

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

## Intellectual capital, binding factor of technological innovation of firms in the industrial Sector in Colombia (2015-2016)

[Artículos]

Peter Alejandro López Malpica\*

Recibido: 15 de mayo del 2021

Revisado: 20 de mayo del 2021

Aprobado: 20 de octubre del 2021

Citar como:

López Malpica, P: A. (2022). Capital intelectual, factor vinculante de innovación tecnológica de las firmas del sector industrial en Colombia (2015-2016). *Revista CIFE*, 24(41), 63-93. <https://doi.org/10.15332/22484914.7728>



### Resumen

En este trabajo se estudia 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. Para tal fin, se analizan empírica y econométricamente, a partir de modelos Probit, los 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.

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

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

---

\* Contador Público. Magíster en Ciencias Económicas Universidad Santo Tomas. Analista técnico en Liberty seguros. Correo electrónico: [alejomal@hotmail.com](mailto:alejomal@hotmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0973-6669>

## Abstract

This paper studies the level of impact of intellectual capital as a binding factor to the introduction of technological innovation in small, medium and large firms of the industrial sector for the period 2015-2016 in Colombia. For this purpose, the microdata of the eighth Survey of Technological Development and Innovation 2015-2016 are analyzed empirically and econometrically, based on Probit models. The results show a positive progression to innovate by small firms with respect to large firms, in relation to the increase in intellectual capital, with human capital being the most influential variable on the innovative performance of firms.

**Keywords:** technological innovation, intellectual capital, Survey of Technological Innovation EDIT; Probit models.

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

## Introducción

Está bien establecido que la innovación tiene un impacto positivo en cualquier economía (Krasniqi y Peci, 2017), desde Schumpeter (1911), que 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 escasez de trabajos sobre los factores que influyen en la innovación (Langebaek y 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 y 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 y Méndez, 2013).

En la octava Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT VIII) realizada en Colombia en el periodo 2015-2016, de 7947 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 en línea. 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 en el que 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 estos, 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 y Salazar, 2001, p. 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 y Méndez, 2013; Delgado, Martín y Amores, 2016). A la vez, busca 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 y 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 y Zuniga, 2012). La innovación es, por ende, esencial para incrementar la productividad (Crespi y 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 de 1990, 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 (Griliches, 1979; Crépon, Duguet y Mairesse, 1998). Luego del aporte teórico de las teorías de crecimiento endógeno (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 y Méndez, 2013; Crespi y Zuniga, 2012), mientras que

otros se han enfocado en buscar determinantes de innovación mediante métodos analíticos sobre estadística descriptiva (Bermúdez y Méndez, 2013). Las investigaciones realizadas han identificado determinantes como el *stock* de conocimientos (Bermúdez y Méndez, 2013; Vélez, 2009; Langebaek y 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 (Gaviria y Paredes, 2018; Bermúdez y Méndez, 2013; González y Hurtado, 2012; Orozco, Chavarro y Ruiz, 2010); el tamaño de la firma (Bermúdez y Méndez, 2013; Álvarez y García, 2012; Orozco et ál., 2010; Langebaek y 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 las que implementan su conocimiento para desarrollar ideas innovadoras (Kianto, Sáenz y 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 ál., 2016), que comprende el conocimiento que poseen los empleados de la firma. Así como 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 por medio de las buenas relaciones con los clientes, proveedores, otras firmas del sector (Li, Wang y 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 ál., 2019), obteniendo una relación positiva entre ambas variables. Para el caso nacional, la búsqueda arrojó evidencia sobre la relación que tienen los estudios de posgrado 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 (Ley 590 del 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 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. Esto, mediante una caracterización estadística de la TPP acorde con 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.

### **Marco teórico innovación tecnológica**

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 y Hurtado, 2012).

