidad de trabajar mancomunadamente. Sin embargo, cada uno se dirige de forma puntual a un determinado objetivo. En este sentido, los proyectos a cargo de la *Dirección de Generación de Conocimiento* tienen como finalidad identificar y reconocer a los distintos actores que generan conocimiento en el país. Los proyectos a cargo de la *Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento* tienen como finalidad el fomento de la investigación y de desarrollo de innovación en las empresas. Los proyectos a cargo de la *Dirección de Capacidades y Divulgación de la CTeI* tienen como finalidad difundir y promover el uso del conocimiento como instrumento de desarrollo regional y, por último, los proyectos a cargo de la *Dirección de Vocaciones y Formación en CTeI* pretende incentivar la

investigación en niños y jóvenes. A raíz de cada proyecto se desprenden estrategias, programas y convocatorias por las cuales se pretende llegar al público objetivo.

Resumiendo, entre los proyectos estratégicos que lidera MinCiencias actualmente, aquellos que resaltan son:

- Reconocimiento de Actores - Dirección de Generación de Conocimiento.
- Programas Nacionales de CTeI - Dirección de Generación de Conocimiento.
- Innovación Empresarial - Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento.
- Beneficios Tributarios - Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento.
- Patentes - Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento.
- RedCol - Dirección de Capacidades y Divulgación de la CTeI.
- Apropiación Social - Dirección de Capacidades y Divulgación de la CTeI.
- Centros de Ciencia - Dirección de Capacidades y Divulgación de la CTeI.
- A Ciencia Cierta - Dirección de Capacidades y Divulgación de la CTeI.
- Nexo Global - Dirección de Vocaciones y Formación en CTeI.
- Programas Ondas - Dirección de Vocaciones y Formación en CTeI.
- Jóvenes Investigadores - Dirección de Vocaciones y Formación en CTeI.

Estos proyectos, programas y políticas expuestas brindan beneficios tributarios a las empresas, mayor cualificación y experiencias investigativas para los grupos de investigación, mayor conexión entre aquellos actores dispuestos a generar conocimiento, tecnología e innovar con aquellas regiones que lo necesitan y mayor vínculo de los investigadores locales con escenarios internacionales. Una correcta aplicación de estas políticas mejoraría considerablemente el ecosistema científico del país e incentivaría un mayor volumen de innovación.

### **1.2.2. Otras instituciones**

Hasta ahora se le ha dedicado considerable atención a MinCiencias debido al rol que esta institución desempeña en SNI colombiano. Sin embargo, existen otras instituciones diferentes a MinCiencias que, de forma directa e indirecta, aportan insumos u otro tipo de material que fomenta la investigación en el territorio o apoyan el trabajo realizado por MinCiencias. Puntualmente, en este apartado se hará una breve referencia al Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones:

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE): es la institución encargada de recabar las estadísticas oficiales de la nación. El DANE suministra estadísticas en temas

económicos, sociales y de territorio, los cuales se constituyen en la mayor fuente de información para los investigadores de dichas áreas. El aporte de esta entidad al SNI colombiano es considerable si tomamos en cuenta el hecho de que, a partir de las estadísticas que de estos datos se generan, se pueden detectar necesidades latentes tanto a nivel social como a nivel empresarial<sup>3</sup>. De esta forma se puede brindar soluciones novedosas a las fallas detectadas.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic): es la entidad que se encarga de diseñar, adoptar y promover las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Colombia. Una de sus funciones consiste en incrementar y facilitar el acceso de todos los habitantes del territorio nacional a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a sus beneficios. El impacto de la presente entidad en el SNI colombiano es evidente. En la medida en que aumente la proporción de población con acceso a las nuevas tecnologías, mejor será el desempeño del SNI.

### **1.2.3. Universidades colombianas**

Se ha dicho que MinCiencias busca estimular la producción de nuevo conocimiento en las universidades por medio de incentivos financieros, identificando y organizando los distintos grupos de investigación y ranqueando según la calidad de estos. También se han mencionado otras instituciones gubernamentales que apoyan la generación de conocimiento y la innovación, ya sea proporcionando insumos para la investigación o reglamentando y estimulando el uso de las tecnologías. Sin embargo, no se ha explorado la forma en cómo, desde la misma universidad, se apoya (o se debería apoyar) la generación de conocimiento, la creación de nuevas tecnologías y el fomento de la innovación.

Como se ha mencionado a lo largo del capítulo, la universidad es una fuente importante de conocimiento y de nuevas tecnologías tanto a nivel social como a nivel empresarial. En ella se dispone del material físico e intelectual necesario para llevar a cabo tareas propias de la investigación. Dicho conocimiento y tecnología pueden ser aprovechado por el sector productivo para la mejora de sus procesos y aumento de la productividad. Es por esto que se podría entender de manera intuitiva el impacto que tiene el aumento del acervo de conocimiento sobre los niveles de innovación de una sociedad. Esto también se ha argumentado en el marco teórico del presente trabajo.

El rol de las universidades podría extenderse aún más. Bajo un escenario de innovación abierta, es decir, un escenario en el cual la fuente de innovación puede ser externa a las

---

<sup>3</sup> Un ejemplo de esto es la elaboración del presente documento.

organizaciones, Vesga (2016) sugiere que las tareas de la universidad colombiana podrían extenderse a las siguientes:

- Facilitar la construcción de redes: conectar a todos los actores del sistema innovativo y así facilitar la conexión entre demandantes y oferentes de innovación.
- Construir conocimiento sobre el proceso: la universidad puede generar conocimiento de cómo se llevan a cabo los procesos de innovación, como se aplican y cuáles son los errores comunes.
- Generar talento humano: el sistema de innovación requiere de personas capacitadas, la universidad puede contribuir en este aspecto.
- Apoyar el desarrollo de una cultura de innovación en las organizaciones: las organizaciones tienen su propia cultura interna, la idea es integrar a esa cultura el desarrollo de innovaciones.

El primer aspecto a resaltar es la capacidad de las universidades colombianas para generar conocimiento. Este aspecto es el más evidente. Las universidades, por medio de los grupos de investigación son fuente directa de generación de conocimientos.

El segundo aspecto a resaltar es el apoyo del espíritu emprendedor por parte de las universidades. La universidad es el escenario por defecto de muchos estudiantes emprendedores. Es cierto que en Colombia no se reproducen los casos que se ven en otros lugares del mundo, por ejemplo, EEUU. En el cual se gestan grandes multinacionales desde el seno de la universidad. Sin embargo, muchas universidades buscan incentivar la creación de nuevas empresas con ofertas innovadoras, por medio de un mayor contenido emprendedor en el pensum y brindando apoyo en su gestión.

Otra forma de atender a las iniciativas emprendedoras es por medio de incubadoras empresariales, de las cuales disponen un gran número de universidades. Ejemplo de ello son la Universidad EAN de Colombia, La Universidad Industrial de Santander -UIS-, entre otras. Se destaca la incubadora de la Universidad EAN, la cual fue reconocida por UBI Global –una red que evalúa a nivel mundial el desempeño de incubadoras y aceleradoras asociadas a universidades– como una fuente importante de fomento empresarial a nivel latinoamericano para el año 2019.

El último aspecto a resaltar son las alianzas que se crean entre las instituciones académicas y el sector productivo, ya sea a nivel local o internacional, y cuyos fines son compartir conocimientos, tecnologías e innovación. Las redes con mayor relevancia son:

- RENATA - Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada: es la red nacional de investigación y educación de Colombia, la cual articula, integra y vincula a la comunidad académica y científica del país con el sector productivo y el Estado, entre sí y con el mundo, para el desarrollo del conocimiento, la investigación, la educación y la innovación del país. Esta institución genera redes importantes de colaboración y difusión del conocimiento, la tecnología y la innovación entre las universidades.
- UNIRED – Red de Universidades: es una corporación sin ánimo de lucro, conformada por instituciones de educación, investigación y desarrollo del oriente colombiano, la cual integra a los departamentos Santander, Boyacá, Norte de Santander, Arauca y Casanare. Esta se busca promover la consolidación de alianzas estratégicas entre la academia, el sector productivo y el estado.
- GUNI - Global y: busca fortalecer el rol de la educación superior por medio de la renovación de su visión y políticas. También busca promover el intercambio de recursos, ideas y experiencias innovadoras, lo cual permite repensar sobre algunos temas emergentes de la educación superior, innovación, responsabilidad social y relevancia a escala global.

Las universidades también se asocian directamente con las empresas con el fin de asesorar o contribuir en la resolución de problemas de carácter técnico o productivo. Un par de ejemplos, como son el de Grupo Corona y Grupo Familia, demuestran cuan redituable puede llegar a ser estas asociaciones (Revista Dinero, 2016). Esta es una práctica que se está haciendo cada vez más común en las empresas colombianas, lo cual habla acerca del cambio de paradigma que sufre nuestra sociedad con respecto al rol de las universidades.

#### **1.2.4. Otras organizaciones privadas/públicas**

Existen otras organizaciones que no hacen parte de las instituciones estatales ni académicas y que también inciden en la creación de innovaciones. En este último apartado se pretende mencionar brevemente otros actores que de forma indirecta tienen efectos sobre el SNCTI.

Como primera medida se tendrá en cuenta aquellas organizaciones que apoyan el emprendimiento y fomentan la mejora del capital humano. Es importante analizar el fomento al emprendimiento ya que este se relaciona en gran medida con la creación de innovaciones. Analizar otras organizaciones que buscan cualificar a la población también es importante. La capacidad de dar respuestas innovadoras a problemas cotidianos se ve fortalecida debido a la cualificación del trabajador.

Otro tipo de organizaciones son los parques científicos y tecnológicos. Ellos brindan un ambiente necesario para llevar a cabo innovaciones. También permiten, bajo un ambiente competitivo, la colaboración entre las partes que lo conforman. De esta manera se crean redes de colaboración que redundan en mayor desarrollo innovador y competitividad de las industrias. Por esta razón, los parques científicos y tecnológicos se deben observar de forma holísticas, es decir, un conjunto en el cual el todo es mayor que la suma de sus partes.

#### ***1.2.4.1. Apoyo al emprendimiento y formación de capital humano.***

El apoyo al emprendimiento es una forma de apoyar la innovación. Atender a ideas nuevas, frescas y renovadas de cómo hacer nuevos negocios implica atender ideas potencialmente innovadoras. Varias organizaciones, además de las universidades e instituciones del estado, sirven como impulsoras de nuevos emprendimientos. También es muy importante la labor que juega el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA- como creadora de trabajadores cualificados. Las organizaciones que se destacan son:

Fondo Emprender – SENA: el SENA es una entidad del estado que brinda formación a nivel técnico, tecnológico y complementario, la cual busca apoyar el fomento de la educación para el trabajo, el desarrollo económico, tecnológico y social del país. El Fondo Emprender apoya la creación de nuevas empresas y la actividad innovadora brindando capital semilla y las asesorías necesarias para llevar a buen término las ideas de negocio de los colombianos.

Balcondex – Banco de Comercio Exterior de Colombia: es una entidad, de carácter mixto, cuyo objetivo es apoyar la iniciativa empresarial e innovadora en el país. Esta entidad brinda financiación a las pequeñas, medianas y grandes empresas, por medio de otras entidades financieras que cuenten con cupo aprobado en Bancoldex (Banco de segundo piso).

iNNpulsa: es la agencia de emprendimiento e innovación del Gobierno Nacional, la cual tiene como objetivo ayudar a la creación de nuevos emprendimientos e innovaciones en el territorio colombiano. Esta agencia trabaja de la mano con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para la consecución de sus objetivos.

ACAC – Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia: es una entidad privada, sin ánimo de lucro, cuyo objetivo es trabajar por el progreso de la ciencia en Colombia y el fomento de la tecnología y la innovación. En ella se pretende fomentar la integración nacional de la comunidad científica, Impulsar el desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y asesorar al Gobierno Nacional. También fomentan en las regiones el uso de la ciencia como instrumento de solución de problemas.

#### ***1.2.4.2. Parques Científicos y Tecnológicos.***

Los parques científicos y tecnológicos se podrían definir como espacios en los cuales se cuentan con la infraestructura, servicios y personal cualificado para llevar a cabo tareas de carácter científico e innovador. Por medio de estos, las empresas ahí establecidas tienen una mayor posibilidad de acceder a mayor tecnología y llevar a cabo actividades innovadoras.

Los parques científicos y tecnológicos se constituyen en medios de conexión entre la academia, las empresas y el estado. En ellos interactúan los actores más importantes del Sistema de Innovación, y es a partir de este hecho que los parques científicos y tecnológicos son relevantes para el presente trabajo. En Colombia se adelantan tres proyectos de parques innovadores por parte de MinCiencias y otros actores, los cuales son:

Parque Biopacífico: es un parque dirigido a la agroindustria, sin embargo, se proyecta para el mediano plazo su participación en el sector pecuario y en el largo plazo hacia las ciencias de la vida. Las áreas de concentración inicial son la frutas y hortalizas, biocombustible/caña de azúcar y Biodiversidad. El área de concentración proyectada es la Bioindustria y su ubicación estaría entre Cali, Palmira, Pradera y Florida. Este se proyecta terminado para el año 2030, actualmente se encuentra en fase de crecimiento lo que implica que están en búsqueda de atracción de nuevos miembros y expansión de las actividades.

Parque Guatigará: este parque es articulado por la Universidad Industrial de Santander – UIS- y busca apoyar el desarrollo competitivo regional a partir del fortalecimiento del capital humano, científico y tecnológico, centrándose en temas de energía, salud, software, agroindustria y biotecnología.

Parque Tecnológico de Bogotá: es una iniciativa orientada a fomentar el desarrollo económico y social de Bogotá, a través de la promoción de la innovación basada en conocimiento científico y tecnológico, para el mejoramiento de la competitividad de sus empresas. Este proyecto es apoyado por la Alcaldía de Bogotá, el Ministerio de Comercio, la Cámara de comercio de Bogotá y otras organizaciones de carácter privado. Se planea que para el presente año este proyecto entre en funcionamiento.

La creación de parques tecnológicos se podría convertir en una ventaja competitiva a largo plazo en el desarrollo de innovaciones tanto a nivel local como a nivel regional. También tiene potenciales aportes al desarrollo de las regiones y la nación.

## **2. SNI y el sector empresarial colombiano**

### **2.1. Indicadores del SNI colombiano**

Los indicadores disponibles del SNI colombiano tienen por objetivo brindar un panorama general de sus resultados y su evolución. Es importante observar los indicadores del SNI colombiano ya que permiten establecer algunas comparativas básicas entre Colombia, los otros países de la región y el mundo. Por medio de estos también se observa el estado de investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación

Por otra parte, en Colombia se cuentan con pocos trabajos que analicen los resultados su SIN en términos de indicadores. De aquellos que existen, ninguno incorpora indicadores [ver López (2004) y Oquendo Gómez & Acevedo Álvarez (2012)].

#### **2.1.1. Indicadores científicos**

Los indicadores científicos son indicadores que muestran el desempeño de la actividad científica dentro del país. Estos son importantes para determinar el estado de la ciencia y lograr comparaciones internacionales. Debido a la importancia de la ciencia dentro de los SNI, incluyendo el colombiano, el uso de estos indicadores se hace indispensable.

Un primer indicador que es relevante para describir los resultados en términos de generación de conocimiento en el SIN colombiano es el número de publicaciones realizadas a nivel nacional. Este se constituye en un indicador de producción científica y permite valorar cuanto conocimiento se genera en las universidades y centros investigativos del País.

La figura 5 contiene información acerca del número de publicaciones realizadas en SCOPUS, por cada cien mil habitantes, en los países sudamericanos para el año 2017. Se observa que Colombia posee el cuarto lugar con aproximadamente 24 publicaciones por cada cien mil habitantes. Chile es el país que cuenta con la mayor cifra, esta es de aproximadamente 74 publicaciones por cada cien mil habitantes. También es el único país que posee más de 60. El país que posee menos publicaciones, según los datos, es Bolivia. Este posee aproximadamente 3 publicaciones por cada cien mil habitantes. Resalta la diferencia que hay entre el primer y el segundo país en el gráfico. La brecha entre Chile y Uruguay es de 28 publicaciones, siendo Chile mayor en aproximadamente un 62%. Colombia tiene una diferencia de 50 publicaciones, siendo Chile mayor en aproximadamente un 200%.

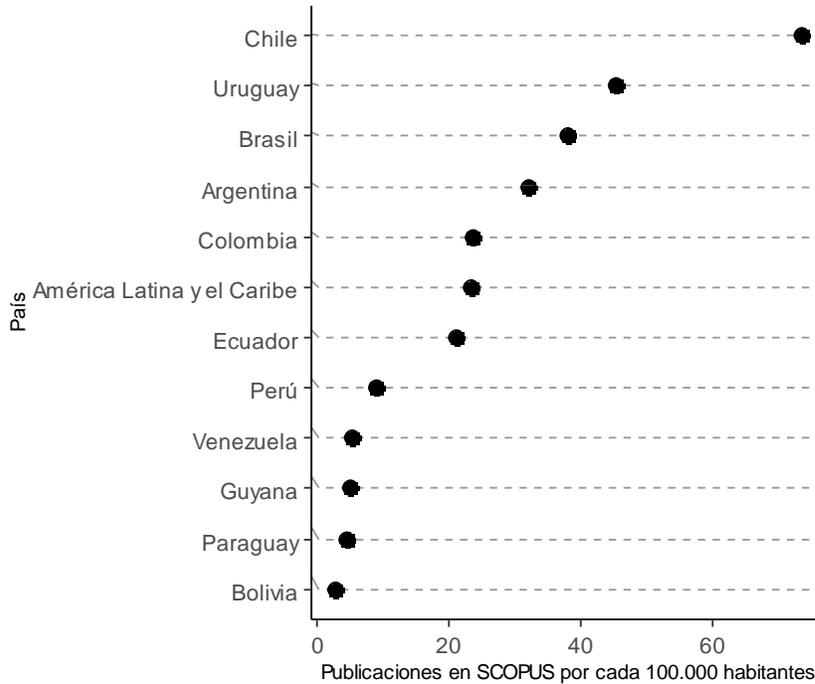


Figura 5. Publicaciones en SCOPUS por cada 100.000 habitantes: países de Sudamérica para el año 2017.

**\*Fuente:** elaborado por el autor a partir de los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

La información presentada nos permite pensar que, en términos de publicaciones científicas, Chile es el primero en nuestra región. Colombia se ubica en el tercer cuartil de los datos, siendo su valor mayor al 50% de los países analizados. También es evidente que presenta rezago en términos de producción científica frente a Chile, Brasil, Argentina y Uruguay.

Scimago Journal & Country Rank presenta información más actualizada a este respecto. Según los datos de Scimago expuestos en la figura 6, se observa que Colombia era el cuarto país de la región en términos de publicaciones científicas en el año 2019. En esta misma gráfica se observa el Índice H, el cual mide el impacto de las publicaciones científicas realizadas. Los datos muestran que Colombia es el cuarto país con mayor impacto en sus publicaciones científicas de la región. Brasil muestra en ambos casos una diferencia notable con respecto a los otros países de la región y es el líder en ambos indicadores.

