

DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS MANUFACTURERAS EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS MICROECONOMÉTRICO

Trabajo de Grado para optar por el título de Magister en Economía

Presentado por

Carolina Bermúdez Olaya
Edwin Leonardo Méndez Ortiz

Bajo la dirección de

Florentino Malaver Rodríguez
Profesor Departamento de Administración PUJ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRIA EN ECONOMÍA
BOGOTA D.C.
Mayo, 2013

Tabla de Contenido

Resumen	Pág.	3
Abstract	Pág.	3
1. Introducción	Pág.	4
1.1. Planteamiento del Problema	Pág.	4
1.2. Antecedentes	Pág.	5
1.2.1. Internacionales	Pág.	5
1.2.2. América Latina	Pág.	7
1.2.3. Nacionales	Pág.	8
1.3. Justificación	Pág.	9
1.4. Objetivos	Pág.	10
1.4.1. Objetivo General	Pág.	10
1.4.2. Objetivos específicos	Pág.	10
1.5. Pregunta de la Investigación	Pág.	10
2. Marco analítico de referencia: La función de producción de conocimientos... Pág.		11
2.1. Recursos de Stock	Pág.	12
2.2. Esfuerzo innovador	Pág.	13
2.3. Redes Organizacionales	Pág.	13
2.4. Características de la Firma	Pág.	14
2.5. Desempeño Innovador	Pág.	15
3. Especificación de las Variables del Modelo	Pág.	17
3.1. Especificación de las variables explicativas	Pág.	17
3.2. Especificación de la variable dependiente	Pág.	20
3.3. Análisis descriptivo de los regresores con respecto a la variable		
dependiente	Pág.	21
3.3.1. Las firmas sin resultados de innovación	Pág.	21
3.3.2. Las firmas con innovaciones incrementales	Pág.	22
3.3.3. Las firmas con innovaciones radicales	Pág.	23
3.4. Análisis de independencia de las variables	Pág.	23

4. Modelo Multinomial Ordenado	Pág.	24
4.1. Elección del modelo a especificar	Pág.	24
4.2. Especificación del Modelo Multinomial Ordenado	Pág.	26
4.3. Estimación y calibración del modelo multinomial ordenado	Pág.	28
4.3.1. Pruebas de significancia Individual	Pág.	28
4.3.2. Prueba de significancia Conjunta	Pág.	29
4.3.3. Bondad de ajuste del modelo	Pág.	29
5. Análisis de los resultados	Pág.	31
5.1. Efectos marginales evaluados en la empresa manufacturera representativa	Pág.	31
5.2. Estimación de Probabilidad de acuerdo con las variables de Stock	Pág.	34
5.3. Estimación de Probabilidad de acuerdo con las variables de Flujo	Pág.	36
5.4. Estimación de Probabilidad de acuerdo con las variables de Red	Pág.	38
5.5. Análisis de sensibilidad	Pág.	40
6. Discusión de los resultados	Pág.	41
7. Conclusiones	Pág.	44
8. Recomendaciones	Pág.	46
Bibliografía	Pág.	47
Anexo A: Clasificación de los Grupos industriales según su esfuerzo innovador	Pág.	50
Anexo B: Pruebas de hipótesis de Independencia	Pág.	51
Anexo C: Prueba de hipótesis de multicolinealidad	Pág.	51

DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS MANUFACTURERAS EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS MICROECONOMÉTRICO♦

Carolina Bermúdez Olaya
Edwin Leonardo Méndez Ortiz

Resumen

En este artículo se analizan empíricamente los determinantes del desempeño innovador de las firmas de manufactura en Colombia, a través de la especificación de una función de producción de conocimientos que es estimada mediante el modelo microeconómico de variable dependiente discreta ordinal y múltiple *Logit ordenado*, a partir del cual se puede inferir que el *stock* de conocimientos, el flujo del esfuerzo innovador, el apalancamiento externo, las condiciones del sector industrial y el tamaño de la firma son los factores que inciden en que una organización obtenga innovaciones con un alto componente tecnológico.

Palabras Clave: Desempeño innovador, Función de producción de conocimientos, Logit ordenado.
Clasificación JEL: C25, C41, C53, O31, O34

Abstract

This paper analyzes empirically the determinants of innovation performance of manufacturing firms in Colombia, through the specification of a knowledge production function is estimated using the microeconomic discrete ordinal dependent variable and multiple ordered logit, from which one can infer that the stock of knowledge flow and leverage innovative effort, industry conditions and firm size are external factors affecting an organization for innovations with a high technological content.