Schumpeter (1997) expresa cómo 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, p. 77)

Como ya se había mencionado, las innovaciones tecnológicas son concebidas como innovaciones de producto y de proceso (OCDE y 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, p. 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 y Eurostat, 2005, pp. 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 y Eurostat, 2005, p. 24). “Una innovación solo necesita ser una novedad o una mejora significativa para las actividades de la firma” (DANE, 2017b, p. 1), pudiendo ser originaria por otras firmas, considerando como firmas innovadoras las que introduzcan en el periodo de estudio productos nuevos o significativamente mejorados en el mercado, y a los procesos nuevos o significativamente mejorados introducidos al aparato productor de la firma (DANE, 2017b; OCDE y 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, p. 209). Para Schumpeter, el empresario innovador desempeña un papel fundamental en el 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.

Entre 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 y Jibir, 2018). En este 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 ál. (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 (Abdu y Jibir, 2018; Crespi y Zuniga, 2012; Marotta et ál., 2007; Bermúdez y Méndez, 2013; Álvarez y García, 2012; Orozco et ál., 2010; Langebaek y Vásquez, 2007), bien sea como variable explicativa para los modelos binarios, o como variable de control. Además, la TPP muestra una correlación con la inversión que realiza la firma en I+D (Benito et ál., 2012; Lall, 1992; Bermúdez y Méndez, 2013; González y Hurtado, 2012; Álvarez y García, 2012; Zemplerová y 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 cómo 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, entre los cuales se encuentra el enfoque evolucionista de Nelson y Winter (1982), que formalizaron su proposición con base en la teoría de Schumpeter, dando inicio a una nueva era de importancia para la innovación. En esta se toma en cuenta la continua evolución de la economía como efecto de los conocimientos endógenos (González y 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 (Jiménez, 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, 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 (Jiménez, 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, 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 ál., 2017; Pizarro, Real y 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 y Yu, 2018, p. 3). En general, el CI se define como un activo intangible con el que cuentan las firmas para generar valor (Stewart, 1997; Edvinsson y Malone, 1997).

El CI reúne tres categorías, el CH, capital estructural (en adelante, CE) y capital relacional (en adelante, CR) (Kianto et ál., 2017; Delgado et ál., 2016; Delgado, Martín, Navas y 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 y Malone, 1997); mientras que el CE comprende todo el capital no humano, por lo que también se le conoce como capital organizacional (Kianto et ál., 2017). El CR es aquel que proviene del conocimiento incorporado por medio de relaciones con agentes externos a la firma, como clientes, proveedores, instituciones (Kianto et ál., 2017; Edvinsson y 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 ál., 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.

## **Estado del arte**

Desde los años de 1990, se ha visto un auge de trabajos empíricos que investigan los determinantes de la innovación. Los primeros trabajos se sustentaron en el enfoque evolucionista, que relaciona la innovación en productos con la inversión en I+D (Griliches, 1979; Crépon et ál., 1998). Luego del aporte teórico de las teorías de crecimiento endógeno (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.

### **Investigaciones de orden internacional**

Gran número de autores han estudiado los determinantes de la TPP en el contexto internacional. Li y Yu (2018), para China, utilizaron un modelo de ecuación estructural para demostrar la relación que tiene el CI sobre la TPP. Los datos demuestran una relación positiva y significativa de la influencia que ejerce el CI sobre la TPP. En la misma línea, Li, Wang y 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 ál. (2017) y Delgado et ál. (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 ál. (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” (p. 207). Otro estudio, para España, de Pizarro et ál. (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 entre los miembros de una firma y que no poseen los competidores.

Para Nigeria, Abdu y 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 y 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 y 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 su nivel de educación aumenta la probabilidad de innovar.

Confirmando los resultados de Nigeria y España, Zemplerová y Hromádková (2012), en República Checa, por medio del modelo desarrollado por Crépon et ál. (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 y 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 cómo 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. (p. 134)

Krasniqi y 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 y Rodríguez (2012) estudiaron los factores determinantes de la innovación en las microempresas españolas (menos de diez 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 y Zuniga (2012), por medio de una ecuación estructural, identificaron los determinantes de las firmas para invertir en innovación en seis 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, y Vargas (2012), por medio de un modelo Probit multivariante, aseguran que la participación de las firmas en mercados internacionales podría explicar por qué algunas “introducen tecnología de forma rápida, mientras que otras retrasan su incorporación o no llegan a adoptarla nunca” (p. 179).

