

RELACIÓN ENTRE I+D, ACTIVIDADES INNOVADORAS Y RESULTADOS EMPRESARIALES: UN ANÁLISIS PARA EL SECTOR DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN COLOMBIA⁶²
RELATIONSHIP BETWEEN R & D, INNOVATIVE ACTIVITIES AND BUSINESS RESULTS: AN ANALYSIS OF COLOMBIA'S FOOD AND BEVERAGE INDUSTRY
RELAÇÃO ENTRE P + D, ATIVIDADES INOVADORAS E RESULTADOS DE NEGÓCIOS: ANÁLISE DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E BEBIDAS DA COLÔMBIA

Jose Luis Polo Otero⁶³
Jose Luis Ramos Ruiz⁶⁴
Aquiles Arrieta Barcasnegras⁶⁵
Andrea González Fernández

FORMA DE CITACIÓN

Polo-Otero, José L., Ramos-Ruiz, José L., Arrieta-Barcasnegras, Aquiles & González-Fernandez, Andrea (2017). Relación entre i+d, actividades innovadoras y resultados empresariales: un análisis para el sector de alimentos y bebidas en Colombia. *Dimensión Empresarial*, 15(1), 237-258. DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i1.1246>

JEL: L66, O32

RESUMEN

Este trabajo busca estudiar la relación entre I+D, resultados de innovación y empresariales en el sector de alimentos y bebidas de Colombia. Sobre la base del modelo teórico de Gómez (2009), se estimó un *probit binomial* con selección y un *probit multivariado* en dos fases. Los resultados muestran que el gasto en I+D es significativo para explicar las innovaciones en producto, pero no es determinante para la innovación en proceso, en línea con las tendencias del sector. Por su parte, la probabilidad conjunta de realizar I+D y ambos tipos de innovación tecnológica incide positivamente sobre la probabilidad de lograr ventas de productos innovadores en el mercado nacional y la probabilidad de exportar (*resultados empresariales*). Sin embargo, la probabilidad marginal de adelantar innovación en procesos no tiene significancia sobre las ventas de productos novedosos, lo cual no coincide con los preceptos teóricos estudiados al respecto.

Palabras Clave: I+D, innovación tecnológica, resultados empresariales

ABSTRACT

This paper seeks to study the relationship between R&D, innovation results and business results in the food and beverage industry of Colombia. On the basis of the theoretical model of Gómez (2009), a binomial probit with selection and a multivariate probit model in two phases was estimated. The results show that R&D investment is significant to explain product innovation, but it's not decisive for process innovation, in line with the tendencies of the sector. On the other hand, the joint probability of performing R&D and both types of technological innovation positively affects the probability of achieving sales of innovative products in the domestic market and the probability to export. However, the marginal probability of advancing process innovation has no significance on sales of novel products.

Keywords: R&D, Technological innovation, bussiness results

⁶² Este artículo es resultado del proyecto de investigación "Implementación de un programa de gestión de la innovación empresarial para fortalecer las pymes de sectores estratégicos, Atlántico Caribe" adelantado en la Universidad del Norte, Barranquilla, www.uninorte.edu.co, financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías – Colciencias-Gobernación del Atlántico. El BPIN del proyecto es: 2014000100026. Convenio 0103*2015*000028. Fecha de recepción 10/10/2016. Fecha de aceptación 30/11/2016.

⁶³ Doctor en Economía de la Universidad de Barcelona, España. Profesor e investigador Instituto de Estudios Económicos del Caribe (IEEC), Departamento de Economía, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: lpoloj@uninorte.edu.co.

⁶⁴ Doctor en Economía, Sociología y Política Agraria de la Universidad Politécnica de Valencia. Profesor e investigador Instituto de Estudios Económicos del Caribe (IEEC), Departamento de Economía, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: jamos@uninorte.edu.co.

⁶⁵ Magíster en Economía de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Asistente de investigación del Instituto de Estudios Económicos del Caribe (IEEC), Departamento de Economía, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: abarcasnegras@uninorte.edu.co.

RESUMO

Este artigo procura estudar a relação entre P & D, resultados de inovação e resultados comerciais na indústria de alimentos e bebidas da Colômbia. Com base no modelo teórico de Gómez (2009), foi estimado um probit binomial com seleção e um modelo probit multivariante em duas fases. Os resultados mostram que o investimento em I & D é significativo para explicar a inovação de produtos, mas não é decisivo para a inovação de processos, de acordo com as tendências do setor. Por outro lado, a probabilidade conjunta de realizar R & D e os dois tipos de inovação tecnológica afetam positivamente a probabilidade de alcançar vendas de produtos inovadores no mercado interno e a probabilidade de exportar. No entanto, a probabilidade marginal de avançar a inovação do processo não tem significado nas vendas de produtos novos.

Palavras-chave: P & D, inovação tecnológica, resultados comerciais

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la actividad innovadora ha sido identificada como una de las variables clave para el sostenimiento de la competitividad de las empresas en un ambiente dinámico en el que aumentan las exigencias y demandas tanto en los mercados locales e internacionales.

De forma recurrente, los estudios empíricos han enfocado el concepto y medición de la innovación y su rentabilidad a partir de la introducción de innovaciones de producto y proceso como output de un proceso en el que interviene como principal insumo el gasto en I+D. Sin embargo, con la publicación de la tercera edición del Manual de Oslo (OECD, 2005) se reconoce que la inversión en investigación y desarrollo no es el único factor que interviene en el proceso innovador, más cuando se identifica a éste como no lineal. Elementos como la adquisición de tecnología no incorporada, la transferencia de conocimiento y la gestión de información y aprendizaje suponen variables que determinan los resultados, tanto de innovación como empresariales, alcanzados por las organizaciones en sectores de amplia tradición caracterizados por empresas de tamaño pequeño y mediano.

Bajo esa perspectiva, en este trabajo se tiene como objetivo principal establecer la relación existente entre el gasto en I+D y los resultados de innovación y empresariales en el contexto del sector de alimentos y bebidas de Colombia, partiendo de la base del modelo teórico propuesto por Gómez (2009). Este modelo sugiere una estructura que rompe con el paradigma lineal de estimación de la relación mencionada, proveyendo un marco de análisis flexible en el que se estudia la forma en que diversos recursos y factores estructurales de la empresa determinan la inversión en I+D, para luego establecer la forma como ésta, junto a variables como el gasto en bienes de capital y tecnologías de la información y el uso de fuentes externas para innovar, influyen sobre la obtención de nuevos productos y procesos, y resultados empresariales como la realización de actividades de exportación

En este sentido, el modelo se ajusta para analizar el sector de alimentos y bebidas en Colombia, el cual es uno de los más representativos dentro de la estructura agroindustrial del país. De acuerdo a los datos de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) nacional, esta actividad en 2014 aglutinó el 24,4% del personal ocupado, generó el 29,1% de la producción bruta y creó el 31,7% del valor agregado industrial. Tal cual como reseña la literatura sobre innovación en el sector, este se caracteriza por una baja intensidad en I+D, de tal forma que gran parte de sus innovaciones son de base tecnológica y raramente se basan en la ciencia (García Martínez y Briz, 2000; Costa, 2013; Samadi, 2014), al tiempo que en su mayoría son incrementales y se orientan a los procesos (Capitanio, Coppola y Pascucci, 2010; Noordman y Meijer, 2013).

Sin embargo, la industria de alimentos y bebidas produce un número significativo de innovaciones (Galizzi y Venturini, 1996). Este comportamiento debido al reconocimiento de la innovación como una estrategia empresarial para hacer frente a la alta competencia del sector (Galizzi y Venturini, 1996; Capitanio, Coppola y Pascucci, 2009), mantener la ventaja competitiva sobre los grandes comercializadores que ganan poder mediante el establecimiento de marcas propias (Bayona-Sáez, García-Marco y Sánchez-García, 2013), satisfacer las necesidades de la demanda (Costa, 2013; Samadi, 2014), y en términos más extremos, la innovación se utiliza como medio para sobrevivir en el mercado (Tepic, Omta y Fortuin, 2013).

Por ello, definir el rol específico de distintos factores, incluida la inversión en I+D, sobre la realización de actividades de innovación y su consecuente influencia sobre los resultados empresariales en un sector con patrones de innovación

diversos resulta justificable. A esto se suma la relevancia del estudio, en cuanto explora un tema visto en la literatura económica internacional, pero con estudio inexistente en el espectro académico de Colombia.

Para el logro del objetivo propuesto se utilizan dos técnicas metodológicas, a fin de validar la robustez de los resultados encontrados. Por un lado, se plantea un probit binomial con selección, y por otro, un probit multivariado en dos fases.

El documento se estructura en seis secciones, constituyendo esta la primera. En la segunda se presenta una revisión del estado del arte sobre el vínculo existente entre I+D, resultados de innovación y resultados empresariales. Posteriormente, se referencia el modelo teórico que soporta la investigación. En la cuarta sección se enfatizan las metodologías implementadas para validar las posturas teóricas sugeridas en el contexto de la industria de alimentos y bebidas de Colombia, junto con los resultados encontrados. Luego se ofrece un análisis de los principales hallazgos. Finalmente, se concluye.

REVISIÓN DE LITERATURA

Varios trabajos han estudiado la relación existente entre comportamiento innovador y resultados empresariales. Así, por ejemplo, Gómez y Calvo (2010) registran que tanto los factores contingentes y los recursos de la empresa (tamaño, sector de la empresa, edad, personal dedicado a I+D, recursos destinados a I+D, prospección tecnológica, etc.) como la gestión de la información interna y externa de una organización explican su capacidad para innovar, la cual a su vez influye de forma significativa en el desempeño y competitividad en los mercados.