Keywords: Innovation performance, Knowledge production function, Ordered logit
JEL Classification: C25, C41, C53, O31, O34

♦ Trabajo presentado para optar por el título de Magíster en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana. Agradecemos especialmente la colaboración, apoyo y sugerencias de nuestro asesor, el Profesor Florentino Malaver Rodríguez, así como los comentarios de los docentes: Marisela Vargas Pérez, Martha Misas Arango, Alejandro Gaviria Jaramillo y Mary Cecilia Berrío Norman. También agradecemos al Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), quien suministro la información a nivel de la firma relacionada a la cuarta Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT IV) y dio el permiso para utilizarla en la realización de este trabajo de grado. Todos los errores son propios.

1. Introducción

La economía de mercado reinante en el mundo actual ha generado una presión competitiva global sobre las firmas, las cuales deben adaptarse y cambiar rápidamente en busca de nuevas y mayores rentas, con el fin de maximizar sus beneficios económicos y ser sostenibles en el tiempo, generando un fuerte incentivo para innovar e incursionar en nuevos mercados. Los determinantes de la innovación toman cada día mayor relevancia, debido al interés nacional, económico y empresarial que ha despertado el tema.

Las firmas pueden efectuar *innovaciones tecnológicas* (proceso, producto) y *no tecnológicas* (método de organización: gerencial o comercialización) (OCDE & EUROSTAT, 2005). Siendo “la innovación tecnológica la llave maestra para el éxito de las firmas industriales” (Jaramillo, Lugones, & Salazar, 2000, pág. 9), cuando se genera una innovación de producto, la firma puede aumentar su cuota de mercado y/o abrir nuevos. Cuando se efectúa una innovación de proceso, se aumenta la productividad y se reducen los costos. En ambos casos se mejora la competitividad de la empresa. Por el contrario, las innovaciones organizacionales aunque importantes, son intangibles, por ello, este estudio se centra en las innovaciones tecnológicas, es decir, en los productos y procesos de producción nuevos y mejorados.

1.1. Planteamiento del Problema

La innovación empresarial en América Latina “consiste principalmente en cambios graduales que aportan elementos nuevos a la empresa en particular, pero que no son nuevos en el mercado internacional y a veces ni siquiera en el mercado local de la empresa (...) la capacidad de I+D en las estructuras de las empresas no es suficiente como para permitirles transformar ese conocimiento externo en capacidades autónomas de innovación” (BID, 2010, pág. 41).

Por este motivo, la mayoría de las empresas están atrasadas tecnológicamente y son seguidoras de la tecnología debido a que su esfuerzo innovador se basa principalmente en la adquisición e incorporación de tecnología extranjera, en vez de desarrollarlas al interior de la firma (Jaramillo, Lugones, & Salazar; 2000).

Algunas de las limitaciones para cambiar que poseen las firmas latinoamericanas son: el bajo nivel de gasto en actividades Investigación y Desarrollo (I+D), el temor al cambio que representa las innovaciones, predominan las no tecnológicas como las administrativas y comerciales, el escaso apoyo financiero público y la baja cooperación con el sector científico y con otras firmas (Jaramillo, Lugones, & Salazar; 2000 y BID, 2010).

En Colombia, específicamente, la mayoría de las empresas efectúan un bajo esfuerzo innovador, como lo muestra la información de la cuarta Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT IV), según la cual la proporción de trabajadores involucrados en Actividades de Ciencia Tecnología e Innovación (ACTI), con respecto al total de empleados en las empresas, es de 4,7% para el año 2008.

Así mismo, “Colombia evidencia un rezago considerable frente a países de características similares en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación. A modo ilustrativo, la inversión total en investigación y desarrollo en Colombia es del 0,2% del PIB; un nivel muy bajo en comparación con países como Argentina, que invierte el 0,5%; Chile el 0,7%; Brasil el 0,8%; o Corea del Sur el 3,2%”. (DNP, 2009, pág. 54).