Naranjo, Jiménez y 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” (p. 63).

Lall (1992) subrayó tres aspectos que definen las capacidades de TPP: (1) la habilidad de reunir recursos financieros y posterior utilización con eficiencia de estos, (2) habilidades, enfatizando la especialización en competencias técnicas y de gestión, y (3) el esfuerzo tecnológico nacional, asociado a inversión en I+D,

patentes y personal técnico. En la misma línea, García, Bajo y 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 y Vásquez, 2007, p. 4).

### **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 y Méndez (2013) definieron, mediante un modelo microeconómico 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 y 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 ál. (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 y 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), que, 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 y 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 ál. (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, p. 18). En relación con lo anterior, Langebaek y 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 y Vásquez, 2007, p. 27)

Por otro lado, El factor regional no ha sido objeto de relevancia en las investigaciones encontradas. Trabajos empíricos, como el de Bermúdez y 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 y 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 del 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 y 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 de 250 trabajadores.

González y Hurtado (2012) realizaron un modelo de regresión lineal donde identificaron que los resultados en innovación de un país dependen de factores como (1) la inversión en tecnología, (2) la inversión en CH y (3) las relaciones de cooperación.

Mediante un modelo Logit con datos de 101 firmas del departamento de Caldas, Colombia, Becerra, Serna y 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 y 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 y 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 que iii) son 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 los 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 y Méndez, 2013) (Álvarez y García, 2012) (Orozco, Chavarro y Ruiz, 2010) (Langebaek y Vásquez, 2007)	Logit ordenado Tobit generalizado Análisis factorial Tobit
<i>Capital intelectual</i>	(Jerez, 2018)	Técnica multivariante
<b>Stock de conocimientos</b> ( <i>Capital humano, Infraestructura actual</i> )	(Bermúdez y Méndez, 2013) (Vélez, 2009) (Langebaek y Vásquez, 2007)	Logit ordenado Regresión cuantiles Tobit
<i>Inversión en ACTI</i> ( <i>I+D, nuevas tecnologías, capacitación personal, personal con formación posbachiller</i> )	(Gaviria y Paredes, 2018) (Bermúdez y Méndez, 2013) (González y Hurtado, 2012) (Álvarez y García, 2012) (Páez, 2012) (Orozco, Chavarro y Ruiz, 2010)	Probit ordenado Logit ordenado Análisis de conglomerados Tobit generalizado Análisis estadístico Análisis factorial
<i>Capital humano, doctorado</i>	(Orozco, Chavarro y Ruiz, 2010)	Análisis factorial
<i>Factor regional</i> <i>Antioquia y Eje Cafetero</i>	(Gaviria y Paredes, 2018)	Probit ordenado
<b>Spillover</b>	(Bermúdez y Méndez, 2013)	Logit ordenado
<i>Capacidad de absorción</i>	(González y Hurtado, 2012)	Análisis de conglomerados bietápico

Factor	Autor	Tipo de estudio
<i>Cooperación con otras firmas</i>	(Becerra, Serna y Naranjo, 2013)	Logit
	(Bermúdez y Méndez, 2013)	Logit ordenado
	(González y Hurtado, 2012)	Análisis de conglomerados
	(Orozco, Chavarro y Ruiz, 2010)	Análisis factorial
<i>Capital extranjero</i> <i>Acceso al financiamiento</i>	(Álvarez y García, 2012)	Tobit generalizado

Fuente: elaboración propia.

## Datos y metodología de medición

El presente apartado pretende, mediante evidencia cuantitativa, responder a la pregunta de ¿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, p. 3). El parámetro de inclusión de la EDIT corresponde a firmas industriales pequeñas, medianas y grandes, acorde a la clasificación expuesta en investigaciones de orden internacional, y en el 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.

### 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.

$\text{tamaño}_i$ : es un vector de variables *dummy* que indican el tamaño de la firma.

$\text{invACTI}_i$ : 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.

$\text{CH}_i$ : es un vector de las variables del capital humano de la firma  $i$  (Abdu y Jibir, 2018) del sector industrial en la tendencia a innovar.