Hsueh y Tu (2004) afirman que las innovaciones tienen un mayor impacto en el incremento de las ventas y en la generación de una atmósfera innovadora. Igualmente, Van Auken, Madrid y García (2008) plantean que la innovación se convierte en una ventaja competitiva sostenible para las empresas, destacando de esta forma que la innovación pasa a ser un factor de supervivencia para las compañías.

Alrededor de este tema varios autores han enfatizado que son diferentes los factores que inciden en las innovaciones y a su vez sobre el rendimiento empresarial. Zaltman, Duncan, y Holbeck (1973) sugieren que las actividades de investigación y desarrollo llevadas a cabo por la organización influyen directamente sobre su capacidad innovadora. Asimismo, Artz et al. (2010) destacan que la I+D tiene un impacto positivo sobre la invención (patentes) e innovación (nuevos productos y/o servicios) de las empresas. En la misma línea, Geroski y Machín (1992) muestran que la innovación, producto de las actividades de investigación y desarrollo, aumenta la rentabilidad y facilita el crecimiento de la firma. De esta forma, se resalta que las actividades de I+D impactan significativamente en los resultados empresariales.

Otro factor reconocido como importante para determinar la capacidad innovadora de la empresa, así como la realización de actividades de I+D, es el tamaño. De acuerdo con Albors (2002), las empresas innovadoras tienen un tamaño medio mayor que las no innovadoras. Asimismo, estas se caracterizan por tener una actividad exportadora mayor, permitiéndoles de esa forma ser más competitivas en el mercado interno y externo frente a las Pymes. Esta evidencia va en dirección con el enfoque Schumpeteriano, el cual especifica la relación directa que existe entre el tamaño de la empresa, el apoyo a la I+D y su esfuerzo para innovar.

Tomando como referencia el trabajo de Camisón (1999) se tiene que las empresas que logran mantenerse con éxito en el mercado basan su estrategia de competitividad en una capacidad innovadora soportada en la acumulación de recursos

(principalmente intangibles) y en capacidades difíciles de imitar por sus competidores. Asimismo, el autor destaca que las empresas con mayor comportamiento innovador siguen y responden a las necesidades y preferencias de los consumidores, lo que les permite no solo darles un mayor nivel de satisfacción, sino que conduce a que sus resultados sean de un nivel mayor y diferenciable en el mercado.

Siguiendo a Camisón (1999), Hernández y de la Calle (2006) proponen un modelo detallado para estudiar el comportamiento innovador y su relación con los resultados empresariales. Estos autores analizan el impacto que tienen los factores de contingencia como el tamaño, la edad de la empresa, la edad de los directivos, el espíritu emprendedor y la colaboración con terceros, sobre el comportamiento innovador. Estudiando a su vez la influencia que tiene este sobre los resultados empresariales, medidos por medio del éxito de los productos y servicios, y los rendimientos percibidos en la organización. Así pues, los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el comportamiento innovador de la empresa incide positivamente sobre los rendimientos alcanzados y sobre el éxito de nuevos productos/servicios en el mercado.

Adicionalmente, en el estudio se identificó la influencia positiva que tienen los factores de contingencia como el tamaño de la empresa y el espíritu emprendedor sobre la capacidad innovadora, demostrando que las compañías de mayor tamaño tienden a ser más innovadoras. Por otro lado, se concluye que variables como la edad de la empresa, edad de los directivos y colaboración con otras instituciones, ejercen una incidencia negativa sobre el comportamiento innovador de las compañías.

Con respecto a la incidencia del tipo de innovación en el rendimiento de la organización, Gálvez y García (2012) muestran que la innovación en productos y procesos ejerce una influencia positiva sobre el rendimiento de la empresa. En el estudio realizado por estos autores en las MIPYMES de mediana y alta tecnología de la ciudad de Cali, se identificó que la innovación en productos genera un mayor rendimiento en este tipo de empresas, debido a que se incrementa su eficiencia interna, medida en términos de calidad de sus productos y/o servicios. Igualmente, se evidencia mejora en la satisfacción de los clientes, en la rapidez de adaptación a las necesidades del mercado, así como en la imagen de la empresa y en sus productos o servicios.

En relación con el impacto que ejerce la innovación en procesos, los autores identificaron que en la medida en que se mejoran los procesos productivos o se adquieren nuevos equipos, aumenta significativamente el desempeño de las MIPYMES. Las empresas experimentan un progreso en cuanto a la satisfacción de los clientes, la rapidez de adaptación a las necesidades del mercado, y en la imagen de sus productos o servicios; asimismo, perciben un aumento de su cuota de mercado, rentabilidad y productividad. Lo anterior indica que en la medida en que las organizaciones realizan innovaciones tecnológicas, el desempeño interno y externo se ve impactado positivamente.

Por su parte, Maldonado et al. (2009) encontraron que las empresas que innovaron en sus productos obtuvieron una mayor eficiencia en sus procesos internos, mejores capacidades para satisfacer a sus clientes y adaptarse a sus necesidades. Los autores enfatizan que las empresas que innovaron en procesos lograron una mejora en la organización de tareas y en sistemas de gestión, así como en su posición en la cuota de mercado y rentabilidad. Entre tanto, Juliao et al. (2013) concluyen que, mientras la innovación en productos incide positivamente sobre el número de patentes que una organización pueda obtener, la innovación en procesos tiene un efecto negativo.

Específicamente para el sector de alimentos y bebidas, Capitanio, Coppola y Pacucci (2010) analizan a las empresas agroalimentarias de Capitalia, Italia. En el estudio los autores identifican diferentes factores que afectan la capacidad innovadora de la empresa, siendo propuestos como influenciadores la calidad del capital humano, la solvencia y liquidez

de las empresas para la financiación de actividades de I+D, vínculos de mercado y orientación exportadora.

Los resultados obtenidos revelan la importancia de variables tales como los vínculos de mercado y la presencia de I+D interna para explicar la innovación en términos más generales. Sin embargo, la innovación en procesos y productos se rigen por un comportamiento diferente. La estructura financiera sólida se convierte en un factor clave cuando se trata de innovaciones de proceso, resaltando que estas se producen con mayor frecuencia cuando las empresas tienen una posición sólida y un índice de capital superior.

En cuanto a la innovación de productos, el papel de la calidad del capital humano es más importante, ya que, a mayor calidad de este factor dentro de la empresa, se hace más frecuente el desarrollo de nuevos productos y su introducción al mercado. Este resultado destaca la importancia de adquirir personal cualificado para ejecutar actividades de innovación, así como para transmitir el conocimiento, como mecanismo para el desarrollo de nuevos productos y/o servicios.

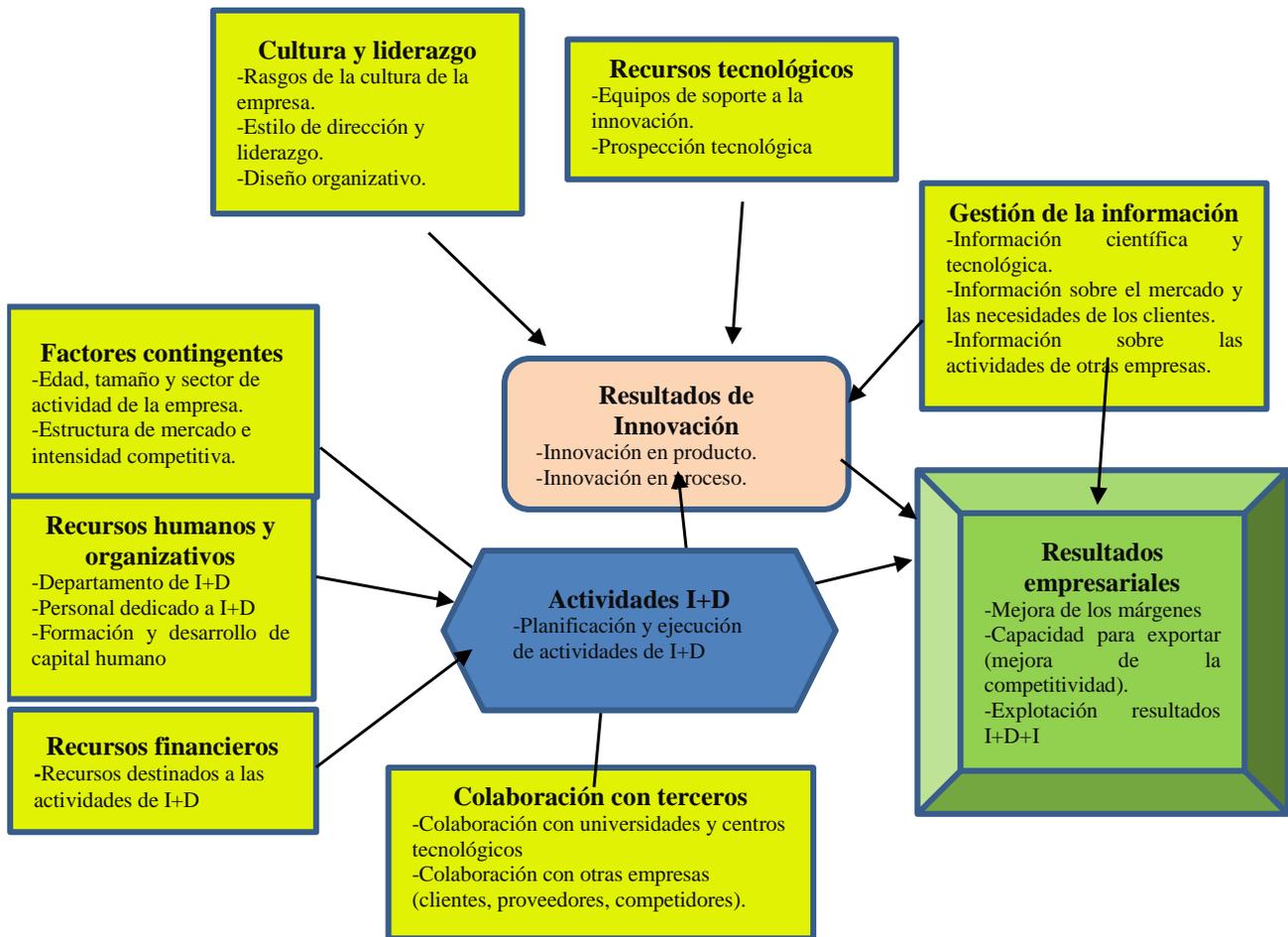
En este marco, la innovación, ya sea de proceso o producto, es un factor estratégico para la empresa y para el sector en general. Permite la obtención de mejores resultados empresariales reflejados en el aumento de las ventas, incremento del número de patentes y posicionamiento en el mercado interno y externo.

