

# Capital intelectual, factor vinculante de innovación tecnológica de las firmas del sector industrial en Colombia 2015-2016

Alejandro López Malpica  
17 de diciembre de 2020

# Capital intelectual, factor vinculante de innovación tecnológica de las firmas del sector industrial en Colombia 2015-2016

Peter Alejandro López Malpica  
[alejomal@hotmail.com](mailto:alejomal@hotmail.com)  
+57 304 493 9899

Línea de investigación:  
Economía de las Organizaciones

Trabajo avalado por:  
Héctor Andrés López Naranjo MSc

Universidad Santo Tomas  
Facultad de Economía – Maestría en Ciencias Económicas  
17 de diciembre de 2020  
Bogotá, Colombia

# Capital intelectual, factor vinculante de innovación tecnológica de las firmas del sector industrial en Colombia 2015-2016

Alejandro López Malpica<sup>1</sup>

## Resumen

Este trabajo tiene por objeto analizar el grado de incidencia del capital intelectual como factor vinculante a la introducción de innovación tecnológica en las firmas pequeñas, medianas y grandes del sector industrial para el periodo 2015-2016 en Colombia, realizando un análisis empírico de corte econométrico, a partir de modelos probit con microdatos de la octava Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica 2015-2016. Los resultados muestran una progresión positiva a innovar por parte de las firmas pequeñas con respecto a las grandes, en relación con el aumento del capital intelectual, siendo el capital humano la variable más influyente sobre los resultados innovadores de las firmas.

*Clasificación JEL:* D24; J24; O30; O32.

*Palabras clave:* Innovación tecnológica; capital intelectual; Encuesta de Innovación Tecnológica EDIT; modelos Probit.

---

<sup>1</sup>Contador Público, maestrante en Ciencias Económicas; coordinador financiero del Departamento de Transferencia Tecnológica del Ministerio de Defensa Nacional. E-mail [alejomal@hotmail.com](mailto:alejomal@hotmail.com). Este artículo fue orientado por Alvaro Andres Vernazza Ph.D., Olga Marina García Norato Ph.D. y avalado por Héctor Andrés López Naranjo MSc.

## Contenido

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Introducción</b> .....                                                | 1  |
| <b>Capítulo 1</b> Marco de referencia innovación tecnológica .....       | 5  |
| 1.1 Marco teórico.....                                                   | 5  |
| 1.2 Estado del arte .....                                                | 9  |
| 1.2.1 Investigaciones de orden internacional.....                        | 10 |
| 1.2.2 Investigaciones en Colombia.....                                   | 13 |
| <b>Capítulo 2</b> Caracterización estadística de las variables .....     | 18 |
| 2.1 Tamaño de la firma e inversión en ACTI .....                         | 20 |
| 2.2 Capital intelectual en las firmas pequeñas, medianas y grandes ..... | 22 |
| <b>Capítulo 3</b> Datos y metodología de medición .....                  | 29 |
| 3.1 Determinación del modelo teórico .....                               | 29 |
| 3.2 Especificación de las variables .....                                | 30 |
| 3.3 Técnica econométrica para el análisis .....                          | 34 |
| 3.4 Resultados del modelo.....                                           | 36 |
| <b>Conclusiones</b> .....                                                | 40 |
| <b>Limitaciones y recomendaciones</b> .....                              | 42 |
| <b>Trabajos citados</b> .....                                            | 44 |

## Índice de figuras

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Distribución de las firmas por grado de innovación 2015-2016.....           | 19 |
| <b>Figura 2</b> Distribución de las firmas por tipo de TPP 2015-2016.....                   | 19 |
| <b>Figura 3</b> Montos de inversión en ACTI en Colombia 2015-2016 (cifras en millones)..... | 21 |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Matriz factores de innovación en Colombia.....                                                                  | 17 |
| <b>Tabla 2</b> Clasificación de las firmas por tamaño según ley 590 del 2000 .....                                             | 20 |
| <b>Tabla 3</b> Distribución firmas pequeñas, medianas y grandes con TPP 2015-2016 vs total de la encuesta.....                 | 21 |
| <b>Tabla 4</b> Inversión en ACTI de las firmas pequeñas, medianas y grandes con TPP .....                                      | 22 |
| <b>Tabla 5</b> Distribución del personal ocupado en ACTI en las firmas con TPP 2015-2016....                                   | 23 |
| <b>Tabla 6</b> Frecuencias de las firmas con TPP según la fuente de ideas de innovación 2015-2016 .....                        | 24 |
| <b>Tabla 7</b> Frecuencia de las variables asociadas a la fuente de ideas de innovación en las firmas con TPP 2015-2016 .....  | 25 |
| <b>Tabla 8</b> Frecuencia de las variables asociadas al capital estructural de las firmas con TPP 2015-2016.....               | 26 |
| <b>Tabla 9</b> Distribución del número de certificados de calidad de las firmas con TPP obtenidos en 2015-2016 .....           | 26 |
| <b>Tabla 10</b> Distribución del número de innovaciones organizacionales de las firmas con TPP obtenidos en 2015-2016 .....    | 27 |
| <b>Tabla 11</b> Distribución del número de innovaciones en marketing de las firmas con TPP obtenidos en 2015-2016 .....        | 28 |
| <b>Tabla 12</b> Distribución del número de registros de PI vigentes al finalizar el 2016 de las firmas con TPP 2015-2016 ..... | 28 |
| <b>Tabla 13</b> Descripción de las variables del modelo .....                                                                  | 33 |
| <b>Tabla 14</b> Resultados robustos del modelo Probit .....                                                                    | 37 |
| <b>Tabla 15</b> Resultados marginales del modelo Probit con interacciones, variables significativas .....                      | 38 |

## Introducción

Está bien establecido que la innovación tiene un impacto positivo en cualquier economía (Krasniqi & Peci, 2017), desde Schumpeter (1911), quien definió la innovación como la fuente más importante del crecimiento económico. Los estudios sobre la incidencia de la innovación en el crecimiento económico son abundantes y contrastan con la escases de trabajos sobre los factores que influyen en la innovación (Langebaek & Vásquez, 2007).

El manual de Oslo define cuatro tipos de innovaciones: innovaciones de producto, de proceso, organizativas y de mercadotecnia, entendiéndose las dos primeras como innovación tecnológica (en adelante, TPP) (OCDE & Eurostat, 2005). La innovación en productos aumenta la cuota de mercado de la firma y facilita la penetración a nuevos mercados, mientras que la innovación en procesos aumenta la productividad y reduce los costos (Bermúdez & Méndez, 2013).

En la octava Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT VIII) realizada en Colombia en el periodo 2015-2016, de 7,947 firmas encuestadas de la industria manufacturera solo el 18.8% lograron introducir alguna TPP. Las firmas con intención de innovar representan el 3.1% del total de la encuesta y enfrentan como principales obstáculos para introducir innovaciones la escasez de recursos propios, así como la falta de acceso a financiamiento externo (Consejo Privado de Competitividad, 2018).

La baja frecuencia de TPP identificada en la EDIT va de la mano con los datos del informe hecho por Cornell University, INSEAD & WIPO (2016) en cuestión de producción de innovación, que relaciona la creación de conocimiento, su impacto y difusión, así como los activos intangibles, los bienes y servicios creativos y la creatividad online. Colombia obtuvo 24.55 puntos sobre 100 en el ranking de producción de innovación, del cual Costa Rica aparece como el líder en América Latina y el Caribe con 31.87 puntos, y donde Suiza se establece en primer lugar mundial con 64.19 puntos.

Uno de los aspectos importantes para que las firmas de países en desarrollo realicen actividades de TPP es que esta es el recurso adecuado para eludir la competencia por precio,

característica de los mercados de *commodities*, en los cuales las posiciones de las firmas son más vulnerables, ya que están siempre expuestas a fuertes oscilaciones y desequilibrios entre oferta y demanda, a la permanente incorporación de nuevos competidores con ventajas salariales o de escala o que recurren a prácticas desleales de comercio. (Jaramillo, Lugones, & Salazar, 2001, pág. 13)

La anterior afirmación y el bajo nivel innovador evidenciado en la EDIT VIII deja manifiesto el propósito de identificar los problemas que enfrentan las firmas para acceder a nuevos métodos de producción y a generar nuevos productos, con el fin de generar un crecimiento sostenible y forjar componentes necesarios para prevalecer en el mercado (Bermúdez & Méndez, 2013; Delgado, Martín & Amores, 2016), a la vez que se reduzca gradualmente la brecha tecnológica dependiente del país.

Las estrategias de innovación en la producción llevada a cabo por las firmas propenden por hacer eficiente el proceso productivo, reduciendo los costos unitarios y manteniendo o mejorando la calidad del producto final (OCDE & Eurostat, 2005), a la vez que se facilita el trabajo para la mano de obra. La evidencia muestra que aplicando avances tecnológicos se hace más efectivo el uso de los recursos productivos de las firmas (Crespi & Zuniga, 2012). La innovación es por ende esencial para incrementar la productividad (Crespi & Zuniga, 2012) y como factor ambiental de la firma incidirá en el surgimiento de nuevas ideas económicas que fortalecerán su estabilidad en los mercados.

Desde los años 90 se ha visto un auge de trabajos empíricos que investigan los determinantes de la innovación. Los primeros trabajos se orientaron en el enfoque evolucionista, que relaciona la innovación en productos con la inversión en investigación y desarrollo (ver Griliches, 1979; Crépon, Duguet & Mairesse, 1998). Luego del aporte teórico de las teorías de crecimiento endógeno (ver Romer, 1990; Lucas, 1991; Rebelo, 1991; Barro, 1990) las investigaciones empíricas empezaron a contemplar factores como el capital humano (en adelante CH), el learning by doing y factores organizacionales.

Algunos estudios en Colombia han buscado estimar el impacto de la innovación en la producción (Bermúdez & Méndez, 2013; Crespi & Zuniga, 2012), mientras que otros se han

enfocado en buscar determinantes de innovación mediante métodos analíticos sobre estadística descriptiva (Bermúdez & Méndez, 2013). Las investigaciones realizadas han identificado determinantes como el stock de conocimientos (ver Bermúdez & Méndez, 2013; Vélez, 2009; Langebaek & Vásquez, 2007); la inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (en adelante ACTI) como la investigación y desarrollo (en adelante, I+D), nuevas tecnologías y capacitación del personal (ver Gaviria & Paredes, 2018; Bermúdez & Méndez, 2013; González & Hurtado, 2012; Orozco, Chavarro & Ruiz, 2010); el tamaño de la firma (ver Bermúdez & Méndez, 2013; Álvarez & García, 2012; Orozco et al., 2010; Langebaek & Vásquez, 2007); entre otros. La mayoría de las investigaciones contemplan el tamaño de la firma como variable determinante y significativa de la TPP, así como el aspecto de designar personal calificado en actividades de I+D.

La innovación en las firmas es principalmente cuestión humana, siendo las personas quienes implementan su conocimiento para desarrollar ideas innovadoras (Kianto, Sáenz, & Aramburu, 2017). La suma de todo el conocimiento que la firma utiliza para crear valor se conoce como capital intelectual (en adelante CI) (Delgado et al., 2016), que comprende el conocimiento que poseen los empleados de la firma; el conocimiento acumulado de las estructuras organizacionales, prácticas, sistemas de información y manuales, que proviene de fuentes distintas a las personas; y el conocimiento proveniente de fuentes externas a la firma, que se obtiene a través de las buenas relaciones con los clientes, proveedores, otras firmas del sector (Li, Wang, & Li, 2019), entre otros.

El CI ha sido relacionado por diversos estudios como elemento fundamental para el logro de innovaciones en la firma (Li et al., 2019), obteniendo una relación positiva entre ambas variables. Para el caso nacional, la búsqueda arroja evidencia sobre la relación que tienen los estudios de postgrado y el conocimiento externo a la firma sobre la TPP, obteniendo una influencia positiva entre las variables del CI sobre la obtención de TPP en el sector manufacturero colombiano (Jerez, 2018).

Es relevante diferenciar el estudio aplicando la relación del CI con las distintas clasificaciones del tamaño de la firma estipuladas por la norma (ver ley 590/2000), ya que el tamaño de estas posee características diferenciales en cuanto a generación de empleo,

desarrollo regional, integración entre sectores económicos y la capacidad empresarial de los colombianos, por lo que resulta de importancia diferenciar la dotación de factores para la formación de capital humano y el desarrollo tecnológico, entre otros (Congreso de Colombia, 2000). La relación de los factores de producción de innovación deberá tener efectos diferenciales sobre cada una de las firmas, por lo que se estructuran diferentes escenarios de relación entre las variables del CI y la obtención de TPP, acorde a la capacidad de disponer personal para el funcionamiento de cada firma.

Por lo anterior, el presente documento investigativo pretende dar un avance investigativo analizando el grado de incidencia del capital intelectual como factor vinculante a la introducción de innovación tecnológica en las firmas pequeñas, medianas y grandes del sector industrial en Colombia para el periodo 2015-2016, mediante una caracterización estadística de la TPP acorde a los datos de la EDIT VIII, complementado con un modelo econométrico estructurado con variables obtenidas de la misma encuesta. Así mismo, se pretende dar evidencia empírica que contraste la hipótesis de trabajo, la cual indica que el CI genera una progresión en el grado de TPP de las firmas del sector industrial en Colombia para el periodo 2015-2016.

El análisis se desarrollará en medio de un marco de referencia centrado en la TPP donde se efectuarán: una exploración de los principales teóricos relativos a la innovación (numeral 1.1); una revisión completa de antecedentes nacionales e internacionales (numeral 1.2); una caracterización de la TPP en la industria colombiana (capítulo 2) en la que se evalúan factores como el tamaño de la firma, el comportamiento de la inversión en ciencia y tecnología, así como aspectos relacionados con el CI, describiendo las variables que componen el modelo econométrico que se desarrolla en el capítulo 3, dentro del que se especifican los parámetros de inclusión de las variables del modelo y su análisis.