$\text{CE}_i$ : es un vector de las variables del capital estructural de la firma  $i$  del sector industrial en la tendencia a innovar.

$\text{CRidea}_i$ : 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 y Jibir, p. 451, 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).

### **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 variable *dummy* que define si determinada

firma realizó 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, 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 pequeñas, con número de empleados de planta mayor 201.

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 reportado 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 y Vásquez (2007), Páez (2012) y Gaviria y Paredes (2018), entre otros.

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

Como ya se expresó, 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 y 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 complementaría, 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 ál., 2017; Delgado et ál., 2016) diferente al CH, por lo cual el CE se aproxima desde las bases de datos, patentes, manuales, sistemas (Delgado et ál., 2016) y manuales (Kianto et ál., 2017), entre otros. Acorde a la tabla 2, 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 del 2016, o si tenía veinte o menos de estas patentes, o si obtuvo más de veinte. 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 ál., 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 del CH y del CR.

La tabla 2 describe todas las variables estimadas en el modelo, junto con su descripción, su tipo y el vector al que corresponde dentro del modelo teórico.

Tabla 2. Descripción de las variables del modelo

Variable	Descripción	Tipo	Vector
<i>tpp</i>	Firmas innovadoras 2015-2016	Cualitativa	<i>N/A</i>
<i>peq</i>	Firmas con número de empleados de planta entre 1 y 50	Cualitativa	<i>Tamaño</i>
<i>med</i>	Firmas con número de empleados de planta entre 51 y 200	Cualitativa	<i>Tamaño</i>
<i>gra</i>	Firmas con número de empleados de planta mayor a 200	Cualitativa	<i>Tamaño</i>
<i>invACTI</i>	Logaritmo natural de la inversión en ACTI 2015-2016	Cuantitativa	<i>Control</i>
<i>empacti</i>	Logaritmo natural del número de personal ocupado en ACTI 2015-2016	Cuantitativa	<i>CH</i>
<i>ideaCH</i>	Firmas que obtuvieron ideas de innovación de su personal de planta	Cualitativa	<i>CH</i>
<i>noPI</i>	Firmas que no tienen patentes de invención vigentes al finalizar el 2016	Cualitativa	<i>CE</i>
<i>Plmenos20</i>	Firmas que tienen 20 o menos patentes de invención vigentes al finalizar el 2016	Cualitativa	<i>CE</i>
<i>Pimas20</i>	Firmas que tienen más de 20 patentes de invención vigentes al finalizar el 2016	Cualitativa	<i>CE</i>
<i>cercalidad</i>	Número de certificaciones de calidad en proceso o producto obtenidas en 2015-2016	Cuantitativa	<i>CE</i>
<i>Inorg</i>	Número de nuevos métodos de organización introducidos en la firma en el periodo 2015-2016	Cuantitativa	<i>CE</i>
<i>Inmark</i>	Número de nuevos métodos de comercialización introducidos en la firma en el periodo 2015-2016	Cuantitativa	<i>CE</i>
<i>ideaCR</i>	Firmas que obtuvieron ideas de innovación de fuentes externas	Cualitativa	<i>CR</i>
<i>ideaCHCR</i>	Firmas que obtuvieron ideas de innovación de fuentes internas y externas a la vez	Cualitativa	<i>CH &amp; CR</i>

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

Fuente: elaboración propia.

## 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 pseudoresiduos y los regresores continuos del modelo mediante el test de Spearman, obteniendo resultado positivo, es decir, que no guardan relación los pseudoresiduos 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  $y_i^* = tpp_i'$

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

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

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

Donde el lado derecho de la ecuación se puede sustituir o reemplazar por

$$= Prob \left[ \frac{u_i}{\sigma} \leq \frac{x'_i \beta}{\sigma} \right] \text{ en donde } \frac{y'_i - x'_i \beta}{\sigma} = \frac{u_i}{\sigma}$$

Lo anterior podría sustituirse por

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

Si 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

$$L = \sum_{i=1}^n y_i * \log_e[\Phi(x'_i \beta)] + \sum_{i=1}^n (1 - y_i) * \log_e[1 - \Phi(x'_i \beta)] \quad (3)$$