Aunque a nivel regional se debe aumentar los esfuerzos para alcanzar los niveles de los países líderes, los datos a nivel local evidencian una mejora a lo largo del tiempo. La producción científica promedio de los grupos de investigación reconocidos por el MinCiencias aumentó de 55.39 a 132.13 entre 2013 y 2019. Debido a la falta de datos en la base, no fue posible hacer una serie continua. Sin

embargo, es claro que ha habido un aumento notable de la productividad de los grupos de investigación en términos de producción científica.

En tan solo seis años la producción por grupo de investigación en Colombia casi se triplicó. Esto no es un hecho aislado y las causas se podrían hallar tanto en una mayor cooperación entre universidades y centros de investigación a nivel local e internacional, como en una ampliación de la capacidad productiva en materia científica.

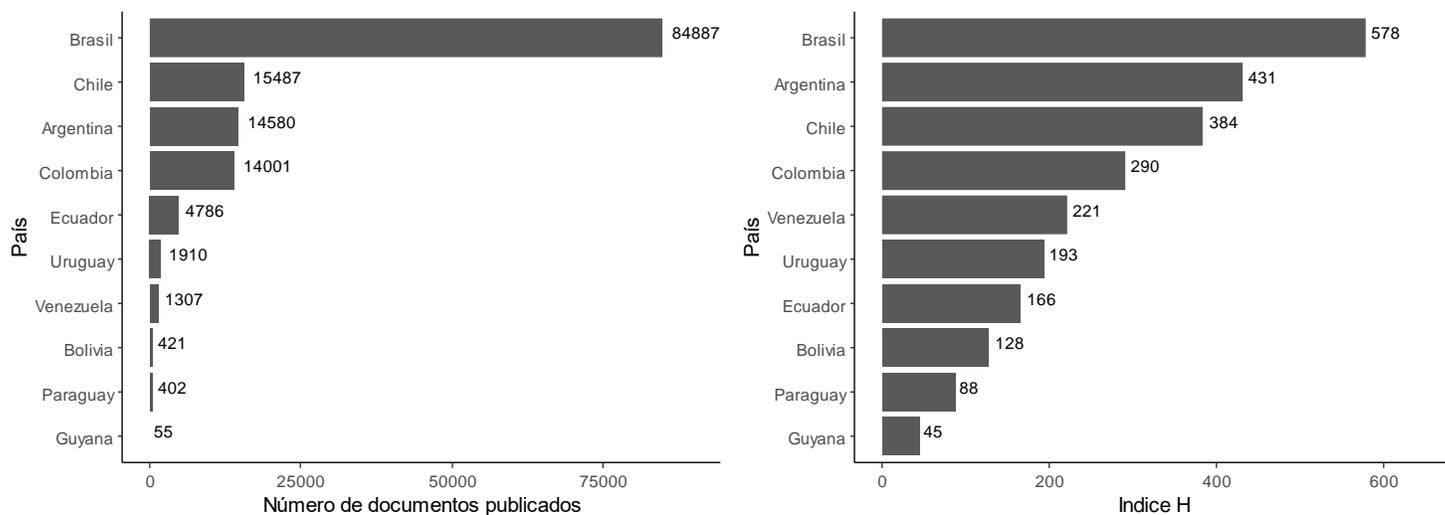


Figura 6. Número de documentos publicados e Índice H en países de la región para el año 2019.

\*Fuente: elaborado por el autor con base en los datos de Scimago Journal & Country Rank.

Desde el año 2016 ya se reportaban mejorías considerables. En general se evidenciaba más cohesión y trabajo colaborativo por parte de los investigadores y universidades colombianas, tanto a nivel local como a nivel regional. A pesar de esto, mucha de la producción científica se publicaba en revistas internas y tenían un bajo grado de visibilidad internacional (Machado, Fanjul, & Rico, 2016). La conexión entre mayor colaboración y el aumento de la producción de las universidades se podría explicar debido a la existencia de externalidades positivas de redes.

Por otra parte, también se evidencia una ampliación de la capacidad productiva. En particular, se evidencia un crecimiento en términos de grupos de investigación. Este crecimiento es importante porque también habla de la mayor demanda de conocimiento y profesionales con capacidad investigadora. En la tabla 6 se muestra información del número de grupos de investigación por región para los años 2013 y 2019. Exceptuando el Distrito Capital, la región con mayor número de grupos para el año 2013 fue el Eje Cafetero. Para ese mismo año la región con el menor número de grupos fue el Llano. Para el año 2019 la región con el mayor número de grupos de investigación, exceptuando

el Distrito Capital, fue, al igual que en 2013, el Eje Cafetero. El Llano sigue siendo la región con el menor número de grupos.

Un aspecto muy importante de la tabla 6 es que muestra el crecimiento de los grupos de investigación tanto a nivel regional como en el total. En términos relativos, el Distrito Capital presenta el menor crecimiento de los grupos de investigación y el Llano presenta el mayor crecimiento. En términos brutos el Eje Cafetero fue el que más creció y el Llano presenta el menor crecimiento. En general, el número total de grupos de investigación aumentó en un 34%.

El mensaje es claro, sí ha habido un aumento de la capacidad de producción de conocimiento en Colombia, el cual es evidenciado por el aumento de los grupos de investigación. Este aumento se correlaciona con el aumento de la producción científica y el aumento de las redes de trabajo. Sería lógico pensar que a medida que aumenta la capacidad productiva, mayor debería ser la producción. En Colombia no sólo ha aumentado la producción científica, sino que ese aumento ha sido mucho mayor que el aumento de los grupos de investigación, tal como lo evidencian los datos. Todo esto se traduce en una mejora en el indicador de productividad de los grupos. También es lógico pensar que, a mayores redes de trabajo, mayor cooperación y, a mayor cooperación, mayor división de trabajo. En últimas, mayor productividad. Al final son todos estos elementos juntos los que permiten el desarrollo científico y no es solo el desarrollo de un elemento por separado lo que eleva la producción.

*Tabla 6.* Grupos de investigación reconocidos por MinCiencias por región, años 2013 y 2019.

<b>Región</b>	<b>Número de grupos año 2013</b>	<b>Número de grupos año 2019*</b>	<b>Cambio porcentual desde 2013 a 2019</b>
Caribe	515	791	53,59
Centro Oriente	476	754	58,40
Centro Sur	139	223	60,43
Distrito Capital	1629	1873	14,98
Eje Cafetero	948	1234	30,17
Llano	56	95	69,64
Pacífico	541	698	29,02
Total	4304	5668	34,11

**Fuente:** Elaborado por el autor con base en los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por MinCiencias.

\* Para el año 2019 hubo 104 grupos que no se tuvieron en cuenta en la tabla ya que no se especificaba su región. Sin embargo, hacen parte de los grupos para ese año.

Otro indicador importante en materia científica es el número de revistas indexadas. Las revistas indexadas se podrían definir como un medio de publicación científica que refleja características de calidad y que está vinculada a alguna base con visibilidad internacional. En este

sentido, el número de revistas indexadas nos pueden hablar de dos cosas: la primera es del interés por crear espacios de difusión del conocimiento que sea visible a nivel internacional, lo segundo es la mejora de la calidad científica. Lastimosamente no se disponen de datos abierto con series temporales, sin embargo, se puede brindar una mirada a la composición regional y por área del conocimiento. La tabla 7 y 8 muestran dicha información.

La tabla 7 muestra que en total se indexaron 633 revistas para el periodo 2004-2016. Las regiones con mayor y menor número de revistas indexadas son el Distrito Capital y el Llano respectivamente. El mayor volumen de revistas indexadas está enfocado en Ciencias Social, mientras que el área con menos revistas indexada es la agrícola (ver tabla 8). Es importante resaltar la gran diferencia que existe entre la región con mayor cantidad de revistas indexadas y la región de menor cantidad. También hay que ver la gran cantidad de revistas en ciencias sociales (¿obedecerá esto a una mayor demanda de conocimiento en este campo? ¿el bajo número de revistas en ciencias agrícolas obedecerá a una baja demanda de conocimiento en este campo?).

*Tabla 7.* Revistas indexadas por MinCiencias en función de la región en la cual operan para el periodo 2004-2016.

<b>Región</b>	<b>Revistas: periodo 2004-2016*</b>
Caribe	54
Centro Oriente	70
Centro Sur	12
Distrito Capital	296
Eje Cafetero	140
Llano	2
Pacífico	59
Total	633

**Fuente:** Elaborado por el autor con base en los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por MinCiencias.

\*No se tuvieron en cuenta 11 revistas las cuales no estaban asociada a ninguna región.

*Tabla 8.* Revistas indexadas por MinCiencias en función del área del conocimiento en la cual se enmarca para el periodo 2004-2016.

<b>Gran área del conocimiento</b>	<b>Revistas: 2004-2016</b>
Ciencias agrícolas	34
Ciencias médicas y de la salud	96
Ciencias naturales	66
Ciencias sociales	287

Humanidades	91
Ingeniería y tecnología	70
Total	644

**Fuente:** Elaborado por el autor con base en los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por MinCiencias.

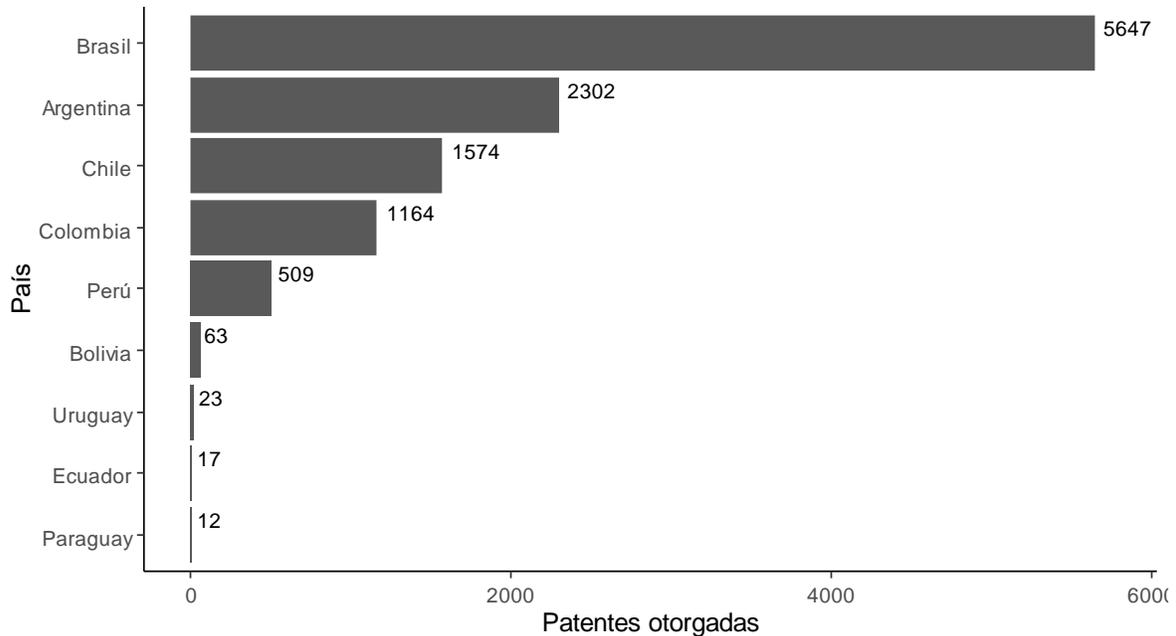
De esta forma, los indicadores científicos muestran brechas a nivel regional. Todavía le falta a Colombia recorrer un arduo camino para alcanzar a los líderes en investigación de la región. Sin embargo, se ha visto que a nivel interno han mejorado los indicadores científicos. Resalta la mejora de la productividad en materia de conocimiento y el aumento del número de grupo científicos. El mayor crecimiento del número de grupos de investigación en términos brutos se dio en el centro del país. El área del conocimiento que cuenta con un mayor número de grupos de investigación son las ciencias sociales.

### **2.1.2. Indicadores de innovación y patentes**

Los indicadores gasto en I+D y de patentes son indicadores que muestran el esfuerzo innovador y el desempeño inventivo dentro del país. Estos indicadores son relevantes para dar una mirada al tema tecnológico del país y poder observar su relevancia en la región.

La creación de nuevas tecnologías, bienes o métodos de producción, es el objetivo que se persigue con la configuración de los SNI. Por tanto, el primer indicador que se analizará es el número de patentes otorgadas por las oficinas encargadas de cada país. Las patentes se constituyen como un medio para la protección de las nuevas invenciones y les otorga derechos de explotación exclusivos a la entidad que la posea. Algunos están en contra de las patentes, otros a favor. Sin embargo, como se señaló en el marco teórico del presente trabajo, las patentes sirven como incentivo para la creación de innovaciones. Es por esta razón que se analizan en el presente trabajo.

La figura 7 muestra el número de patentes otorgadas por las oficinas internas en cada país sudamericano para el año 2017. Colombia es el cuarto país que más otorga patentes en la región. A pesar de esto, el número de patentes colombianas otorgadas sólo representa aproximadamente el 21% del total de patentes otorgadas en Brasil. Esta cifra es aún menor cuando se compara con países de renta alta como Estados Unidos. Al realizar esta comparación se encuentra que el número de patentes colombianas otorgadas sólo representa el 0.36% de las patentes realizadas en EEUU. Aunque este indicador es importante para observar el esfuerzo inventivo de los países, este debe estar acompañado por alguna medida que muestre cuantas patentes son solicitadas.



*Figura 7.* Número de patentes otorgadas por las oficinas de cada país sudamericano para el año 2017.

**\*Fuente:** elaborado por el autor a partir de los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

La figura 8 muestra el coeficiente inventivo de los países sudamericanos para el año 2017. Este indicador es una ratio entre patentes solicitadas por residentes del país por cada 100.000 habitantes. Sus valores son una medida de la intensidad de patentes solicitadas por un país. Se observa que Colombia solicita aproximadamente una patente por cada cien mil habitantes, ocupando el tercer lugar en la lista. Brasil sigue siendo el líder con 4 patentes por cada cien mil habitantes. El país con peor resultados es Paraguay.

Se podría decir que Colombia, en comparación con los otros países de la región, no se encuentra en una mala posición. Sin embargo, muestra grandes diferencias con el país líder. Otra característica importante del coeficiente inventivo es que resta el efecto del tamaño de la población de los países. A pesar de todo esto, Brasil con una población muy superior a todos los países analizados sigue siendo el líder. Un dato interesante es el coeficiente inventivo de EEUU, el cual es igual a 90 patentes solicitadas por cada cien mil habitantes. Este último dato muestra el rezago inmenso de la región en términos inventivos con respecto a países más desarrollados.

Desde el punto de vista temporal el coeficiente inventivo colombiano ha presentado mejoras. En la figura 9 se presenta la serie comparativa entre Colombia y América Latina y el Caribe para el periodo 2008-2017. En ella se puede observar que Colombia siempre ha tenido un coeficiente menor

que el promedio de América Latina. También se observa una mejora considerable de la intensidad inventiva entre 2008 y 2017, lo cual ha reducido la brecha con el promedio regional.

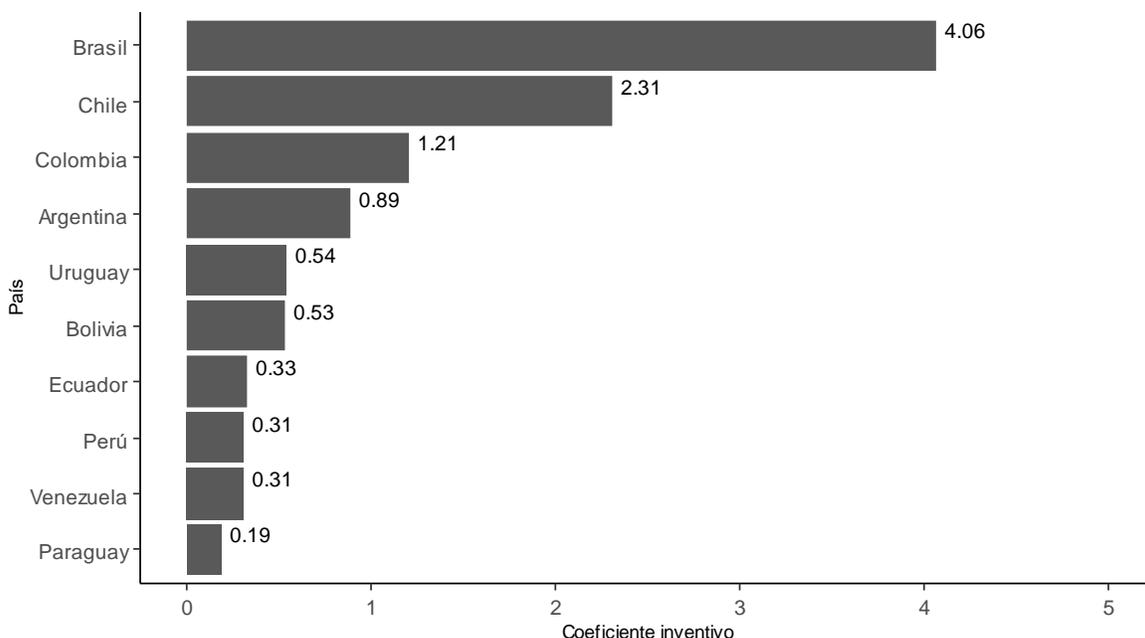


Figura 8. Coeficiente de inversión por país sudamericano para el año 2017.

\*Fuente: elaborado por el autor a partir de los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

La solicitud y otorgamiento de patentes en un país muestra los esfuerzos que se llevan a cabo dentro de las organizaciones y la población para la creación de cosas nuevas. Estos esfuerzos están asociados al uso consciente de factores para la creación de productos, servicios u métodos organizativos o de comercialización nuevos. El uso de estos factores implica unos costos que tienen que asumir las organizaciones y, en general, todo un país. El costo asumido debe ser recuperado para que tenga sentido dedicar el esfuerzo a dichas actividades. Por otra parte, una aproximación a las actividades de innovación que llevan a cabo las empresas son las actividades de investigación y desarrollo (I+D). De esta forma, una aproximación a los costos en innovación de un país se puede obtener por medio del gasto en I+D que llevan a cabo sus organizaciones.

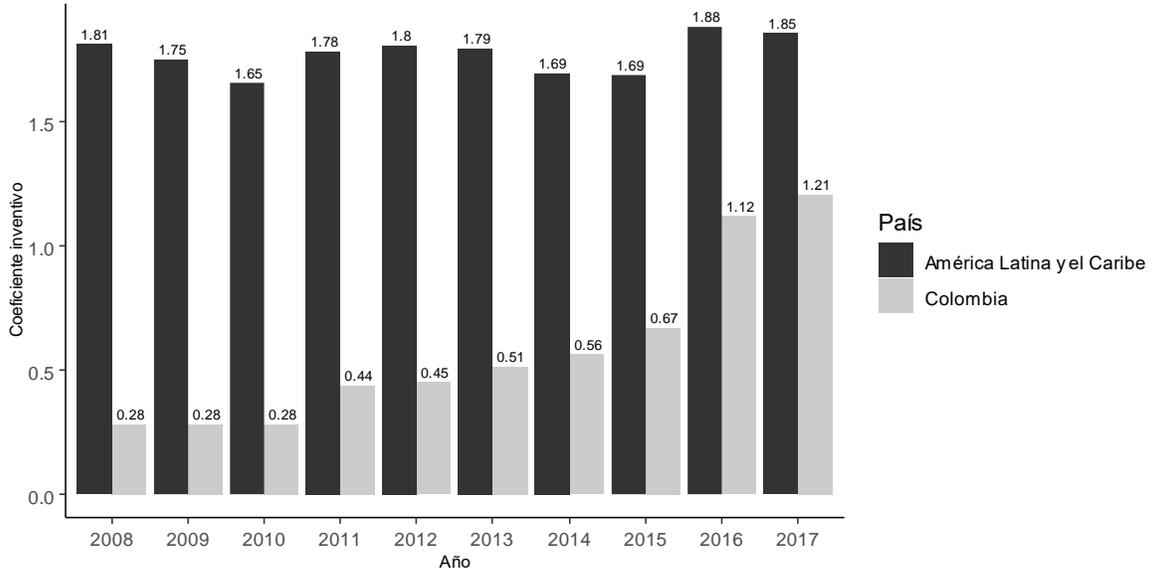


Figura 9. Serie temporal de los coeficientes inventivos colombiano y latinoamericano, periodo 2008-2017.