## Capítulo 1 Marco de referencia innovación tecnológica

El presente capítulo articula, en un principio, los principales aspectos teóricos relativos a la TPP y el CI. En segundo lugar, enlaza diferentes estudios empíricos que han abordado los determinantes de la innovación en las firmas, principalmente, como un factor endógeno de las mismas, tanto a nivel nacional como internacional.

### 1.1 Marco teórico

Autores como Adam Smith y Karl Marx analizaron la existencia de relación entre el cambio técnico y el empleo, por lo que se puede afirmar que el término de innovación parte del siglo XVI con la escuela mercantilista (Jerez, 2018). Joseph Schumpeter fue uno de los pioneros en desarrollar teóricamente la innovación, denominándola como motor del capitalismo y generadora de los ciclos económicos (González & Hurtado, 2012).

Schumpeter (1997) expresa como el desenvolvimiento económico rompe con los ciclos económicos. El desenvolvimiento es una circunstancia que se da de manera espontánea y discontinua y que aparece en la esfera industrial y no se da por las necesidades de los consumidores, aunque como resultado de esa aparición, nace una necesidad del consumidor para con el producto (Schumpeter, 1997). La definición de innovación se da al explicar el desenvolvimiento económico, el cual cubre:

la introducción de un nuevo bien, la introducción de un nuevo método de producción, la apertura de un nuevo mercado, la conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas y la creación de una nueva organización de cualquier industria. (Schumpeter, 1997, pág. 77)

Como ya se había mencionado, las innovaciones tecnológicas son concebidas como innovaciones de producto y de proceso (OCDE & Eurostat, 2005). En la misma línea, las actividades de TPP se definen como “el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados” (OCDE, 2013, pág. 25). Una innovación de producto es aquella que

mueve la curva de la demanda hacia la derecha, mientras que la innovación de proceso baja la curva de costos (Baumol, 2002).

“Las innovaciones de producto implican cambios significativos de las características de los bienes” (OCDE & Eurostat, 2005, págs. 23-24), productos existentes con mejoras significativas y productos completamente nuevos. Por otro lado, las innovaciones de proceso implican “cambios significativos en los métodos de producción y de distribución” (OCDE & Eurostat, 2005, pág. 24). “Una innovación solo necesita ser una novedad o una mejora significativa para las actividades de la firma (DANE, 2017b, pág. 1), pudiendo ser originaria por otras firmas, considerando como firmas innovadoras aquellas que introduzcan en el periodo de estudio productos nuevos o significativamente mejorados introducidos en el mercado, y a los procesos nuevos o significativamente mejorados introducidos al aparato productor de la firma (DANE, 2017b; OCDE & Eurostat, 2005).

Ahora bien, Schumpeter manifiesta la relevancia que genera “la innovación como causa del desarrollo y el empresario innovador como propiciador de los procesos de innovación” (Montoya, 2004, pág. 209). Para Schumpeter el empresario innovador juega un papel fundamental dentro del sistema capitalista como fuente primordial de producción de innovación. La innovación crece a un ritmo majestuoso gracias al capitalismo, proveyendo incentivos para la acumulación de capital (Baumol, 2002; Romer, 1990) y la fuerza capitalista es creciente gracias a nuevos bienes de consumo, nuevos métodos de producción y transporte, nuevos mercados y nuevas formas organizacionales (Schumpeter, 2003), siendo el capitalismo y la innovación un proceso sistemático y de relación positiva.

Dentro de los factores asociados a la innovación, Schumpeter (1997) expresa los rendimientos crecientes a escala que genera el proceso innovador, estos explicados de manera vinculante con el tamaño de la firma, dentro del cual los rendimientos que produce una innovación son proporcionales a la escala de la firma. Al respecto, la teoría schumpetereana destaca que el poder de mercado que tienen las grandes firmas les forja un escenario óptimo para la innovación que las pequeñas firmas (Abdu & Jibir, 2018). En ese sentido, las firmas monopolísticas son para Schumpeter más innovadoras que las pequeñas firmas, al poseer capital para invertir en investigación y tener buenas capacidades productivas; mientras que

para Arrow (1962), las firmas que compiten por el mercado son más innovadoras que las firmas monopolistas, ya que las primeras están en búsqueda de capturar nuevos mercados. Por su parte, Crépon et al. (1998) demuestran una relación positiva entre la inversión en I+D y el tamaño de la firma (determinado por el número de empleados), así como con la cuota de mercado que posea la firma y la tendencia tecnológica.

El tamaño de la firma es un determinante identificado por un gran número de estudios empíricos (ver Abdu & Jibir, 2018; Crespi & Zuniga, 2012; Marotta et al., 2007; Bermúdez & Méndez, 2013; Álvarez & García, 2012; Orozco et al., 2010; Langebaek & Vásquez, 2007), bien sea como variable explicativa para los modelos binarios, o como variable de control. Adicionalmente, la TPP muestra una correlación con la inversión que realiza la firma en I+D (ver Benito et al., 2012; Lall, 1992; Bermúdez & Méndez, 2013; González & Hurtado, 2012; Álvarez & García, 2012; Zemplerová & Hromádková, 2012) donde la inversión en I+D se toma como el input de los respectivos productos nuevos o significativamente mejorados introducidos en el mercado.

En línea con los modelos de crecimiento económico y en complemento del modelo de Harrod-Domar, Solow introduce formalmente el progreso técnico como factor exógeno de crecimiento económico al expresarlo en términos de una tasa global reflejado en términos residuales (Olaya, 2008). Solow (1956) mostraba como la producción neta genera rendimientos a escala; así, el avance tecnológico complementa una de las dos fuentes de producción, el trabajo, propiciando excedentes marginales que al final repercuten en el crecimiento económico.

El trabajo de Schumpeter empezó a tener relevancia con los planteamientos neoschumpeterianos, dentro de los cuales se encuentra el enfoque evolucionista de Nelson & Winter (1982), quienes formalizaron su proposición con base en la teoría de Schumpeter, dando inicio a una nueva era de importancia para la innovación, en la que se toma en cuenta la continua evolución de la economía como efecto de los conocimientos endógenos (González & Hurtado, 2012).

En la formulación económica neoclásica la producción de tecnología y las innovaciones eran concebidas como un proceso exógeno (Pavitt, 1984). Para los años noventa, continuando con el enfoque evolucionista, Romer, Lucas, Barro y Rebelo proponen un modelo de crecimiento en el que recogen el modelo de Solow e introducen tres elementos en los que Solow y en general la teoría clásica había fallado: i) el CH, factores de educación y capacitación en el trabajo, ii) el learning by doing y iii) el cambio tecnológico, evidenciado a raíz del aumento en la producción de los países industrializados en el siglo anterior (Jimenez, 2011). Al respecto, cuando se mide la producción de conocimientos, los econométricos tienden a concentrarse en los gastos en I+D dejando de lado detalles interesantes de eventos específicos; además, debido a que la variable I+D está asociada directamente como input de la innovación y es reflejada en campos exitosos, tales estudios tienden a ser no representativos en el modelo (Griliches, 1979).

A finales del siglo XX, se analiza que la innovación es continua y no depende específicamente de los capitalistas, por lo que el empresario no innovador frecuentemente estaba destinado a desaparecer (González J. , 2009). Básicamente, con las nuevas teorías endógenas de crecimiento económico, el análisis de estabilidad en los mercados comprendía factores controlables por las firmas, como lo son el CI, el progreso técnico, la inversión en I+D (Jimenez, 2011), las redes empresariales, entre otros. Posiblemente, para lograr un alto porcentaje de firmas innovadoras sea necesario dejar de incurrir en conceptos erróneos y mitos falsos, como que solo las grandes firmas pueden innovar, o que para innovar es necesaria la inversión en I+D (González J. , 2009).

Ahora bien, la innovación en las firmas está directamente relacionada con las personas involucradas en los procesos de generación de ideas y apropiación de conocimientos (Kianto et al., 2017; Pizarro, Real, & De la Rosa, 2011). El conocimiento propio de las personas que una firma usa para crear valor se denomina CI (Stewart, 1997), lo cual incluye las “habilidades de los empleados (...) y todos los recursos de conocimiento integrados en la cultura organizacional, sistemas y procesos (Li & Yu, 2018, pág. 3). En general, el CI se define como un activo intangible con el que cuentan las firmas para generar valor (Stewart, 1997; Edvinsson & Malone, 1997).

El CI reúne tres categorías, el CH, capital estructural (en adelante CE) y capital relacional (en adelante CR) (Kianto et al., 2017; Delgado et al., 2016; Delgado, Martín, Navas, & Cruz, 2011). El CH incluye los empleados de la firma y los atributos que estos poseen, como el conocimiento, la experiencia, el compromiso y la motivación (Stewart, 1997; Edvinsson & Malone, 1997); mientras que el CE comprende todo el capital no humano, por lo que también se le conoce como capital organizacional (Kianto et al., 2017). El CR es aquel que proviene del conocimiento incorporado a través de relaciones con agentes externos a la firma, como clientes, proveedores, instituciones (Kianto et al., 2017; Edvinsson & Malone, 1997), entre otros.

En la teoría del neoclásica, el concepto de CH comprende los conocimientos adquiridos por la enseñanza, lecturas, cursos digitales, gastos en cuidado médico, además de virtudes como la puntualidad y la honestidad (Becker, 1994), lo cual difiere en parte de la definición de CH de la teoría del CI, ya que esta última incorpora todos los conocimientos y habilidades que tienen las personas para generar valor para la firma (Kianto et al., 2017), envolviendo conocimientos no formales, o adquiridos por vivencias, experiencias, etc. El presente estudio toma como base el enfoque del CH de la teoría del CI, siendo un concepto más alineado con el pensamiento del autor que el del enfoque clásico y más práctico para su cuantificación, en línea con el método establecido para analizar las variables.

## 1.2 Estado del arte

Desde los años 90 se ha visto un auge de trabajos empíricos que investigan los determinantes de la innovación. Los primeros trabajos se enfocaron en el enfoque evolucionista, que relaciona la innovación en productos con la inversión en I+D (ver Griliches, 1979; Crépon et al., 1998). Luego del aporte teórico de las teorías de crecimiento endógeno (ver Romer, 1990; Lucas, 1991; Rebelo, 1991; Barro, 1990) las investigaciones empíricas empezaron a contemplar factores como el CH, el learning by doing y factores organizacionales. A continuación, se presenta revisión de trabajos empíricos de orden internacional, seguido de los trabajos empíricos que abordaron la TPP en Colombia.

### 1.2.1 Investigaciones de orden internacional

Gran número de autores han estudiado los determinantes de la TPP en el contexto internacional. Li & Yu (2018) para China, utilizaron un modelo de ecuación estructural para demostrar la relación que tiene el CI sobre la TPP, del cual los datos demuestran una relación positiva y significativa de la influencia que ejerce el CI sobre la TPP. En la misma línea, Li, Wang, & Li (2019) analizaron la influencia del CI en el desempeño innovador del sector de la construcción en China mediante un modelo de ecuación estructural, encontrando una relación positiva entre las variables nombradas.

Kianto et al. (2017) y Delgado et al. (2016) para el caso de España, encontraron una relación positiva entre el CI y las innovaciones radicales de las firmas de base tecnológica, mediante modelos de ecuación estructural y regresión lineal. En otro estudio para España, Delgado et al. (2011) establecieron, mediante análisis factorial, que “se configuran el capital social y el capital relacional (...) como factores clave para el logro de la innovación tecnológica, (...) destacando en mayor medida las relaciones interorganizativas que mantiene la firma (...) con sus clientes y proveedores” (pág. 207). Otro estudio para España de Pizarro et al. (2011), logro determinar mediante análisis de ecuaciones estructurales, que la especificidad de los conocimientos del CH de la firma es de gran importancia para la innovación en la firma. El concepto de especificidad del CH hace referencia a habilidades y destrezas que no son comunes dentro de los miembros de una firma y que no poseen los competidores.

Para Nigeria, Abdu & Jibir (2018) realizaron un análisis econométrico con modelos probit y tobit, identificando que la inversión en I+D, el entrenamiento formal, el tamaño de la firma, el estado de exportaciones, competidores, ubicación, tipo y sector de la firma son conductores positivos de la propensión a innovar en las firmas. Para el caso de España, Anzola, Bayona, & García (2018) confirmaron la existencia de efectos positivos de I+D interna y fuentes de innovación con prácticas externas, así como una relación positiva entre la innovación organizacional con la realización de TPP en la firma, mediante una metodología econométrica de datos de panel.

Acorde con Marotta, Mark, Blom, & Thorn (2007), la capacidad de absorción de la firma, el CH y los nexos con instituciones de educación han sido mostrados como incrementadores de la probabilidad de innovar en los países miembros de la OCDE, por lo que los autores se plantearon medir los determinantes de la producción de innovación en Chile y Colombia, mediante modelos probit con datos de encuestas sobre TPP. Los resultados muestran una progresión positiva hacia el logro de una innovación en producto generada por la colaboración con universidades e instituciones de investigación, cifra que aumenta en Colombia con la interacción de las firmas con centros de investigación. Además, el nivel de conocimiento de los empleados y el nivel de educación de los mismos aumenta la probabilidad de innovar.

Confirmando los resultados de Nigeria y España, Zemplerová & Hromádková (2012) en República Checa, por medio del modelo desarrollado por Crépon et al. (1998) (más conocido como CDM), dan significancia respecto que la inversión en I+D aumenta en un alto grado la innovación en productos. Los autores también encontraron significancia respecto a influencia negativa en innovación en productos que tienen las firmas que reciben subsidios del gobierno. Por otro lado, los resultados demuestran una relación inversa entre el tamaño de la firma y la innovación en producto.