MODELO TEÓRICO

En este artículo se toma como referencia teórica de partida el modelo propuesto por Gómez (2009) en su estudio sobre el vínculo entre I+D, innovación y resultados empresariales en el sector manufacturero de España. Dicho modelo analiza la forma cómo los recursos de la empresa y los factores contingentes influyen en la adopción de actividades de I+D y en los resultados de innovación, y cómo estos dos factores a su vez impactan en los resultados de la organización. La figura 1 provee una representación esquemática de la propuesta teórica comentada.

El autor plantea que las actividades de I+D están condicionadas por cuatro variables principales que explican su ejecución en la firma, a saber: factores contingentes (tamaño, edad, sector económico), recurso humano y organizativo, recursos financieros y colaboración con terceros. Con relación a los resultados de innovación, se propone que variables como las actividades de I+D, los recursos tecnológicos, la gestión de la información y la cultura empresarial y estilo de liderazgo, son indispensables para explicar el desarrollo de innovaciones tecnológicas en la compañía. Por último, el modelo resalta que los resultados empresariales, como las exportaciones y los registros de propiedad intelectual, están influenciados por las actividades de I+D, los resultados de innovación y la gestión de la información.

Figura 1. Modelo que relaciona I+D, innovación tecnológica y resultados empresariales



Fuente: Gómez (2009).

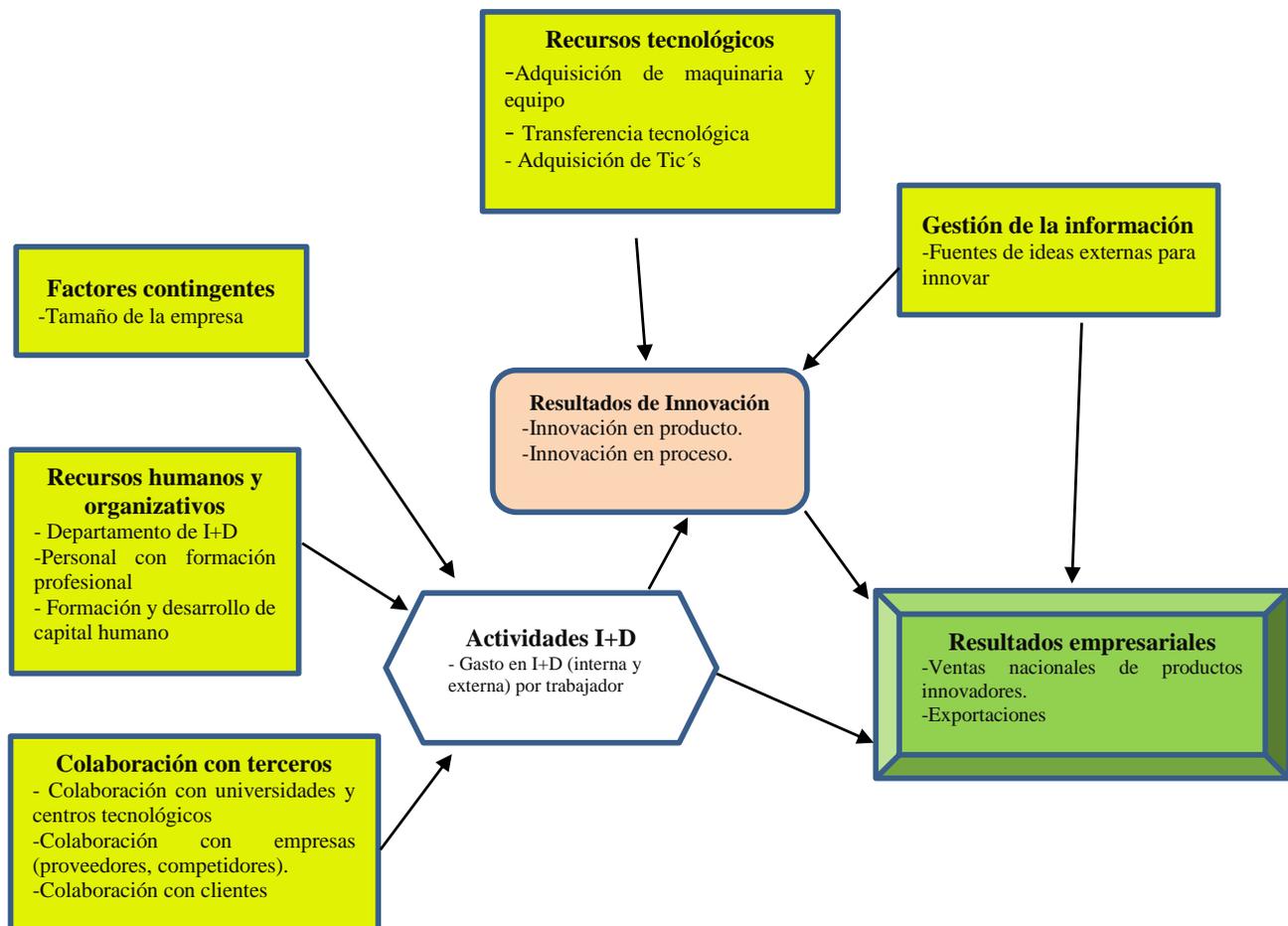
Dado que el presente trabajo adelanta una validación empírica con base en los datos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT)-VII realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el sector manufacturero, el modelo teórico se adapta para tener en cuenta aquellos aspectos que no pueden ser abordados debido a que no se encuentra ninguna variable relacionada con ellos en la encuesta. Adicionalmente, se usan varias variables que apuntan a explicar los mismos factores expuestos en el modelo original, según la disponibilidad en la EDIT. En este sentido, no se consideran variables como la edad empresarial, la cultura organizacional, el diseño organizativo, el estilo de liderazgo y la planificación de I+D. Tras estas consideraciones, el modelo teórico propuesto se presenta en la figura 2.

El modelo rescata la influencia que logran tener los esfuerzos en I+D y la obtención de innovaciones sobre los resultados de la firma. El inicio del análisis parte de los elementos que determinan la realización de actividades de I+D. En primer lugar, se tienen los factores contingentes, representados por el tamaño de la empresa; seguido de los recursos humanos y organizativos, conformados por la tenencia de departamento de I+D, personal con formación profesional y los esfuerzos en formación y desarrollo de capital humano; y por último, la colaboración con terceros (universidades, consultoras, empresas y clientes) como influenciadores en el desarrollo de actividades de investigación y desarrollo en

las compañías.

En relación con el efecto del tamaño empresarial sobre las actividades de innovación, existe una posición ambigua. Por una parte, varios trabajos señalan que el tamaño de la empresa incide positivamente en su comportamiento innovador, como lo señalan Damanpour (1992); Albors (2002); Martínez & Labeaga (2002); Romero & Martínez (2010), entre otros.

Figura 2. Modelo teórico adaptado para estudiar la relación entre I+D, innovación tecnológica y resultados empresariales en el sector de alimentos y bebidas



Fuente: Elaboración propia con base en Gómez (2009)

Esta postura parte del hecho que las Pymes generalmente carecen de capacidad y recursos para incorporar valores intangibles de gestión (estudios de mercado, I+D, ingeniería, etc.), de manera que cuanto más grande es la empresa y, sobre todo, cuanto más personal cualificado exista en ella, más innovadora es, dada la mayor disponibilidad de recursos humanos y financieros que le permite tener mayor capacidad para invertir en proyectos de I+D.

Sin embargo, otros autores señalan un vínculo negativo entre el tamaño de una firma y su actividad innovadora (Audretsch, 1995 y Damanpour, 1996). Sobre el particular, Hitt et al. (1990) plantean que el tamaño de la empresa ejerce una influencia negativa sobre su comportamiento innovador, en cuanto las grandes empresas poseen una estructura más

formalizada y un ambiente organizativo más burocrático, lo que afecta negativamente la cultura de apoyo a la innovación. Asimismo, los autores determinan que la toma de decisiones en las empresas de mayor tamaño resulta centralizada y no suele incluir a todas las áreas de la empresa en la generación de ideas de innovación.

Los recursos intangibles como el capital humano también son considerados como un factor importante en el desarrollo de actividades de investigación y desarrollo. De acuerdo con el estudio realizado por Albors (2002) en la Comunidad Valenciana en España, una de las barreras a la innovación es la falta de personal cualificado, dado que las empresas innovadoras destacan por tener incorporadas en su estructura un porcentaje elevado de empleados titulados. De igual forma, el autor identificó una correlación importante entre el tamaño de la empresa, el número de titulados y el nivel de la innovación en la compañía, determinando que cuanto más grande es la empresa y, sobre todo, cuanto más personal cualificado exista en ella, más innovadora es. Esta postura es respaldada por, Kimberly y Evanisko (1981), Pierce y Delbecq (1977) y Silva (2004) quienes reconocen que el desarrollo de los recursos humanos y variables como la especialización (diferentes especialidades profesionales dentro de la organización), la experiencia y el profesionalismo (altos niveles de educación y experticia) han mostrado tener un efecto positivo sobre la innovación organizacional

Lo anterior va de la mano con el esfuerzo que realizan las compañías en la formación de sus empleados con el objetivo de obtener mejores resultados empresariales. Diferentes autores señalan que las personas técnicamente capacitadas para sus industrias pueden contribuir al desarrollo de una idea innovadora, así como a la administración de los procesos de innovación (Benner y Tushman, 2002; Pearce y Ensley, 2004; Mejía, 2007). Por tanto, la gestión de la formación y capacitación del capital humano permite la adquisición de habilidades y conocimientos comunes para la innovación en las empresas.