\*Fuente: elaborado por el autor a partir de los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

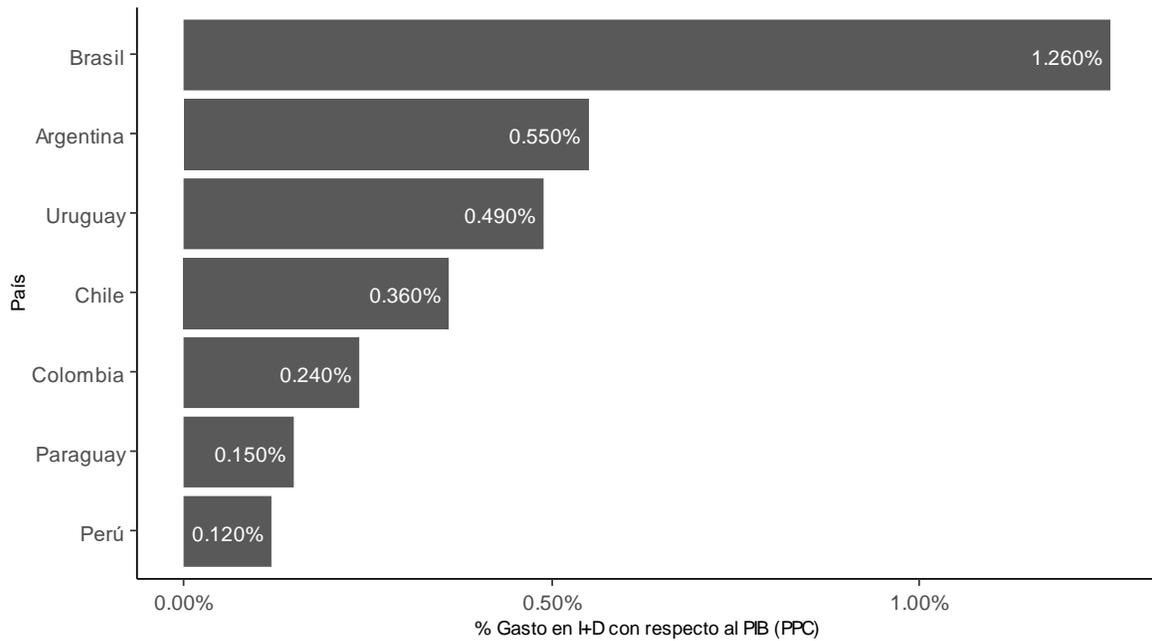


Figura 10. Esfuerzo relativo de países sudamericanos en materia de I+D para el año 2017, tomando como referencia el PIB (PPC).

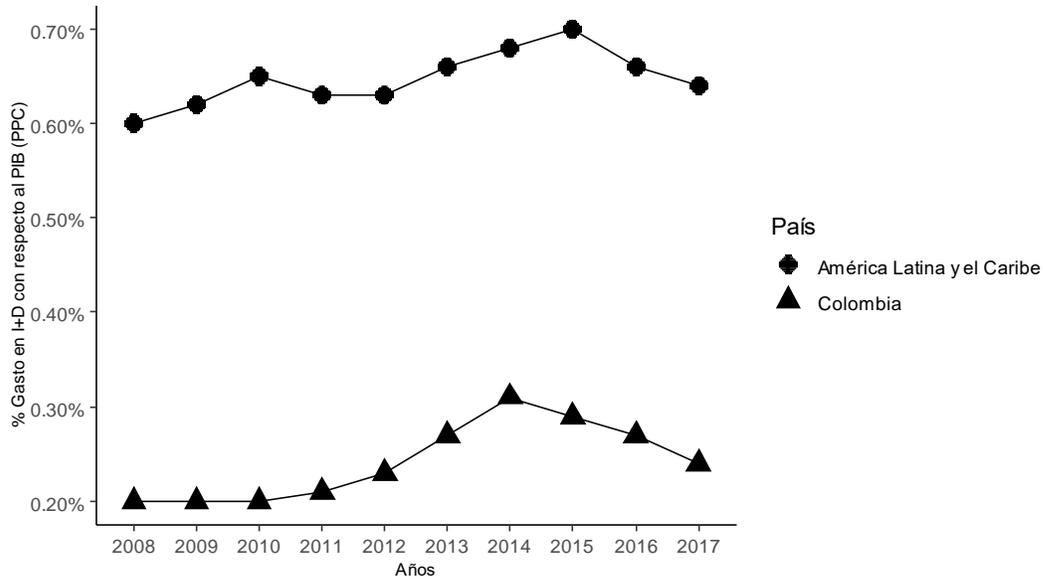
\*Fuente: elaborado por el autor a partir de los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Si una mayor actividad en I+D conlleva siempre a mayores gastos en dichas actividades, entonces el análisis de los gastos causados en dichas actividades puede dar una idea de cuanta actividad en I+D se dan en los países. La lógica es sencilla, con base en los gastos en I+D se puede inferir cuanta actividad en I+D se dan en los países y, por tanto, cuanta actividad de innovación se está llevando a cabo. En la figura 10 se muestra el esfuerzo relativo de los países sudamericanos en actividades de I+D, teniendo en cuenta tanto el gasto público como el privado. Este indicador se construye dividiendo el gasto en I+D del país por su PIB por Paridad de Poder de Compra (PPC) para el año 2017.

Aunque no se disponen de todos los países suramericanos, se observa nuevamente que Brasil lidera este indicador, el cual es bastante alto en comparación con los otros países. Por su parte, Colombia gasta un 0.24% de su PIB por Paridad de Poder de Comprar en actividades de I+D y ocupa el cuarto lugar entre los países analizados.

Es importante observar, además de los datos comparativos por países, la serie temporal para Colombia. En la figura 11 se observa la serie temporal del esfuerzo relativo en materia de I+D entre Colombia y el promedio de América Latina y el Caribe para el periodo 2008-2017. A pesar de que en la región Colombia no destaca por su gasto en I+D, se puede decir que este indicador ha mejorado con respecto a 2008. Sin embargo, sería engañoso decir sólo que el indicador ha mejorado para el periodo analizado. A partir del año 2010 el indicador crece cada vez más rápido hasta llegar al año 2014 en cual se detiene su crecimiento y comienza a decrecer. Lastimosamente no se disponen de datos para años posteriores al 2017, estos serían importantes ya que la gráfica termina en un patrón a la baja.

Por otra parte, la figura 11 muestra que durante el periodo analizado Colombia siempre se ubicó debajo del promedio de América Latina. Este es un resultado poco alentador en materia de I+D ya que, si se tienen en cuenta el año 2017 como año referencia, se encuentra que la diferencia entre Colombia y América Latina fue de aproximadamente 0.40 pp. Este valor es bastante grande comparado con el gasto porcentual de Colombia para el mismo año el cual fue de 0.24%.



*Figura 11.* Serie comparativa del esfuerzo relativo en materia de I+D entre Colombia y el promedio de América Latina y el Caribe periodo 2008-2017.

\***Fuente:** elaborado por el autor a partir de los datos de Ciencia, Tecnología e Innovación aportados por Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Los gastos en investigación y desarrollo presentan una importante relación con el PIB per cápita. Es de esperarse que aquellos países que posean altos porcentajes de gasto en investigación y desarrollo también tengan altos ingresos. El argumento es que aquellos países con altos porcentaje de innovación deberían tener mayor crecimiento a largo plazo. Los gastos en I+D son, en cierto sentido, gastos destinados a la innovación. En este orden de ideas, un aumento de la proporción en gastos en I+D debería representar un mayor crecimiento a largo plazo para los países.

La figura 12 presenta una aproximación a la relación entre el PIB per cápita y el porcentaje de gasto en I+D. El PIB per cápita se podría interpretar como una medida de los niveles de vida en los países. Por tanto, con base en la figura 12 se podría decir que aquellos países de la región con mayores niveles de gasto en I+D con respecto al PIB tienen mejores niveles de vida. Esta correlación, aunque no mide la relación entre crecimiento y porcentaje de gasto en I+D, es muy sugestiva. Se observa a Brasil como un dato atípico debido a que su producción por habitante se ve bastante influenciada por el tamaño de su población.

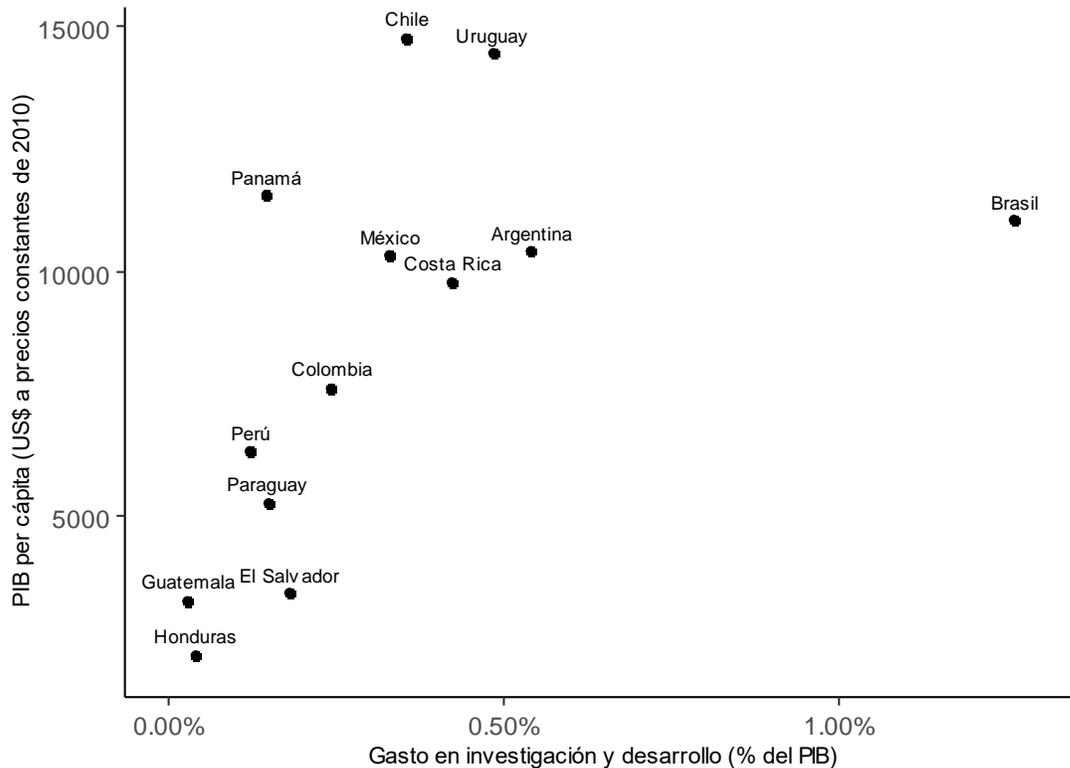


Figura 12. PIB per cápita vs porcentaje de gasto en investigación y desarrollo de los países suramericanos para el año 2017.

\*Fuente: elaborado por el autor a partir de los datos del Banco Mundial.

Un último indicador importante en materia de innovación a nivel internacional es el índice de innovación global, GII por sus siglas en inglés. Este índice cubre 7 características o pilares, los cuales son: instituciones, capital humano e investigación, sofisticación de los mercados, sofisticación de los negocios, generación de conocimiento y tecnología, infraestructura y productos creativos. En él se evidencia que durante los tres últimos años (2019, 2018 y 2017) Colombia ha bajado su posición, pasando del puesto 65 en el año 2017 al puesto 67 en el año 2019. Comparado sólo con los países latinoamericanos, Colombia ocupa el sexto lugar. Los peores resultados de Colombia se evidencian en las dimensiones de generación de conocimiento y tecnologías, investigación y capital humano y productos creativo, lo cual concuerda con lo visto hasta ahora. Por otro lado, tuvo buenos resultados en las dimensiones de infraestructura, sofisticación de los mercados, sofisticación de los negocios e instituciones.

## 2.2. Caracterización de las empresas manufactureras

La información que se presenta en este apartado se basa en los datos dispuestos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) en la Encuesta de Desarrollo e

Innovación Tecnológica (EDIT). Esta encuesta es aplicada a las empresas manufactureras para el periodo 2015-2016. La EDIT es una operación tipo censo, cuyo parámetro de inclusión es que las empresas tengan 10 o más personas ocupadas o en su defecto registren un valor de producción anual igual o superior a un valor que se especifica que se especifica cada año de referencia correspondiente al directorio de empresas de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018). En ella se recaba información referente a la innovación en las empresas, personal ocupado, inversión en innovación, entre otros.

Existen muchas maneras de clasificar el esfuerzo innovador de las empresas. El DANE utiliza una tipología en la cual se clasifican a las empresas según sus resultados en innovación. En este sentido, el DANE agrupa a las empresas como sigue:

- Empresas innovadoras en sentido amplio: empresas que durante el periodo de referencia llevaron a cabo por lo menos una innovación dentro del mercado nacional.
- Empresas innovadoras en sentido estricto: empresas que durante el periodo de referencia llevaron a cabo por lo menos una innovación dentro del mercado internacional.
- Empresas potencialmente innovadoras: empresas que no reportaron ninguna innovación pero que durante el periodo de referencia llevaron a cabo o abandonaron por lo menos una actividad innovadora.
- Empresas con intención de innovar: empresas que manifestaron tener intención de innovar pero que durante el periodo de referencia no reportaron ninguna innovación. Tampoco llevaron a cabo o abandonaron ninguna actividad innovadora.
- Empresas no innovadoras: empresa que no innovó, no llevó a cabo ningún tipo de actividad innovadora y tampoco declaró intenciones de innovar.

Estas definiciones serán muy importantes para el desarrollo del presente apartado ya que gran parte de los resultados girarán alrededor de ellas.

### **2.2.1. Empresas por industria, barreras a la innovación y tipología**

Para el periodo 2015-2016 la EDIT estaba conformada por 7947 empresas del sector manufacturero. Estas se clasifican en veintidós industrias de acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, ciu4. El primer objetivo de este apartado es mostrar cómo se distribuyen las empresas entre las distintas industrias del sector manufacturero.

Para llevar a cabo esta tarea se hará uso de los Anexos 1 y 2, los cuales son tablas con información de las empresas. En la primera se realiza un conteo de empresas dependiendo de la

industria en la cual se encuentre y de sus resultados en innovación. El total al margen de las filas muestra cómo se distribuyen las empresas entre las industrias. El total al margen de las columnas muestra cómo se distribuyen las empresas según su tipología. Para la segunda se hizo un conteo de empresas según su percepción de barreras a la innovación e industria. Cabe resaltar que en el total al margen de las filas no tiene un sentido práctico, ya que una sola empresa puede percibir varias barreras. Tiene mucho más sentido el margen en las columnas ya que dice cuántas empresas manifiestan percibir barreras a la innovación según sus categorías.

Se encuentra que la industria con mayor número de empresas es la de elaboración de productos alimenticios. Por contraparte, la industria con menor número de empresas es la de fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos. Al observar cómo se distribuyen las empresas en función de sus resultados en innovación, se encuentra que estas son mayormente no innovadoras, con una participación del 71,6% del total de empresas, mientras que el 0,2% de las empresas son innovadoras en sentido estricto y el 21,5% son innovadoras en sentido amplio. Aunado a los indicadores expuestos en el apartado anterior, estos resultados indican el pobre desempeño que tienen las empresas manufactureras en materia de innovación (ver tabla A1).

Otra característica importante de la tabla A1 es que implícitamente contiene la muestra objetivo que se utilizará en la estimación de la relación entre barreras y la propensión a innovar. Resulta que aquellas empresas a las cuales no se les pregunta si han enfrentado barreras a la innovación, son las mismas empresas que se clasifican como no innovadoras. Por tanto, la suma de las columnas 3, 4, 5 y 6 dan como resultado el total de empresas en la muestra objetivo según la industria a la cual pertenecen. De acuerdo a esto, la industria de elaboración de productos alimenticios es, tanto para el total de las empresas como en la muestra objetivo, la industria con mayor participación con un 16,95% y un 19,8% respectivamente.

Analizando la distribución de las empresas a nivel interindustrial, la industria que posee el mayor número de empresas no innovadoras en términos brutos es la de elaboración de productos de alimentos. A nivel intraindustrial, la industria con mayor porcentaje de empresas no innovadoras es la industria de fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos con un porcentaje del 100%. Esto es así debido a que en esta industria solo hay cinco empresas y todas ellas son no innovadoras. La segunda industria con mayor porcentaje de empresas no innovadoras es la industria de transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho entre otros, con un porcentaje del 83,61%. La industria con el mayor porcentaje de empresas innovadoras (empresas ampliamente innovadoras más empresas estrictamente innovadoras) es la de fabricación de productos

farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico con una participación del 36,55%.

Del total de las de las empresas del sector manufacturero, sólo 2254 reportaron haber percibido por lo menos una barrera a la innovación. Las barreras que se consideran en el presente trabajo son cuatro, las cuales son: barreras financieras, de conocimiento, de mercado y barreras institucionales. De las 2254 empresas que reportaron barreras, el 78% reportaron haber percibido barreras financieras; el 69% reportó haber percibido barreras de conocimiento; el 64% reportó haber percibido barreras de mercado y el 58% reportó la percepción de barreras institucionales<sup>4</sup>.

La industria con el mayor número de empresas que perciben barreras de cualquier categoría es la industria de producción de alimentos. Hay que recordar que esta es la industria más grande dentro del sector manufacturero y, por tanto, los números pueden estar afectados por su tamaño.

A partir de la clasificación de las empresas en función de su desempeño innovador (tipología) hecha por el DANE, se puede distinguir cuáles empresas son innovadoras y cuáles no. Las empresas *innovadoras* están conformadas por las empresas que se clasifican como innovadoras en sentido amplio y en sentido estricto. Las empresas *no innovadoras* están conformadas por las empresas que se clasifican como empresas con intención de innovar y las no innovadoras. Sin embargo, tal como se explicó antes, las empresas que se clasifican como no innovadoras no deben reportar barreras. En este sentido, cuando se comparan las barreras con la clasificación dispuesta por el DANE sólo se tienen en cuenta cuatro categorías (todas excepto las no innovadoras). Por esta razón, y para fines prácticos, se podría decir que se está formando un nuevo grupo de empresas *no innovadoras*. Este nuevo grupo excluye a la categoría “no innovador” que se encuentra en la tipología del DANE, y se queda con las empresas potencialmente innovadoras y con intención de innovar. A partir de esta nueva clasificación sí es posible comparar las barreras a la innovación y las empresas en función de sus resultados innovadores.