La investigación realizada por Citlalli, Maldonado, Pinzón, & García (2016) en Aguascalientes, México, a las firmas pequeñas y medianas les permitió concluir, mediante un análisis factorial, que la colaboración con instituciones públicas o privadas generan y crean las condiciones necesarias para adoptar e implementar innovación y que los gerentes deben actualizarse, tanto en cursos de sistemas de colaboración, como en actividades de innovación, para poder generar mecanismos de trabajo en equipo para la firma. Para España, la investigación empírica cuantitativa de Barba (2014) demostró como la formación que reciben los directivos influye positivamente en la TPP. Al respecto, enfatiza que

cuanto mayor es la habilidad de los directivos para solucionar problemas, para aceptar el cambio e introducirlo o para comunicarse, más innovaciones de productos, servicios y sistemas productivos se generan en la firma y mayor es la introducción de nuevas tecnologías. (pág. 134)

Krasniqi & Peci (2017) investigaron los factores que influyen en la adopción de nueva tecnología por parte de las firmas privadas en economías en transición. Mediante un modelo Logit, ellos encontraron que el comportamiento anticompetitivo y el limitado acceso al financiamiento tienen un efecto negativo en la adopción de nuevas tecnologías, en especial en pequeñas firmas.

Benito, Platero, & Rodríguez (2012) estudiaron los factores determinantes de la innovación en las microempresas españolas (menos de 10 empleados) concluyendo que, factores de carácter interno como el perfil sociológico del microempresario, sus habilidades tecnológicas y su experiencia en el sector, así como los recursos financieros, culturales y organizacionales de la firma explican de mejor manera la decisión de innovar llevada a cabo por el empresario.

Crespi & Zuniga (2012), por medio de una ecuación estructural, identificaron los determinantes de las firmas para invertir en innovación en 6 países latinoamericanos, a saber: i) el tamaño de la firma, y ii) las exportaciones, mirando los efectos competitivos y de aprendizaje que esta produce y que aumenta el esfuerzo innovador llevado a cabo por el empresario. En España, Gómez, Salazar, & Vargas (2012) por medio de un modelo probit multivariante, aseguran que la participación de las firmas en mercados internacionales podría explicar porque algunas “introducen tecnología de forma rápida, mientras que otras retrasan su incorporación o no llegan a adoptarla nunca” (pág. 179).

Naranjo, Jiménez, & Sanz (2012) para la región de Murcia en España, mediante dos modelos de ecuaciones estructurales, realizaron un estudio que buscaba definir si la cultura organizativa es un determinante de la innovación en la firma, definiendo que “la cultura de tipo adhocrático favorece la innovación, mientras que la de tipo jerárquico la afecta negativamente” (pág. 63).

Lall (1992) subrayó tres aspectos que definen las capacidades de TPP: i) la habilidad de reunir recursos financieros y posterior utilización con eficiencia de los mismos, ii) habilidades, enfatizando la especialización en competencias técnicas y de gestión, y iii) el esfuerzo tecnológico nacional, asociado a inversión en I+D, patentes y personal técnico. En

la misma línea, García, Bajo, & Blázquez de la Hera (2012) plantean que en la construcción de capacidades tecnológicas en la firma intervienen ciertos factores propios del país, como son el régimen de incentivos, la estructura institucional, la dotación de recursos, el CH y el esfuerzo tecnológico.

Liebenstain (1969) “propone que la adopción de una innovación en una firma depende de los costos y beneficios que la innovación genere entre los grupos que constituyen la firma y de los incentivos y compensaciones que se implementen con su introducción” (citado en Langebaek & Vásquez, 2007, pág. 4).

### 1.2.2 Investigaciones en Colombia

En el contexto nacional, se han realizado diferentes investigaciones sobre los determinantes de la innovación utilizando métodos cuantitativos, bien sea métodos econométricos o de análisis estadístico. Los principales factores estudiados en Colombia son el tamaño de la firma, la inversión en ACTI y en I+D, el CH, entre otros.

El tamaño de la firma es un determinante que tienen en común la mayoría de los trabajos empíricos que estudian la innovación. Al respecto, Bermúdez & Méndez (2013) definieron mediante un modelo micro econométrico logit ordenado que el tamaño de la firma incide para que una firma obtenga innovaciones con alto componente tecnológico son, así como el stock de conocimientos, el flujo del esfuerzo innovador y el apalancamiento externo. Por su parte, Álvarez & García (2012) analizaron mediante un modelo tobit generalizado que el tamaño de la firma en el sector manufacturero de Bogotá es uno de los factores más influyente sobre la actividad innovadora, así como el capital extranjero, la capacitación de la mano de obra y el acceso al financiamiento. En el mismo orden, la investigación realizada por Orozco et al. (2010) vinculó los departamentos de I+D con un alto grado de innovación, a su vez relacionado con el tamaño de las firmas, las redes interorganizacionales, la cultura organizacional y la capacitación grupal.

Mediante un modelo Tobit estándar Langebaek & Vásquez (2007) destacan a la maquinaria y equipo como la principal fuente de innovación de las firmas; así mismo, destacan el tamaño de las firmas al denotar que las pequeñas son considerablemente menos

sofisticadas que las grandes al desarrollar estrategias de innovación, y que entre más grandes son las firmas estas tienden a tener mayor propensión a innovar, así como mayor esfuerzo innovador. Otro determinante resultado del modelo indica la significancia de la participación de capital extranjero en las firmas innovadoras.

El CI ha sido abordado desde la perspectiva del CR, el CH y el CE por Jerez (2018), quien mediante técnica multivariante, abordó el comportamiento de las firmas manufactureras con datos de la EDIT VI y EDIT VII, encontrando una relación positiva entre el CR sobre la TPP, aumentando la significancia de la TPP a medida que se aumenta la frecuencia de las variables del CR, efecto similar que provee el CH y el CE sobre la obtención de TPP.

Otros trabajos empíricos abordaron el CH desde la perspectiva de Becker (1994), dada su relevancia para las firmas a la hora de generar TPP. Gaviria & Paredes (2018) relacionan el CH como una variable con alta probabilidad de generar innovación en las firmas, analizando los determinantes de la TPP en la industria en Colombia mediante un modelo probit ordenado. Bermúdez & Méndez (2013) lo enfocan como el stock de conocimientos, el cual comprende el CH y la infraestructura con la que cuenta la firma. Orozco et al. (2010) encontraron el CH como factor innovador visto desde el número de personas con doctorado contratadas y que se ocupan en departamentos de I+D. Mediante análisis estadístico Páez (2012) concluye que hay una asociación positiva entre el nivel académico de los empleados y los resultados de innovación, mientras que Vélez (2009) encontró mediante estimaciones econométricas de regresión por cuantiles significancia del capital de conocimiento para el proceso de inversión en innovación, entendido “como expresión de cualificación de los trabajadores en cada una de las firmas” (Vélez, 2009, pág. 18). En relación con lo anterior, Langebaek & Vásquez (2007) relacionan las bases de conocimiento con que cuentan las firmas como variable explicativa de la innovación en la industria manufacturera, a la vez que realizan un aporte importante que difiere en gran medida de otras investigaciones, al afirmar que hay actividades innovadoras que no requieren de inversión, el cual se ha relacionado a lo largo del presente estudio como una variable determinante:

i) la innovación está relacionada con actividades de learning by doing que no necesariamente implican gasto de inversión en las firmas. ii) las firmas aprenden de otras firmas y existen spillovers de conocimiento que tampoco tienen una contrapartida en la inversión, iii) la innovación es una actividad sujeta a riesgo, por lo tanto, no todo gasto se traducirá realmente en creación de nuevos productos o procesos o mejoramiento de los mismos. iv) los resultados del proceso innovador parecen estar más relacionados con el stock de capital físico y humano que con un nivel puntual de inversión. (Langebaek & Vásquez, 2007, pág. 27)

Por otro lado, El factor regional no ha sido objeto de relevancia dentro de las investigaciones encontradas. Trabajos empíricos como el de Bermúdez & Méndez (2013) revisaron el entorno innovador al nivel sectorial analizando el efecto spillover, gracias a que la industria se beneficia por la cercanía tecnológica y los avances que logran sus homogéneos. Gaviria & Paredes (2018) consideran en su estudio la innovación llevada a cabo por las firmas y su relación con el departamento donde se encuentran, concluyendo que las regiones Eje Cafetero y Antioquia presentan el desempeño innovador más alto y que la inversión en maquinaria y equipo, así como en tecnologías de la información son las variables que generan la probabilidad más alta de innovación en las firmas.

Otros trabajos como el de González & Hurtado (2014) determinaron mediante métodos estadísticos de análisis factorial y técnicas multivariantes de conglomerados bietápico que la capacidad de absorción no es un determinante de la innovación. Los datos fueron analizados de una muestra de 403 firmas en Colombia con menos 250 trabajadores.

González & Hurtado (2012) realizaron un modelo de regresión lineal donde identificaron que los resultados en innovación de un país dependen de factores como i) la inversión en tecnología, ii) la inversión en CH y iii) las relaciones de cooperación.

Mediante un modelo logit con datos de 101 firmas del departamento de Caldas Colombia, Becerra, Serna, & Naranjo (2013) determinaron que las redes empresariales entre las firmas para desarrollar actividades de I+D y transferencia tecnológica y de conocimientos influyen de manera positiva sobre la innovación en la firma.

Por su parte, Malaver & Vargas (2013) expresan que las industrias de alta tecnología dependen de la I+D para generar nuevos productos, mientras que en industrias de baja y media tecnología se requiere más de la capacidad de identificar y adaptar las nuevas tecnologías a los mercados, que a su vez puede generar desarrollos innovadores, apoyados en la ingeniería y el diseño.

Morales, Ortiz & Arias (2012) recopilaron diferentes aportes de trabajos empíricos que identificaron características y determinantes de los procesos de innovación en Latinoamérica. De su investigación se encontró que, i) las firmas identificadas como innovadoras desarrollan actividades internas de la firma de I+D, aunque estas no se articulen formalmente con la estrategia de la firma, ii) el esfuerzo de las firmas por incluir talento humano calificado es bajo, y iii) bajos nexos entre firmas con las universidades y centros de investigación.

En la tabla 1 se sintetizan los factores de innovación de orden nacional identificados por autores, con los datos obtenidos de la revisión de trabajos empíricos. Los más analizados son el tamaño de la firma; el stock de conocimientos; la inversión en ACTI y la colaboración con otras firmas, universidades, centros de investigación y proveedores.

De los determinantes de la tabla 1 y conociendo la estructura de las encuestas que establece el manual de Oslo se puede analizar que, por cuestión de datos no es posible realizar una investigación cuantitativa sin dejar de lado aspectos intrínsecos (Griliches, 1979), como la transversalidad de los diferentes componentes de una firma, o el valor que la firma puede dar a los diferentes desarrollos internos, así como la importancia que para los tomadores de decisión tengan las ideas proporcionadas por el personal operativo. En resumen, hay diversos factores a nivel organizativo de las firmas que es sumamente complejo englobar en las encuestas de innovación y que podría brindar un panorama diferente al realizado en la mayoría de los trabajos empíricos sobre TPP.

**Tabla 1**  
Matriz factores de innovación en Colombia

| <b>Factor</b>                                                                                                                     | <b>Autor</b>                                                                                                                                                        | <b>Tipo de estudio</b>                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Tamaño de la firma</i>                                                                                                         | (Bermúdez & Méndez, 2013)<br>(Álvarez & García, 2012)<br>(Orozco, Chavarro & Ruiz, 2010)<br>(Langebaek & Vásquez, 2007)                                             | Logit ordenado<br>Tobit generalizado<br>Análisis factorial<br>Tobit                                                                |
| <i>Capital Intelectual</i>                                                                                                        | (Jerez, 2018)                                                                                                                                                       | Técnica multivariante                                                                                                              |
| <i>Stock de conocimientos<br/>(Capital humano,<br/>Infraestructura actual)</i>                                                    | (Bermúdez & Méndez, 2013)<br>(Vélez, 2009)<br>(Langebaek & Vásquez, 2007)                                                                                           | Logit ordenado<br>Regresión cuantiles<br>Tobit                                                                                     |
| <i>Inversión en ACTI<br/>(I+D, nuevas tecnologías,<br/>capacitación personal,<br/>Personal con formación post-<br/>bachiller)</i> | (Gaviria & Paredes, 2018)<br>(Bermúdez & Méndez, 2013)<br>(González & Hurtado, 2012)<br>(Álvarez & García, 2012)<br>(Páez, 2012)<br>(Orozco, Chavarro & Ruiz, 2010) | Probit ordenado<br>Logit ordenado<br>Análisis de conglomerados<br>Tobit generalizado<br>Análisis estadístico<br>Análisis factorial |
| <i>Capital humano, doctorado</i>                                                                                                  | (Orozco, Chavarro & Ruiz, 2010)                                                                                                                                     | Análisis factorial                                                                                                                 |
| <i>Factor regional<br/>Antioquia y eje cafetero</i>                                                                               | (Gaviria & Paredes, 2018)                                                                                                                                           | Probit ordenado                                                                                                                    |
| <i>Spillover</i>                                                                                                                  | (Bermúdez & Méndez, 2013)                                                                                                                                           | Logit ordenado                                                                                                                     |
| <i>Capacidad de absorción</i>                                                                                                     | (González & Hurtado, 2012)                                                                                                                                          | Análisis de conglomerados<br>bietápico                                                                                             |
| <i>Cooperación con otras firmas</i>                                                                                               | (Becerra, Serna, & Naranjo, 2013)<br>(Bermúdez & Méndez, 2013)<br>(González & Hurtado, 2012)<br>(Orozco, Chavarro & Ruiz, 2010)                                     | Logit<br>Logit ordenado<br>Análisis de conglomerados<br>Análisis factorial                                                         |
| <i>Capital extranjero<br/>Acceso al financiamiento</i>                                                                            | (Álvarez & García, 2012)                                                                                                                                            | Tobit generalizado                                                                                                                 |

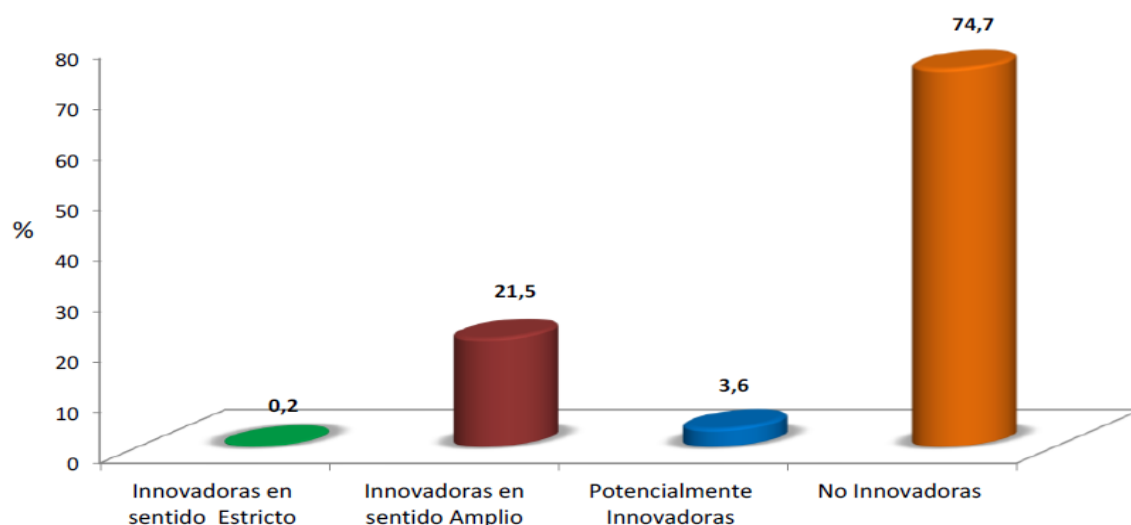
Fuente: el autor.