Debido a ello, los resultados de innovación son pocos, hecho confirmado por la escasez de registros de propiedad intelectual “la relación entre el número de patentes que se otorgan a residentes en Colombia y el número de publicaciones académicas fue de 0,09 entre 2005-2008, en Brasil fue de 0,17, mientras que en Estados Unidos fue de 0,58”. (DNP, Departamento Nacional de Planeación, 2009, pág. 72). De lo anterior se puede deducir que en las firmas de Colombia existe un gran problema: se esfuerzan poco por innovar y, en consecuencia, obtienen bajos resultados en este aspecto .

1.2. Antecedentes

Existe un amplio conjunto de investigaciones empíricas que han analizado los factores que determinan la innovación tecnológica, en esta sección se mencionaran las más relevantes para este estudio, diferenciándolas según el origen en: internacionales, de América Latina y nacionales.

1.2.1. Internacionales

El primer economista en hablar de innovación fue Joseph Shumpeter (1942) quien establece que el desarrollo económico está motivado por la destrucción creativa, dado que la renovación de tecnologías estimula un proceso económico activo y fluctuante. Gracias a la presión competitiva de las firmas se crean incentivos para innovar, lo cual trae consecuencias positivas, tanto para las firmas (mayores ganancias), como para el país (crecimiento económico). A continuación se mencionaran las principales investigaciones empíricas en donde, se analizaron los determinantes de la innovación.

Crépon, Duguet & Mairesse (1998), estimaron la función de producción de innovaciones, creando una metodología de ecuaciones estructurales y secuenciales, más conocida como modelo CDM, los autores consideran la innovación como un proceso que se descompone en tres pasos: primero, la inversión en investigación y desarrollo (gastos en I+D), segundo, las empresas absorben esos nuevos conocimientos y los utilizan para concebir innovaciones (patentes), y, tercero, al ser llevados al mercado generan valor económico (proporción de ventas de innovaciones por trabajador). Con esta metodología, se relaciona la innovación y la productividad del trabajo en la firma, tanto teórica como empíricamente.

En el artículo de Buesa, Baumert, Heijs & Martínez (2002), se analiza la innovación en las comunidades autónomas de España, estimando un modelo de mínimos cuadrados ordinarios por el método de pasos sucesivos y coeficientes estandarizados, en donde la variable dependiente es el número de patentes (asumiendo que se distribuye normalmente) y las variables independientes son el número de empresas que realizan I+D sistemática, el gasto en I+D, el entorno económico (PIB per cápita), el gasto en I+D llevado a cabo por el sector público, los proyectos nacionales aprobados por el centro para el desarrollo tecnológico industrial, el capital de inversión, el personal en centros tecnológicos, la colaboración e interacción entre agentes del sistema I+D, la calidad de los recursos humanos en ciencia y tecnología, y la calidad investigadora en las universidades.

El análisis empírico de Tödtling, Lehner, & Kaufmann (2009) se basa en un modelo de producción de conocimiento, donde la variable dependiente (Y) expresa si la firma ha introducido nuevos productos para la empresa y/o para el mercado, tomando el valor de uno cuando si lo ha hecho y, en caso contrario cero. Las variables independientes son de dos tipos: primero, insumos de conocimiento interno, en donde está la existencia de un departamento de investigación y desarrollo (I+D), el número de investigadores empleados y el número de patentes obtenidas; segundo, los enlaces externos de conocimiento, compuesto por las relaciones contractuales de investigación, la cooperación en red y el apoyo recibido para innovar.

Buesa, Heijs, & Baumert (2010) estimaron una función de producción de conocimiento para entender los determinantes de la innovación regional en Europa. Utilizaron como variable dependiente el número de patentes y como independientes, cinco variables sintéticas no observables directamente que fueron usadas para explicar el cambio tecnológico: Ámbito nacional, Entorno regional, Empresas innovadoras, Universidades e I+D efectuada por la administración pública.

Bos, Lamoen, & Sanders (2011), estiman una función de producción de innovaciones en las empresas holandesas en el periodo comprendido entre 1994 y 2004, mediante el método de

análisis de fronteras, pionero en este campo en donde se reconoce que todos los inputs no son utilizados eficientemente y por ello se deben incluir los desperdicios.

1.2.2. América Latina

El primer autor latinoamericano en analizar econométricamente los determinantes de la actividad innovadora empresarial, fue Benavente (2005) quien replicó el modelo CDM en las empresas Chilenas, haciendo tres mediciones: la decisión de la firma por comprometerse en actividades de investigación (invierte o no invierte), la magnitud de la inversión de estas actividades (intensidad de gasto en I+D por trabajador), y como la investigación impacta o influye en el éxito innovador (se generaron nuevos productos y/o procesos).