En la figura 11 se observa cómo se distribuyen las empresas en función de las barreras a la innovación y su desempeño innovador. Esta distribución se da de forma porcentual. Si en la gráfica no se dieran los valores porcentuales se podría pensar fácilmente que las cuatro categorías presentan la misma distribución. Sin embargo, esto no es así. Aunque los valores se acercan mucho entre las categorías, ellos tienen una leve diferencia. La interpretación de los valores obtenidos para las barreras financieras es el siguiente: de todas las empresas que percibieron barreras a la innovación, el 74,346%

---

<sup>4</sup> El cálculo se realizó teniendo en cuenta el número total de empresas que percibieron por lo menos una barrera a la innovación y los resultados al margen de las columnas presentado en la tabla A2 del anexo.

son innovadoras y el 25.654% restantes son no innovadoras. Mismo análisis se puede aplicar a las restantes categorías.

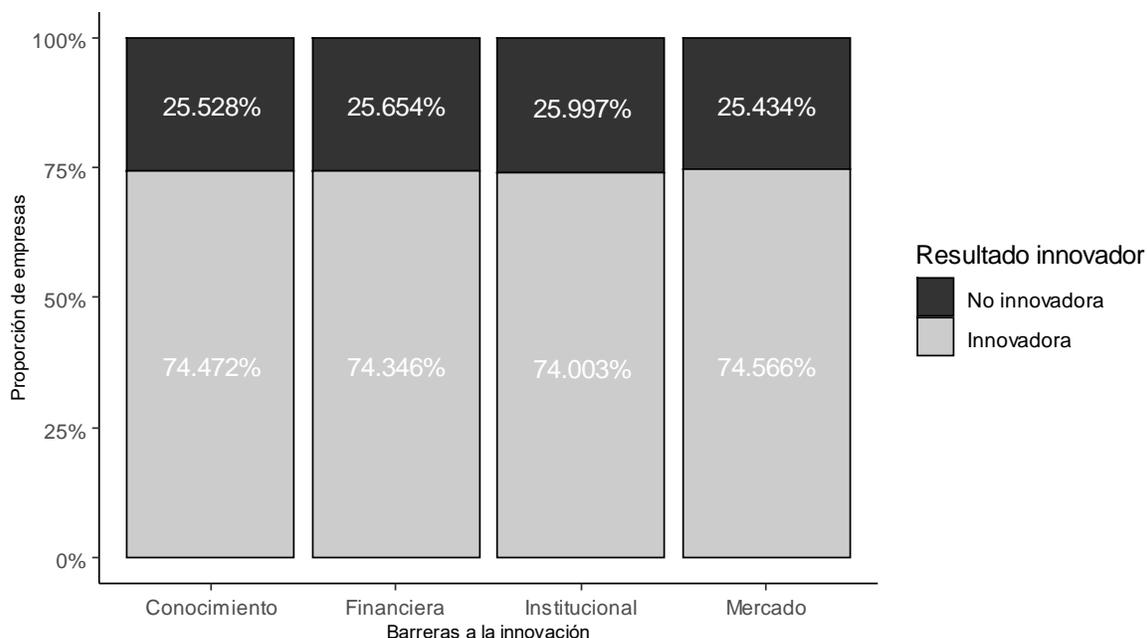


Figura 13. Proporción de empresas innovadoras en función de las barreras a la innovación y su resultado innovador.

**Fuente:** Elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

Lo que más resalta de esta figura es que para todas las categorías de barreras las empresas innovadoras siempre tuvieron la mayor participación. Esto es algo contraintuitivo. ¿Cómo puede ser que las empresas no innovadoras tengan menor participación en la percepción de barreras que las empresas innovadoras?

Una explicación tentativa es que aquellas empresas que realmente están dispuestas a innovar están más expuestas a barreras. Por tanto, son ellas las que al final terminan experimentando las barreras con mayor fuerza y percibiéndolas en mayor proporción. Otra razón, un poco más sutil pero más convincente, es que el criterio de clasificación de las empresas como innovadoras sea bastante laxo. Vesga (2009) indica que para el año 2004 la EDIT presentaba criterios de clasificación bastante benévolo. Este resaltaba que, a pesar de eso, las empresas colombianas mostraban una baja propensión a innovar, resultado que hoy en día se mantiene.

### 2.2.2. Tamaño de las empresas manufactureras

El tamaño de las empresas para el periodo 2015-2016 está medido como la media del total personal ocupado en las empresas para los años 2015 y 2016. El tamaño promedio de una empresa

manufacturera colombiana para el periodo analizado es de 102 personas, por otro lado, el tamaño promedio para las empresas dentro de la muestra objetivo es de 195 personas. Una relación interesante a explorar es el tamaño de las empresas en función de sus resultados en innovación. La tabla 10 muestra esta relación. Se evidencia que las empresas innovadoras son, en términos promedios, mucho más grandes.

Las empresas innovadoras en sentido estricto alcanzan un valor de 791 empleados en promedio para el periodo 2015-2016. Este es un valor muy alto comparado con las demás categorías. Sin embargo, este tipo de empresas representan un porcentaje muy bajo del total de empresas manufactureras (ver tabla A1). Las empresas con intención de innovar y las no innovadoras coinciden con los tamaños más pequeños.

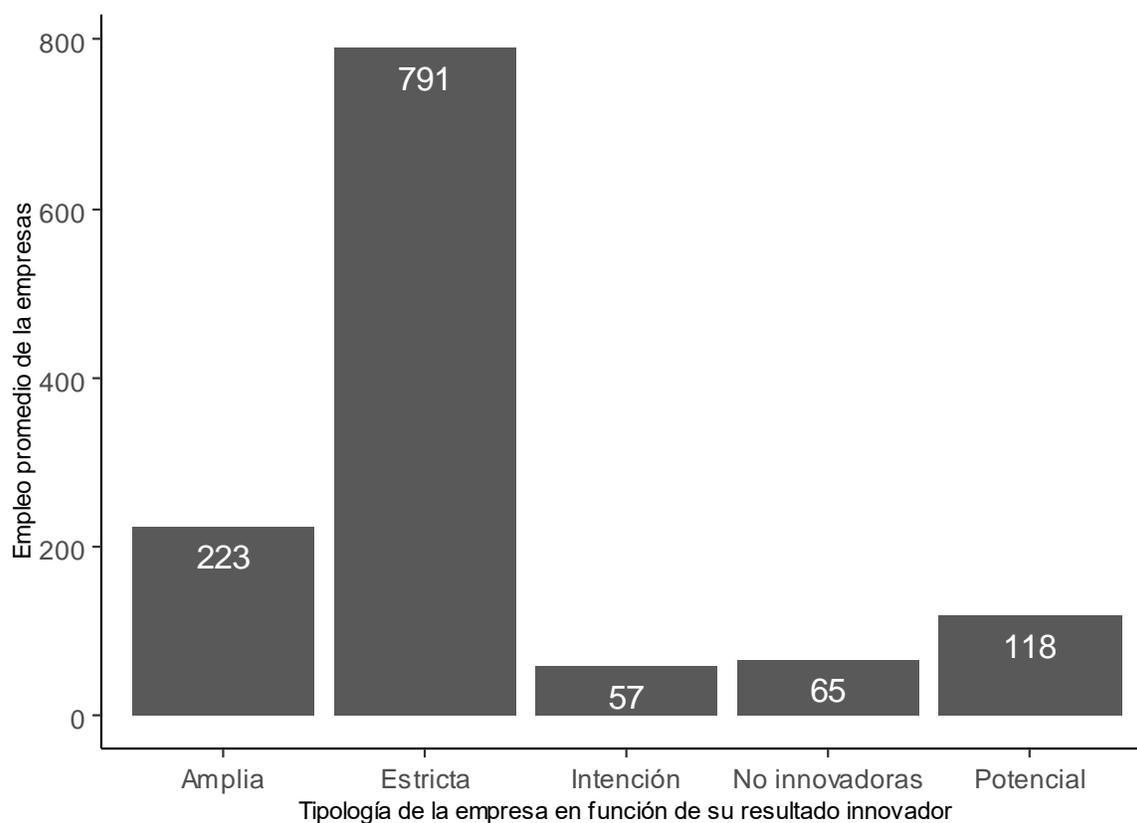


Figura 14. Tamaño de las empresas manufactureras en función de sus resultados innovadores.

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

\*Nota: Intención: empresas con intención de innovar. Potencial: empresas potencialmente innovadoras. Estricta: empresas innovadoras en sentido estricto. Amplia: empresas innovadoras en sentido amplio

### 2.2.3. Desempeño exportador de las empresas manufactureras.

Utilizando la información de las 7947 empresas que conforman el total de la EDIT se tiene que en promedio el sector manufacturero exportó cuatro seiscientos millones de pesos en productos. El 28,2% de las empresas son exportadoras y el restante 71,8% no lo son. Utilizando la muestra objetivo los valores cambian considerablemente. El total de empresas exportadoras pasan a 42,64% y el total de no exportadores pasa a un 57,36%. En la figura 11 se observa el porqué de este cambio.

La distribución de empresas exportadoras en función de la tipología innovadora evidencia que en el grupo de las empresas no innovadoras existe una diferencia grande entre las empresas exportadoras y las no exportadoras. Esta gran diferencia sesga los resultados totales, sin embargo, este sesgo no afecta los valores de la muestra objetivo, ya que en ella se excluyen dichas empresas debido a que no disponen de información acerca de barreras a la innovación. El grupo con mayor número de empresas exportadoras y no exportadoras es el grupo de empresas no innovadoras.

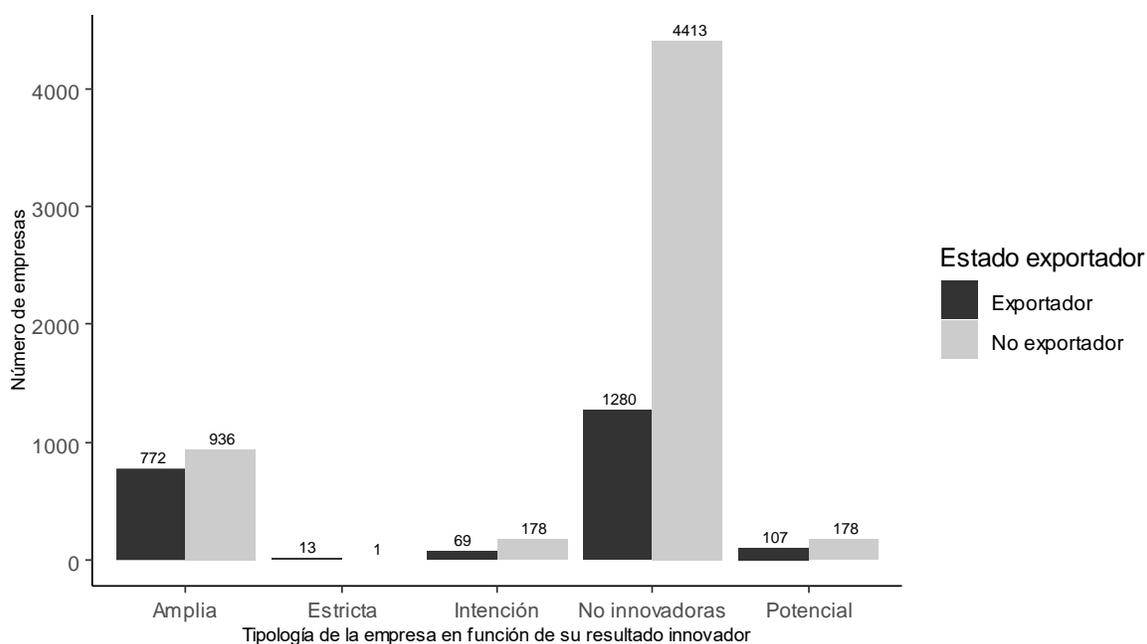


Figura 15. Empresas exportadoras en función de sus resultados innovadores.

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

Un resultado interesante es que sólo en el grupo de empresas innovadoras en sentido estricto se evidencia un número de empresas exportadoras mayor que el de las no exportadoras. Sin embargo,

como se ha enfatizado antes, este grupo es demasiado pequeño en términos de número de empresas. En los otros grupos las empresas no exportadoras siempre son mayores.

#### 2.2.4. Intensidad tecnológica y gasto en innovación en empresas manufactureras.

La intensidad tecnológica se define de acuerdo a la industria. Existen ciertas industrias que necesitan de un menor uso de tecnologías para desarrollar sus actividades. Según Hatzichronoglou (1997) estas se pueden clasificar en industrias de alta, media-alta, media-baja y baja intensidad. En el presente trabajo solo se tendrán en cuenta dos grupos, a saber: empresas con *alta intensidad tecnológica* y empresas con *baja intensidad tecnológica*. El primer grupo incluye lo que Hatzichronoglou define como empresas con intensidad alta y media-alta. El segundo grupo incluye a las empresas con intensidad media-baja y baja.

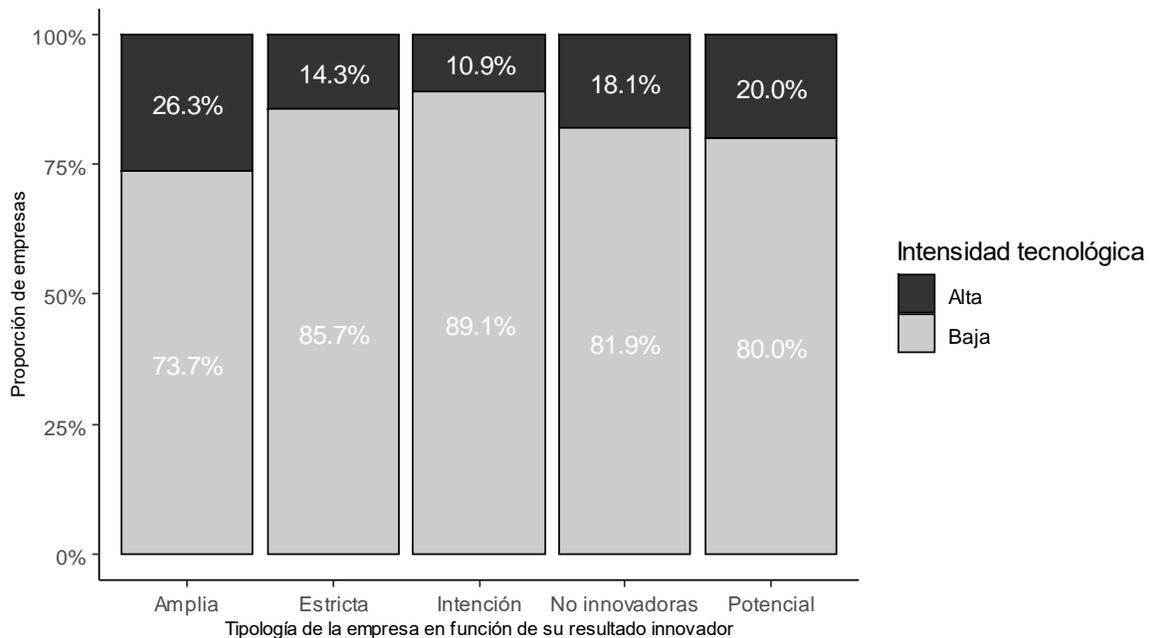


Figura 16. Proporción de empresas según su tipología e intensidad tecnológica, periodo 2015-2016.

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

Del total de 7947 empresas en el sector manufacturero, 1568 (19,73%) se encuentran en industrias de alta intensidad tecnológica. Las otras 6379 (80,26%) empresas se encuentran en industrias de baja intensidad tecnológica. Al comparar las empresas según la intensidad tecnológica de la industria y sus resultados en innovación, se observa que las empresas pertenecientes a industrias de intensidad tecnológica baja siempre tienen la mayor participación. Las empresas que son innovadoras en sentido amplio están conformadas por un porcentaje de empresas de alta intensidad tecnológica mucho mayor que la de los otros grupos. Por contraparte, las empresas con intenciones

de innovar están compuestas por una mayor proporción de empresas pertenecientes a industrias de baja intensidad tecnológica (ver figura 14).

En el apartado anterior se habló de gastos en I+D. El uso de esta variable tuvo por objetivo exponer un indicador que se aproximara al gasto en innovación. La variable de gasto en actividad innovadora de la EDIT tiene un alcance mayor. Este utiliza un concepto de innovación mucho más amplio.

La inversión promedio en actividades innovadoras por parte de las empresas manufactureras durante el periodo 2015-2016 fue de aproximadamente un millón cien mil de pesos. El mayor gasto en innovación registrado en la base fue de 140 millones. La industria que en promedio tuvo mayor gasto en innovación fueron otras industrias manufactureras. Este grupo está conformado por empresas que fabrican joyas, instrumentos musicales, juegos, entre otros. La industria con menor gasto en innovación fue la industria de confección de prendas de vestir (ver tabla A.3.)

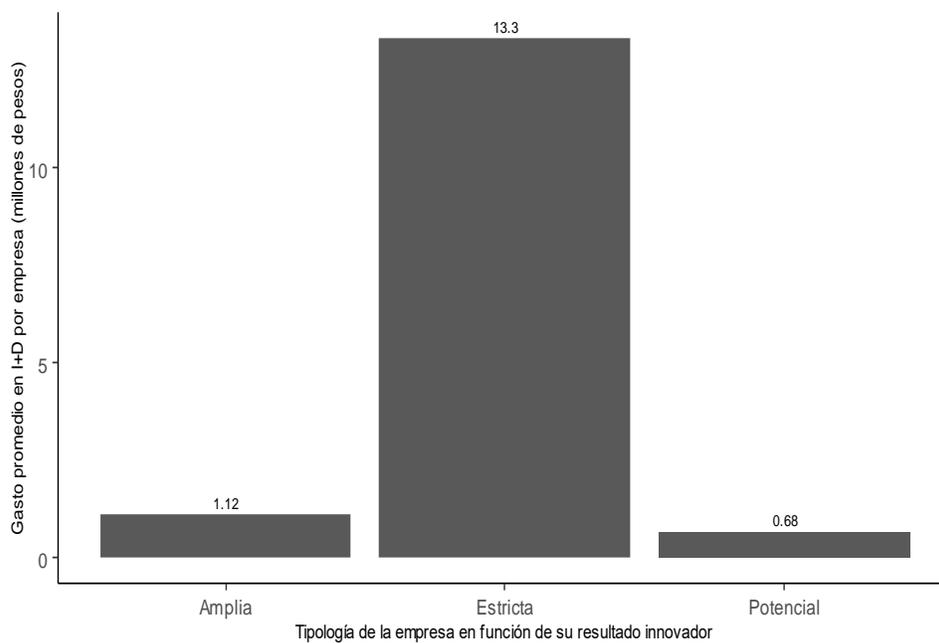


Figura 17. Gasto promedio en actividades innovadoras según resultado innovador de las empresas, periodo 2015-2016.