## Capítulo 2 Caracterización estadística de las variables

Generalmente, indicadores internacionales como el Global Innovation asocian la producción de innovación con variables como la creación, impacto y difusión de conocimiento (firmas con departamentos de I+D, patentes registradas, publicaciones y citaciones en revistas indexadas); los activos intangibles de las firmas creados internamente; los bienes y servicios creativos (películas nacionales, firmas de entretenimiento y marketing, firmas de publicidad, etc.), y la creatividad online (dominios activos, videos subidos a YouTube de producción propia, etc.) (Cornell University, INSEAD & WIPO, 2016). Si bien estos indicadores logran datos comparables para las distintas economías no son los indicados para exteriorizar el esfuerzo que realizan las firmas para subsistir en el mercado.

Por otro lado, la EDIT logra identificar el nivel de innovación llevado a cabo por la industria colombiana, el impacto que ha tenido la realización de innovaciones y los problemas que han obstaculizado el desarrollo de estas (DANE, 2018). Para ello, utiliza variables como el número de innovaciones llevadas a cabo por las firmas industriales, según tipo de innovación; el monto total invertido por las firmas en ACTI y su financiación; el número de personas ocupadas por la firma que participaron en la realización de ACTI; el número de firmas industriales que utilizaron fuentes internas y externas a la firma como origen de ideas para innovar; y el número de registros de propiedad intelectual (en adelante PI) y certificaciones de calidad, según tipo de registro y tipo de certificado (DANE, 2017a).

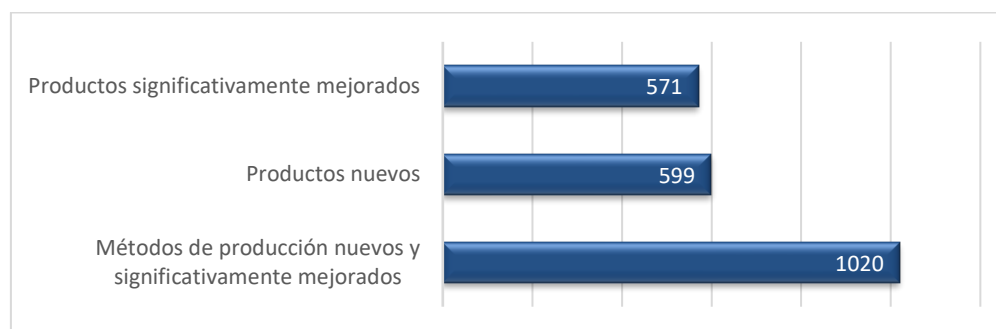
En Colombia, de 7,947 firmas industriales encuestadas en la EDIT VIII, 5,940 no son innovadoras, mientras que solo 14 lo son en sentido estricto, logrando incursionar en el mercado internacional con al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado; 1,708 lo son en sentido amplio, es decir, que introdujeron alguna innovación en el mercado nacional o en la firma misma; y 285 son potencialmente innovadoras, que referencia las firmas que tienen alguna innovación en proceso o abandonaron algún proyecto innovador durante el periodo de la encuesta (DANE, 2017a), como lo muestra la figura 1.



**Figura 1** Distribución de las firmas por grado de innovación 2015-2016

Nota fuente: (DANE, 2017a, pág. 5)

Para el periodo de estudio el 18.8% de las firmas realizó TPP, de las cuales 1,020 introdujeron nuevos o significativamente mejorados métodos de producción; 599 introdujeron bienes o servicios nuevos y 571 introdujeron bienes o servicios significativamente mejorados para su firma o para el mercado nacional e internacional (ver figura 2).



**Figura 2** Distribución de las firmas por tipo de TPP 2015-2016

Nota fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

Nota: un total de 1,496 firmas realizaron TPP para el periodo 2015-2016, de las cuales varias introdujeron diferentes tipos de innovación.

Con el fin de realizar un acercamiento a las variables explicativas del modelo que busca dar respuesta al problema planteado en esta investigación, se desarrolla en el presente

apartado una descripción estadística de la EDIT VIII, centrada esencialmente en aspectos relativos a la inversión en ACTI, el CH, el CE y el CR de las firmas pequeñas, medianas y grandes.

## 2.1 Tamaño de la firma e inversión en ACTI

En Colombia las firmas se clasifican en micro, pequeña, mediana y grande, de acuerdo con la ley 590 del 2000 (ver tabla 2), determinado su tamaño por número de trabajadores de planta o por los activos totales, donde prima la variable del monto de activos sobre la variable del número de personal. Metodológicamente, el DANE excluye a las microempresas en la EDIT, manteniendo el parámetro de clasificación establecido por la ley colombiana; sin embargo, se detectan firmas con menos de 10 trabajadores, incluso, firmas que no reportan personal de planta. Por lo anterior, la clasificación utilizada para las firmas pequeñas mantiene un rango de personal de planta mayor o igual a 1 y menor a 51, conservando la clasificación expuesta en la tabla 2 para las firmas medianas y grandes.

**Tabla 2**  
Clasificación de las firmas por tamaño según ley 590 del 2000

| <b>Tamaño</b>                       | <b>Número de trabajadores de planta</b> | <b>Activos Totales SMMLV</b>    |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Microempresa</i>                 | No superior a 10                        | Hasta 500                       |
| <i>Pequeña</i>                      | De 11 a 50                              | Superior a 500 y hasta 5,000    |
| <i>Mediana</i>                      | De 51 a 200                             | Superior a 5,000 y hasta 30,000 |
| <i>Grande</i>                       | Más de 200                              | Superior a 30,000               |
| <i>SMMLV para el 2019 \$828,116</i> |                                         |                                 |

Fuente: Adaptado de (Mincomercio, 2018).

Del total de la encuesta, 5,037 firmas son pequeñas, 2,021 son medianas y 889 son grandes, de las cuales, el 7.2% de las pequeñas lograron alguna TPP, así como un 6.4% de las medianas y un 5.2% de las grandes. Aunque el número de pequeñas firmas introduciendo TPP es más representativo que las demás de la clasificación su porcentaje respecto al total de las firmas pequeñas encuestadas solo representa el 11.4%, dato que para las firmas medianas corresponde al 25.2% y para las grandes firmas el 46.3% (ver tabla 3), lo que muestra una tendencia a introducir TPP relacionada positivamente con el tamaño de la firma, acorde a la teoría de Schumpeter.

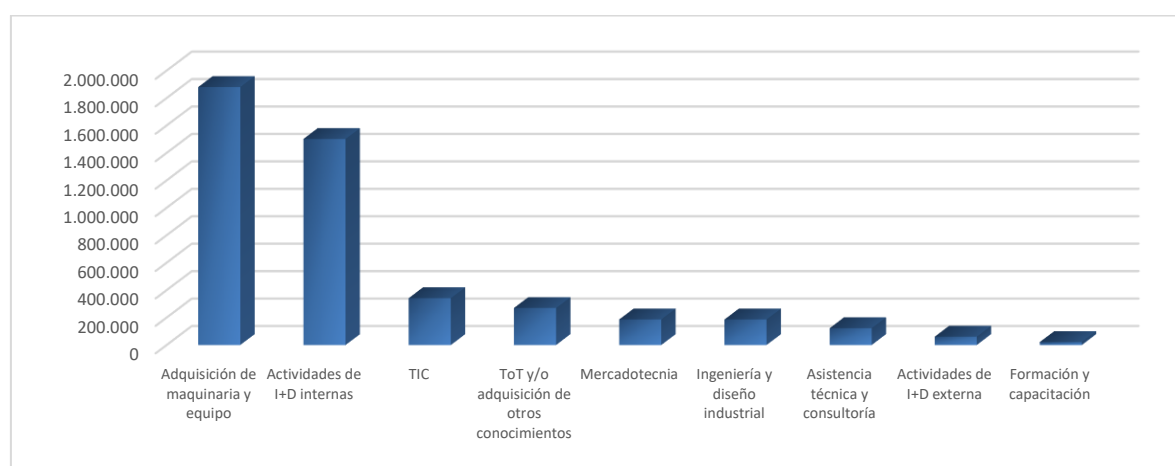
**Tabla 3**

Distribución firmas pequeñas, medianas y grandes con TPP 2015-2016 vs total de la encuesta

| Firmas       | EDIT VIII    |            | Con TPP      | Frec. TPP / Total<br>EDIT VIII | Frec. TPP / Frec.<br>EDIT VIII |
|--------------|--------------|------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|
|              | Frecuencia   | %          | Frec.        |                                |                                |
| Pequeña      | 5,037        | 63.4       | 574          | 7.2%                           | 11.4%                          |
| Mediana      | 2,021        | 25.4       | 510          | 6.4%                           | 25.2%                          |
| Grande       | 889          | 11.2       | 412          | 5.2%                           | 46.3%                          |
| <b>Total</b> | <b>7,947</b> | <b>100</b> | <b>1,496</b> | <b>18.8%</b>                   |                                |

Fuente: El autor con datos de la EDIT VIII.

Invertir en ACTI para las firmas colombianas contempla adquirir maquinaria y equipo, I+D, adquisición de tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), transferencia de tecnología, mercadotecnia, asistencia técnica y consultoría, ingeniería de diseño industrial y formación y capacitación especializada (DANE, 2017a). Gran parte de la inversión en ACTI hecha por las firmas es para adquirir maquinaria y equipo, cuyo monto representa el 41% del total, así como para actividades de I+D internas, que abarca el 33% de los recursos invertidos en ACTI, como lo indica la figura 3. Solo el 3.6% de las firmas que obtuvieron TPP en el periodo de estudio no reportaron haber hecho alguna inversión en ACTI.


**Figura 3** Montos de inversión en ACTI en Colombia 2015-2016 (cifras en millones)

Nota fuente: el autor basado en DANE (2017a, pág. 19).

Acorde a la tabla 4, las firmas que obtuvieron TPP en el periodo 2015-2016 realizaron inversión en ACTI por \$4.1 billones de pesos, de los cuales el 82.6% fue efectuado por las firmas grandes, seguido de un 10.7% de las firmas medianas y un 6.8% por parte de las

pequeñas. Las firmas grandes reportan un promedio de inversión en ACTI de \$8.2 millardos de pesos, monto muy superior al de las firmas medianas y pequeñas que tienen un promedio de \$857 y \$482 millones respectivamente. Aunque se evidencia un monto muy superior por parte de las firmas grandes respecto a las demás, la inversión en ACTI promedio por empleado de planta de las firmas pequeñas representa el 154% del mismo rubro en las firmas grandes y más del doble de las firmas medianas, lo que da cuenta de un esfuerzo superior por parte de las firmas pequeñas, aunque este efecto pueda ser explicado por otros factores, como la falta de estandarización en procesos o la búsqueda constante de mercado, que puede ser más representativo en una firma pequeña al amortizar las inversiones realizadas contra un bajo número de empleados. De cualquier forma, no deja de ser un indicador que difiere de las expectativas de la presente investigación. En general, no se aprecia una relación clara entre la inversión en ACTI y el tamaño de la firma, una vez revisado el promedio de inversión por empleado.

**Tabla 4**

Inversión en ACTI de las firmas pequeñas, medianas y grandes con TPP

|                | Firmas con TPP |      | Inversión en ACTI |      |         | Media personal de planta | Promedio Inversión en ACTI por empleado |
|----------------|----------------|------|-------------------|------|---------|--------------------------|-----------------------------------------|
|                | Frec.          | %    | Frec.             | %    | Media   |                          |                                         |
| <i>Pequeña</i> | 574            | 38.4 | \$276,643         | 6.7  | \$482   | 27                       | \$17.8                                  |
| <i>Mediana</i> | 510            | 34.1 | \$437,087         | 10.7 | \$857   | 106                      | \$8.1                                   |
| <i>Grande</i>  | 412            | 27.5 | \$3,380,822       | 82.6 | \$8,206 | 712                      | \$11.5                                  |
| <b>Total</b>   | 1,496          | 100  | \$4,094,553       | 100  |         |                          |                                         |

Fuente: El autor con datos de la EDIT VIII.

Nota: Cifras en millones de pesos colombianos, para las columnas de “inversión en ACTI” y “promedio inversión en ACTI por empleado”.

## 2.2 Capital intelectual en las firmas pequeñas, medianas y grandes

Acorde a lo expresado en el numeral 1.1, el CI está conformado por el CH, el CE y el CR. Cada uno de ellos representa conocimiento con el que cuenta determinada firma para crear valor.

Por otro lado, la cantidad de firmas que están ocupando personal en ACTI en el periodo 2015-2016 asciende a 2007, las cuales tienen una media de 20 empleados. Los datos de la EDIT VIII son en parte excluyentes, ya que solo reportaron información sobre esta

variable aquellas firmas que introdujeron alguna TPP en el periodo de la encuesta, así como aquellas firmas que tenían proyectos en proceso o que tuvieron la intención de innovar. Al respecto el 100% de las firmas innovadoras reportaron haber ocupado personal en ACTI, por lo que se podría determinar alguna correlación entre ambas variables. En la tabla 5 se aprecia el número de empleados en ACTI ocupados por las firmas pequeñas, medianas y grandes con TPP, quienes tienen una media de 8, 17 y 54 empleados ocupados en ACTI respectivamente.