Raffo, Lhuillery, Freitas, Miotti, & De Negriti, 2007, efectuaron un estudio comparativo entre la innovación (medida como el gasto de I + D) y su relación con la productividad por trabajador y las exportaciones realizadas por las empresas. En esta investigación se efectuó el modelo CDM mediante una serie de estimaciones secuenciales: primero, un logit binomial que modela la elección de gastar en I + D, seguido por un tobit que mide por la inversión bruta en bienes materiales por empleado y por último, una regresión por mínimos cuadrados ordinarios para modelar el volumen de bienes nuevos exportados. Concluyendo que las empresas de Europa, se comprometen a efectuar actividades internas de I+D, dos tercios más que las empresas en América Latina, obteniendo así, una productividad de la inversión por empleado mayor, tal como, unas exportaciones más elevadas.

Crespi & Zuñiga (2012) estimaron una función de producción de conocimientos, para examinar los factores determinantes de la innovación tecnológica y su impacto en la productividad de las empresas, efectuando una comparación entre la inversión en conocimiento, los resultados de la innovación y la productividad de las empresas para los siguientes seis países de América Latina: Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Panamá y Uruguay.

En este documento, se estimo el modelo estructural CDM en donde se modelan tres decisiones de las empresas: primero, si invierte en innovación (modelo probit binomial); segundo, cuanto invierte en actividades de innovación por trabajador, (modelo tobit); tercero, como son las ventas por empleado de productos nuevos, es decir se relaciona la función de producción de conocimiento con la productividad del trabajo (modelo tobit). Dichos autores afirman que en todos los países analizados las empresas que invierten en conocimiento aumentan su capacidad de introducir nuevos avances tecnológicos y una mayor productividad del trabajo.

En América latina (Benavente, 2005; Raffo, Lhuillery, Freitas, Miotti, & De Negriti, 2007 y Crespi & Zuñiga, 2012) se observa una tendencia por explorar la relación entre la inversión en I+D y la productividad por trabajador en innovación. Los tres estudios replicaron el modelo CDM (Crépon, Duguet & Mairesse; 1998) centrándose en los determinantes del esfuerzo de las firmas por innovar, y no profundizan en el desempeño de la innovación.

1.2.3. Nacionales

Son pocos los trabajos empíricos en Colombia, que han explicado los factores que inciden en la innovación empresarial, destacándose dos tipos de desarrollo: primero, los de corte econométricos (Langeback & Vásquez, 2007 y Vélez, 2009) y, segundo, los descriptivos (Orozco, Chavarro, & Ruiz, 2010 y Malaver & Vargas, 2011).

Entre los estudios econométricos, se observa el interés de los autores por analizar los inputs de la innovación. Langeback & Vásquez (2007) analizaron los determinantes del esfuerzo innovador en la industria manufacturera colombiana y efectuaron un modelo Tobit, utilizando la información de la segunda encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT II). Concluyeron que la participación del capital extranjero, la capacitación de la mano de obra y el tamaño de la empresa son los determinantes de la actividad innovadora en la industria manufacturera colombiana, medida a través del esfuerzo innovador, es decir, la inversión que efectúa la empresa en actividades de I+D.

De igual manera, Vélez (2009) estimó los determinantes de la inversión en investigación y desarrollo en las firmas del sector servicios de Bogotá, a través del modelo de regresión cuantílica, utilizando la primera encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT I). Encontró que dicha inversión en I+D aumenta con el tamaño de las empresas y, en todos los casos, responde positivamente al nivel de cualificación.

El segundo tipo de trabajos efectuados para entender el fenómeno de la innovación son los analíticos, que se han interesado en entender la relación entre el input y output de la innovación. Orozco, Chavarro & Ruiz (2010), efectuaron un análisis multinivel en donde compararon el desempeño innovador de las empresas (con y sin departamentos de investigación y desarrollo) en Colombia, con base en la Segunda Encuesta de Desarrollo Tecnológico (EDIT II). Identificaron como variables que inciden en la innovación de la firma: las redes organizacionales, la cultura organizacional, la capacitación que involucre un grado de complejidad significativo y el número de profesionales con doctorado.