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

Sólo las empresas que han reportado el desarrollo o abandono de alguna actividad innovadora tienen información de gasto en innovación. Esto es lógico ya que una empresa que no haya reportado ningún tipo de actividad innovadora no puede estar gastando ellas. Esta es la razón por la cual en la figura 15 solo aparecen tres categorías. El grupo de empresas que reportó mayores niveles de gastos

en innovación fueron las estrictamente innovadoras. Esto tiene sentido ya que en términos de personal ocupado este es el grupo en donde se encuentran las empresas más grandes. Esto implicaría que poseen mayor músculo financiero para llevar a cabo grandes proyectos.

### 3. Propensión a innovar de las empresas manufactureras colombianas

#### 3.1. Distribución, medidas de centro y dispersión

El análisis presentado en esta sección se basa en una muestra de 2254 empresas manufactureras que hacen parte de la EDIT para el periodo 2015-2016. El criterio para seleccionar las empresas se guio en si hubo percepción de por lo menos una barrera a la innovación por parte de estas. Si lo hubo, entonces hace parte de la muestra, si no, no.

La figura 16 muestra cómo se distribuyen las frecuencias de percepción de barreras. En ella se evidencia que, para todas las categorías de barreras, la mayoría de las empresas afirmaron percepción de estas. La barrera en cuya distribución hubo una mayor brecha entre percepción y no percepción fue la financiera. Por el contrario, la barrera en cuya distribución hubo una menor brecha entre percepción y no percepción fue en la institucional.

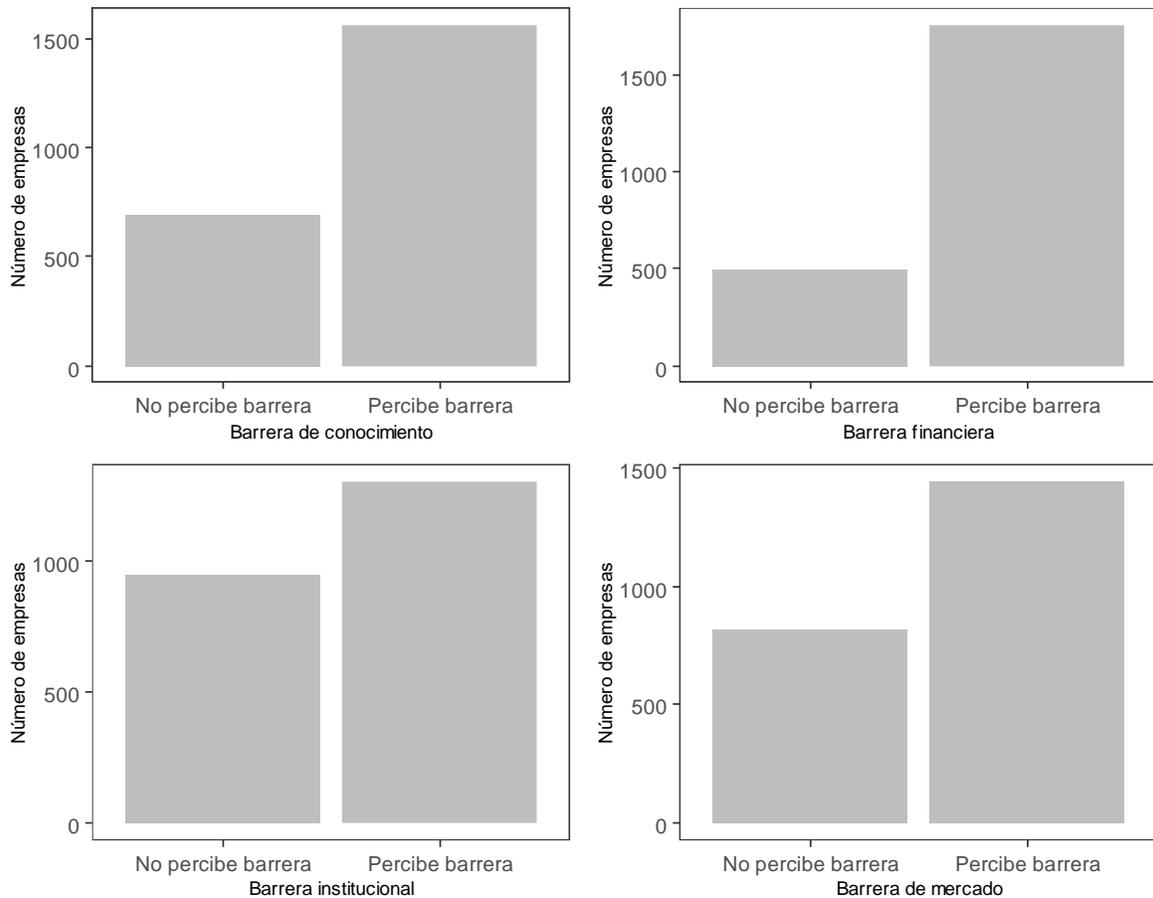


Figura 18. Distribución de frecuencias de la percepción de barreras a la innovación.

Fuente: Elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

En la figura 17 se muestra la distribución de frecuencias tanto de la variable dependiente como de las variables de control cualitativas. En ella se observa que, tal como se ha expuesto antes, el mayor número de empresas en la muestra es innovadora. También se observa que la mayoría de las empresas son no exportadoras. Por último, se observa que la gran mayoría de las empresas se encuentran en industrias de intensidad tecnológica baja. Estos resultados apoyan en gran medida lo que se observó en la caracterización de las empresas manufactureras.

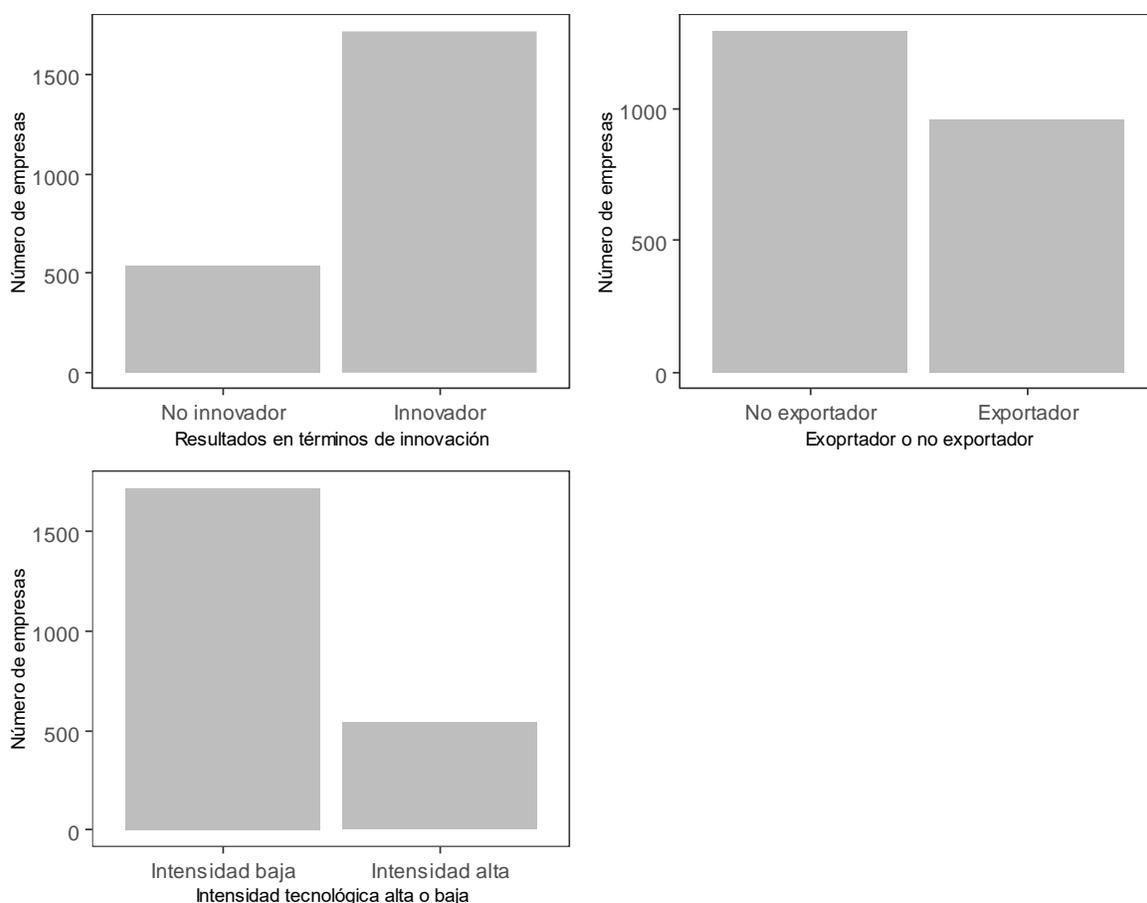


Figura 19. Distribución de frecuencias de variables de control cualitativas.

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

Además de las frecuencias, también es importante observar si existe cambios en las distribuciones dependiendo de los resultados en términos de innovación de las empresas. Los resultados en innovación son básicamente dos, si la empresa innovó o no innovó. En el anexo 4 se exponen las gráficas de frecuencia de las variables cualitativas en función de los resultados en innovación de las empresas. Para las variables de barreras no se observa cambios notables al separar sus distribuciones. Lo que sí es evidente es que las frecuencias de percepción y no percepción de

barreras a la innovación son mayores en el grupo de empresas innovadoras. Esto es así debido a que hay un mayor número de empresas innovadoras.

De esta misma manera se pueden observar los valores de las variables de exportación y de intensidad tecnológica. Al analizar la variable de exportación, tanto para el grupo de empresas que son innovadoras como para las que no lo son, el número de empresas que no exportan es mayor. Para la variable de intensidad tecnológica se observa el mismo patrón. La mayoría de las empresas pertenecen a la industria de baja intensidad tecnológica tanto en el grupo de las empresas que son innovadoras como el grupo de las que no lo son. Sin embargo, se observa que la brecha entre empresas con baja intensidad tecnológica y empresas con alta intensidad tecnológica es mayor que la brecha entre empresas exportadoras y no exportadoras para cada una de las categorías de los resultados en innovación.

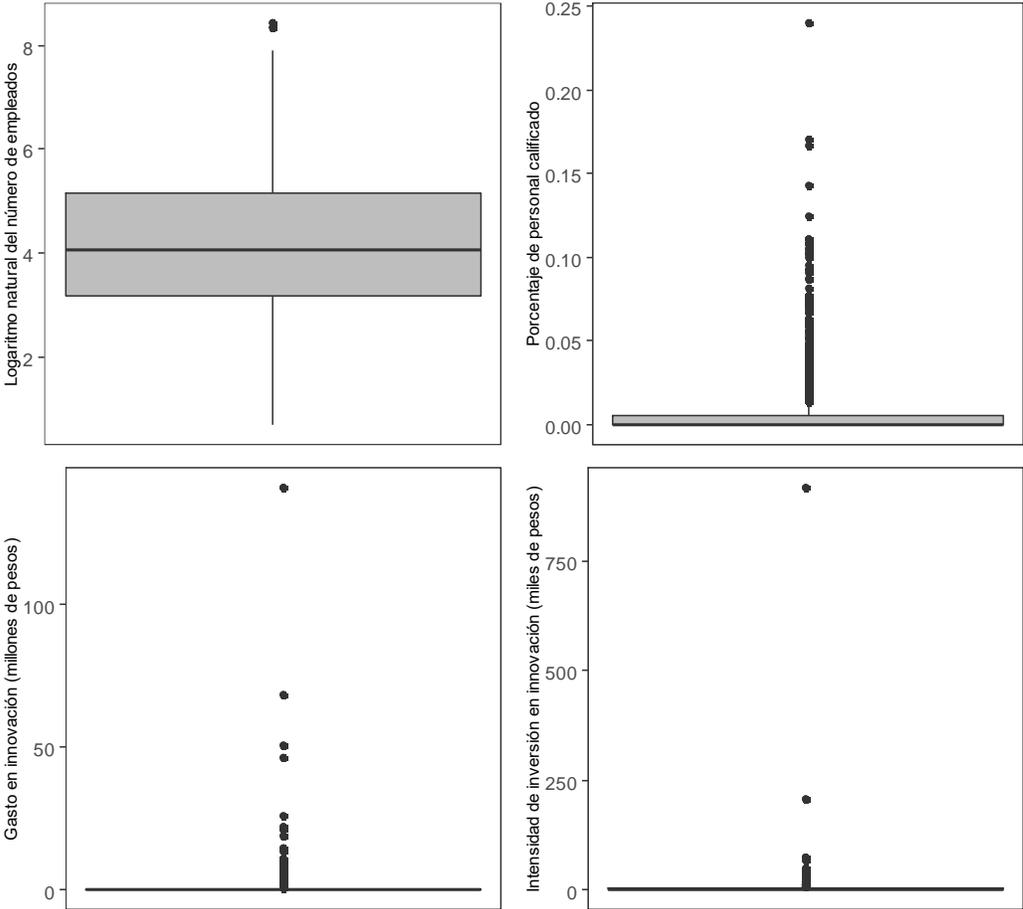


Figura 20. Gráficos de cajas y bigotes para variables de control continuas

Fuente: elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

El gráfico de cajas y bigotes de la figura 18 evidencia la existencia de mucha dispersión en las variables de porcentaje de personal altamente calificado, intensidad de la inversión en innovación y gasto en innovación. El logaritmo natural del número de empleados de las empresas no presenta mucha variabilidad. Esto se puede explicar debido a que el logaritmo natural corrige en gran medida posibles sesgo y alta variabilidad que pueda tener la variable empleo. Parece que hubiera un pequeño grupo de datos que es mucho mayor al resto.

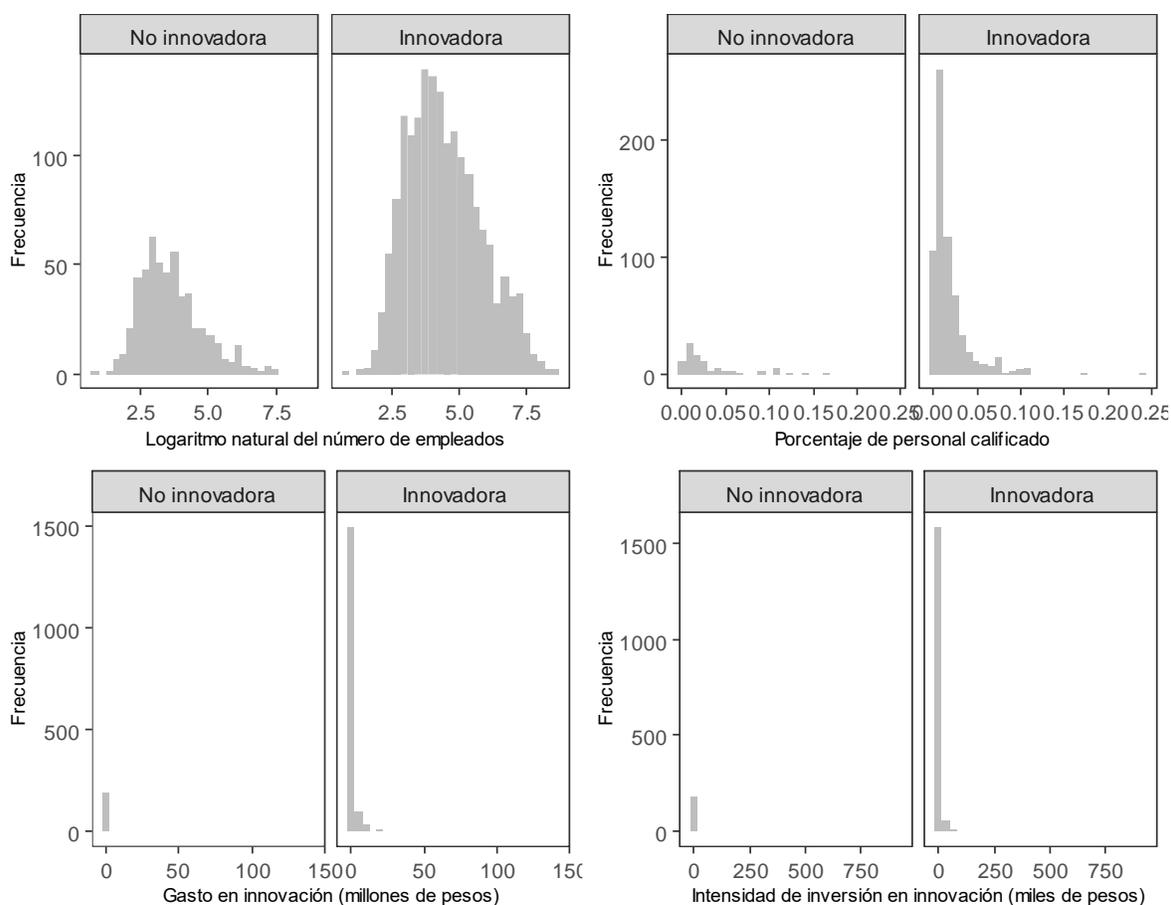


Figura 21. Histogramas de variables de control continuas.

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

La figura 19 aporta mayor información acerca de la distribución de las variables continuas del modelo. En ella se exponen los histogramas de cada una de estas, lo cual permite tener una idea de sus potenciales sesgos y su dispersión.

La variable logaritmo natural del empleo muestra un ligero sesgo hacia la derecha y una dispersión no muy alta. Las variables de porcentaje de personal altamente calificado, gasto en innovación e intensidad de la inversión en innovación muestran una considerable acumulación de sus

valores alrededor de cero. Esto implica que la gran mayoría de las empresas no cuentan o cuentan con muy poca: 1) mano de obra altamente calificada, 2) gasto en innovación. El histograma de las variables porcentaje de personal altamente calificado, gasto en innovación e intensidad de la inversión en innovación también se ve afectado por un pequeño grupo de empresas que tienen valores relativamente más altos. Esto se ve reflejado en un sesgo positivo bastante marcado y mayor dispersión de las variables. La figura también se podría considerar como otra prueba del poco gasto en innovación que se lleva a cabo a nivel interno en las empresas.

La tabla 9 brinda un sentido de magnitud de la dispersión y alta concentración de los valores. Debido a la existencia de un grupo pequeño de empresas con valores altos y la gran concentración de los valores alrededor de cero, el estadístico correcto para el análisis son los cuartiles. Esto se debe a que la media y la varianza se ven muy afectados por estas características de los datos. La mediana del porcentaje de personal altamente calificado se encuentra muy cerca de cero. Tan cerca que ni siquiera a cuatro decimales se observa la diferencia. El 75% de los datos de esta variable se encuentran por debajo de 0,0055, sin embargo, el valor máximo es de 0,24. Esta es una diferencia muy grande teniendo en cuenta el valor del tercer cuartil. Mismo análisis se puede aplicar tanto a las variables de gasto en innovación e intensidad en inversión en innovación.

*Tabla 9.* Estadísticos descriptivos variables cuantitativas continuas.