**Tabla 5**

Distribución del personal ocupado en ACTI en las firmas con TPP 2015-2016

|                | Firmas con TPP |      | Personal en ACTI |      |       | Media personal de planta | Personal en ACTI / personal de planta |
|----------------|----------------|------|------------------|------|-------|--------------------------|---------------------------------------|
|                | Frec.          | %    | Frec.            | %    | Media |                          |                                       |
| <i>Pequeña</i> | 574            | 38.4 | 4,665            | 13.1 | 8.1   | 27                       | 30%                                   |
| <i>Mediana</i> | 510            | 34.1 | 8,578            | 24.1 | 16.8  | 106                      | 15.9%                                 |
| <i>Grande</i>  | 412            | 27.5 | 22,356           | 62.8 | 54.3  | 712                      | 7.6%                                  |
| <b>Total</b>   | 1,496          | 100  | 35,599           | 100  |       |                          |                                       |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

La participación de personal en ACTI respecto al personal de planta de las firmas pequeñas es del 30%. Este porcentaje es el 16% para las firmas medianas y del 7.6% para las firmas grandes. El indicador revela una relación inversa entre el personal en ACTI y el tamaño de la firma, donde, a medida que aumenta el personal de planta que posee la firma se reduce la proporción promedio del personal ocupado en ACTI. Esta relación inversa puede ser explicada desde la complejidad que resulta de crecer en el mercado. En una firma pequeña hay limitaciones económicas y/o de estructura interna, por lo que varias labores deben ser ejercidas por un profesional que tenga conocimiento en diversas áreas de especialidad, como un financiero, que administra, hace labores de tesorería, nomina, costeo y contabilidad, labores que se van separando a medida que aumenta la cuota de mercado de la firma. Aun así, representa un esfuerzo adicional para las firmas con menor personal de planta, pues difícilmente el personal ocupado en ACTI supliría otras necesidades.

Schumpeter (1997) indica que la escala de la firma tiene una pendiente positiva con su inversión en I+D, donde la I+D depende mayormente del capital humano. Acorde a los datos de la tabla 5, el argumento de Schumpeter se relaciona con la inversión total que refleja

la media de personal en ACTI ocupado por las firmas, la cual tiene una relación negativa observando el ratio de personal en ACTI sobre el personal de planta de las firmas.

Ahora bien, la tabla 6 muestra la frecuencia de las firmas acorde a la fuente de la cual provienen las ideas de innovar, siendo estas de tipo interno, o que provienen del CH de las firmas; de tipo externo, o que provienen del CR; y aquellas firmas con un mix de internas y externas. El 71.8% de las firmas obtienen sus ideas de innovación de manera conjunta entre agentes externos e internos, siendo este un proceso de retroalimentación por parte de los agentes externos, como los clientes o los proveedores, quienes canalizan a través del departamento de ventas aquellas necesidades que no satisfacen los productos actuales del mercado. También se observa que el 27% de las firmas obtienen sus ideas únicamente de su CH, siendo las firmas pequeñas quienes lo hacen en mayor proporción, al igual que con el CR, representando el 50% del total de las firmas que generaron TPP en el periodo 2015-2016 con ideas de innovación únicamente externas, seguidas de las medianas con un 43.8% y en menor medida las firmas grandes, quienes representan el 6.3%.

**Tabla 6**  
Frecuencias de las firmas con TPP según la fuente de ideas de innovación 2015-2016

|                | Firmas con TPP |      | Fuentes internas |      | Fuentes externas |      | Fuentes internas y externas |      |
|----------------|----------------|------|------------------|------|------------------|------|-----------------------------|------|
|                | Frec.          | %    | Frec.            | %    | Frec.            | %    | Frec.                       | %    |
| <i>Pequeña</i> | 574            | 38.4 | 181              | 44.6 | 8                | 50   | 385                         | 35.8 |
| <i>Mediana</i> | 510            | 34.1 | 129              | 31.8 | 7                | 43.8 | 374                         | 34.8 |
| <i>Grande</i>  | 412            | 27.5 | 96               | 23.6 | 1                | 6.3  | 315                         | 29.3 |
| <b>Total</b>   | 1,496          | 100  | 406              | 100  | 16               | 100  | 1,074                       | 100  |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

En la tabla 7 se aprecia que la principal fuente interna de ideas de innovación de las firmas con TPP en el periodo de estudio son los directivos, que aportan en promedio el 84.7% de las ideas de innovación, seguido de los departamentos de producción, ventas y mercadeo, así como el departamento de I+D, que aportan el 81.4%, 66% y 32% respectivamente. De fuentes externas a la firma, las ideas de innovación provienen en mayor porcentaje por parte de los clientes, quienes para el periodo 2015-2016 contribuyen en promedio con el 50.5% de las ideas para innovar, seguido de los proveedores, quienes tienen mayor influencia en las firmas grandes con un 52.7%, seguido de una influencia del 40.6% en las firmas medianas y

un 31.7% en las pequeñas. Las ferias, exposiciones, seminarios y conferencias son otra fuente importante de ideas externas para innovar, con un porcentaje promedio del 34%, siendo más representativo en las firmas con mayor número de personal.

**Tabla 7**

Frecuencia de las variables asociadas a la fuente de ideas de innovación en las firmas con TPP 2015-2016

| Firmas con TPP     |                            | Pequeña |      | Mediana |      | Grande |      |
|--------------------|----------------------------|---------|------|---------|------|--------|------|
|                    |                            | 574     |      | 510     |      | 412    |      |
| Variable           |                            | Frec.   | %    | Frec.   | %    | Frec.  | %    |
| Capital Humano     | Directivos                 | 486     | 84.7 | 433     | 84.9 | 348    | 84.5 |
|                    | Dpto. de producción        | 433     | 75.4 | 425     | 83.3 | 352    | 85.4 |
|                    | Dpto. de ventas y mercadeo | 317     | 55.2 | 335     | 65.7 | 316    | 76.7 |
|                    | Otro departamento          | 106     | 18.5 | 140     | 27.5 | 216    | 52.4 |
|                    | Departamento de ID         | 73      | 12.7 | 157     | 30.8 | 218    | 52.9 |
|                    | Grupos interdisciplinarios | 40      | 7    | 87      | 17.1 | 151    | 36.7 |
|                    | Casa matriz                | 2       | 0.3  | 6       | 1.2  | 26     | 6.3  |
| Capital Relacional | Clientes                   | 285     | 49.7 | 260     | 51   | 210    | 51   |
|                    | Proveedores                | 182     | 31.7 | 207     | 40.6 | 217    | 52.7 |
|                    | Ferias y exposiciones      | 167     | 29.1 | 181     | 35.5 | 205    | 49.8 |
|                    | Seminarios y conferencias  | 108     | 18.8 | 125     | 24.5 | 183    | 44.4 |
|                    | Consultores o expertos     | 56      | 9.8  | 105     | 20.6 | 131    | 31.8 |
|                    | Otra firma                 | 79      | 13.8 | 88      | 17.3 | 81     | 19.7 |
|                    | Universidades              | 36      | 6.3  | 64      | 12.5 | 106    | 25.7 |
|                    | Cámaras de comercio        | 61      | 10.6 | 61      | 12   | 61     | 14.8 |
|                    | Instituciones públicas     | 36      | 6.3  | 56      | 11   | 75     | 18.2 |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

Para las firmas, obtener certificados de calidad implica que el producto o proceso objeto del certificado está cumpliendo con las normas que regulan sus procesos de elaboración o atributos que debe tener el producto terminado. Por lo general este tipo de certificados pretenden generar seguridad en la elaboración y calidad de productos tales como alimentos, transportes, maquinaria, entre otros. Acorde a la tabla 8, en el periodo 2015-2016, el 13.2% de las firmas pequeñas con TPP obtuvieron alguna certificación de calidad en productos o procesos, así como un 25% de las firmas medianas y un 39.3% de las grandes. Obtener el certificado de calidad es indispensable para poder lanzar al mercado determinados tipos de productos o servicios, por lo que se convierte en un factor que podría imposibilitar que un producto se convierta en TPP para la firma.

**Tabla 8**

Frecuencia de las variables asociadas al capital estructural de las firmas con TPP 2015-2016

| Firmas con TPP      |                               | Pequeña |      | Mediana |      | Grande |      |
|---------------------|-------------------------------|---------|------|---------|------|--------|------|
|                     |                               | 574     |      | 510     |      | 412    |      |
| Variable            |                               | Frec.   | %    | Frec.   | %    | Frec.  | %    |
| Capital Estructural | Certificados de calidad       | 76      | 13.2 | 127     | 24.9 | 162    | 39.3 |
|                     | Innovaciones organizacionales | 138     | 24   | 150     | 29.4 | 144    | 35   |
|                     | Innovaciones marketing        | 108     | 18.8 | 104     | 20.4 | 112    | 27.2 |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

De un total de 861 certificados de calidad obtenidos en el periodo 2015-2016 por parte de las firmas con TPP, las firmas grandes abarcan el 54.4%, mientras que las medianas abarcan el 28.7% de los certificados de calidad y las firmas pequeñas el 17%. El número de registros promedio por número de empleados es mayor en las firmas pequeñas, al contar con 0.94 registros por cada 100 empleados de planta. Le siguen las firmas medianas con 0.46 registros por cada 100 empleados de planta y finalmente las firmas grandes con 0.16 certificados de calidad obtenidos por cada 100 empleados de planta, como se observa en la tabla 9.

**Tabla 9**

Distribución del número de certificados de calidad de las firmas con TPP obtenidos en 2015-2016

| Firmas con TPP | Certificados de calidad |            | Media personal |            | Certificados de calidad promedio |                                  |
|----------------|-------------------------|------------|----------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                | Frec.                   | %          | Frec.          | %          | Media                            | de planta por cada 100 empleados |
| Pequeña        | 574                     | 38.4       | 146            | 17         | 0.3                              | 27.1                             |
| Mediana        | 510                     | 34.1       | 247            | 28.7       | 0.5                              | 105.9                            |
| Grande         | 412                     | 27.5       | 468            | 54.4       | 1.1                              | 711.9                            |
| <b>Total</b>   | <b>1,496</b>            | <b>100</b> | <b>861</b>     | <b>100</b> |                                  |                                  |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

En la misma línea, las innovaciones organizacionales y de marketing son relevantes a la hora de desarrollar y aplicar nuevas tecnologías (Nelson & Winter, 1982; Anzola et al., 2018). Las innovaciones en métodos de organización y comercialización son conocimientos que se incorporan a la estructura de las firmas y forman parte de la reducción de costos y de la mejora en el rendimiento de las operaciones internas, así como para ofrecer estrategias en la captura y conservación de los mercados, por lo que este tipo de innovaciones pueden ser

consideradas como parte del CE. Ambos tipos de innovación parecen tener relación directa con el tamaño de la firma.

Como se observa en la tabla 8, un 24%, 29.4% y 35% de las firmas con TPP pequeñas, medianas y grandes respectivamente, obtuvieron innovaciones organizacionales en el periodo 2015-2016; similar escenario para la innovación de marketing, con 18.8% de las firmas pequeñas con TPP, 20.4% de las medianas y 27.2% de las grandes. En la misma línea, la tabla 10 contiene el número de innovaciones organizacionales, escenario donde las firmas pequeñas destacan con 0.86 innovaciones por cada 100 empleados, seguidas de las firmas medianas con 0.22 innovaciones y de las grandes con 0.06 innovaciones organizacionales por cada 100 empleados de planta.

**Tabla 10**

Distribución del número de innovaciones organizacionales de las firmas con TPP obtenidos en 2015-2016

| Firmas con TPP | Innovaciones organizacionales |      |       |     |       | Media personal de planta | Innovaciones organizacionales promedio por cada 100 empleados |
|----------------|-------------------------------|------|-------|-----|-------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                | Frec.                         | %    | Frec. | %   | Media |                          |                                                               |
| <i>Pequeña</i> | 574                           | 38.4 | 135   | 31  | 0.2   | 27.1                     | 0.86                                                          |
| <i>Mediana</i> | 510                           | 34.1 | 122   | 28  | 0.2   | 105.9                    | 0.22                                                          |
| <i>Grande</i>  | 412                           | 27.5 | 175   | 41  | 0.4   | 711.9                    | 0.06                                                          |
| <b>Total</b>   | 1,496                         | 100  | 432   | 100 |       |                          |                                                               |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

La tabla 11 refleja la distribución del número de innovaciones en marketing de las firmas con TPP obtenidos en 2015-2016, destacando la tendencia vista en las tablas 9 y 10, con una propensión negativa a obtener innovaciones que hacen parte del CE de las firmas a medida que aumenta el número de personal de planta de estas. En las innovaciones en métodos de comercialización se refleja el esfuerzo que realizan las firmas pequeñas por apropiar técnicas que le permitan prevalecer en un mercado objetivo, escenario que parece no tener significancia para las firmas grandes, quienes proyectan una cifra de innovaciones tremendamente distante de las alcanzadas por las firmas pequeñas.