Del mismo modo, Malaver & Vargas (2011) realizaron un análisis de los inputs y outputs de la innovación, con base en la Segunda Encuesta de Innovación y Desarrollo Tecnológico

de Bogotá y Cundinamarca, con una muestra de 568 firmas industriales, en el período 2007-2009. Los autores establecieron un método para clasificar el tipo de innovación, en donde se analizan, mediante estadísticas descriptivas, las innovaciones tecnológicas (en producto y en proceso) de acuerdo con dos criterios: el grado de novedad (nuevo con patente, nuevo sin patente, significativamente mejorado o sin desarrollos) y el alcance de acuerdo al mercado (ninguno, empresa, internacional o nacional).

1.3. Justificación

Dentro de los estudios empíricos sobre determinantes de la innovación empresarial, no existe una posición unificada ni cualitativa, ni econométricamente, más específicamente, en Colombia, se han encontrado dos vacíos de conocimientos en los estudios sobre los determinantes de la innovación en las firmas: en los econométricos, (Langeback & Vásquez, 2007 y Vélez, 2009) existe un error conceptual, en cuanto a que la innovación, es medida como la inversión monetaria en investigación y desarrollo, lo cual no expresa el resultado obtenido sino su esfuerzo, en los analíticos, (Orozco, Chavarro, & Ruiz, 2010 y Malaver & Vargas, 2011) aunque tienen una mayor comprensión conceptual intrafirma de la innovación empresarial que los primeros, no han utilizado la modelación econométrica para cuantificar los impactos de los determinantes de la innovación, quedándose en la estadística descriptiva. A diferencia de los trabajos anteriormente mencionados, en esta investigación se combinan los dos métodos de análisis, tanto el analítico como el econométrico, planteando un modelo conceptual y matemático sobre el mismo.

Por otro lado, como se observó en el planteamiento del problema los resultados de innovación en las firmas colombianas son escasos y diferenciados, por lo cual, se hace necesario plantear un indicador de desempeño innovador que permita matizar los diversos resultados del tipo de innovaciones (output) que realizan las empresas manufactureras en Colombia, en contraste con la modelación efectuada en la literatura revisada donde solo usan un indicador (patentes, gastos en I+D, ventas de innovaciones, introducción de un nuevo producto y/o proceso), el cual, dadas las características de las firmas en Colombia no alcanzaría a reflejar los desarrollos heterogéneos efectuados.

El presente trabajo es el primero en aplicar un modelo Logit multinomial ordenado para abordar los determinantes de la innovación empresarial (inputs), logrando, establecer perfiles diferenciales de empresas según el tipo de desempeño innovador y predecir la probabilidad de pertenecer a cada perfil. Siendo este, el principal aporte de este documento. Los resultados de este estudio serán útiles para los hacedores de política y los empresarios, quienes necesitan saber cuáles son los factores que más inciden en la generación de innovaciones en las firmas manufactureras de Colombia, lo que les permitirá actuar en los

frentes que necesitan mayor atención para promover y lograr un tipo de innovación de acuerdo con las características de su organización.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar empíricamente el impacto de los determinantes que inciden en el desempeño innovador de las firmas manufactureras de Colombia.

1.4.2 Objetivos específicos

- Fundamentar teóricamente el fenómeno de la innovación tecnológica empresarial.
- Especificar las variables relevantes que explican el desempeño innovador en las firmas en el país.
- Estimar un modelo microeconómico que explique los determinantes del desempeño innovador en las firmas manufactureras en Colombia.
- Analizar los factores que incentivan el que una organización obtenga innovaciones.
- Predecir los efectos en el desempeño innovador de las firmas ante cambios en sus determinantes

1.5. Pregunta de la Investigación

Esta investigación surgió con el propósito de dar respuesta a los interrogantes *¿Cuáles son los determinantes de la innovación tecnológica de las firmas manufactureras en Colombia?* y *¿Cuál es su impacto en el desempeño innovador de las firmas manufactureras en Colombia?*, facilitando con sus respuestas, el diseño de políticas de innovación para el gobierno y la definición de estrategias para los empresarios.

El presente artículo se desarrolla en cinco secciones adicionales: primero, el marco analítico de referencia, segundo, la especificación de variables, tercero, el modelo multinomial ordenado, cuarto la interpretación económica de los resultados y, por último, las conclusiones y recomendaciones.