A ello se suma que los departamentos de I+D dentro de la organización para el desarrollo de investigaciones se han convertido en un factor importante, tal como lo establecen Orozco, Chavarro y Ruíz (2010), quienes identificaron que las empresas que cuentan con departamentos de I+D tienen un mayor grado de innovación que aquellas que no tienen, lo que indica que la existencia de rutinas organizacionales de investigación mejora el comportamiento innovador de la empresa y su rendimiento en general. Pese a ello, Capitanio, Cappola y Pascucci (2010) exponen en su investigación que el 32% de las empresas estudiadas no tienen departamento de I+D interna ni usan uno externo, lo que no ha sido una limitante para que dichas empresas hayan introducido innovaciones al mercado. Esto evidencia que la presencia de un departamento de I+D no restringe el comportamiento innovador de las empresas.

Un elemento importante que destaca el modelo para la ejecución de I+D por parte de las empresas tiene que ver con la colaboración con otros agentes del ecosistema de innovación. En la medida que esta no es lineal y constituye un proceso de aprendizaje continuo e interactivo, la relación con otros actores garantiza el acceso al flujo de conocimientos requeridos para adelantar proyectos de I+D+i.

Bergman (2010) indica que la realización de actividades internas de I+D para la consecución de innovaciones representa para la empresa un mayor costo en términos financieros, por lo que muchas compañías optan por modelos de innovación abierta donde pueden establecer alianzas de I+D con universidades, proveedores y otras organizaciones de investigación (Annique, Cuervo-Cazurra y Asakawa, 2010; Minarelli et al., 2013). En particular, las alianzas de I+D permiten a las empresas ahorrar costos en el desarrollo de nuevos productos y procesos, aumentar su competitividad y aprovechar las economías de escala (Hottenrott y Lopes-Bento, 2012).

Además de esto, la cooperación en I+D proporciona a la empresa acceso a conocimientos intangibles, por lo que este tipo de alianzas facilita la adquisición de ideas externas para innovar. Así lo demostró Zeng et al. (2010) en su estudio

realizado a 137 empresas manufactureras en China, indicando que la cooperación entre empresas, con instituciones intermedias y con instituciones de innovación tiene un efecto positivo sobre la innovación en Pymes.

El modelo capta el marco de referencia del Manual de Oslo (OCDE, 2005) que reconoce a las actividades de I+D dentro del conjunto de variables necesarias para explicar la realización de innovaciones tecnológicas. Conte y Vivarelli (2006) respaldan dicha propuesta a través de su estudio sobre los determinantes de la innovación en productos y procesos en la industria de alimentos en Italia, identificando que las actividades de I+D están fuertemente ligadas al desarrollo de innovaciones en productos, en especial en las empresas de mayor tamaño. En la misma línea, Gómez y Calvo (2010) consideran que la realización de actividades de investigación y desarrollo por parte de las empresas puede contribuir positivamente en la obtención de innovaciones.

Asimismo, el modelo tiene en cuenta la influencia que pueden tener las actividades de I+D en los resultados empresariales, ya que éstas promueven la consecución de mayores ventajas competitivas a la organización (Harabi, 1995; Fonfría, 1998; Acs et al., 2002; González y Peña, 2007).

Sin embargo, en el modelo teórico se reconoce que la inversión en investigación y desarrollo no es el único insumo que impulsa la innovación, sino que se amplía el marco de análisis para incorporar gastos en tecnología incorporada (bienes de capital como maquinaria y equipo) y en tecnología desincorporada (transferencia de conocimiento), y factores relacionados con la gestión de la información.

Tal como revelan Lambardi y Mora (2014) en su estudio sobre los determinantes de las innovaciones en productos y procesos en la industria manufacturera de Colombia, la incorporación de tecnología a través de nueva maquinaria se ve reflejada en la mejora de los productos y procesos; lo que a su vez produce una mejora en los resultados de las empresas traducidos en el aumento de la eficiencia económica y en la tasa agregada de crecimiento de la productividad.

En cuanto a la gestión de la información y el conocimiento, la manera cómo las empresas crean y adquieren conocimiento resulta un elemento importante para entender la manera en que innovan. Aunque trabajos como el de Nonaka (1994) y Nonaka y Takeuchi (1995) focalizan la visión de una empresa innovadora como aquella que es capaz de crear conocimiento nuevo, y otros como Cohen y Levinthan (1990) se centran en la capacidad empresarial de absorber y transformar el conocimiento existente, la clave está en reconocer que el conocimiento se crea e integra dentro de las actividades innovadoras de las organizaciones en un contexto que envuelve tanto una dimensión interna como una esfera externa capaz de captar el conocimiento del exterior para la resolución de problemas en el interior.

Finalmente, en el modelo se determinan los resultados empresariales por medio de dos variables: la condición exportadora de la empresa y la realización de ventas de productos innovadores en el mercado nacional. En el caso de la primera variable, existe un amplio cuerpo de literatura que sustenta un vínculo positivo entre internacionalización e innovación a nivel empresarial (Lefebvre, Lefebvre y Bourgault, 1998; Basile, 2001; Nassimbeni, 2001, Albers, 2002). Las investigaciones existentes demuestran que el crecimiento, e incluso, la supervivencia de las empresas, dependen de la productividad y la innovación, que actúan como facilitadores del acceso a nuevos mercados (Martins, Gómez-Araujo y Vaillant, 2014).

Para el caso de las ventas, Lin y Chen (2007) identificaron que las pymes de Taiwán que realizaron tanto innovaciones radicales como incrementales obtuvieron un aumento de sus ventas, demostrando así que la introducción de productos innovadores al mercado se convierte en una ventaja competitiva sostenible para las organizaciones.

DATOS Y MODELO EMPÍRICO

En esta sección se presenta la formalización empírica del modelo teórico seguido para explorar la relación entre I+D, innovación y resultados empresariales, al tiempo que se provee una descripción de los datos usados en la investigación.

Se proponen dos técnicas de estimación a fin de comparar la robustez de los resultados. Estas alternativas responden a las limitantes para formar un panel de datos de empresas en la EDIT que permitan la aplicación de metodologías que cuenten por una sucesión temporal de hechos en los que primero se invierta en I+D y tiempo después se recojan los resultados de nuevos productos y procesos y beneficios para las firmas. Considerando la contemporaneidad comentada, la primera metodología corresponde a estimaciones mediante probit binomial con selección. Esta formulación parte de la siguiente especificación básica:

$$\begin{aligned} y_1^* &= x_1\beta_1 + u_1 \\ y_2^* &= x_2\beta_2 + u_2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$u_1 \sim N \left\{ 0, \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix} \right\}$$

Donde las variables y_1^* y y_2^* son variables latentes cuya contraparte observable corresponde a y_1 y y_2 . La variable latente y_1^* depende de las variables x , y el resultado binario $y = 1$ surge cuando $y_1^* > 0$. De cualquier manera, y_{1j} se observa cuando:

$$y_{2j} = (x_{2j}\gamma + u_{2j} > 0) \quad (2)$$

Esto es, cuando una ecuación de selección genera un valor de 1. Este resultado puede ser visto en el contexto del modelo teórico propuesto en la figura 2, cuando y_2 indica si la empresa realizó actividades de I+D. El modelo precisa observar el efecto de la I+D sobre los resultados de innovación para aquellas empresas que efectivamente hicieron actividades de investigación y desarrollo.

Como en (1), hay una potencial correlación (ρ) entre los errores de las dos ecuaciones. Si tal correlación es distinta de cero, los estimadores de la ecuación para y_1 serán sesgados a menos que se cuente por la selección. Esto sugiere que centrarse en las empresas que hicieron I+D ($y_2 = 1$) y estudiar los factores que contribuyen a la obtención de innovaciones y los resultados empresariales no es apropiado si el proceso de selección no es aleatorio. En el modelo señalado, la selección es probable a no ser aleatoria en la medida que en aquellas empresas pequeñas y con pocos recursos financieros la probabilidad de realizar I+D es menor, prefiriendo innovar de otras maneras.

Formalmente, para expresar el modelo se puede escribir las ecuaciones de innovación en producto (*INNPROD*) e innovación en procesos (*INNPROC*) como:

$$\begin{aligned} INNPROD &= \beta_0 + \beta_1 GASTIC + \beta_2 GASTMAQ + \beta_3 GASTTRA + \beta_4 INFE + u_1 \\ INNPROC &= \beta_0 + \beta_1 GASTIC + \beta_2 GASTMAQ + \beta_3 GASTTRA + \beta_4 INFE + u_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Siendo *GASTMAQ*, *GASTTIC* y *GASTTRA*, los montos invertidos en adquisición de maquinaria y equipo, tecnologías de información y telecomunicaciones, y transferencia de tecnología, respectivamente. Mientras que *INFE* constituye una dummy que toma el valor de 1 si la empresa hizo uso de alguna fuente de ideas para innovar externa.