**Tabla 11**

Distribución del número de innovaciones en marketing de las firmas con TPP obtenidos en 2015-2016

|                | Firmas con TPP |      | Innovaciones marketing |     |       | Media personal de planta | Innovaciones de marketing promedio por cada 100 empleados |
|----------------|----------------|------|------------------------|-----|-------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                | Frec.          | %    | Frec.                  | %   | Media |                          |                                                           |
| <i>Pequeña</i> | 574            | 38.4 | 170                    | 28  | 0.3   | 27.1                     | 1.09                                                      |
| <i>Mediana</i> | 510            | 34.1 | 195                    | 32  | 0.4   | 105.9                    | 0.36                                                      |
| <i>Grande</i>  | 412            | 27.5 | 236                    | 39  | 0.6   | 711.9                    | 0.08                                                      |
| <b>Total</b>   | 1,496          | 100  | 601                    | 100 |       |                          |                                                           |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

Siguiendo con las variables que pueden ser enmarcadas dentro del CE, los registros de PI le permiten a las firmas tener un respaldo legal para escalar comercialmente un producto, imposibilitando legalmente la explotación comercial de productos iguales o con un grado alto de similitud. Para algunas firmas, los registros de PI le permiten contar con capacidades productivas, como es el caso del software. En la tabla 12 se muestra el número de registros de PI vigentes que tienen las firmas al terminar el 2016. De 28,624 registros de PI las firmas grandes tienen el 61.8% de estos, seguidos del 4.6% por parte de las firmas medianas y de un 1.4% de las firmas pequeñas. El promedio de registros de PI por cada 10 empleados de planta es de 0.9 registros en las firmas grandes, dato que para las firmas medianas es de 0.4, mientras que para las pequeñas corresponde a 0.5 registros de PI. No cabe duda que las firmas grandes tienen una ventaja significativa a la hora de registrar sus innovaciones, respecto a las demás firmas de la clasificación, lo que genera un crecimiento a escala de la inversión capitalista (Baumol, 2002).

**Tabla 12**

Distribución del número de registros de PI vigentes al finalizar el 2016 de las firmas con TPP 2015-2016

|                | Firmas con TPP |      | Registros de PI |     |       | Media personal de planta | Promedio registros de PI por 10 empleados |
|----------------|----------------|------|-----------------|-----|-------|--------------------------|-------------------------------------------|
|                | Frec.          | %    | Frec.           | %   | Media |                          |                                           |
| <i>Pequeña</i> | 574            | 38.4 | 821             | 2.9 | 1.4   | 27                       | 0.5                                       |
| <i>Mediana</i> | 510            | 34.1 | 2,323           | 8.1 | 4.6   | 106                      | 0.4                                       |
| <i>Grande</i>  | 412            | 27.5 | 25,480          | 89  | 61.8  | 712                      | 0.9                                       |
| <b>Total</b>   | 1,496          | 100  | 28,624          | 100 |       |                          |                                           |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

## Capítulo 3 Datos y metodología de medición

El presente apartado pretende, mediante evidencia cuantitativa, responder la pregunta ¿Cuál es el grado de incidencia del capital intelectual como factor vinculante a la introducción de innovación tecnológica en las firmas pequeñas, medianas y grandes del sector industrial en Colombia para el periodo 2015-2016?, así como validar la hipótesis de trabajo establecida, que expresa una relación directa entre el CI y los resultados de innovación de una firma.

Para el análisis, el estudio usa microdatos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), específicamente, de la EDIT VIII 2015-2016, la cual contiene información reportada por 7947 firmas industriales con 638 variables relativas al cambio técnico e innovación en Colombia. “La EDIT acoge la mayoría de pautas metodológicas trazadas por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), especialmente el Manual de Oslo, y por la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), en el Manual de Bogotá” (DANE, 2018, pág. 3). El parámetro de inclusión de la EDIT corresponde a firmas industriales pequeñas, medianas y grandes, acorde a la clasificación expuesta en el numeral 2.1, tabla 2, del directorio de firmas de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM).

Inicialmente, se parte de la descripción del modelo teórico, seguido del argumento utilizado para determinar las variables del modelo de medición y del modelo econométrico escogido, para finalmente presentar los resultados obtenidos de este último.

### 3.1 Determinación del modelo teórico

Con el fin de validar cuantitativamente el grado de incidencia de las variables, como factores explicativos para la introducción de TPP en las firmas industriales en Colombia para el periodo 2015-2016, se plantea un modelo de regresión binaria. Este tipo de modelos asume la existencia de una variable dependiente continua denominada  $y_i$ , que toma el valor de 1 si la firma realizó algún tipo de TPP en el periodo de estudio y 0 cuando no. El modelo de regresión se resume así:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{tamaño}_i + \beta_2 \text{invACTI}_i + \beta_3 \text{CH}_i + \beta_4 \text{CE}_i + \beta_5 \text{CRidea}_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Donde:

$y_i$ : Es una variable dummy que indica si la firma  $i$  del sector industrial obtuvo o no algún tipo de innovación tecnológica en el periodo de estudio.

$tamaño_i$ : Es un vector de variables dummy que indican el tamaño de la firma, acorde a la clasificación expuesta en el numeral 2.1.

$invACTI_i$ : Es el logaritmo natural del total de la inversión en ACTI de la firma  $i$  del sector industrial realizada en el periodo 2015-2016 y cumple la función de variable de control dentro del modelo.

$CH_i$ : Es un vector de las variables del capital humano de la firma  $i$  (Abdu & Jibir, 2018) del sector industrial en la tendencia a innovar. La descripción de las variables del  $CH$  se puede apreciar en la tabla 13.

$CE_i$ : Es un vector de las variables del capital estructural de la firma  $i$  del sector industrial en la tendencia a innovar. La descripción de las variables del  $CE$  se puede apreciar en la tabla 13.

$CRidea_i$ : Es una variable dummy que indica si las ideas de innovación provienen de una fuente externa a la firma.

$\varepsilon_i$ : Es un término de error (Abdu & Jibir, 2018).

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_5$  son parámetros constantes del modelo econométrico y describen dirección y fuerza de la relación entre la innovación tecnológica y cada uno de los factores empleados para determinar la tendencia a innovar en el modelo (Wooldridge, 2010).

### 3.2 Especificación de las variables

En el presente estudio empírico se quiere demostrar la influencia del  $CI$  como factor vinculante a la introducción de TPP en las firmas pequeñas, medianas y grandes del sector industrial en Colombia, para lo cual se establece en primer lugar las firmas que realizaron algún tipo de TPP en el periodo de estudio. La EDIT reporta información sobre el número de innovaciones en producto y en proceso por año, 2015 y 2016, por lo que se crea una variable

que reúne la TPP realizada en ambos periodos, sobre la cual se determina otra una variable dummy que define si determinada firma realizo o no TPP en el periodo. Esta última cumple la función de variable dependiente y se denomina *tpp*.

Con el fin de revisar las dinámicas individuales entre los diferentes tipos de firmas discriminadas por tamaño, se crean variables dummy para determinar las firmas pequeñas, medianas y grandes, acorde a la clasificación estimada en el numeral 2.1 así:

*peq* -> firmas pequeñas, con número de empleados de planta entre 1 y 50.

*med* -> firmas medianas, con número de empleados de planta entre 51 y 200.

*gra* -> firmas grandes, con número de empleados de planta mayor 201.

Ahora bien, en el capítulo 2 se pudo observar la relevancia que ha tenido la inversión en I+D a la hora de explicar los determinantes de la TPP. Utilizar la inversión en I+D para determinar la producción de conocimiento no es lo más apropiado, pero con la escasez de datos proporcionados por las encuestas sobre innovación resulta lo más acertado (Griliches, 1979). En un análisis preliminar de los datos la variable de inversión en I+D (en adelante *invID*) da significancia para usarse como variable de control. Posteriormente se analizó que la variable de inversión en ACTI (en adelante *invACTI*) tiene un número de firmas reportarte mayor al de la variable *invID*, 1837 observaciones frente a 683, por lo que se corrió el modelo econométrico con ambas variables de control, resultando *invACTI* con un grado de significancia científico e *invID* sin significancia, por lo que se decidió establecer *invACTI* como la variable de control para el modelo. La *invACTI* es tomada en trabajos como los de Langebaek & Vásquez (2007), Páez (2012) y Gaviria & Paredes (2018), entre otros.

El CI es la variable explicativa del modelo y para ser desarrollada se especifica a través de las tres categorías que la componen, *CH*, *CE* y *CR* (Stewart, 1997; Edvinsson & Malone, 1997).

Como ya se expresó anteriormente, el CH incluye los empleados de la firma y los atributos que estos poseen, como el conocimiento, la experiencia, el compromiso y la motivación (Stewart, 1997; Edvinsson & Malone, 1997). Se podría definir también como

todo el conocimiento propio de las personas con el que cuenta la firma para crear valor. Se escoge la variable *empacti*, la cual contempla el número de empleados que las firmas innovadoras ocuparon en ACTI, pudiendo ser contratados para proyectos específicos o ser personal de planta que fue encargado de las actividades requeridas para generar la innovación. Al tener una relación directa con las ACTI, *empacti* podría ser tenida en cuenta como un input de innovación, por lo que se utiliza como la variable principal dentro del vector de las variables que intentan explicar el CH. De manera complementaria, se forma la variable dummy *ideaCH*, que toma el valor de 1 cuando las ideas de innovación surgen exclusivamente del CH de la firma<sub>i</sub> y 0 cuando no.

El CE comprende el conocimiento dentro de la empresa (Kianto et al., 2017; Delgado et al., 2016) diferente al CH, por lo cual el CE se aproxima desde las bases de datos, patentes, manuales, sistemas (Delgado et al., 2016) y manuales (Kianto et al., 2017), entre otros. Acorde a la tabla 13, el vector de variables que componen el CE lo integran las variables *noPI*, *PImenos20* y *PImas20*, variables dummy que indican si la firma no tenía patentes de invención de titularidad de la firma vigentes a diciembre de 2016, o si tenía 20 o menos de estas patentes, o si obtuvo más de 20. *Pimas20* es la variable base de las variables *noPI* y *PImenos 20* dentro del modelo.

Además de las variables respectivas a los registros de PI antes mencionadas, el vector de variables del CE lo completan las variables *cercalidad*, *inorg* e *inmark*. La primera indica el número de certificados de calidad en productos o en proceso que la firma obtuvo durante el periodo, mientras que *inorg* e *inmark* indican el número de nuevos métodos de organización y de nuevos métodos de comercialización que la firma introdujo en el periodo de estudio, respectivamente.

El CR puede definirse como el conocimiento adquirido por la firma mediante las relaciones institucionales que mantiene con agentes externos y que le reporta valor, generalmente aproximado desde las relaciones con los clientes, proveedores, aliados, entre otros (Delgado et al., 2011). La variable del CR se forma como una variable dummy que define factores externos a la firma de los cuales provienen las ideas para llevar a cabo las innovaciones del periodo, que comprende agentes como otras firmas, clientes, proveedores,

cámaras de comercio, universidades, consultores y expertos, ferias, seminarios, conferencias e instituciones públicas, por lo que se denomina dentro del modelo como *ideaCR*. Como variable base de las variables dummy *ideaCH* e *ideaCR* se crea la variable *ideaCHCR*, que reúne las firmas que obtuvieron sus ideas de innovación tanto del CH como del CR.

La tabla 13 describe todas las variables estimadas en el modelo, junto con su descripción, su tipo y el vector al que corresponde dentro del modelo teórico expresado en el numeral 3.1.

**Tabla 13**  
Descripción de las variables del modelo

| Variable          | Descripción                                                                                   | Tipo         | Vector  |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------|
| <i>tpp</i>        | Firmas innovadoras 2015-2016                                                                  | Cualitativa  | N/A     |
| <i>peq</i>        | Firmas con número de empleados de planta entre 1 y 50                                         | Cualitativa  | Tamaño  |
| <i>med</i>        | Firmas con número de empleados de planta entre 51 y 200                                       | Cualitativa  | Tamaño  |
| <i>gra</i>        | Firmas con número de empleados de planta mayor a 200                                          | Cualitativa  | Tamaño  |
| <i>invACTI</i>    | Logaritmo natural de la inversión en ACTI 2015-2016                                           | Cuantitativa | Control |
| <i>empacti</i>    | Logaritmo natural del número de personal ocupado en ACTI 2015-2016                            | Cuantitativa | CH      |
| <i>ideaCH</i>     | Firmas que obtuvieron ideas de innovación de su personal de planta                            | Cualitativa  | CH      |
| <i>noPI</i>       | Firmas que no tienen patentes de invención vigentes al finalizar el año 2016                  | Cualitativa  | CE      |
| <i>PImenos20</i>  | Firmas que tienen 20 o menos patentes de invención vigentes al finalizar el año 2016          | Cualitativa  | CE      |
| <i>Pimas20</i>    | Firmas que tienen más de 20 patentes de invención vigentes al finalizar el año 2016           | Cualitativa  | CE      |
| <i>cercalidad</i> | Número de certificaciones de calidad en proceso o producto obtenidas en 2015-2016             | Cuantitativa | CE      |
| <i>Inorg</i>      | Número de nuevos métodos de organización introducidos en la firma en el periodo 2015-2016     | Cuantitativa | CE      |
| <i>Inmark</i>     | Número de nuevos métodos de comercialización introducidos en la firma en el periodo 2015-2016 | Cuantitativa | CE      |
| <i>ideaCR</i>     | Firmas que obtuvieron ideas de innovación de fuentes externas                                 | Cualitativa  | CR      |
| <i>ideaCHCR</i>   | Firmas que obtuvieron ideas de innovación de fuentes internas y externas a la vez             | Cualitativa  | CH & CR |

Fuente: el autor.

Nota fuente: Las variables cualitativas utilizadas en el modelo econométrico son binarias.

### 3.3 Técnica econométrica para el análisis

Luego de definir el modelo teórico y sus variables se revisa la normalidad de los regresores cuantitativos, obteniendo que ninguno de ellos (*invACTI*, *empacti*, *cercalidad*, *inorg*, *inmark*) presenta una distribución normal, por lo que el modelo binario de regresión puede ser desarrollado mediante modelos Probit o Logit, según la escogencia del econometrista (Wooldridge, 2010). Paso seguido, se revisa la independencia entre los pseudo-residuos y los regresores continuos del modelo mediante el test de Spearman, obteniendo resultado positivo, es decir, que no guardan relación los pseudo-residuos con los regresores cuantitativos.

Además, se realiza un test de Wald, el cual tiene como objetivo determinar si el grupo de variables tiene efecto sobre la variable dependiente mediante el estadístico F (Wooldridge, 2010) por lo cual,  $probF > |F| < 0.05$ . Se obtiene significancia rechazando la hipótesis nula, que indica que el grupo de variables explicativas no tiene efecto sobre  $y$ .