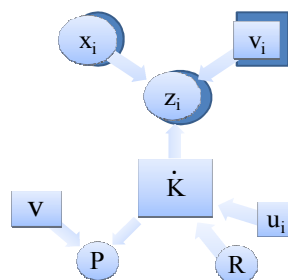
2. Marco analítico de referencia: La función de producción de conocimientos

La función de producción de conocimientos, representa la combinación y transformación de los recursos tecnológicos (inputs), con que cuenta una firma para generar innovaciones (outputs). Fue especificada inicialmente por Griliches (1979), quien represento la generación de innovaciones con un modelo uniecuacional (1) con forma funcional tipo Cobb Douglas, en donde, el flujo de nuevos (K) conocimientos valorados económicamente mediante las patentes, depende directamente del esfuerzo innovador (R) representado por las actividades de I+D.

$$K = f(R) \quad (1)$$

Más adelante, la investigación de Griliches aborda la evolución de las ideas a través del cambio tecnológico y, partiendo de la función de producción de conocimientos, plantea, junto con Pakes, un modelo que evalúa los procesos para la generación de innovaciones en una firma, a través del tiempo. En la grafica número 1, se muestra el diagrama de resumen del modelo de Pakes & Griliches (1984), en donde \dot{K} es el *stock* de capital del conocimiento tecnológico de la firma, el cual surge de la acumulación de los gastos en I+D (R), teniendo en cuenta los errores (u_i). Como el *stock* de capital no es directamente observable, se aproxima por medido de las patentes (P), teniendo en cuenta las perturbaciones (v). Así mismo, el capital de conocimientos genera un desempeño económico (z_i), que depende de la demanda de innovaciones (x_i) y su error (v_i).

Gráfica No 1: Modelo de Producción de innovaciones de Pakes & Griliches (1984)



Fuente: (Pakes & Griliches, 1984, pág. 56)

La función de producción de conocimientos, es ampliamente aceptada, tanto por los economistas de orientación neoclásica (Tödtling, Lehner, & Kaufmann, 2009; Bos, Lamoen, & Sanders, 2011, Crespi & Zuñiga, 2012) como por los evolucionistas (Griliches 1979, Pakes & Griliches 1984, Crépon, Duguet, & Mairesse 1998, Buesa, Baumert, Heijs, & Martinez, 2002 y Buesa, Heijs, & Baumert, 2010). La diferencia es que, los primeros se enfocan en los factores (inputs) y resultados (outputs) de la innovación de una firma

racional representativa en la búsqueda de maximizar productividad y ganancias, mientras los segundos privilegian los procesos de innovación como cambios (producto y mercado) ante los cuales la empresa como un organismo vivo se desarrolla y adapta para mantenerse.

Dados los objetivos y alcances el presente artículo sigue la perspectiva neoclásica, en donde, los diferentes insumos contribuyen al desempeño innovador (output) de las firmas, se ha identificando cuatro tipo de recursos para innovar: recursos de *stock* (las capacidades tecnológicas existentes), esfuerzo innovador (flujo de nuevas tecnologías en un periodo de tiempo), redes organizacionales (apalancamiento externo) y características de la firma (externalidades). La transformación de estos inputs generan los resultados de la innovación empresarial (desempeño innovador). A continuación se indicará cada uno de los elementos de la función de producción de innovaciones.

2.1. Recursos de *Stock*

Los *recursos de stock* son el conjunto de capacidades tecnológicas con que puede disponer la firma para innovar (Malaver & Vargas, 2011). Cada producto y proceso se construye y acumula gradualmente, generando un avance técnico (Pavitt, 1997). Al acumular las innovaciones, las empresas pueden aumentar la productividad (Jaramillo, Lugones, & Salazar, 2000). Los recursos de *stock* están compuestos por las tecnologías adquiridas y de la experiencia productiva, dividiéndose en dos factores: el capital humano y la infraestructura para innovar.

El capital humano (cap_hum) es determinado por los agentes que participan en el proceso innovador y facilita el aprendizaje y creación de nuevas tecnologías, “el *stock* de conocimiento o experiencia acumulada es un insumo fundamental en el proceso de innovación” (Bos, Lamoén, & Sanders, 2011, pág. 7). “Los recursos humanos constituyen el principal activo de las empresas para generar ventajas competitivas con base en sus conocimientos, habilidades y creatividad” (Malaver & Vargas, 2011, pág. 17). Se deriva la primera hipótesis: entre mayor sea la proporción del personal dedicado a efectuar actividades de investigación y desarrollo, se espera un mayor desempeño innovador.