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

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^n \frac{[y_i - \Phi(x'_i \beta)] * \phi(x'_i \beta)}{\Phi(x'_i \beta) * [1 - \Phi(x'_i \beta)]} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \beta} = \sum_{i=1}^n \frac{[y_i - \Phi(x'_i \beta)] * \phi(x'_i \beta) * x_i}{\Phi(x'_i \beta) * [1 - \Phi(x'_i \beta)]} = 0 \quad (4)$$

Donde  $\phi(\cdot)$  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 mediante 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.

### 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 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 3 refleja los resultados del modelo Probit con ajuste de robustez.

Tabla 3. Resultados robustos del modelo Probit

Variabes	$\beta$	Vector	Variabes	$\beta$	Vector
<i>Peq</i>	0.1974*	Tamaño	<i>Inorg</i>	-0.0583	CE
<i>Med</i>	0.1609	Tamaño	<i>Inmark</i>	-0.1076**	CE
<i>invACTI</i>	0.0980***	Control	<i>ideaCR</i>	-0.2210	CR
<i>Empacti</i>	0.2446***	CH	<i>Constant</i>	-0.5875***	
<i>ideaCH</i>	-0.2747***	CH			
<i>noPI</i>	-0.2942*	CE	<i>Observations</i>	2.007	
<i>PImenos20</i>	-0.2883*	CE	*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		
<i>cercalidad</i>	0.0400	CE			

Fuente: elaboración propia con base en los 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 y Yu, 2018).

En relación con los registros de PI, se evidencia una probabilidad ligeramente más alta de obtener TPP por parte de las firmas que antes han realizado registros de PI respecto de 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 (tabla 3).

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, que presentan los resultados marginales de cada variable significativa manteniendo las demás constantes.

Tabla 4. 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

  

VARIABLES	$\beta$ marginal	Vector
<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: elaboración propia a partir de los 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 de fuentes internas y 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 de 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 ál. (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, sobre la probabilidad de innovar de las firmas grandes que obtienen sus ideas de innovación del CH y 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 ál. (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 ál. (2011) para España y Marotta et ál. (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 al interior 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 que las firmas pequeñas y medianas dispongan de 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 expresada por estos 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 las oportunidades de generar TPP (Jerez, 2018; Delgado et ál., 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 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 pongan 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 en 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 para 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 econométricos que la calidad de la información de los datos de las encuestas nacionales no es 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 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 una de las grandes limitantes fuera 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 del 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 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 publicó la EDIT IX y de una revisión general a esta 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.