Para desarrollar el modelo de regresión binaria se escoge el modelo Probit. En este tipo de modelos se trabaja con una variable dependiente cualitativa ( $y_i$ ) que toma el valor de 1 cuando la firma realiza algún tipo de actividades de innovación y 0 cuando no. El modelo probit asume la existencia de una variable latente continua (no observable para el econometrista) denominada  $y^*$  donde

$$u_i \sim N(0, \sigma^2) \text{ y } y_i \sim N(x_i' \beta, \sigma^2) \quad (2)$$

Si  $y_i^* \geq 0$ , entonces  $y_i = 1$

Si  $y_i^* < 0$ , entonces  $y_i = 0$ .

Donde,  $y_i^* = tpp_i'$

$$\begin{aligned} \text{y } x_i' \beta = & \beta_0 + \beta_1 peq_i' + \beta_2 med_i' + \beta_3 invACTI_i' + \beta_4 empacti_i' + \beta_5 ideaCH_i' + \\ & \beta_6 noPI_i' + \beta_7 PImenos20_i' + \beta_8 cercalidad_i' + \beta_9 inorg_i' + \beta_{10} inmark_i' + \\ & \beta_{11} ideaCR_i' \end{aligned}$$

En consecuencia, sí la variable latente es igual o excede 0, el evento ocurre, sí no, el evento no ocurre. De este modo, la probabilidad de que  $y_i$  sea igual a 1 puede expresarse como

$$Prob[y_i = 1] = Prob[y_i^* \geq 0]$$

en dónde el lado derecho de la ecuación se puede sustituir reemplazar por

$$= Prob\left[\frac{u_i}{\sigma} \leq \frac{x_i'\beta}{\sigma}\right] \text{ en dónde } \frac{y_i' - x_i'\beta}{\sigma} = \frac{u_i}{\sigma}$$

lo anterior podría sustituirse por

$$= Prob\left[\frac{u_i}{\sigma} \leq \frac{x_i'\beta}{\sigma}\right] = F\left[\frac{(\alpha + \beta x_i)}{\sigma}\right]$$

sí definimos que  $\theta = \frac{u_i}{\sigma}$ , lo anterior puede reformularse como

$$F\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right) = \int_{-\infty}^{x_i'\beta/\sigma} f(\theta) d\theta$$

a partir del logaritmo de la función de máxima verosimilitud generalizada del modelo probit para  $n$  observaciones

$$L = \sum_{i=1}^n y_i * \log_e[\Phi(x_i'\beta)] + \sum_{i=1}^n (1 - y_i) * \log_e[1 - \Phi(x_i'\beta)] \quad (4)$$

se pueden obtener las derivadas parciales que, al igualarse a 0, permiten obtener el valor de la constante  $\alpha$  y los coeficientes  $\beta$  así:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \alpha} &= \sum_{i=1}^n \frac{[y_i - \Phi(x_i'\beta)] * \phi(x_i'\beta)}{\Phi(x_i'\beta) * [1 - \Phi(x_i'\beta)]} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \beta} &= \sum_{i=1}^n \frac{[y_i - \Phi(x_i'\beta)] * \phi(x_i'\beta) * x_i}{\Phi(x_i'\beta) * [1 - \Phi(x_i'\beta)]} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

en dónde  $\phi(\cdot)$  representa la función de densidad de la distribución normal de probabilidad estandarizada (más conocida como *PDF* en los textos en inglés). Estas ecuaciones son de

naturaleza no lineal en sus parámetros y demandan ser resueltas a través de métodos iterativos como el Newton-Raphson.

La variable dummy que representa a las firmas grandes está representada por el intercepto  $\beta_0$  en la ecuación 1 y no se incorpora dentro del modelo porque introduciría colinealidad perfecta. Lo anterior explica que se eligió a las firmas grandes como el grupo base o de referencia, es decir, el grupo sobre el que se hacen las comparaciones (Wooldridge, 2010). Para realizar el análisis econométrico se obtendrán interacciones con las variables que conforman el CI, obteniendo resultados separados para las firmas pequeñas y medianas, intentando explicar el grado de incidencia del CI sobre ellas y así, responder al objetivo general de esta investigación. Para lo anterior, la variable binaria *PImas20* hace las veces de variable base para *noPI* y *PImenos20*, así como *ideaCHCR* es la variable base de *ideaCH* y *ideaCR*.

### 3.4 Resultados del modelo

Una vez determinado el modelo econométrico, se prueban las ecuaciones con el programa Stata 13. Lo anterior tiene como propósito validar la hipótesis de trabajo, que indica una relación directa entre el CI y los resultados de innovación de las firmas del sector industrial en Colombia para el periodo 2015-2016.

La mayoría de los trabajos relacionados en el apartado 1.2 dan muestra del mayor grado de TPP que alcanzan las firmas a medida que aumenta su tamaño, siendo las empresas grandes las que tienen mayor probabilidad de generar innovaciones radicales, o innovaciones que no han sido introducidas en el mercado internacional, respaldando la teoría de Shumpeter; sin embargo, los resultados muestran una progresión positiva a innovar por parte de las firmas pequeñas con respecto a las grandes en relación con el aumento del CI, validando los análisis de Arrow (1962) que expresa un mayor nivel de innovación por parte de las firmas que están en búsqueda de nuevos mercados o que luchan por sobrevivir en estos, a diferencia de los monopolios. La tabla 14 refleja los resultados del modelo probit con ajuste de robustes.

**Tabla 14**  
Resultados robustos del modelo Probit

| Variables                                    | $\beta$    | Vector  |
|----------------------------------------------|------------|---------|
| <i>Peq</i>                                   | 0.1974*    | Tamaño  |
| <i>Med</i>                                   | 0.1609     | Tamaño  |
| <i>invACTI</i>                               | 0.0980***  | Control |
| <i>empacti</i>                               | 0.2446***  | CH      |
| <i>ideaCH</i>                                | -0.2747*** | CH      |
| <i>noPI</i>                                  | -0.2942*   | CE      |
| <i>PImenos20</i>                             | -0.2883*   | CE      |
| <i>cercalidad</i>                            | 0.0400     | CE      |
| <i>Inorg</i>                                 | -0.0583    | CE      |
| <i>Inmark</i>                                | -0.1076**  | CE      |
| <i>ideaCR</i>                                | -0.2210    | CR      |
| <i>Constant</i>                              | -0.5875*** |         |
| <i>Observations</i>                          | 2,007      |         |
| *** $p < 0.01$ , ** $p < 0.05$ , * $p < 0.1$ |            |         |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

El CH es la variable significativa que más influye en los resultados innovadores de las firmas, reflejando relación directa entre el personal de planta dedicado a ACTI y el logro de innovaciones tecnológicas. En la misma línea, cuando las ideas de innovación provienen únicamente del CH de la firma se tiene una menor probabilidad de innovar que cuando las ideas provienen, tanto de fuentes internas como externas de la firma. Al respecto, la acumulación de CI tiene una fuerte implicación con el conocimiento que la firma produce o adquiere de redes externas, creando condiciones para el logro de innovaciones tecnológicas (Li & Yu, 2018).

En relación a los registros de PI, se evidencia una probabilidad ligeramente más alta de obtener TPP por parte de las firmas que previamente han realizado registros de PI respecto las que nunca han obtenido. De manera contraria, obtener innovaciones de marketing en el periodo 2015-2016, le representa a las firmas una menor probabilidad de obtener alguna TPP.

Ahora bien, los resultados marginales del modelo probit indican, en primer lugar, un aumento en la probabilidad de generar una TPP del 0.03%, relacionado con un aumento de la inversión en ACTI del 1%, manteniendo constantes el grupo de variables explicativas del modelo (ver tabla 15).

El anterior resultado y los que prosiguen se entienden como resultados de impacto, que son posibles al explicar el aumento en una unidad de la variable objeto de análisis manteniendo las demás variables del modelo bajo los mismos criterios, por lo cual, para cada uno de los análisis siguientes se presume el efecto “Ceteris Paribus”, es decir, se presentan los resultados marginales de cada variable significativa manteniendo las demás constantes.

**Tabla 15**

Resultados marginales del modelo Probit con interacciones, variables significativas

| Variables                                    | $\beta$ marginal | Vector  |
|----------------------------------------------|------------------|---------|
| <i>invACTI</i>                               | 0.0292***        | Control |
| <i>ideaCH</i>                                | -0.0881*         | CH      |
| <i>cercalidad</i>                            | 0.0348*          | CE      |
| <i>ideaCR</i>                                | -0.6224***       | CR      |
| <i>Peqempacti</i>                            | 0.0658***        | CH      |
| <i>peqideaCR</i>                             | 0.2090***        | CR      |
| <i>medempacti</i>                            | 0.0846***        | CH      |
| <i>medcercalidad</i>                         | -0.0552**        | CE      |
| <i>medinorg</i>                              | -0.0913**        | CE      |
| <i>medideaCR</i>                             | 0.2182***        | CR      |
| Observations                                 | 2,007            |         |
| *** $p < 0.01$ , ** $p < 0.05$ , * $p < 0.1$ |                  |         |

Fuente: el autor con datos de la EDIT VIII.

Cuando las ideas de innovar provienen de fuentes internas a la firma se tiene una probabilidad menor del -0.08% de obtener una TPP que cuando las ideas provienen, tanto de fuentes internas como externas. Resultado similar se da cuando las firmas obtienen ideas de innovar únicamente de fuentes externas, reduciendo su probabilidad de innovar en -0.6% respecto a las firmas que obtienen ideas de innovar internas y externas.

Por otro lado, las firmas que adquieren un certificado de calidad en productos y procesos, adicional a los obtenidos en el periodo 2015-2016, aumentan su probabilidad de generar una TPP en 0.034%. Cuando el certificado de calidad es obtenido por una firma mediana sus probabilidades de innovar se reducen un -0.052%, respecto a las firmas grandes.

En la misma línea, se observan resultados positivos para las firmas pequeñas y medianas cuando se aumenta en 1% el personal de planta dedicado a ACTI, reflejando una progresión a innovar tecnológicamente mayor del 0.066%, para las firmas pequeñas y del

0.085% en el caso de las firmas medianas con respecto a las firmas grandes, resultado similar al de Delgado et al. (2016), quienes encontraron una relación lineal positiva y significativa entre el CH y las innovaciones radicales en firmas manufactureras.

La probabilidad de innovar tecnológicamente de las firmas pequeñas y medianas, que obtuvieron sus ideas de innovación exclusivamente del CR, es mayor en 0.21% y 0.22% respectivamente, respecto a la probabilidad de innovar de las firmas grandes que obtienen sus ideas de innovación tanto del CH, como del CR.

Al aumentar en una unidad las innovaciones en métodos organizacionales, las firmas medianas tienen una disminución del -0.09% en la probabilidad de innovar respecto a las firmas grandes, confirmando una relación positiva entre las innovaciones organizacionales y la realización de TPP al igual que Anzola et al. (2018).

## Conclusiones

Mediante el presente trabajo se pretende demostrar que el CI genera una progresión significativa en el grado de TPP de las firmas del sector industrial en Colombia. Los resultados generales confirman la hipótesis planteada y resalta algunos puntos específicos sobre los cuales enfocar el esfuerzo de las firmas.

Inicialmente se concluye que el CH tiene una fuerte influencia sobre los resultados positivos de las firmas que le apuestan a la TPP, confirmando los resultados de Jerez (2018) para Colombia, Pizarro et al. (2011) para España y Marotta et al. (2007) en Chile y Colombia. Por ende, se argumenta la importancia de concentrar esfuerzos en localizar personal capacitado en ACTI por parte de las firmas. Podría razonarse que la inversión en personal dedicado a ACTI es un input para las innovaciones tecnológicas, dado el nivel de significancia que tienen ambas variables dentro del modelo, de igual manera que la inversión en I+D es un input para las innovaciones. Las posibilidades de invertir en ACTI es directamente proporcional con el tamaño de la firma, lo que plantea dificultades para las firmas pequeñas y medianas el disponer personal exclusivo en ACTI; sin embargo y dados los resultados alcanzados, estos esfuerzos tienen mayores beneficios para las firmas con menor capacidad de inversión obteniendo un alto grado de probabilidad de convertir dicha inversión en TPP y por ende en utilidades.

El éxito comercial de las innovaciones en producto está acompañado de una adecuada estrategia de mercado. Es un poco desalentador que en el sector industrial colombiano las innovaciones de marketing tengan una relación indirecta con el logro de TPP, pero no cabe duda que nuevos métodos de comercialización aumentan la cuota de mercado de las firmas, por lo que se puede encontrar la sincronía en ambos aspectos.

Ahora bien, la definición de las necesidades de los consumidores es bien expresadas por los mismos, por ende, el área comercial es fundamental para enunciar esas necesidades al interior de las firmas, donde las ideas se desarrollan y se convierten en una solución para el mercado. Los datos demuestran una mayor probabilidad de innovar cuando se tiene esta sincronía entre agentes externos e internos, generando productos que no existen en el

mercado o que por diversas razones son muy costosos para el mercado nacional. Al revisar las interacciones se encuentra que las relaciones de las firmas con fuentes externas fortalecen la oportunidad de generar TPP (Jerez, 2018; Delgado et al., 2011), teniendo mayor peso en las firmas pequeñas y medianas que en las grandes, lo que da cuenta del robusto engranaje de firmas con gran volumen de producción y de las dificultades de las firmas con menor número de empleados para mantener investigación especializada. Se entiende que las firmas pequeñas suplen de manera más rápida las necesidades de los consumidores, por lo que tienen una mejor capacidad de adaptación frente a los cambios del mercado. En este sentido, es recomendable para las firmas mejorar sus procesos de canalización de información proveniente de clientes, proveedores, otras firmas, cámaras de comercio, universidades, consultores, ferias, seminarios, conferencias e instituciones públicas.