<b>Estadístico</b>	<b>Logaritmo natural del empleo</b>	<b>Porcentaje personal altamente calificado</b>	<b>Gasto en innovación (millones de pesos)</b>	<b>Intensidad en inversión en innovación (miles de pesos)</b>
Valor mínimo	0,69	0,0000	0,000	0,000
Primer cuartil	3,178100	0,0000	0,004	0,093
Mediana	4,047400	0,0000	0,045	0,739
Media	4,242800	0,0064	1,014	3,696
Tercer cuartil	5,143900	0,0055	0,302	2,794
Valor máximo	8,434400	0,2400	140,519	917,529
Desviación estándar	1,356988	0,0200	6,861	28,556

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

En los anexos 5 y 6 del presente trabajo se encuentran las distribuciones de las variables continuas y sus gráficas de cajas y bigotes en función de los resultados en innovación de las empresas. Se observa en ellos que la variable logaritmo del empleo tiene un sesgo más pronunciado en el grupo de las empresas no innovadoras. Tanto la media como la mediana de esta variable son mayores en las empresas innovadoras.

La variable porcentaje de personal altamente calificado muestra mayor concentración alrededor de cero en el grupo de empresas innovadoras. Se encuentra que, aunque de forma sutil, la media de las empresas innovadoras es mayor, aunque las medianas sean casi iguales entre innovadoras y no innovadoras.

La variable de gasto en innovación muestra alta concentración alrededor de cero en las empresas innovadoras. El grupo de empresas innovadoras presenta, en promedio, mayor gasto en innovación. Este mismo patrón se encuentra en la variable de intensidad de la inversión en innovación.

Las gráficas de cajas y bigotes muestran la existencia de grupos de empresas con valores muy grandes en comparación con la mayoría de los datos tanto para la variable de gasto en innovación como para la variable de intensidad en innovación. Esto es cierto tanto en empresas innovadoras como en las que no lo son. Sin embargo, el número de empresas que se encuentran en los grupos de valores altos es ligeramente mayor en el grupo de empresas innovadoras.

### **3.2. Análisis de relaciones entre las variables**

El análisis de las relaciones entre las variables se realiza a partir de sus correlaciones. La tabla 10 muestra la matriz de correlaciones. Cobra particular importancia las relaciones entre las variables independientes con la variable dependiente. También las relaciones entre las barreras a la innovación y las demás variables explicativas. Esto último es importante ya que las barreras a la innovación son variables centrales en el presente análisis.

Las empresas que son innovadoras están correlacionadas positivamente con: 1) el porcentaje de personal altamente calificado; 2) las empresas exportadoras; 3) el logaritmo natural del empleo; 4) la intensidad tecnológica; 5) el gasto en innovación y 6) la intensidad en inversión en innovación. La relación más fuerte se presenta con el logaritmo natural del empleo. El segundo y tercer lugar lo ocupan la relación con las empresas exportadoras y las empresas con alta intensidad tecnológica, respectivamente. El resto de las variables de control presentan una correlación débil con las empresas innovadoras.

Todas las barreras a la innovación presentan una relación negativa con las empresas innovadoras. Esto es lógico ya que, como su nombre lo indica, son barreras y, por tanto, son inhibidoras de la actividad innovadora. Por otra parte, estas correlaciones son débiles. La barrera que presenta mayor correlación con las empresas innovadoras es la barrera financiera y la que presenta menor correlación es la barrera de mercado.

Tabla 10. Correlaciones entre las variables del modelo.

	<b>Empresas innovadoras</b>	<b>Porcentaje personal altamente calificado</b>	<b>Empresas exportadoras</b>	<b>Logaritmo natural del empleo</b>	<b>Alta intensidad tecnológica</b>	<b>Gastos en innovación</b>	<b>Inten. de la inv. en innovación</b>	<b>Barreras financieras</b>	<b>Barreras de conocimiento</b>	<b>Barreras de mercado</b>	<b>Barreras institucionales</b>
<b>Empresas innovadoras</b>	1,000	0,057	0,107	0,252	0,104	0,053	0,052	-0,091	-0,068	-0,057	-0,066
<b>Porcentaje personal altamente calificado</b>	0,057	1,000	0,147	0,118	0,124	0,294	0,098	0,005	-0,008	0,030	0,019
<b>Empresas exportadoras</b>	0,107	0,147	1,000	0,421	0,179	0,101	0,000	-0,023	0,021	0,031	0,016
<b>Logaritmo natural del empleo</b>	0,252	0,118	0,421	1,000	0,049	0,257	0,030	-0,076	-0,073	0,017	-0,061
<b>Intensidad tecnológica</b>	0,104	0,124	0,179	0,049	1,000	-0,011	-0,006	-0,006	0,023	0,047	0,077
<b>Gastos en innovación</b>	0,053	0,294	0,101	0,257	-0,011	1,000	0,344	-0,032	-0,026	0,007	-0,013
<b>Inten. de la inv. en innovación</b>	0,052	0,098	0,000	0,030	-0,006	0,344	1,000	-0,033	-0,019	-0,042	-0,016
<b>Barreras financieras</b>	-0,091	0,005	-0,023	-0,076	-0,006	-0,032	-0,033	1,000	0,488	0,490	0,440
<b>Barreras de conocimiento</b>	-0,068	-0,008	0,021	-0,073	0,023	-0,026	-0,019	0,488	1,000	0,419	0,469
<b>Barreras de mercado</b>	-0,057	0,030	0,031	0,017	0,047	0,007	-0,042	0,490	0,419	1,000	0,416
<b>Barreras institucionales</b>	-0,066	0,019	0,016	-0,061	0,077	-0,013	-0,016	0,440	0,469	0,416	1,000

Fuente: elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

La barrera financiera presenta correlación positiva con el porcentaje de personal altamente calificado, la barrera de conocimiento, de mercado e institucional. Sobre todo, se evidencia una alta colinealidad con las tres últimas. Las demás variables de control se correlacionan negativa y débilmente con la barrera financiera.

La barrera de conocimiento presenta correlación positiva con las empresas exportadoras y las empresas con alta intensidad tecnológica. Las demás variables se correlacionan negativa y débilmente con esta barrera. Por otra parte, la barrera de mercado solo tiene relación negativa con las empresas que pertenecen a industrias de alta intensidad tecnológica. Esta barrera presenta correlación débil y positiva con las demás variables de control. Por último, la barrera institucional está correlacionada negativamente con el logaritmo natural del empleo, el gasto en innovación y la intensidad en la inversión en innovación. Con las demás variables presenta correlación positiva.

Es de resaltar la mayor correlación que existe entre las mismas barreras en comparación con las otras relaciones. Esto implicaría que comúnmente las barreras se perciben juntas. Esta alta colinealidad puede afectar la precisión de los estimadores. La explicación es que, entre mayor sea la fuerza de la relación entre dos variables, más alta será la varianza de sus estimadores. La varianza incide directamente en la prueba de hipótesis. De esta forma, altas correlaciones pueden afectar el rechazo de las hipótesis nulas debido a la distorsión que genera en las desviaciones estándar de los estimadores.

A partir de esta aproximación también se puede ver que las correlaciones entre las variables independientes con la variable dependiente poseen el signo esperado. Es cierto que las correlaciones muestran asociación lineal entre las variables. También es cierto que la naturaleza de las probabilidades no es lineal. Sin embargo, como primera aproximación estos resultados son importantes.

A partir de los datos queda la imagen de que la mayoría de las correlaciones son débiles. De hecho, las mayores correlaciones se presentan entre las variables de barreras a la innovación. Sin embargo, esto se debe tomar con un poco de cautela. Hasta ahora, estas correlaciones no solamente contienen los efectos de dos variables, cuales sea que se estén comparando. Sino que también esconden los potenciales efectos que alguna variable latente pueda ejercer. Es decir, estos efectos pueden variar en la medida en que se controlen otras variables que posean efectos tanto en la variable dependiente como en las independientes. Es precisamente esto lo que se logra al emplear modelos estadísticos para el análisis de las variables.

### **3.3. Modelación**

#### **3.3.1. Estimación: propensión a innovar vs barreras a la innovación**

El objetivo del presente apartado es mostrar los resultados de regresión de la propensión a innovar sobre las barreras a la innovación de las empresas y otras características de estas. La tabla 11 muestra los resultados para ocho regresiones propuestas. El cálculo de los errores estándar se hizo utilizando la fórmula de White para errores robustos a la heteroscedasticidad. A partir de estos, se hizo uso de las propiedades asintóticas de los estimadores de máximo verosimilitud (MV). Son dos las propiedades que destacan. La primera es que los estimadores MV son consistentes. Esto implica que a medida que aumenta el tamaño de la muestra, el estimador se acerca en probabilidad al valor del parámetro. La segunda propiedad importante es que en muestras grandes la distribución muestral de los estimadores se aproxima bien por medio de la distribución normal (Stock & Watson, 2012). El uso de errores robustos junto a las propiedades descritas se constituye en herramientas poderosas de inferencia.

Las estimaciones de las variables de barreras son significativas económicamente. Esto quiere decir que son coherente con la teoría y tienen significado práctico. Aunque los trabajos precedentes muestran tanto resultados positivos como negativos, la lógica económica dice que a mayor percepción de barreras menor debe ser la probabilidad de innovar. El signo de las estimaciones de las de barreras sobre la propensión a innovar son negativas en todos los modelos planteados. Por otra parte, la significancia estadística de las variables no es buena. La barrera a la innovación que presentó mejor ajuste estadístico fue la barrera financiera.

La primera regresión muestra los efectos de las barreras a la innovación sobre la propensión a innovar. En esta se observa que el mejor ajuste lo tiene la barrera financiera. Esta es significativa a un nivel de significancia (NS) del 1%. El peor ajuste lo tuvo la barrera de mercado. Sin embargo, con la introducción de variables de control en estimaciones posteriores, esta barrera mejora mucho su ajuste. En las regresiones seis y siete la barrera de mercado se hace significativa a un NS del 10%. También se observa que las variables de logaritmo del empleo e intensidad tecnológica de la industria afectan notablemente el coeficiente de esta barrera. Esto es claro ya que la introducción de estas variables, junto con otras variables de control, aumentan el efecto de esta barrera sobre la propensión a innovar. Sin embargo, el coeficiente permanece estable a medida que se eliminan variables de control y permanecen las variables de intensidad tecnológica y logaritmo del empleo. Por el contrario, las barreras de conocimiento e institucional empeoran con la introducción de variables de control.

Tabla 11. Estimaciones de modelos: propensión a innovar de las empresas manufactureras.

Coeficiente (Error Estándar)	Variable dependiente: Empresa innovadora							
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)
Barrera financiera	-0.24726*** (0.09360)	-0.12602 (0.09951)	-0.13884 (0.09653)	-0.13813 (0.09640)	-0.15175 (0.09271)	-0.17720** (0.08891)	-0.19380** (0.08833)	-0.15885* (0.09083)
Barrera de conocimiento	-0.06923 (0.07846)	-0.04364 (0.08248)	-0.04220 (0.08057)	-0.04304 (0.07999)				
Barrera de mercado	-0.01422 (0.07281)	-0.09350 (0.07588)	-0.09172 (0.07475)	-0.09277 (0.07460)	-0.09933 (0.07351)	-0.12020* (0.07187)	-0.12178* (0.07262)	-0.11708 (0.07344)
Barrera institucional	-0.06618 (0.06940)	-0.04219 (0.07148)	-0.05800 (0.07152)	-0.06002 (0.07129)	-0.07097 (0.06928)			
Porcentaje personal altamente calificado		-0.50572 (2.86400)	-1.37376 (2.37831)					
Empresa exportadora		-0.06502 (0.07245)	-0.05781 (0.07050)					
Logaritmo natural del empleo		0.29493*** (0.02768)	0.27025*** (0.02778)	0.26051*** (0.02533)	0.26080*** (0.02528)	0.26201*** (0.02525)	0.28344*** (0.02543)	0.28592*** (0.02501)
Gasto en innovación		-0.0000001*** (0.0000000)						-0.0000001*** (0.0000000)
Emp. Con alta intensidad Tec.		0.35257*** (0.07938)	0.37211*** (0.07854)	0.35592*** (0.07642)	0.35634*** (0.07638)	0.34995*** (0.07602)	0.35210*** (0.07524)	0.33471*** (0.07715)
Intensidad de la inv. En innovación		0.00010*** (0.00003)	0.00005 (0.00004)	0.00005 (0.00004)	0.00005 (0.00004)	0.00005 (0.00004)		0.00009*** (0.00003)
Constante	1.01509*** (0.07118)	-0.45841*** (0.12716)	-0.29698** (0.15119)	-0.28012* (0.14514)	-0.29027** (0.14275)	-0.30229** (0.14178)	-0.26888** (0.12097)	-0.46055*** (0.12073)
Observaciones	2,254	2,254	2,254	2,254	2,254	2,254	2,254	2,254
Log Likelihood	-1,220.399	-1,088.843	-1,108.215	-1,108.853	-1,108.989	-1,109.474	-1,135.849	-1,089.761
Akaike Inf. Crit.	2,450.797	2,199.686	2,236.429	2,233.707	2,231.978	2,230.949	2,281.698	2,193.521
R-cuadro de McFadden	0,009182	0,115989	0,100262	0,099743	0,099633	0,099239	0,077826	0,115244
R-cuadrado corregido	0,005123	0,107059	0,092143	0,093248	0,093950	0,094368	0,073767	0,109561
% Casos correctamente predichos	76,4%	77,4%	76,9%	77,2%	77,0%	77,2%	76,6%	77,6%
Note 1:	*p<0.10 **p<0.05 ***p<0.01							

Fuente: elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

Nota: los errores estándar de los estimadores son errores robustos a la heteroscedasticidad de White.

El efecto de la barrera de mercado sobre la propensión a innovar también se ve afectado por la alta colinealidad que esta variable tiene con las barreras de conocimiento e institucional. Se observa en los modelos 5 y 6 que la eliminación de estas barreras afecta el valor de su estimación. Por otra parte, la estimación del efecto de la barrera financiera se ve afectado por las variables de gasto en innovación e intensidad de la inversión en innovación. También por las barreras institucional y de conocimiento. Los argumentos son los mismos a los que se utilizaron para el caso de la barrera de mercado.

Los resultados de las variables de control son en cierto sentido más consistentes. De estas, las variables que mejor resultado reportaron fueron el logaritmo natural del empleo y la intensidad tecnológica de las industrias. Ambas variables presentaron efectos positivos en todas las regresiones realizadas y coeficientes estables. Las variables que peor resultados reportaron fueron el porcentaje de personal ocupado altamente calificado y las empresas exportadoras. Estas presentaron coeficientes no significativos tanto a nivel económico como a nivel estadístico. Por otra parte, el gasto en innovación y la intensidad de la inversión en innovación mostraron ser significativos siempre que se ingresen juntos en el modelo. Ambos reportaron un efecto práctico muy bajo. El gasto en innovación presentó un signo no esperado de forma repetitiva.

En este punto es pertinente comentar las dificultades inherentes al instrumento de recolección de los datos. Lo primero que se debe resaltar es la recolección incompleta de la información referente a las barreras. Esto quiere decir que faltan datos para construir debidamente las barreras. En su encuesta, el DANE no pregunta, por ejemplo, si las empresas perciben dificultad para entrar en los mercados debido a la existencia de grandes empresas que los monopolizan. Esta es una barrera de mercado muy importante. Esta es sugerida por OCDE & EUROSTAT (2005) y, dada las características de las industrias colombianas, muy probablemente sea una barrera influyente en los resultados. La no inclusión de este tipo de barreras impide la comparación de resultados a nivel internacional e introduce un sesgo debido a una incorrecta medición de las variables. En este sentido, el instrumento debería presentar una estructura que converja mucho más con los parámetros internacionales en términos de medición de barreras.

Otra dificultad inherente al instrumento de recolección es que genera ciertas inquietudes con respecto a sus criterios de clasificación entre empresas innovadoras y no innovadoras. Como se ha expuesto antes, la muestra está formada por un número relativamente grande de empresas innovadoras. Algo que no es necesariamente malo, de hecho, sería muy buen tener un gran número de empresas innovadoras. Sin embargo, y al mismo tiempo, estas empresas presentan una fuerte percepción de barreras a la innovación. Algo lógico sería pensar que, debido a una fuerte presencia

de barreras, gran parte de las empresas debieran ser no innovadoras. En el conjunto de datos pasa lo contrario. Además, en términos promedios las empresas manufactureras colombianas presentan bajos gastos en innovación. La pregunta sería ¿cómo logran las empresas, con tan bajo gasto en innovación y con tan alta percepción de barreras a la innovación, ser innovadoras? Si realmente se está siendo benévolo con los criterios para definir a las empresas innovadoras y no innovadoras, entonces también se está induciendo a un sesgo los resultados del presente análisis.

Por otra parte, a partir de la información ofrecida en la tabla, se puede definir cual modelo es el mejor a partir de los criterios de selección allí expuestos. En general se cuentan con cuatro criterios, los cuales: 1) Criterio de información de Akaike; 2) Valor log-verosimilitud de las estimaciones; 3) R-cuadrado de MacFadden corregido y 4) el porcentaje de casos correctamente predichos. Los criterios de información como el Akaike favorecen a los modelos que posean los valores más bajos. Los criterios de ajuste como son el valor log-verosimilitud, el R-cuadrado McFadden y el porcentaje de observaciones correctamente predichas favorecen a los modelos que posean lo mayores valores.

Según el criterio de Akaike el mejor modelo es el 8, y el segundo es el 2. El criterio de log-verosimilitud o Log Likelihood muestra que el mejor modelo es el 2 y el segundo es el 8. Teniendo en cuenta el R-cuadrado McFadden corregido se tiene que el mejor modelo es el 8 y el segundo es el 2. Por último, según el porcentaje de casos correctamente predichos el mejor modelo es el 8 y el segundo es el 2. De esta forma se concluye que el mejor modelo es el modelo 8, ya que fue el mejor modelo según 3 criterios de 4 que se tomaron en cuenta.

Se tiene claro, pues, que estos no son criterios definitivos. De hecho, no se sabe cómo es el verdadero modelo poblacional y lo que se busca es tener una buena aproximación a estos siguiendo la teoría económica. Estos criterios tienen, ante todo, un carácter indicativo/informativo y no son medidas absolutas de superioridad de un modelo frente a otro. Habiendo elegido un modelo, ahora es posible calcular efectos marginales e interpretarlos en un sentido *ceteris paribus*.

### **3.3.2. Efectos Marginales del modelo e interpretación**

La ecuación estimada del modelo seleccionado es la siguiente:

*Ecuación 13.* Ecuación modelo Probit estimada.

$$F(\cdot) = \int_{-\infty}^S \left( (2\pi)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{S^2}{2}} \right) dz; \text{ donde:}$$

$$S = -0.46055 + 0.00009X_{intinv} + 0.33471X_{intec} - 0.000001X_{gasinno} + 0.28592X_{empleo} - 0.11708X_{bmercado} - 0.15885X_{bfinanciera}$$

La variable  $X_{intinv}$  se refiere a la intensidad de la inversión en innovación. La variable  $X_{intec}$  es de intensidad tecnológica de la industria. La variable  $X_{gasinno}$  es el gasto en innovación. La variable  $X_{empleo}$  es el logaritmo natural del empleo. Por último, la variable  $X_{bmercado}$  y la variable  $X_{bfinanciera}$  representan la barrera de mercado y la financiera, respectivamente.