Tanto *INNPROD*⁶⁶ como *INNPROC*⁶⁷ toman el valor de 1 cuando la empresa innovó en producto o proceso, respectivamente, y se observan si:

$$IDEMP = \gamma_0 + \gamma_1 DEPTID + \gamma_2 Pyme + \gamma_3 GASTF + \gamma_4 NIVELF + \gamma_5 COOPEMP + \gamma_6 COOPCLI + \gamma_7 COOPCON + u_3 > 0 \quad (4)$$

Donde *IDEMP* es una dummy con valor de 1 cuando la empresa registra inversión positiva en actividades de I+D por trabajador. Las variables para recursos humanos y de la organización corresponden al nivel de formación de la planta laboral (*NIVELF*), medida a través del porcentaje de empleados con formación superior; el esfuerzo realizado por la firma en formación de sus empleados (*GASTF*), establecida a partir de los recursos monetarios destinados a la formación y capacitación especializada; y una dummy nombrada como *DEPTID* que toma valor de 1 cuando la empresa cuenta con un departamento interno de I+D. Controlando por factores contingentes, se incluyó una variable dicótoma con valor de 1 cuando la empresa es una Pyme⁶⁸, buscando aproximar el impacto del tamaño sobre la decisión de invertir en I+D. Asimismo, se incluyeron tres dummies para contar por la cooperación en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI): *COOPEMP* que toma el valor de 1 si la empresa cooperó con al menos una empresa dentro del conjunto conformado por firmas del mismo grupo empresarial, proveedores y competidores; *COOPCLI* que toma el valor de 1 si la empresa cooperó con clientes; y *COOPCON* con valor de 1 si la empresa cooperó con al menos una fuente externa generadora de ideas y conocimiento (universidades, centro de desarrollo tecnológico, centros de investigación autónomos, parques tecnológicos, centros regionales de productividad y consultoras).

De manera similar, las ecuaciones de resultados empresariales pueden ser expresadas como:

$$VENALI = \delta_0 + \delta_1 IDEMP + \delta_2 INFE + u_4 \quad (5)$$

$$EXP = \eta_0 + \eta_1 IDEMP + \eta_2 INFE + u_5$$

Donde *VENALI* toma el valor de 1 si la empresa tuvo ventas nacionales de bienes o servicios innovadores; y *EXP* es una variable dicótoma con valor de 1 si la empresa exporta. Las ecuaciones en (5) se observan si:

$$INNPROD = \lambda_0 + \lambda_1 IDEMP + \lambda_2 INFE + \lambda_3 GASTTIC + \lambda_4 GASTMAQ + \lambda_5 GASTTRA + u_6 > 0 \quad (6)$$

$$INNPROC = \phi_0 + \phi_1 IDEMP + \phi_2 INFE + \phi_3 GASTTIC + \phi_4 GASTMAQ + \phi_5 GASTTRA + u_7 > 0$$

La tabla 1 presenta los resultados para las ecuaciones de resultados de innovación cuya selección depende de la realización de gasto en I+D por las empresas del sector de alimentos y bebidas. Se observa que el número de firmas del sector adelantando actividades de investigación y desarrollo es muy bajo, representando cerca del 4% (64 firmas). Ambas ecuaciones de selección revelan que la cooperación con clientes e instituciones generadoras de conocimiento tiene un efecto positivo y significativo sobre la probabilidad de realizar gasto en I+D. De manera similar, en ambos casos el gasto en formación del personal y la condición de empresa Pyme tiene un efecto negativo, aunque solo significativo para la ecuación de selección que antecede la innovación en producto. Estos hechos resultan coherentes si se tiene en

⁶⁶ Siguiendo al Manual de Oslo (2005), se reconoció una empresa como innovadora en producto si introdujo durante el periodo de análisis nuevos bienes o servicios, o mejoras significativas.

⁶⁷ Según el Manual de Oslo (2005), una empresa es innovadora en proceso si introdujo durante el periodo de análisis nuevos o significativamente mejorados métodos de producción, distribución, entrega o sistemas logísticos.

⁶⁸ A partir de la disposición de la Ley 590 de 2000 en su artículo 2, en el Estado colombiano se reconoce dentro del grupo de pequeñas y medianas empresas, aquellas que tengan entre 11 y 200 empleados.

cuenta que las Pymes tradicionalmente no cuentan con los recursos financieros ni la dotación de personal para realizar grandes inversiones en I+D. Asimismo, se corresponden con la dinámica de innovación en la producción de alimentos y bebidas, caracterizada por mejoras incrementales más que radicales particularmente orientadas a la innovación en procesos que exigen principalmente inversiones en bienes de capital y equipos (Capitanio, Coppola y Pascucci, 2010).

Tabla 6. Resultados del probit binomial con selección para los resultados de innovación

INNPROD (Error estándar robusto entre paréntesis) (1)		INNPROC (Error estándar robusto entre paréntesis) (2)	
GASTTIC	0,0001* (0,0000)	GASTTIC	-0,0000** (5,48e-06)
GASTMAQ	8,87e-07 (6,10e-07)	GASTMAQ	2,75e-07 (1,74e-07)
GASTTRA	0,0093*** (0,0009)	GASTTRA	-1,26e-06 (7,57e-06)
INF_E	0,7848 (0,5993)	INF_E	3,8457* (1,9994)
Constante	0,3172 (0,7694)	Constante	-3,1719 (2,1332)
IDEMP (Error estándar robusto entre paréntesis)		IDEMP (Error estándar robusto entre paréntesis)	
Pyme	-0,4067*** (0,1488)	Pyme	-0,4348 (0,1520)
DEPTID	1,256605*** (0,2114)	DEPTID	1,2645 (0,2099)
GASTF	-8.55e-06** (3,79 e-06)	GASTF	-8.39e-06 (3,71 e-06)
NIVELF	0,4467 (0,3118)	NIVELF	0,5067 (0,3021)
COOPEMP	0,4198 (0,2849)	COOPEMP	0,4433 (0,2897)
COOPCLI	0,5534* (0,3060)	COOPCLI	0,5355* (0,3013)
COOPCON	0,5364** (0,2679)	COOPCON	0,4886** (0,2819)
Constante	-2,1282*** (0,1596)	Constante	-2,1278 (0,1541)
<i>Observaciones</i>	<i>1588</i>	<i>Observaciones</i>	<i>1588</i>
<i>Observaciones no censuradas</i>	<i>64</i>	<i>Observaciones no censuradas</i>	<i>64</i>
ρ	-0,3295479	ρ	-0,4069
<i>P-value Wald test ecuaciones independientes ($\rho=0$)</i>	<i>0,2616</i>	<i>P-value Wald test ecuaciones independientes ($\rho=0$)</i>	<i>0,1258</i>

Significancia: *** 1%, **5%; *10%

Fuente: autores

En cuanto a la innovación en producto, condicional sobre la realización de inversión en I+D, se encuentra que la probabilidad de introducir un nuevo bien o mejoras significativas a productos existentes se ve afectada significativamente por el gasto en transferencia tecnológica y adquisición de tecnologías de información. De manera no

esperada, para la innovación en procesos, una vez se condiciona por la realización de inversión en I+D, el efecto del gasto en TICs ejerce una influencia negativa y significativa.

Para las dos especificaciones propuestas, no se puede rechazar la hipótesis de independencia de ecuaciones ($\rho = 0$), lo que pone de manifiesto que no considerar el status de ejecutor de gasto en I+D en la selección, no debe resultar en estimadores sesgados e inconsistentes cuando se estima una ecuación probit univariada.

Por su parte, la tabla 2 registra los resultados para las ecuaciones de resultados empresariales cuya selección depende de la realización de innovaciones en producto y proceso. De las ecuaciones de selección planteadas se observa que la probabilidad de innovar en producto se ve influenciada de forma positiva y significativa por la ejecución de actividades de I+D, situación que no acontece para la innovación en procesos.

Condicionales sobre haber innovado en procesos, adelantar inversiones en investigación y desarrollo tiene un efecto significativo sobre la probabilidad de vender productos innovadores en el mercado local y ser una empresa exportadora.

Estos resultados sugieren que si bien la innovación en procesos que caracteriza a la industria de alimentos y bebidas no depende de las actividades de I+D, la realización de éstas provee una serie de ventajas competitivas que le permite a los nuevos productos y servicios ocupar espacios en los mercados nacionales e internacionales, tal como resaltan Wong y Sing (2004) y González y Peña (2007). Cabe indicar que, a pesar de su importancia dentro de la dinámica agroindustrial del país, este sector no cuenta con gran presencia en los mercados internacionales, es así como de la EDIT-VII se extrae que solo el 27% de las empresas que innovó en procesos es una empresa exportadora. Este porcentaje es de 28% para aquellas que innovaron en producto.

Una variable que merece especial atención es la que mide la utilización de fuentes externas para innovar, en cuanto muestra un impacto significativo y positivo sobre la probabilidad de innovar en producto y proceso, como era de esperar. No obstante, condicional sobre haber innovado en proceso, el efecto sobre la condición exportadora de las empresas es estadísticamente significativo y negativo.

Tal como sucedió anteriormente, para dos de los modelos considerados la hipótesis de independencia entre ecuaciones no puede ser rechazada.

Este hecho no parece válido ni con el modelo teórico propuesto ni con la contemporaneidad que suponen los datos de los que se dispone. Por tanto, se recurre a la estimación de un modelo probit multivariado (PMV). Esta técnica de estimación es una generalización del modelo probit, usada para calcular varios resultados binarios correlacionados en forma conjunta.