El CE también muestra incidencia sobre el logro de TPP, en especial en las firmas medianas y grandes. Obtener certificados de calidad es de una forma un requisito para que las firmas coloquen determinada tecnología en el mercado o un método de producción en su aparato industrial, por lo que en diversas ocasiones los certificados de calidad y la TPP van de la mano. Así mismo, los datos revelan que los registros de PI guardan una relación positiva con el logro de TPP, siendo mayor la probabilidad en aquellas firmas con más de 20 registros. Los registros de PI buscan proteger la explotación comercial de un producto nuevo el mercado (o que al menos no tenga un registro anterior) de las copias. Se espera por parte de los inversionistas el retorno de la inversión para desarrollar nuevos productos, por lo que las empresas con capacidad de desarrollar innovaciones de impacto acumulan registros de PI y ese conocimiento facilita el desarrollo de otros productos. Las firmas pequeñas y medianas rara vez impactan el mercado con una innovación radical, por lo que los registros de PI no les generan valor como a las firmas grandes.

## Limitaciones y recomendaciones

Se habla entre econométristas que la calidad de la información de los datos de las encuestas nacionales no son de la calidad que uno esperaría para poder elaborar el mejor análisis que estos pueden proveer. Por ejemplo, como analista financiero de una firma de ciencia y tecnología en una ocasión se tuvo la oportunidad de diligenciar una EDIT, como una orden directa de un superior. Claramente no era la persona más oportuna para dar las precisiones que requiere dicha encuesta, pero, entendiendo que el tiempo libre del equipo de I+D era limitado resultaba ser la opción más viable para la firma, al fin y al cabo, solo se necesita cumplir completando la encuesta. Eventualidades como la antes descrita precisan información imprecisa de la realidad de la firma y se complementa con temas como la inversión en ACTI, ventas anuales, rentabilidad, etc. Se piensa que el estado puede rastrear mediante las encuestas la realidad financiera de las firmas, incluyéndolas en las listas tributarias. Lo anterior explica que uno de los grandes limitantes fue la calidad de los datos.

Otro limitante importante fue la poca significancia de las variables respecto a los antecedentes de orden internacional encontrados, resultando más complejo explicar los resultados esperados. Si bien un modelo debe ser probado varias veces hasta que sea lo suficientemente robusto, los datos de orden nacional son distantes de los de orden internacional, obligando a reestructurar varias veces el vector de variables explicativas. Si bien este limitante fue resuelto deja como enseñanza que cada país cuenta con su dinámica propia, no pudiendo ser aplicada la receta de éxito de un país en los otros.

Hay bastantes trabajos que le apuntan a los determinantes de la innovación y una primera recomendación sería hacer trabajo de campo, realizando encuestas en un número de empresas específicas que busque mejorar la integración de sus canales de información e investigación internos. Se debe pasar de la investigación general a la particular, haciendo mucho énfasis en aprovechar el personal capacitado en actividades de innovación, a la vez que las ideas fluyan por todo el organismo de la firma y no se limiten a unos cuantos.

Otros estudios oportunos pudiesen resultar de un análisis con todos los datos que cuenta el DANE en su EDIT. Al momento de culminar este trabajo de investigación el DANE

público la EDIT IX y de una revisión general a la misma se pudo encontrar un menor nivel de innovación respecto al periodo de estudio, por lo que sería una buena hipótesis a contrastar si la innovación ha venido en declive, buscando identificar las razones y las posibles propuestas para mejorar dicho estado.

Si bien este trabajo no buscaba identificar relación entre las redes de cooperación y el logro de innovaciones resulta interesante buscar estrategias de colaboración entre las pequeñas firmas, no solo para generar ideas de innovación, sino para unir esfuerzos y generar productos robustos de mayor valor para los clientes, o que logren alianzas que deriven en productos de mayor asequibilidad para el mercado.

## Trabajos citados

- Abdu, M., & Jibir, A. (2018). Determinants of firms innovation in Nigeria. *Kasetsart Journal of Social Sciences*(39), 448-456. doi:10.1016/j.kjss.2017.07.006
- Álvarez, E., & García, W. (2012). Determinantes de la innovación: evidencia en el sector manufacturero de Bogotá. *Semestre Económico*, 15(32), 129-160.
- Anzola, P., Bayona, C., & García, T. (2018). Organizational innovation, internal R&D and externally sourced innovation practices: Effects on technological innovation outcomes. *Journal of Business Research*(91), 233-247. doi:10.1016/j.jbusres.2018.06.014
- Arow, K. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources. En P. U. Press, *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic* (págs. 609-626).
- Barba, M. (2014). La habilidad de los directivos y su papel mediador entre formación e innovación. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 23, 127-136. doi:10.1016/j.redee.2014.03.001
- Barro, R. J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. *Journal of Political Economy*, 98(5), S103-S125. doi:10.3386/w2588
- Baumol, W. (2002). *The Free-Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*. New Jersey: Princeton University Press.
- Becerra, F., Serna, H., & Naranjo, J. (2013). Redes empresariales locales, investigación y desarrollo e innovación en la empresa. Cluster de herramientas de Caldas, Colombia. *Estudios Gerenciales*, 29, 247-257. doi:10.1016/j.estger.2013.05.013
- Becker, G. (1994). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education* (3er ed.). The University of Chicago Press.
- Benito, S., Platero, M., & Rodríguez, A. (2012). Factores determinantes de la innovación en las microempresas españolas: La importancia de los factores internos. *Universia Business Review*(33), 104-121.

- Bermúdez, C., & Méndez, E. (2013). *Desempeño innovador de las firmas manufactureras en Colombia: un análisis microeconómico*. Bogotá, Colombia.
- Citlalli, G., Maldonado, G., Pinzón, S., & García, R. (2016). Colaboración y actividades de innovación en Pymes. *Contaduría y Administración*(61), 568-581. doi:10.1016/j.cya.2015.05.016
- Congreso de Colombia. (12 de jul de 2000). Obtenido de Secretaría del Senado: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0590\\_2000.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0590_2000.html)
- Consejo Privado de Competitividad. (2018). *Informe nacional de competitividad 2017-2018*. Bogotá.
- Cornell University, INSEAD & WIPO. (2016). *The Global Innovation Index 2016: Winning with Global Innovation*. Ithaca, Fontainebleau & Geneva.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairesse, J. (1998). Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115-158.
- Crespi, G., & Zuniga, P. (2012). Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries. *World Development*, 40(2), 273-290. doi:10.1016/j.worlddev.2011.07.010
- DANE. (1 de diciembre de 2017a). *Boletín técnico, Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera - EDIT VIII 2015-2016*. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin\\_EDIT\\_manufacturera\\_2015\\_2016.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2015_2016.pdf)
- DANE. (2017b). *Cuestionario Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la industria manufacturera - EDIT* -. Obtenido de [http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/553/related\\_materials](http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/553/related_materials)

- DANE. (4 de mayo de 2018). *Colombia - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica - EDIT - Industria VIII - 2015-2016*. Obtenido de [http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/553/related\\_materials](http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/553/related_materials)
- Delgado, M., Martín, G., & Amores, J. (2016). Intellectual capital and radical innovation: Exploring the quadratic effects in technology-based manufacturing firms. *Technovation*, 54, 35-47. doi:10.1016/j.technovation.2016.02.002
- Delgado, M., Martín, G., Navas, J., & Cruz, J. (2011). Capital social, capital relacional e innovación tecnológica. Una aplicación al sector manufacturero español de alta y media-alta tecnología. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14, 207-221. doi:10.1016/j.cede.2011.04.001
- DNP. (2015). *Regionalización, Plan Plurianual de Inversiones 2015-2018*. Bogotá D.C.
- DNP. (2018). *Índice Departamental de Innovación para Colombia 2018*. Bogotá.
- Edvinsson, L., & Malone, M. S. (1997). *Intellectual capital: Realizing your company's true value by findings its hidden brainpower*. New York: HarperCollins Publishers.
- García, M., Bajo, N., & Blázquez de la Hera, M. (2012). La innovación tecnológica como variable determinante en la competitividad. *Revista de Economía Mundial*(31), 137-166.
- Gaviria, L., & Paredes, A. (2018). *Determinantes de la innovación en la industria manufacturera colombiana : análisis econométrico de la encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT) 2013 – 2014*. Obtenido de Repositorio Universidad la Salle: <http://hdl.handle.net/10185/29337>
- Gómez, J., Salazar, I., & Vargas, P. (2012). El acceso a canales de información y la adopción de tecnologías de proceso. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15, 169-180. doi:10.1016/j.cede.2012.04.003

- González, C., & Hurtado, A. (2014). Influencia de la capacidad de absorción sobre la innovación: un análisis empírico en las mipymes colombianas. *Estudios Gerenciales*, 30, 277-286. doi:10.1016/j.estger.2014.02.015
- González, C., & Hurtado, A. (2012). Transferencia tecnológica, capital humano y cooperación: factores determinantes de los resultados innovadores en la industria manufacturera en Colombia 2007-2008. *Informador Técnico (Colombia)*(76), 32-45.
- González, J. (2009). *5 Claves para innovar: Recomendaciones para destacar en un mercado global*. España.
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics*, 10(1), 92-116.
- Jaramillo, H., Lugones, G., & Salazar, M. (2001). *Manual de Bogotá*.
- Jerez, G. (2018). *El capital relacional y la innovación tecnológica: análisis del efecto moderador del capital estructural y el capital humano. Estudio de caso en el sector manufacturero colombiano*. Obtenido de Repositorio Universidad Autónoma de Madrid: <https://repositorio.uam.es/>
- Jimenez, F. (2011). *Crecimiento económico: enfoques y modelos*. Perú: Fondo editorial - Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Kianto, A., Sáenz, J., & Aramburu, N. (2017). Knowledge-based human resource management practices, intellectual capital and innovation. *Journal Business Research*, 81, 11-20. doi:10.1016/j.jbusres.2017.07.018
- Krasniqi, B., & Peci, F. (2017). The Determinants of Technological Innovation: The Role of Anti Competitive Behaviour and Access to finance. *International Journal of Economic Perspectives*, 11(2), 309-316.
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*(20), 165-186.

- Langebaek, A., & Vásquez, D. (2007). Determinantes de la actividad innovadora en la industria manufacturera colombiana. *Borradores de Economía*(433).
- Li, J., & Yu, D. (2018). The path to innovation: The antecedent perspective of intellectual capital and organizational character. *Front. Psychol.* 9:2445. doi:10.3389/fpsyg.2018.02445
- Li, Y., Wang, J., & Li, C. (2019). Intellectual capital, knowledge sharing, and innovation performance: Evidence from the Chinese construction industry. *Sustainability*, 11(9), 2713. doi:10.3390/su11092713
- Lucas, R. E. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Malaver, F., & Vargas, M. (2013). Formas de innovar y sus implicaciones de política: Lecciones de una experiencia. *Cuadernos de Economía*, 32(60), 499-532.
- Marotta, D., Mark, M., Blom, A., & Thorn, K. (2007). Human Capital and University-Industry Linkages' Role in Fostering Firm Innovation: An Empirical Study of Chile and Colombia. *Policy Research Working Papper; No. 4443*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10986/7558>
- Mincomercio. (26 de 06 de 2018). *Definición tamaño empresarial micro, pequeña, mediana o grande*. Recuperado el 01 de 12 de 2018, de [http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion\\_tamano\\_empresarial\\_micro\\_pequena\\_mediana\\_o\\_grande](http://www.mipymes.gov.co/publicaciones/2761/definicion_tamano_empresarial_micro_pequena_mediana_o_grande)
- Montoya, O. (2004). Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia et Technica*, 204-213.
- Morales, M., Ortiz, C., & Arias, M. (2012). Factores determinantes de los procesos de innovación: una mirada a la situación en Latinoamérica. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 72, 148-163.

- Naranjo, J., Jiménez, D., & Sanz, R. (2012). ¿Es la cultura organizativa un determinante de la innovación en la empresa? *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15, 63-72. doi:10.1016/j.cede.2011.07.004
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- OCDE & Eurostat. (2005). *Manual de Oslo* (Tercera ed.). (J. Zamorano, Trad.) Oslo.
- OCDE. (2013). *Manual de Frascati*. Frascati: F-iniciativas LDTA.
- Olaya, A. (2008). Economía de la innovación y del cambio tecnológico: una aproximación teórica desde el pensamiento Schumpeteriano. *Ciencias Estratégicas*, 16(20), 237-246.
- Orozco, L., Chavarro, D., & Ruiz, C. (2010). Los departamentos de I+D y la innovación en la industria manufacturera de Colombia: análisis comparativo desde el comportamiento organizacional. *Innovar*, 20(37), 101-116.
- Páez, I. (2012). Capital humano, redes externas e innovación en la industria colombiana. *Estudios Gerenciales*, 28, 81-107. doi:10.18046/j.estger.2012.1480
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373. doi:10.1016/0048-7333(84)90018-0
- Pizarro, I., Real, J., & De la Rosa, D. (2011). La incidencia del capital humano y la cultura emprendedora en la innovación. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14, 139-150. doi:10.1016/j.cede.2010.09.001
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad: manual practico*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Rebelo, S. T. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500-521.
- Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71-S102. doi:10.3386/w3210

- Schumpeter, J. A. (1997). *Teoría del desenvolvimiento económico* (2da ed.). México: FCE.
- Schumpeter, J. A. (2003). *Capitalism, socialism and democracy*. George Allen & Unwin.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94. doi:10.2307/1884513
- Stewart, T. A. (1997). *Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations*. New York: Doubleday.
- Vélez, J. (2009). Determinantes de la inversión en innovación en el sector servicios de Bogotá: estimaciones econométricas a nivel de la firma. Bogotá, Colombia.
- Wang, C., & Wu, A. (2016). Geographical FDI knowledge spillover and innovation of indigenous firms in China. *International Business Review*, 25, 895-906. doi:10.1016/j.ibusrev.2015.12.004
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno* (4a. ed.). México D.F.: Cengage Learning Editores.
- Yoguel, G., Barletta, F., & Pereira, M. (2013). De Schumpeter a los postschumpeterianos: viejas y nuevas dimensiones analíticas. *Problemas del Desarrollo*, 174(44), 35-59.
- Zemplinerová, A., & Hromádková, E. (2012). Determinants of firm's innovation. *Prague Economic Papers*, 4, 487-503. doi:10.18267/j.pep.436