En el apartado metodológico del presente trabajo se expuso como se determinan los efectos marginales en los modelos probit. Aquí se hará uso de lo que se planteó con el fin interpretar los coeficientes resultantes. Se tiene pues que los efectos marginales están dados por:

$$\frac{\partial P(Y_{innovador} = 1|X_{barreras})}{\partial X_{barreras}} = \frac{\partial F(\cdot)}{\partial X_{barreras}} \cdot \beta_j \quad \text{ó} \quad \frac{\partial P(Y_{innovador} = 1|Z_{control})}{\partial Z_{control}} = \frac{\partial F(\cdot)}{\partial Z_{control}} \gamma_i$$

Donde  $P(Y = 1|X_{barreras})$  y  $(Y_{innovador} = 1|Z_{control})$  se refiere a la probabilidad de que una empresa sea innovadora. Por otra parte  $X_{barreras}$  se refiere a las variables de barreras a la innovación y, por último,  $Z_{control}$  se refiere a las variables de control del modelo. La función  $F(\cdot)$  hace referencia a la función de densidad acumulada normal estándar. La cuestión es cómo elegir un valor de  $\frac{\partial F(\cdot)}{\partial X_{barreras}}$  y  $\frac{\partial F(\cdot)}{\partial Z_{control}}$  que sea representativos para ambos grupos y pueda ser utilizados para la estimación de los efectos parciales. Una media usualmente utilizada es el **efecto parcial en el promedio (EPeP)**. Este consiste en hallar los valores promedios de las variables del modelo y remplazarlo en la función de densidad de probabilidad normal estándar. El resultado sería la probabilidad en el promedio de los valores y se podría multiplicar con los betas estimados para obtener el efecto parcial en el promedio de las variables. Este valor lo da por defecto el software estadístico utilizado y es de 0.259 para el presente caso. La tabla 12 muestra los efectos marginales calculados.

Tabla 12. Efectos Marginal del modelo seleccionado.

Variables	Coefficientes (A)	Probabilidad en el promedio de las variables (B)	Efecto Marginal (C) = (A) x (B)
Barrera financiera	-0.15885	0.259	-0,0394341
Barrera de mercado	-0.11708	0.259	-0,0298619
Logaritmo natural del empleo	0.28592	0.259	0,0740525
Gasto en innovación	-0.0000001	0.259	-0.000000014
Emp. Con alta intensidad Tec.	0.33471	0.259	0,0795906

Intensidad de la inv. En innovación	0.00009	0.259	0.00002459
-------------------------------------	---------	-------	------------

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

Las interpretaciones de los efectos marginales son las siguientes:

- Barreras financieras: manteniendo constantes las variables de barrera de mercado, el logaritmo del empleo, el gasto en innovación, la intensidad innovadora de las industrias en la cual operan las empresas y la intensidad en inversión en innovación de las empresas, se tiene que las empresas que perciben barreras financieras tienen en promedio 0,0394341 menos de probabilidad de ser innovadora que las empresas que no las perciben.
- Barreras de mercado: manteniendo constantes las variables de barrera de financiera, el logaritmo del empleo, el gasto en innovación, la intensidad innovadora de las industrias en la cual operan las empresas y la intensidad en inversión en innovación de las empresas, se tiene que las empresas que perciben barreras de mercado tienen en promedio 0,0298619 menos de probabilidad de ser innovadora que las empresas que no las perciben.
- Logaritmo del empleo: manteniendo constantes las variables de barrera de mercado y financiera, el gasto en innovación, la intensidad innovadora de las industrias en la cual operan las empresas y la intensidad en inversión en innovación de las empresas, se tiene que el aumento del empleo en un 1% por parte de las empresas se relaciona con un aumento en 0,000740525 puntos en la probabilidad de ser innovador.
- Gasto en innovación: manteniendo constantes las variables de barrera de mercado y financiera, el logaritmo del empleo, la intensidad innovadora de las industrias en la cual operan las empresas y la intensidad en inversión en innovación de las empresas, se tiene que el aumento del gasto en innovación en un peso disminuye la probabilidad de innovar en 0.000000014 puntos.
- Empresas con alta intensidad tecnológica: manteniendo constantes las variables de barrera de mercado y financiera, el logaritmo del empleo, el gasto en innovación y la intensidad en inversión en innovación de las empresas, se encuentran que las empresas que pertenecen a industrias con alta intensidad tecnológica tienen en promedio 0,0795906 más de probabilidad de ser innovadora que las empresas que se encuentran en industrias con baja intensidad tecnológica.
- Intensidad de la inversión en innovación: manteniendo constantes las variables de barrera de mercado y financiera, el logaritmo del empleo, el gasto en innovación y la intensidad innovadora de las industrias en la cual operan las empresas, se tiene que las empresas que

gastan un peso más en innovación por personal ocupado tienen en promedio 0.00002459 más de probabilidad de ser innovadoras.

Otro aspecto importante a evaluar del modelo es su validez interna y externa (Stock & Watson, 2012). La validez interna se refiere a la confiabilidad del modelo para explicar la variable analizada. En este sentido se detectan, por lo menos, dos amenazas a la validez interna del modelo. La primera es la incorrecta medición de las variables de barrera debido a la no disponibilidad de datos. De esto ya se habló antes y se plantearon sus implicaciones. La segunda es la no disponibilidad de otras variables de control como la antigüedad de las empresas. Esta variable podría contribuir a la explicación del modelo. Sin embargo, el DANE no provee al público de estos datos. La falta de estas variables podría generar sesgo en los estimadores.

La validez externa está relacionada con la capacidad para generalizar los resultados a otras poblaciones. Lastimosamente la imposibilidad de crear variables de barreras que permitan comparar los hallazgos con otros encontrados a nivel internacional le resta validez externa al modelo. Los resultados de las empresas manufactureras tampoco se pueden generalizar a otros sectores en Colombia, ya que las características de este sector difieren con las de los otros.

Lo que se ha dicho no significa que los resultados del modelo no sirvan. Se han encontrado relaciones bastante estables en algunas variables control. También se han encontrado resultados bastante sugestivos con respecto a las barreras. Más bien se intenta enviar el mensaje de que se debe ser cauteloso a la hora de utilizar estos resultados. También se deben aumentar los esfuerzos para profundizar en el entendimiento de las barreras. Esto con el fin de que los futuros trabajos presenten mayor robustez en sus resultados.

## 4. Conclusiones y recomendaciones

El sector manufacturero posee baja propensión a innovar. Según el anexo 1 casi el 70% de las empresas decidieron no llevar a cabo ninguna actividad innovadora. Sin embargo, de aquellas que si llevaron a cabo actividades innovadoras la mayoría se clasifica como innovadoras (ver figura 18).

Los indicadores muestran que hay un rezago a nivel regional en materia de generación de conocimiento. Colombia evidencia niveles bajos en publicaciones científicas. Por ejemplo, las publicaciones realizadas en SCOPUS por cada cien mil habitantes (figura 5), revelan las brechas que existen entre los países que ocupan los primeros lugares en este indicador y Colombia. Sin embargo, el país ha mejorado en los últimos años (ver figura 6)

Existen brechas a nivel regional en términos de patentes. Colombia evidencia bajos niveles en solicitud de patentes. También es bajo su coeficiente de invención en comparación con los coeficientes de los demás países de la región. Es cierto que se ha mejorado a lo largo del tiempo los indicadores de producción tecnológica. Sin embargo, todavía existe una brecha considerable en comparación con los líderes de la región (ver tablas 7, 8 y 9).

Existen brechas en materia de gasto en I+D con respecto a la región. Esto se observa tanto en los indicadores de país con en los datos de las empresas manufactureras de la EDIT. Los indicadores a nivel país muestran que Colombia se ubica por debajo de América Latina en materia de gasto en I+D durante los últimos 10 años (ver figuras 10 y 11). Por otra parte, al analizar los datos de la EDIT se encontró que la gran mayoría de empresas realizaban gastos en innovación que rondaban en cero (ver figura 20 y tabla 9). Aunado a esto, un porcentaje alto de empresas que perciben barreras a la innovación también son innovadoras (ver figura 12).

Las barreras financieras son importantes para explicar la propensión a innovar (ver tablas 11 y 12), esto concuerda con lo expuesto por Garcia et al. (2013), Hall (2010), Pellegrino & Savona (2013), ente otros. De hecho, este es uno de los resultados más sólidos que se encuentra en la literatura en términos de barreras a la innovación. Por otra parte, no es posible descartar la barrera de mercado como variable importante para explicar la propensión a innovar. A pesar de que no fue significativa en todos los modelos sugeridos, se evidenció que al agregarse más variables de control su ajuste mejoró. También es importante recordar las limitaciones que se encontraron a la hora de construir la variable, lo cual puede afectar los resultados. Por tanto, lo sugerido por Pellegrino & Savona (2013, 2016) con respecto a la relevancia de la barrera de mercado sigue siendo materia de estudio en Colombia. Se espera que con la inclusión de las barreras faltantes sea posible la elaboración de mejores estimaciones.

Las empresas más grandes presentan mayor propensión a innovar. Las empresas con alta intensidad tecnológica también están relacionadas positivamente con la propensión a innovar (ver tablas 11 y 12). De hecho, estos fueron las variables que presentaron el mejor ajuste en todos los modelos propuestos. De igual forma presentaron coeficientes estables en todas las estimaciones. Las empresas con mayor músculo financiero suelen ser las empresas más grandes. La mayor liquidez brinda mayor oportunidad a las empresas de sobrepasar los obstáculos y, por tanto, convertirse en una empresa innovadora (Fuentes & Soto, 2015; Pellegrino & Savona, 2013, 2016). Por otra parte, las empresas que operan en industrias con intensidad tecnológica alta se ven más expuestas a la competencia. De esta forma son más propensas a innovar para conseguir diferenciarse del resto (Villarreal et al., 2014).

Como parte de las recomendaciones se sugiere aumentar el gasto en I+D e innovación. Lo niveles de gasto en innovación son bajos en Colombia comparados con los niveles de los países de la región. Aumentar el gasto es importante ya que indirectamente se está aumentando la competitividad del país y se está mejorando su posición ante el mundo. También se debe recordar las relaciones teóricas entre el gasto en I+D y el crecimiento económico que se expone en el apartado teórico. Un aumento del gasto en I+D e innovación está relacionado positivamente con el crecimiento de un país. Esto implicaría que se puede pensar en mejores niveles de vida a largo plazo.

La estructura de la encuesta debe converger a los estándares internacionales. Existen barreras importantes que no se toman en cuenta en la encuesta de la EDIT como, por ejemplo, la percepción de mercados imperfectos (monopolios u oligopolios). De esta forma sería posible tener mayores elementos de juicios para confrontar los resultados de las empresas manufactureras colombianas con las del resto del mundo. Por otra parte, se deben estudiar los criterios para distinguir entre empresas innovadoras y no innovadoras. Es posible que la encuesta sea benévola a la hora de clasificar a las empresas.

Este trabajo se constituye en una primera aproximación, sin embargo, es necesario seguir profundizando en el estudio de las barreras a la innovación en Colombia. Posteriores estudios podrían analizar las barreras de manera individual. También se podrían llevar a cabo análisis a nivel intraindustrial. En la medida en que se vaya entendiendo la dinámica de la innovación en el país se podrá articular políticas más efectivas.

## 5. Referencias

- Aghion, P., & Howitt, P. (2010). *The Economics of Growth. Economic Record* (Vol. 86). London: The MIT Press. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2010.00622.x>
- Albarracín, E. J. G., & Lema, D. G. P. De. (2012). Impacto de la innovación sobre el rendimiento de la mipyme: Un estudio empírico en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 28(122), 11–27. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(12\)70191-2](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(12)70191-2)
- Baldwin, J., & Lin, Z. (n.d.). Impediments to Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers. *Research Policy*, 31(1), 1–18.
- Barbieri, L., Bragoli, D., Cortelezzi, F., & Marseguerra, G. (2019). Public Funding and Innovation Strategies . Evidence from Italian SMEs. *International Journal of the Economics of Business*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/13571516.2019.1664834>
- Barona Zuluaga, B., Rivera Godoy, J. A., & Aguilera Cifuentes, C. I. (2015). Análisis de la relación de la innovación empresarial con la financiación en Colombia. *Cuadernos de Administracion*, 28(50), 11–37. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao28-50.arie>
- Bateman, T., & Snell, S. (2009). Administración. In *Administración. Liderazgo y colaboración en un mundo competitivo*. (Octava edi, pp. 4–41).
- Blanchard, P., Huiban, J., Musolesi, A., & Sevestre, P. (2012). Where there is a will , there is a way ? Assessing the impact of obstacles to innovation, 1–32. <https://doi.org/10.1093/icc/dts027>
- Bukstein, D., Hernández, E., & Usher, X. (2019). Assessing the Impacts of Market Failures on Innovation Investment in Uruguay. *Journal of Technology Management & Innovation*, 14(4), 1083.
- Bustos-González, A. (2019). Tránsito de universidad docente a universidad de investigación. ¿Un problema de información académica, de taxonomías o de rankings universitarios? *El Profesional de La Información*, 28(4), 1–14. <https://doi.org/10.3145/eipi.2019.jul.22>
- Canales, M., & Álvarez, R. (2017). Impacto de los obstáculos al conocimiento en la innovación de las empresas Chilenas. *Journal of Technology Management and Innovation*, 12(3), 78–85. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242017000300008>
- Coad, A., Pellegrino, G., & Savona, M. (2014). *Don't stop me now: barriers to innovation and firm*

*productivity.*

- Coad, A., Pellegrino, G., & Savona, M. (2015). Barriers to innovation and firm productivity. *Economics of Innovation and New Technology*, 23(3), 1–15.  
<https://doi.org/10.1080/10438599.2015.1076193>
- Corchuelo, B., & Carvalho, A. (2013). Obstáculos a la innovación y políticas públicas orientadas al fomento de la innovación. In *Smart Regions for a Smarter Growth Strategy* (pp. 1–28).
- Corchuelo, B., & Guerra, A. (2015). *Barreras a la innovación y políticas públicas para las empresas extremeñas.*
- Crespi, G. A., & Álvarez, R. (2015). Heterogeneous effects of financial constraints on innovation : Evidence from Chile, 42, 711–724. <https://doi.org/10.1093/scipol/scu091>
- D’Este, P., Iammarino, S., Savona, M., & Von Tunzelmann, N. (2008). *What hampers innovation ? Evidence from the UK CIS4* (Vol. 44).
- Demiras, D. (2008). How do entrepreneurs perceive barriers to innovation ?. Empirical evidence from Turkish SMEs. *Newcaslte Business School.*
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017). *Boletín técnico Encuesta de Desarrollo e Innovación Boletín técnico.*
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *COLOMBIA - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica - EDIT- Industria VIII - 2015 - 2016.*
- DNP. (2020). Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI).
- Freeman, C. (2002). Continental , national and sub-national innovation systems — complementarity and economic growth. *Research Policy*, 31, 191–211.
- Fuentes, R. A., & Soto, A. R. (2015). Innovaciones no tecnológicas en empresas agrícolas chilena: ¿Qué motiva la decisión de innovar y su propensión? *Ciencia e Investigacion Agraria*, 42(2), 171–179. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202015000200004>
- Galia, F., & Legros, D. (2004). Complementarities between obstacles to innovation : evidence from France ego Legros. *Research Policy*, 33, 1185–1199.  
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.06.004>

- Galindo Martín, M.-A., & Méndez Picazo, M. T. (2012). Innovación y crecimiento económico : Factores que estimulan la innovación. *Cuadernos de Gestión*, 12, 51–58.  
<https://doi.org/10.5295/cdg.110309mg>
- García-quevedo, J., Pellegrino, G., & Savona, M. (2017). Reviving demand-pull perspectives : The effect of demand uncertainty and stagnancy on R & D strategy. *Cambridge Journal of Economics*, 41, 1087–1122. <https://doi.org/10.1093/cje/bew042>
- García, D., Barona, B., & Madrid, A. (2013). Financiación de la innovación en las Mipyme iberoamericanas. *Estudios Gerenciales*, 29, 12–16. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(13\)70015-9](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(13)70015-9)
- Hadjimanolis, A. (1999). Barriers to innovation for SMEs in a small less developed country (Cyprus). *Technovation*, 19(9), 561–570. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(99\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(99)00034-6)
- Hall, B. H. (2002). *The financing of research and development*.
- Hall, B. H. (2010). The Financing of Innovative Firms. *Review of Economics and Institutions*, 1(1), 1–30. <https://doi.org/10.5202/rei.v1i1.4>
- Hatzichronoglou, T. (1997). *Revisión del sector de alta tecnología y clasificación de productos* (216 No. 9). París. Retrieved from <https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/septima-reunion-gtci-revision-sector-alta-tecnologia-clasificacion-productos-thomas-hatzichronoglou.pdf>
- Jones, C. I. (2009). El crecimiento y las ideas. In *Macroeconomía* (pp. 203–252). Barcelona.
- Kuramoto, J. (2007). Sistemas de innovación tecnológica. In GRADE (Ed.), *Investigación, políticas y desarrollo en el Perú* (pp. 103–133). Retrieved from <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Peru/grade/20100513020845/InvPolitDesarr-3.pdf>
- Langebaek, A., & Vásquez, D. (2007). *Determinantes de la actividad innovadora en la industria manufacturera colombiana*.
- López, G. A. (2004). Aproximación a las generalidades y debilidades del sistema de innovación colombiano. *Scientia et Technica*, 24. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84912053006%0ACómo>
- Lundvall, B. Å. (2007). National Innovation Systems — Analytical Concept and Development

- Tool. *Industry and Innovation*, 14(1), 95–119. <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Machado, A. M., Fanjul, N. N. J., & Rico, M. E. V. (2016). Colombian scientific production indexed in Scielo: A bibliometric analysis. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 39(2), 111–119. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v39n2a03>
- Madeira, M. J., Carvalho, J., Moreira, J. R. M., Duarte, F. A., & Filho, F. de S. P. (2017). Barriers to Innovation and the Innovative Performance of Portuguese Firms. *Journal of Business*, 9(1), 2–22. <https://doi.org/10.21678/jb.2017.822>
- Madrid-guijarro, A., Garcia, D., & Auken, H. Van. (2009). Barriers to innovation among Spanish manufacturing SMEs. *Journal Of Small Business Management 2009*, 47(4), 465–488.
- McCann, J. (2010). Locating the obstacles to UK innovation: Evidence from the 2009 Community Innovation Survey. *Kunglia Tekniska Högskolan*.
- McFadden, D. (1974). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in Econometrics*. (pp. 105–142). Berkeley, California.
- OCDE. (1997). *National Innovation Systems*. Paris.
- OCDE, & EUROSTAT. (2005). *Manual de Oslo: Directrices para la recogida de información e interpretación de información relativa a innovación*.
- Oquendo Gómez, A. F., & Acevedo Álvarez, C. A. (2012). El sistema de innovación colombiano: fundamentos, dinámicas y avatares. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 4(6), 105. <https://doi.org/10.22430/21457778.73>
- Padilla, L. (2014). *Barreras para la innovación en las pymes colombianas de base tecnológica: una mirada desde la gestión*.
- Pellegrino, G. (2017). Barriers to innovation in young and mature firms. *Journal of Evolutionary Economics*, 28(1), 181–206. <https://doi.org/10.1007/s00191-017-0538-0>
- Pellegrino, G., & Savona, M. (2013). *Is money all? Financing versus knowledge and demand constraints to innovation*.
- Pellegrino, G., & Savona, M. (2016). No money, no honey? Financial versus knowledge and demand constraints on innovation. *Research Policy*, 46(2), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.001>

- Piater, A. (1984). *Barriers to Innovation*. (F. P. P. Ltd., Ed.).
- Revista Dinero. (2016). 4 grandes compañías que dan ejemplo en materia de innovación. Retrieved September 9, 2020, from <https://www.dinero.com/edicion-empresa/emprendedores/articulo/casos-exitosos-de-innovacion-interna-de-empresas-en-colombia/240053>
- Revista Semana. (2018). Colciencias: las bodas de oro de la ciencia colombiana. Retrieved September 3, 2020, from <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/historia-de-colciencias-que-cumple-50-anos/592017>
- Romer, P. (1989). *Endogenous Technological Change* (No. 3210). <https://doi.org/10.3386/w3210>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*. (S. A. McGraw-Hill/Interamericana Editores, Ed.) (Sexta). <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Savignac, F. (2008). Impact of financial constraints on innovation. *Economics of Innovation and New Technology*, 17(6), 553–569. <https://doi.org/10.1080/10438590701538432>
- Schiantarelli, F. (1995). *Financial Constraints and Investment: A Critical Review of Methodological Issues and International Evidence* (No. 293).
- Schumpeter, J. A. (1944). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J. A. (1947). Theoretical Problems of Economic Growth. *The Journal of Economic History*, 7, 1–9.
- Segarra, A., & Teruel, M. (2010). Obstáculos de las empresas para innovar, en Análisis sobre la Ciencia y la Innovación en España. *Fundación Para La Ciencia y La Tecnología*.
- Silva, M. J., Leitão, J., & Raposo, M. (2008). Barriers to innovation faced by manufacturing firms in Portugal: how to overcome it for fostering business excellence? *International Journal Business Excellence*, 1, 92–105.
- Stock, J., & Watson, M. (2012). *Introducción a la Econometría* (Tercera e). Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Tiky, A. Y. (2016). *Economic study on determinants of innovation activities: the case of ethiopian manufacturing sector*. Seoul National University.