Tabla 7. Resultados del probit binomial con selección para los resultados empresariales

VENALI (Error estándar robusto entre paréntesis) (1)		VENALI (Error estándar robusto entre paréntesis) (2)		EXP (Error estándar robusto entre paréntesis) (3)		EXP (Error estándar robusto entre paréntesis) (4)	
IDEMP	-0,4722 (0,3220)	IDEMP	1,3542*** (0,3650)	IDEMP	0,4475 -0,7184	IDEMP	0,3445* -0,1912
INFE	-1,0587*** (0,3380)	INFE	-0,2542 (0,6294)	INFE	-0,5716 (0,7662)	INFE	-1,5510*** (0,1030)
Constante	3,1561*** (0,2923)	Constante	0,2121 (0,9416)	Constante	0,3343 (1,4851)	Constante	1,8699*** (0,7003)
INNPROD (Error estándar robusto entre paréntesis)		INNPROC (Error estándar robusto entre paréntesis)		INNPROD (Error estándar robusto entre paréntesis)		INNPROC (Error estándar robusto entre paréntesis)	
IDEMP	1,4338*** (0,2118)	IDEMP	0,1333 (0,1827)	IDEMP	1,4212*** (0,2132)	IDEMP	0,1497 (0,1816)
INFE	1,6223*** (0,1111)	INFE	1,7129*** (0,1004)	INFE	1,6223*** (0,1111)	INFE	1,7119*** (0,0995)
GASTTIC	-1,49e-09 (2,15e-07)	GASTTIC	5,21e-07 (2,16e-07)	GASTTIC	-4,95e-08 (2,19e-07)	GASTTIC	5,74e-07*** (1,87e-07)
GASTMAQ	4,41e-08** (2,25e-08)	GASTMAQ	7,92e-08** (3,96e-08)	GASTMAQ	4,78e-08* (2,67e-08)	GASTMAQ	8,28e-08** (3,50e-08)
GASTTRA	0,0000** (0,0000)	GASTTRA	9,81e-06 7,42e-06	GASTTRA	0,0000 (0,0000)	GASTTRA	0,0000*** (5,79e-06)
Constante	-2,0455*** (0,0795)	Constante	-1,8023*** (0,0661)	Constante	- 2,0460*** (0,0796)	Constante	-1,8029*** (0,0661)
Observaciones	1595	Observaciones	1595	Observaciones	1595	Observaciones	1595
Observaciones no censuradas	175	Observaciones no censuradas	214	Observaciones no censuradas	175	Observaciones no censuradas	214
ρ	-1,9357	P	-0,5514	ρ	-0,5457	ρ	-0,9998
<i>P-value Wald test ecuaciones independientes ($\rho=0$)</i>	0,0000	<i>P-value Wald test ecuaciones independientes ($\rho=0$)</i>	0,2356	<i>P-value Wald test ecuaciones independientes ($\rho=0$)</i>	0,3935	<i>P-value Wald test ecuaciones independientes ($\rho=0$)</i>	0,0000

Significancia: *** 1%, **5%, *10%

Fuente: autores

El modelo PMV consiste en un conjunto de ecuaciones simultáneas con variables dependientes no observables, que se puede expresar como:

$$\begin{aligned}
 y_{i1}^* &= x_{i1}\beta_1 + u_{i1} \\
 y_{i2}^* &= x_{i2}\beta_2 + u_{i2} \\
 y_{ij}^* &= x_{ij}\beta_j + u_{ij}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Donde existe una relación entre las variables observables y_{ij} y sus contrapartes latentes o no observables y_{ij}^* , definida por:

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } y_{ij}^* > 0 \\ 0 & \text{si } y_{ij}^* \leq 0 \end{cases} \quad (8)$$

Mientras que u_{ij} son términos de error que se distribuyen bajo una distribución normal multivariante con media cero y una matriz de covarianzas $\Omega = \{\omega\}_{ij}$, con valores de 1 sobre la diagonal principal.

Por su parte, las variables explicativas x_{ij} , de dimensión $1 \times k_j$, pueden contener elementos del vector de variables observadas $\mathbf{y}_i = (y_{i1} \dots y_{ij})'$. Entretanto, para el vector de parámetros a estimar $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_j$ se asume que $\beta_j \in \mathfrak{R}^{k_j}$.

De manera formal, siendo Y_{ij} una variable aleatoria binaria, que toma valores de 0 ó 1 para la observación i y para la ecuación j , se tiene que \mathbf{y}_i es el conjunto de respuestas de las J variables del individuo i . De acuerdo al modelo PMV, la probabilidad de $Y_i = y_i$, condicionada en los parámetros viene dada por:

$$\Pr(Y_i = y_i) = \Pr(y_i | \beta, \Pi) = \int_{A_j} \dots \int_{A_1} \phi_j(t | \Pi) dt \quad (9)$$

Donde $\phi_j(t | \Pi)$ es la función de densidad de la distribución normal estándar multivariante con vector de medias $\mathbf{0}$ y matriz de varianza y covarianzas $\Pi = \{\sigma\}_{km}$, y por último:

$$A_j = \begin{cases} (-\infty, x_{ij}\beta_j) & \text{si } y_{ij} = 1 \\ (x_{ij}\beta_j, \infty) & \text{si } y_{ij} = 0 \end{cases} \quad (10)$$

La estimación del PMV aquí propuesto se realiza en dos etapas. En la primera, partiendo del supuesto que los errores están correlacionados, es decir $\rho \neq 0$, y por tanto existe dependencia entre la probabilidad de gastar en I+D, se realiza un probit multivariado del cual se recogen las probabilidades conjuntas y marginales de innovar, las cuales sirven como variables independientes a incorporar en un probit multivariado para analizar los resultados empresariales.

Formalmente, la primera fase del PMV corresponde a estimar el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$IDEMP = \beta_0 + \beta_1 DEPTID + \beta_2 Pyme + \beta_3 GASTF + \beta_4 NIVELF + \beta_5 COOPEMP + \beta_6 COOPCLI + \beta_7 COOPCON + u_1$$

$$INNPROD = \beta_0 + \beta_1 IDEMP + \beta_2 INFE + \beta_3 GASTTIC + \beta_4 GASTMAQ + \beta_5 GASTTRA + u_2 \quad (11)$$

$$INNPROC = \beta_0 + \beta_1 IDEMP + \beta_2 INFE + \beta_3 GASTTIC + \beta_4 GASTMAQ + \beta_5 GASTTRA + u_3$$

La tabla 3 presenta los resultados obtenidos para esta etapa.

En primer lugar, se confirma el efecto negativo que tiene la condición de ser empresa Pyme y la realización de gasto en formación del personal sobre la probabilidad de gastar en I+D. Asimismo, se muestra la incidencia positiva de cooperar con clientes e instituciones generadoras de conocimiento sobre la inversión en investigación y desarrollo.

Los resultados también muestran que la probabilidad de innovar en producto aumenta con la inversión en I+D, maquinaria y transferencia tecnológica. De igual forma, existe un impacto positivo y significativo por parte del uso de fuentes externas sobre la implementación de proyectos para introducir nuevos bienes al mercado. En cuanto a la innovación en procesos, se ratifica que el gasto en I+D no tiene un rol significativo en su obtención dentro del sector de alimentos y bebidas de Colombia. Tal como evidencia la literatura internacional, más bien la inversión en maquinaria y en tecnologías de la información actúan como los determinantes clave sobre la probabilidad de realizar innovaciones de este tipo en esta actividad productiva.

Tabla 8. Resultados probit multivariado sobre la decisión de invertir en I+D e innovar en producto y proceso

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Error estándar robusto</i>	<i>z</i>	<i>P>z</i>
Variable dependiente: IDEMP				
DEPTID	1,3513	0,1972	6,85	0,000***
GASTF	-0,0000	4,00e-06	-2,62	0,009***
NIVELF	0,4187	0,2994	1,40	0,162
COOPEMP	0,4164	0,2922	1,42	0,154
COOPCLI	0,5472	0,2995	1,83	0,068*
COOPCON	0,5543	0,2674	2,07	0,038**
Pyme	-0,4237	0,1456	-2,91	0,004***
Constante	-2,1163	0,1520	-13,92	0,000
Variable dependiente: INNPROD				
IDEMP	2,0278	0,2447	8,28	0,000***
GASTMAQ	3,32e-08	1,70e-08	1,95	0,051*
GASTTIC	-4,56e-08	1,94e-07	-0,23	0,814
GASTTRA	0,0000	0,0000	1,96	0,050**
INFE	1,6039	0,1094	14,66	0,000***
Constante	-2,0557	0,0781	-26,32	0,000***
Variable dependiente: INNPROC				
IDEMP	0,1757	0,2316	0,76	0,448
GASTMAQ	7,95e-08	3,67e-08	2,17	0,03**
GASTTIC	5,61e-07	1,92e-07	2,93	0,003***
GASTTRA	7,44e-06	6,88e-06	1,08	0,279
INFE	1,7108	0,1004	17,03	0,000***
Constante	-1,8035	0,0664	-27,12	0,000***
n: 1588				
Log pseudolikelihood: -903,8825				
Prob > chi2 = 0,0000				
Likelihood ratio test of $\rho_{21} = \rho_{31} = \rho_{32} = 0$: $\chi^2(3) = 20,4879$ Prob > chi2 = 0,000				

Significancia: *** 1%, **5%; *10%

Fuente: autores

Nótese que en este modelo se rechaza la hipótesis de no correlación entre los errores, por lo que se justifica el supuesto de partida.

Una vez realizada esta estimación se calcula para cada empresa la probabilidad conjunta de éxitos, a la que llamaremos probabilidad de innovar (*PROINNOV*), es decir:

$$\Pr(\text{IDEMP}) = \Pr(\text{INNPROD}) = \Pr(\text{INNPROC}) = 1 \quad (12)$$

Asimismo, se estima la probabilidad marginal de éxito de cada ecuación, esto es la probabilidad de invertir en I+D (*PROID*), la probabilidad de innovar en producto (*PROINNPRO*) y la probabilidad de innovar en proceso (*PROINNPROC*).