## Referencias

- Abdu, M. y Jibir, A. (2018). Determinants of firms innovation in Nigeria. *Kasetsart Journal of Social Sciences*(39), 448-456. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.07.006>
- Álvarez, E. y García, W. (2012). Determinantes de la innovación: evidencia en el sector manufacturero de Bogotá. *Semestre Económico*, 15(32), 129-160.
- Anzola, P., Bayona, C. y 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. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.06.014>
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.3386/w2588>
- Baumol, W. (2002). *The Free-Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*. Princeton University Press.
- Becerra, F., Serna, H. y 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. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.05.013>
- Becker, G. (1994). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education* (3.ª ed.). The University of Chicago Press.
- Benito, S., Platero, M. y 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. y Méndez, E. (2013). *Desempeño innovador de las firmas manufactureras en Colombia: un análisis microeconómico*. [Tesis de maestría, Economía] Pontificia Universidad Javeriana. Bibliotecas Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/12088>
- Citlalli, G., Maldonado, G., Pinzón, S. y García, R. (2016). Colaboración y actividades de innovación en Pymes. *Contaduría y Administración* (61), 568-581. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.05.016>
- Congreso de Colombia. (12 de julio del 2000). 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. y 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.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.07.010>
- DANE. (1 de diciembre del 2017a). *Boletín técnico, Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera - EDIT VIII 2015-2016*.  
[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-*.  
[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 del 2018). *Colombia - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica - EDIT- Industria VIII - 2015-2016*.  
[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. y Amores, J. (2016). Intellectual capital and radical innovation: Exploring the quadratic effects in technology-based manufacturing firms. *Technovation*, 54, 35-47.  
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2016.02.002>
- Delgado, M., Martín, G., Navas, J. y 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.  
<https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.04.001>
- Edvinsson, L. y Malone, M. S. (1997). *Intellectual capital: Realizing your company's true value by finding its hidden brainpower*. Harper Collins Publishers.
- García, M., Bajo, N. y Blázquez de la Hera, M. (2012). La innovación tecnológica como variable determinante en la competitividad. *Revista de Economía Mundial* (31), 137-166.
- Gaviria, L. y 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*. Repositorio Universidad de La Salle: <http://hdl.handle.net/10185/29337>
- Gómez, J., Salazar, I. y 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.  
<https://doi.org/10.1016/j.cede.2012.04.003>
- González, C. y Hurtado, A. (2014). Influencia de la capacidad de absorción sobre la innovación: un análisis empírico en las mipymes colombianas. *Estudios Gerenciales*, 30, 277-286.  
<https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.02.015>
- González, C. y 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*. Editor: Francisco Javier González. 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. y Salazar, M. (2001). *Manual de Bogotá*. Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe. Bogotá: RICYT. OEA/CYTED/COLCIENCIAS/OCYT.
- 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*. Repositorio Universidad Autónoma de Madrid. <https://repositorio.uam.es/>
- Jiménez, F. (2011). *Crecimiento económico: enfoques y modelos*. Fondo editorial - Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Kianto, A., Sáenz, J. y Aramburu, N. (2017). Knowledge-based human resource management practices, intellectual capital and innovation. *Journal Business Research*, 81, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.07.018>
- Krasniqi, B. y 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. y Vásquez, D. (2007). Determinantes de la actividad innovadora en la industria manufacturera colombiana. *Borradores de Economía* (433).
- Li, J. y Yu, D. (2018). The path to innovation: The antecedent perspective of intellectual capital and organizational character. *Front. Psychol.* 9:2445. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02445>
- Li, Y., Wang, J. y Li, C. (2019). Intellectual capital, knowledge sharing, and innovation performance: Evidence from the Chinese construction industry. *Sustainability*, 11(9), 2713. <https://doi.org/10.3390/su11092713>
- Lucas, R. E. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Malaver, F. y 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. y Thorn, K. (2007). Human Capital and University-Industry Linkages' Role in Fostering Firm Innovation: An Empirical Study of Chile and Colombia. *Policy Research Working Paper* n.º 4443. <http://hdl.handle.net/10986/7558>
- Montoya, O. (2004). Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia et Technica*, 204-213.
- Morales, M., Ortíz, C. y 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. y 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. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.07.004>
- Nelson, R. y Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge University Press.
- OCDE y Eurostat. (2005). *Manual de Oslo* (3.ª ed.) (J. Zamorano, Trad.) Oslo.
- OCDE. (2013). *Manual de Frascati*. Frascati: F-iniciativas Ltda.
- 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. y 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. <https://doi.org/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. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0)
- Pizarro, I., Real, J. y 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. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2010.09.001>
- 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. <https://doi.org/10.3386/w3210>
- Schumpeter, J. A. (1997). *Teoría del desenvolvimiento económico* (2.<sup>a</sup> ed.). 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. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Stewart, T. A. (1997). *Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations*. Doubleday.
- Vélez, J. (2009). Determinantes de la inversión en innovación en el sector servicios de Bogotá: estimaciones econométricas a nivel de la firma. *Ensayos sobre Política Económica*, 27(60), 110-168.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno* (4.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning Editores.
- Yoguel, G., Barletta, F. y Pereira, M. (2013). De Schumpeter a los postschumpeterianos: viejas y nuevas dimensiones analíticas. *Problemas del Desarrollo*, 174(44), 35-59.
- Zemplerová, A. y Hromádková, E. (2012). Determinants of firm's innovation. *Prague Economic Papers*, 4, 487-503. <https://doi.org/10.18267/j.pep.436>