- Tirole, J. (1990). *The theory of industrial organization*.
- Tourigny, D., & Le, C. D. (2004). Impediments to innovation faced by Canadian manufacturing firms. *Economics of Innovation and New Technology ISSN:*, 13(3), 217–250.  
<https://doi.org/10.1080/10438590410001628387>
- Uriel, E., Contreras, D., Moltó, M. L., & Peiró, A. (1997). *Econometría el modelo lineal*. (E. AC, Ed.). Madrid.
- Vesga, R. (2009). *Emprendimiento e innovación en Colombia*. Bogotá D.C.
- Vesga, R. (2016). La universidad debe ser líder a la hora de la innovación abierta. Retrieved from <https://uniandes.edu.co/es/noticias/desarrollo-regional/la-universidad-debe-ser-lider-a-la-hora-de-la-innovacion-abierta>
- Villarreal, N. F., Arias, D. L., Salas, N. A., & Holguín, H. M. (2014). *Determinantes de la innovación y la productividad en la industria manufacturera colombiana por tamaño de firma*.
- Wooldridge, J. (2001). Discrete Response Models. In *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* (pp. 453–516). Cambridge, Massachusetts.
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno, 4a. edición*. (Cengage Learning Editores, Ed.).

## 6. Anexo

Anexo 1. Tabla: número de empresas en la EDIT según industria y tipología del DANE: periodo 2015-2016.

Industria sector manufacturero	Tipología definida en función de los resultados en innovación*					Total
	No innovadoras	Intención	Potencial	Estricta	Amplia	
Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales	350	16	14	0	77	457
Confección de prendas de vestir	703	31	22	0	140	896
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	38	0	0	0	15	53
Curtido y recurtido de cueros, fabricación de calzado, fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería, adobo y teñido de pieles	281	14	3	0	71	369
Elaboración de bebidas	70	0	0	0	20	90
Elaboración de productos alimenticios	901	43	61	0	342	1347
Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	118	0	0	0	60	178
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	345	8	17	2	86	458
Fabricación de muebles, colchones y somieres	306	10	4	0	65	385
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	271	9	25	0	83	388
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	23	1	2	0	12	38
Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	78	0	0	0	27	105
Fabricación de productos de caucho y de plástico	492	31	21	0	131	675
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	491	15	19	1	103	629
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	102	10	13	0	72	197
Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	5	0	0	0	0	5
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	120	8	6	0	25	159
Fabricación de productos textiles	200	3	6	0	57	266
Fabricación de sustancias y productos químicos	308	5	22	0	178	513
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	132	3	3	0	41	179
Otras industrias manufactureras	206	37	44	10	80	377
Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles, fabricación de artículos de cestería y espartería	153	3	3	1	23	183
Total	5693	247	285	14	1708	7947

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

\*Nota: Intención: empresas con intención de innovar. Potencial: empresas potencialmente innovadoras.

Estricta: empresas innovadoras en sentido estricto. Amplia: empresas innovadoras en sentido amplio

Anexo 2. Tabla: número de empresas que perciben barreras a la innovación según el tipo de barrera e industria, periodo 2015-2016.

Industria sector manufacturero	Barreras a la innovación			
	Barreras financieras	Barreras de conocimiento	Barreras de mercado	Barreras institucionales
Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales	84	73	73	52
Confección de prendas de vestir	146	144	108	106
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	10	10	7	3
Curtido y recurtido de cueros, fabricación de calzado, fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería, adobo y teñido de pieles	70	63	55	51
Elaboración de bebidas	19	16	12	12
Elaboración de productos alimenticios	337	281	274	239
Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	48	41	42	39
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	93	89	72	76
Fabricación de muebles, colchones y somieres	65	55	56	47
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	91	84	71	66
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	12	11	11	10
Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	24	17	21	19
Fabricación de productos de caucho y de plástico	144	128	120	103
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	105	105	92	87
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	70	62	56	60
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	28	21	22	19
Fabricación de productos textiles	51	45	43	36
Fabricación de sustancias y productos químicos	152	140	144	130
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	40	38	38	31
Otras industrias manufactureras	141	116	103	99
Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles, fabricación de artículos de cestería y espartería	28	24	19	19
Total	1758	1563	1439	1304

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

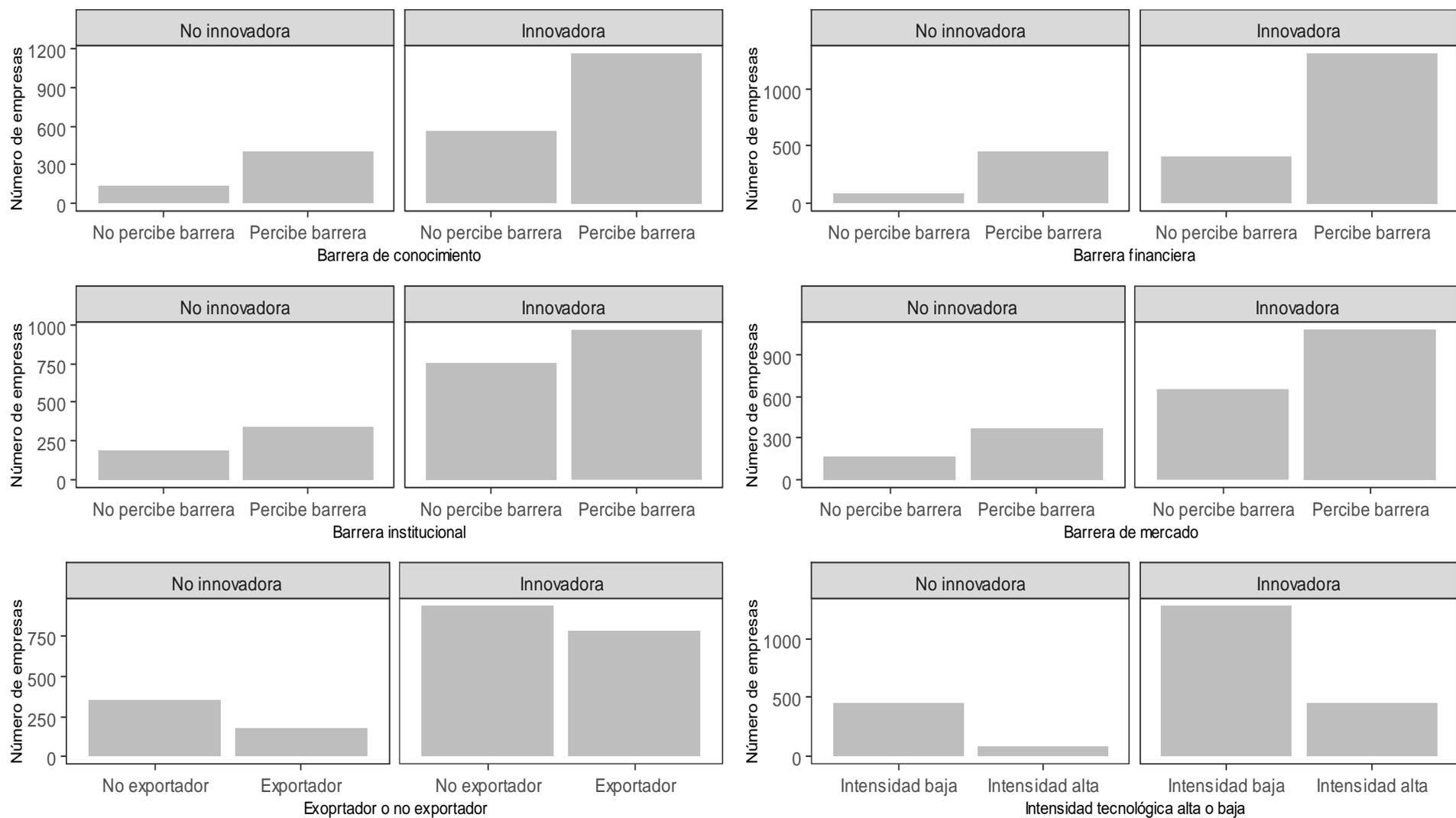
Anexo 3. Gasto promedio en actividades innovadoras según industrias. Periodo 2015-2016.

Industria sector manufacturero	Gasto promedio en actividades innovadoras*
Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales	178.233,34
Confección de prendas de vestir	135.626,03
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	205.355,1
Curtido y recurtido de cueros, fabricación de calzado, fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería, adobo y teñido de pieles	138.590,93
Elaboración de bebidas	4.871.732,08
Elaboración de productos alimenticios	842.635,56
Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	1.130.902,34
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	166.646,36
Fabricación de muebles, colchones y somieres	247.895,75
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	3.241.439,24
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	2.156.129,39
Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	2.031.680,15
Fabricación de productos de caucho y de plástico	583.249,67
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	230.065,98
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	694.122,75
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	486.792,71
Fabricación de productos textiles	535.747,81
Fabricación de sustancias y productos químicos	1.163.305,6
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	1.367.775,8
Otras industrias manufactureras	5.505.408,01
Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles, fabricación de artículos de cestería y espartería	156.011,43

**Fuente:** elaborado por el autor con base en la EDIT para el periodo 2015-2016.

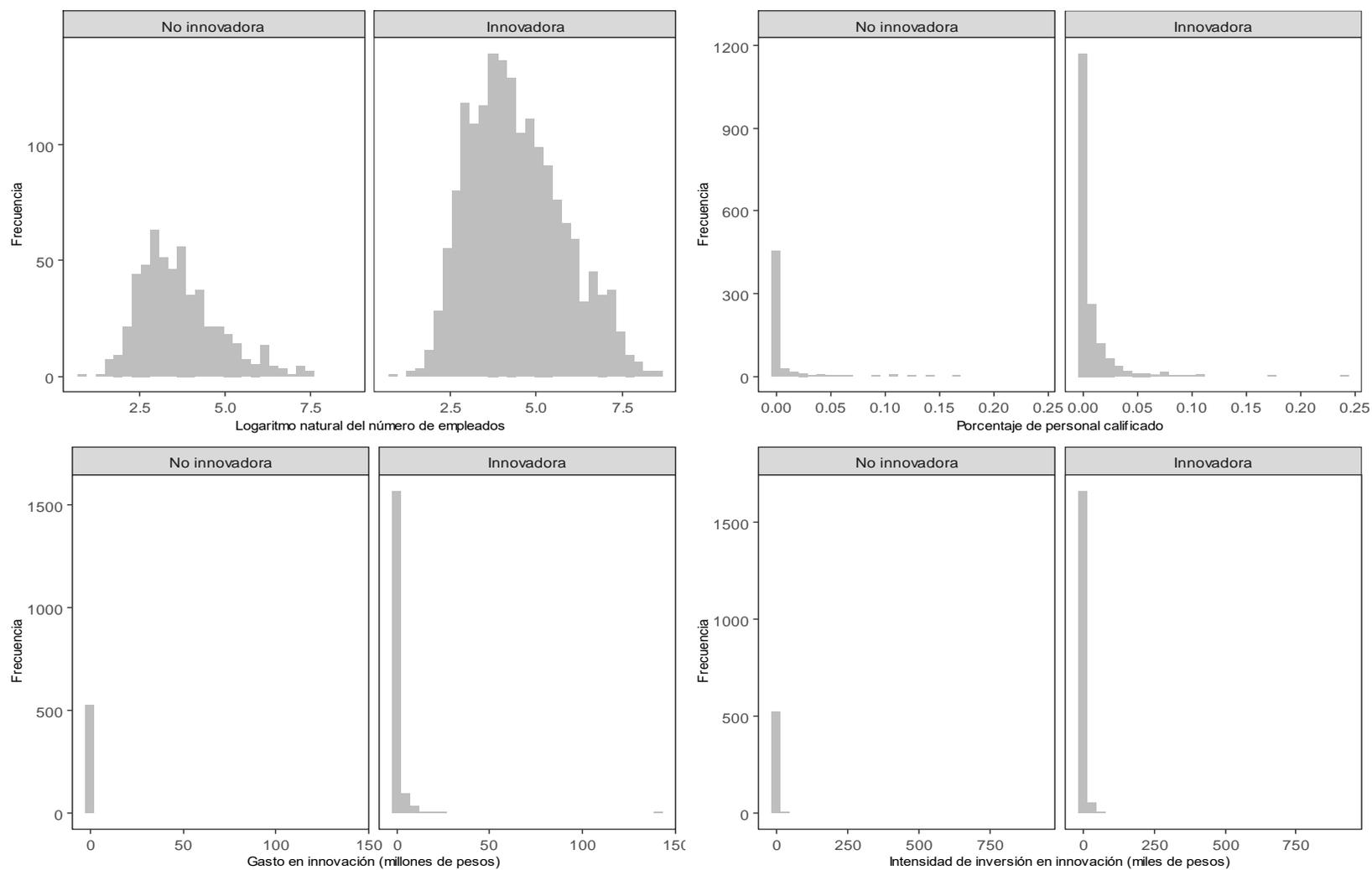
\*Valores en pesos colombianos.

Nota: La industria de fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos no reportó ningún monto de gastos en innovación.



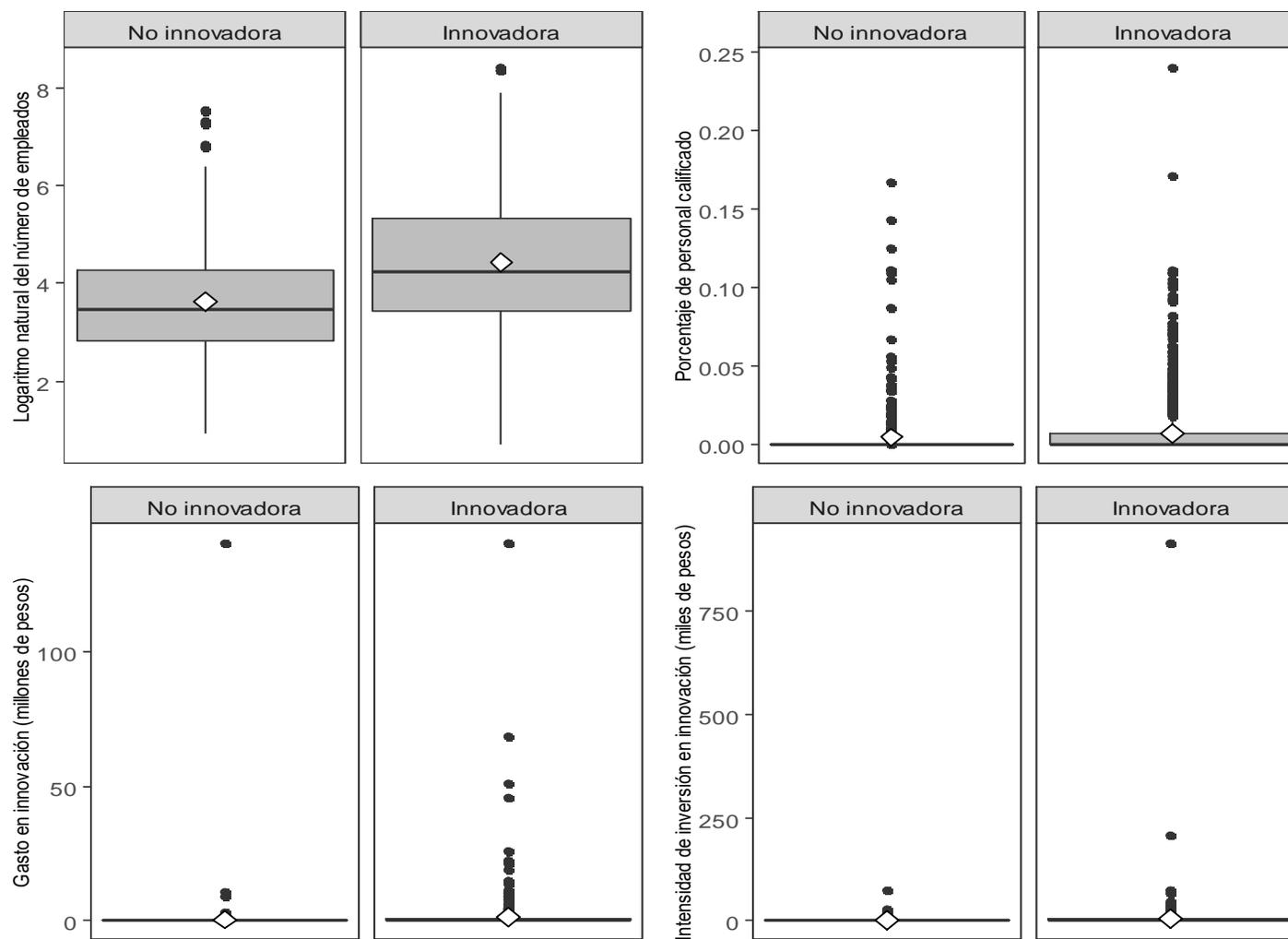
Anexo 4. Figura. Distribución de frecuencia de variables cualitativas en función de los resultados en innovación de las empresas.

**Fuente:** elaborado por el autor. EDIT 2015-2016.



Anexo 5. Figura. Distribución de frecuencia de variables cualitativas en función de los resultados en innovación de las empresas.

**Fuente:** elaborado por el autor. EDIT 2015-2016.



Anexo 6. Figura. Gráfica de cajas y bigotes de variables cuantitativas en función de los resultados en innovación de las empresas.

**Fuente:** elaborado por el autor. EDIT 2015-2016.