Con estas probabilidades se estiman dos probit multivariados para las ecuaciones de resultados empresariales de las firmas del sector de alimentos y bebidas. Por una parte:

$$\text{VENALI} = \beta_0 + \beta_1 \text{PROINNOV} + \beta_2 \text{INFE} + u_1 \quad (13)$$

$$\text{EXP} = \beta_0 + \beta_1 \text{PROINNOV} + \beta_2 \text{INFE} + u_2$$

Por otro lado:

$$\begin{aligned}
 VENALI &= \beta_0 + \beta_1 PROID + \beta_2 PROINNPROD + \beta_3 PROINNPROC + \beta_4 INFE + u_1 \\
 EXP &= \beta_0 + \beta_1 PROID + \beta_2 PROINNPROD + \beta_3 PROINNPROC + \beta_4 INFE + u_2
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Las tablas 4 y 5 ofrecen los resultados encontrados. La probabilidad de innovar tanto en producto como en proceso tiene un efecto positivo y significativo sobre la probabilidad de introducir bienes innovadores al mercado nacional y sobre la probabilidad de ser exportador.

Asimismo, el uso de fuentes externas para innovar incrementa significativamente la probabilidad de ocurrencia de ambas medidas de desempeño empresarial.

Tabla 9. Resultados probit multivariado sobre los resultados empresariales usando la probabilidad conjunta de innovar

<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Error estándar robusto</i>	<i>z</i>	<i>P>z</i>
Variable dependiente: VENALI				
PROINNOV	6,9493	1,7510	3,97	0,000***
INFE	15,7590	0,112	14,06	0,000***
Constante	-2,0291	0,0793	-25,58	0,000***
Variable dependiente: EXP				
PROINNOV	4,0625	0,7701	5,2800	0,000***
INFE	0,4093	0,0966	4,2400	0,000***
Constante	-1,2668	0,0478	-26,4800	0,000***
n: 1588				
Log pseudolikelihood: -915,7659				
Prob > chi2 = 0,0000				
Likelihood ratio test of $\rho_{21} = 0$: $\chi^2(1) = 19,6491$ Prob > chi2 = 0,000				

Significancia: *** 1%, **5%, *10%

Fuente: autores

Tabla 10. Resultados probit multivariado sobre los resultados empresariales usando las probabilidades marginales de innovar

<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Error estándar robusto</i>	<i>z</i>	<i>P>z</i>
Variable dependiente: VENALI				
PROID	1,7823	0,4155	4,29	0,000***
PROINNPRO	1,5812	0,3980	3,97	0,000***
PROINNPROC	0,2467	0,7932	0,31	0,756
INFE	0,8526	0,3400	2,51	0,012**
Constante	-2,1174	0,0840	-25,18	0,000***
Variable dependiente: EXP				
PROID	1,3785	0,3567	3,86	0,000***
PROINNPRO	0,5998	0,3616	1,66	0,097*
PROINNPROC	1,6726	0,8766	1,91	0,056*
INFE	-0,6401	0,3737	-1,71	0,087*
Constante	-1,3639	0,0558	-24,42	0,000***
n: 1588				
Log pseudolikelihood: -896,51377				
Prob > chi2 = 0,0000				
Likelihood ratio test of $\rho_{21} = 0$: $\chi^2(1) = 19,6925$ Prob > chi2 = 0,000				

Significancia: *** 1%, **5%, *10%

Fuente: autores

Cuando se considera exclusivamente las probabilidades marginales, se encuentra un resultado similar, salvo por el efecto que tiene la probabilidad de ser innovador en procesos sobre la probabilidad de obtener ventas en el mercado nacional de productos innovadores, el cual no es significativo.

En ambos modelos la hipótesis de no correlación entre los errores es rechazada, por lo que los resultados alcanzados a través del PMV resultan una mejor aproximación que los conseguidos con la aplicación del probit binomial con selección.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Concentrando el análisis en las variables de interés, se logran extraer interpretaciones sobre la relación entre I+D, resultados de innovación y resultados empresariales en el sector de alimentos y bebidas en Colombia. En cuanto a la decisión de realizar inversiones en I+D, los resultados señalan que la probabilidad de hacerlo aumenta con la existencia de un departamento de I+D en la empresa, así como por la colaboración con clientes y fuentes externas generadoras de ideas. Esto último apuntaría a que los procesos de cooperación de las empresas del sector con sus clientes incrementan no solo su gasto en innovación como sugieren Sánchez-González y Herrera (2002), sino que pueden afectar la intensidad de su actividad de innovación (Tether, 2002).

Un resultado de interés tiene que ver con el efecto negativo que ejerce el gasto en la formación de personal sobre la probabilidad de realizar gastos en I+D. Este comportamiento sugiere que posiblemente las empresas del sector, en su mayoría Pymes de baja intensidad tecnológica, apunten a mejorar los estándares de formación de sus empleados, una inversión más afín con su comportamiento innovador, que a gastar en actividades de investigación y desarrollo.

En relación con los resultados de innovación, se corroboran los patrones identificados por la literatura internacional para el sector. Por una parte, está un grupo mayoritario de empresas que conciben la innovación como un proceso de mejoras incrementales guiadas hacia nuevos procesos, pero con poco o nulo enfoque en la realización de I+D. La evidencia aquí revelada muestra que la innovación en procesos se ve influenciada significativamente por la compra de maquinaria y equipos y la adquisición de TICs, pero no por el gasto en I+D. Por tanto, este tipo de empresas deben enfocar sus esfuerzos en este tipo de inversiones.

Por otro lado, está un reducido número de empresas que favorece las innovaciones en productos soportadas en I+D, siendo más del tipo radical, aprovechando las ventajas que esta ofrece para la generación de nuevo conocimiento por medio del producto y el aumento en la capacidad de absorción que facilita la asimilación y transformación del conocimiento externo.

Precisamente, el uso de fuentes externas de información presenta un comportamiento particular, debido a que su influencia en todos los casos es positiva y significativa sobre la innovación tecnológica, pero tiene un rol negativo cuando se analiza su efecto sobre la condición exportadora de las empresas del sector. Este resultado manifiesta la posible existencia de un entorno que provee información y conocimiento capaz de generar ideas que se transformen en innovaciones que suplan las necesidades del mercado nacional, pero que no garantizan la adquisición de aprendizaje alineado con las tendencias del mercado internacional, por tanto, no permiten la generación de productos con valor agregado para salir fuera de las fronteras nacionales.

En cuanto al impacto que tiene la I+D y los resultados de innovación sobre las variables de resultados de las empresas,

la estimación del PMV sugiere que la probabilidad de realización conjunta de I+D y ambos tipos de innovación tecnológica incide positivamente sobre la probabilidad de lograr ventas de productos innovadores en el mercado nacional y exportar, lo que va de la mano con lo propuesto por Rama (2008), quien afirma que en las empresas del sector de alimentos la innovación es un factor primordial para mejorar la competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

Cuando se considera el efecto derivado de las probabilidades marginales, la situación es similar. De manera particular, destaca que el efecto de gastar en I+D sea positivo sobre las probabilidades de éxito en ambas medidas de resultados y que la probabilidad de adelantar innovación solo en proceso no tenga significancia sobre las ventas.

CONCLUSIONES

El presente trabajo buscó establecer la relación existente entre el gasto en I+D y los resultados de innovación y empresariales en el contexto del sector de alimentos y bebidas de Colombia. La aplicación de modelos probit binomiales con selección y un modelo probit multivariado en dos fases revelan que el gasto en I+D es relevante para explicar la innovación en producto, pero no la innovación en proceso. Asimismo, la realización conjunta de I+D e innovación tecnológica impacta positivamente la probabilidad de exportar y vender productos innovadores en el mercado nacional. Pese a ello la probabilidad de ser exclusivamente innovador en procesos no incide sobre esta última variable de resultado. Los resultados de esta investigación son relevantes para la toma de decisiones de los cuerpos directivos de la industria, en la medida que proporcionan elementos para orientar sus iniciativas de innovación en pro de mejorar su desempeño en el mercado.

Los alcances de este artículo pueden ser ampliados buscando mayor precisión en los resultados obtenidos, en la medida que se use un panel de datos donde se pueda determinar la rentabilidad del gasto en I+D y la introducción de innovaciones en un horizonte de tiempo más amplio, acorde con la dinámica de mayores beneficios en el desempeño empresarial en el largo plazo, propia de las actividades de innovación.

REFERENCIAS

- Acs, Z. J., Anselin, L., & Varga, A. (2002). Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. *Research policy*, 31(7), 1069-1085.
- Albors, J. (2002). Pautas de innovación tecnológica industrial en una región intermedia: el caso de la Comunidad Valenciana. *Economía industrial*, (346), 135-146.
- Annie, C. Un., Cuervo-Cazurra, A., & Asakawa, K. (2010). R&D collaborations and product innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 27(5), 673-689.
- Artz, K. W., Norman, P. M., Hatfield, D. E., & Cardinal, L. B. (2010). A longitudinal study of the impact of R&D, patents, and product innovation on firm performance. *Journal of Product Innovation Management*, 27(5), 725-740.
- Audretsch, D. B. (1995). Innovation, growth and survival. *International journal of industrial organization*, 13(4), 441-457.
- Basile, R. (2001). Export behaviour of Italian manufacturing firms over the nineties: the role of innovation. *Research policy*, 30(8), 1185-1201.
- Bayona-Sánchez, C., García-Marco, T., & Sánchez-García, M. (2013). The impact of open innovation on innovation performance: the case of Spanish agri-food firms. En *Open Innovation in the Food and Beverage Industry* (pp. 74-94). Woodhead Publishing Limited.

- Benner, M. J., & Tushman, M. (2002). Process management and technological innovation: A longitudinal study of the photography and paint industries. *Administrative Science Quarterly*, 47(4), 676-707.
- Bergman, K. (2011). Internal and External R&D and Productivity—Evidence from Swedish Firm-Level Data. *Lund University, Lund, Sweden*.
- Camisón, C. (1999, December). Sobre cómo medir las competencias distintivas: un examen empírico de la fiabilidad y validez de los modelos multi-item para la medición de los activos intangibles. In *Conferencia The Iberoamerican Academy of Management, Universidad Carlos III de Madrid* (pp. 9-11).
- Capitanio, F., Coppola, A., & Pascucci, S. (2009). Indications for drivers of innovation in the food sector. *British Food Journal*, 111(8), 820-838.
- Capitanio, F., Coppola, A., & Pascucci, S. (2010). Product and process innovation in the Italian food industry. *Agribusiness*, 26(4), 503-518.
- Cohen, W. M., y Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Conte, A., & Vivarelli, M. (2005). One or many knowledge production functions? Mapping innovative activity using microdata.
- Costa, A.I.A. (2013). Collaborative product innovation in the food service industry. Do too manycooks really spoil the broth? En *Open Innovation in the Food and Beverage Industry* (pp. 154-173). Woodhead Publishing Limited.
- Damanpour, F. (1992). Organizational size and innovation. *Organization studies*, 13(3), 375-402.
- Damanpour, F. (1996). Organizational complexity and innovation: developing and testing multiple contingency models. *Management science*, 42(5), 693-716.
- Fonfría, A. (1998). Patrones de innovación e internacionalización de las empresas innovadoras españolas.
- Galizzi, G., & Venturini, L. (1996). Product innovation in the food industry: nature, characteristics and determinants. En *Economics of innovation: The case of food industry* (pp. 133-153). Physica-Verlag HD.
- Gálvez Albarracín, E. J., & García Pérez De Lema, D. (2012). Impacto de la innovación sobre el rendimiento de la MIPYME: un estudio empírico en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 28(122), 11-28.
- Geroski, P., & Machin, S. (1992). Do innovating firms outperform non- innovators?. *Business Strategy Review*, 3(2), 79-90.
- Gómez, Á. M. (2009). Estudio de los factores que inciden en el desarrollo de las actividades de I+ D+ I y de su impacto en los resultados empresariales: aplicación a las empresas manufactureras españolas. Departamento de análisis económico. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Tesis Doctoral
- Gómez, A. M., & Calvo, J. L. (2010). Un análisis de las relaciones entre I+ D, innovación y resultados empresariales: el sector de electrónica e informática en España. *Economía industrial*, (376), 151-167.
- González, J., & Peña, I. (2007). Determinantes de la capacidad de innovación de los negocios emprendedores en España. *Economía industrial*, (363), 129-147.
- Harabi, N. (1995). Appropriability of technical innovations an empirical analysis. *Research policy*, 24(6), 981-992.
- Hernández Mogollón, R., & Calle Vaquero, A. D. L. (2006). Estudio sobre el comportamiento innovador de la empresa. *Revista de Estudios Económicos y Empresariales*.
- Hitt, M. A., Hoskisson, R. E., & Ireland, R. D. (1990). Mergers and acquisitions and managerial commitment to innovation in M-form firms. *Strategic Management Journal*, 11(4), 29-48.
- Hottenrott, H., & Lopes-Bento, C. (2012). (International) R&D collaboration and SMEs: The effectiveness of targeted public R&D support schemes. *ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper*, (12-086).
- Hsueh, L. M., & Tu, Y. Y. (2004). Innovation and the operational performance of newly established small and medium enterprises in Taiwan. *Small Business Economics*, 23(2), 99-113.
- Juliao, J.L., Barrios, F., Schmutzler, J., & Sánchez, I. (2013). Relación entre la estrategia de innovación de la firma y su decisión de patentar: evidencia de empresas pertenecientes al sector manufacturero colombiano. *Estudios Gerenciales*, 29(128), 313-321.
- Kimberly, J. R., & Evanisko, M. (1981). Organizational innovation: The influence of individual, organizational, and contextual factors on hospital adoption of technological and administrative innovations. *Academy of Management Journal*, 24, 689-713.
- Lambardí, G. D., & Mora, J. J. (2014). Determinants of innovation in products or processes: the Colombian case. *Revista de Economía Institucional*, 16(31), 251-262.
- Lefebvre, E., Lefebvre, L. A., & Bourgault, M. (1998). R&D-related capabilities as determinants of export performance. *Small Business Economics*, 10(4), 365-377.

- Lin, C. Y., & Chen, M. Y. (2007). Does innovation lead to performance? An empirical study of SMEs in Taiwan. *Management Research News*, 30(2), 115-132.
- Maldonado, G., Madrid, A., Martínez, M. D., & Aguilera, L. (2009). Los efectos de la innovación en el rendimiento de las MIPYMES de Aguascalientes: una evidencia empírica. *Revista de economía*, 27(73), 49-69.
- Martínez-Ros, E., & Labeaga, J. M. (2002). The Relationship Between Firm Size and Innovation Activity: A Double Decision Approach. *Economics of Innovation and New Technology*, 11(1), 35-50.
- Martins, I., Gómez-Araujo, E., & Vaillant, Y. (2014). The effect of export behavior on owner-manager's commitment to innovation in Colombia: insights from learning approach. *Cuadernos de Administración*, 27(49), 135-153.
- Mejía, C. A. (2007). Innovation in administration: a relationship of forgotten elements. *Innovar*, 17(29), 93-106.
- Minarelli, F., Raggi, M., & Viaggi, D. (2013, June). Network for innovation as a way to enhance competitiveness: an overview of Italian food SMEs entering networks. En *2nd AIEAA Conference "Between Crisis and Development: which Role for the Bio-Economy, Italy"*.
- Nassimbeni, G. (2001). Technology, innovation capacity, and the export attitude of small manufacturing firms: a logit/tobit model. *Research Policy*, 30(2), 245-262.
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization science*, 5 (1), 14-37.
- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge Creating Company*. New York: Oxford University Press.
- Noordman, W., & Meijer, E. (2013). Foreword. En *Open innovation in the food and beverage industry* (pp. xxxiii -xxxvii). Woodhead Publishing Limited.
- OCDE (2005). *Oslo Manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data*. OCDE Publishing, 3a edición.
- Orozco, L. A., Chavarro, D. A., & Ruiz, C. F. (2010). Los departamentos de I+ D y la innovación en la industria manufacturera de Colombia: análisis comparativo desde el comportamiento organizacional. *Innovar*, 20(37), 101-115.
- Pearce, C. L., & Ensley, M. D. (2004). A reciprocal and longitudinal investigation of the innovation process: The central role of shared vision in product and process innovation teams (PPITs). *Journal of Organizational Behavior*, 25(2), 259-278.
- Pierce, J. L., & Delbecq, A. L. (1977). Organization structure, individual attitudes and innovation. *Academy of management review*, 2 (1), 27-37.
- Romero, I., & Martínez-Román, J. A. (2012). Self-employment and innovation. Exploring the determinants of innovative behavior in small businesses. *Research Policy*, 41(1), 178-189.
- Samadi, S. (2014). Open Innovation Business Model in the Food Industry: Exploring the Link with Academia and SMEs. *Journal of Economics, Business and Management*, Vol. 2, No. 3.
- Sánchez-González, G., & Herrera, L. (2014). Effects of customer cooperation on knowledge generation activities and innovation results of firms. *BRQ Business Research Quarterly*, 17(4), 292-302.
- Silva, J. (2004). Cuantificando formalmente los coeficientes de innovación de las empresas. *Revista Mensual de Economía, Sociedad y Cultura*.
- Tepic, M., Omta, S. W. F., & Fortuin, F. T. J. M. (2013). Managing co-innovation partnerships: the case of and its preferred flavour suppliers. En *Open Innovation in the Food and Beverage Industry* (pp. 254-275). Woodhead Publishing Limited.
- Tether, B. S. (2002). Who co-operates for innovation, and why: an empirical analysis. *Research policy*, 31(6), 947-967.
- Van Auken, H., Madrid-Guijarro, A., & Garcia-Perez-de-Lema, D. (2008). Innovation and performance in Spanish manufacturing SMEs. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 8(1), 36-56.
- Wong, P. K., & Singh, A. (2004). The pattern of innovation in the knowledge-intensive business services sector of Singapore. *Singapore management review*, 26(1), 21.
- Zaltman, G., Duncan, R., & Holbek, J. (1973). *Innovations and organizations*. John Wiley & Sons.
- Zeng, S. X., Xie, X. M., & Tam, C. M. (2010). Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. *Technovation*, 30(3), 181-194.

ANEXO 1

Tabla A1.1. Estadísticas descriptivas

Variable	Observaciones	Media	Desviación estándar
IDEMP (Pesos colombianos por trabajador)	1595	0,040	0,196
GASTF (Miles de pesos colombianos)	1595	920,861	13655,8
NIVELF	1588	0,245	0,200
COPEMP	1595	0,070	0,255
COOPCLI	1595	0,038	0,191
COOPCON	1595	0,060	0,237
Pyme	1595	0,673	0,468
GASTMAQ (Miles de pesos colombianos)	1595	193469,8	1997503
GASTTIC (Miles de pesos colombianos)	1595	7550,708	132582,6
GASTTRA (Miles de pesos colombianos)	1595	220,623	4452498
VENALI	1595	0,104	0,305
EXP	1595	0,134	0,341
PROINNOV	1588	0,009	0,054
PROID	1588	0,041	0,119
PROINNPROD	1595	0,110	0,205
PROINNPROC	1595	0,133	0,195

Fuente: autores