La infraestructura para innovar (depto), es compuesta por los procesos de innovación vinculados con escenarios donde su expresión fáctica se evidencia a través de las rutinas y la acumulación de conocimiento que permite optimizar las actividades y capacidades tecnológicas de las empresas en el proceso innovador (Pavitt, 1997). Igualmente, “las infraestructuras tecnológicas facilitan y potencian la gestión del conocimiento y la innovación, especialmente, cuando la empresa se organiza formalmente para ello” (Malaver & Vargas, 2011, pág. 17). Así, se formula la segunda hipótesis: cuando una firma posee una estructura formal para innovar, sus resultados de innovación son mayores y mejores.

2.2. Esfuerzo innovador

El esfuerzo innovador indica un *flujo* de conocimientos hacia la firma, se configura como el conjunto de actividades que efectúa la empresa en un momento del tiempo para mejorar su *stock* de conocimientos (Malaver & Vargas, 2007), se constituye por: *la inversión en I+D*, *la compra de nuevas tecnologías* y *la capacitación* del personal.

La inversión en actividades internas de ciencia y tecnología (invertio) es el desarrollo de proyectos de investigación al interior de la firma. Varios autores afirman que entre mayor sea la inversión destinada a I+D, se mejora el acervo de conocimientos y potencializa las nuevas aplicaciones, (Griliches, 1979; Pakes & Griliches, 1984; Duguet, & Mairesse, 1998; Buesa, Heijs, & Baumert, 2010; Crépon, Mairesse & Mohnen, 1998 y Malaver & Vargas, 2011). Por consiguiente, surge la tercera hipótesis, la inversión monetaria en actividades internas de investigación y desarrollo mejora el desempeño innovador de la firma.

La *Inversión en compra de nuevas tecnologías (compro)* por parte de una firma promueve la transferencia tecnológica y la generación de nuevas ideas, facilitando mejoras en su productividad y generando ventajas económicas (BID, 2010). La compra de maquinaria y equipo mejora el desempeño tecnológico, la gestión del conocimiento y la eficiencia de los recursos productivos para absorber conocimientos externos (Vélez, 2009). Surge de esta manera la cuarta hipótesis: la inversión en nuevas tecnologías facilita la innovación.

La *Inversión en capacitación del personal (capacito)* mejora la posibilidad de crear nuevos productos y procesos dado que se incrementa el entendimiento de las tecnologías existentes (Delgado, Navas, Martín, & López, 2008). Los procesos de aprendizaje configuran la trazabilidad del conocimiento adquirido y las experiencias anteriores (Nelson & Sampat, 2001). Se deriva la quinta hipótesis: cuando una firma invierte en capacitación para su personal, se incrementa el desempeño innovador de la firma.

2.3. Redes Organizacionales

Las redes organizacionales hacen referencia a las relaciones que posee la firma como ente social con base en las cuales puede acceder y apropiarse de conocimiento externo (Delgado, Navas, Martín, & López, 2008). Las *redes* de conocimiento con entidades públicas y privadas que potencializan el desempeño innovador de la firma, representan “las capacidades de las empresas para apalancar sus recursos y capacidades en el entorno se tornan fundamentales para mejorar su desempeño innovador” (Malaver & Vargas, 2011, pág. 97). Las variables a profundizar son la *cooperación* con otras firmas, el *apoyo del gobierno* y la *contratación* de terceros en I+D.

Se considera que la *Cooperación con otras empresas (coopera)*, es relevante en el proceso innovador, debido a que las alianzas de colaboración y cooperación mantenidas con clientes y proveedores facilitan las innovaciones de producto y procesos (Díaz, Aguiar, & De Saá, 2006 y Benavente, 2005). Así mismo, los acuerdos cooperativos entre firmas que poseen objetivos conjuntos en el largo plazo facilitan las actividades de investigación y desarrollo porque los riesgos e incertidumbres son afrontados de manera colectiva (Buesa, Heijs, & Baumert, 2010). Cuando una firma coopera con otras empresas en actividades de ciencia y tecnología, mejora su desempeño innovador (sexta hipótesis).

El *Apoyo gubernamental a la innovación empresarial (gob)*, facilita el desarrollo de capacidades tecnológicas y de absorción de las empresas, mejora la generación de nuevos conocimientos. El gobierno debe efectuar una política eficiente de transferencia de conocimientos que lleve al sector privado a una tecnología de vanguardia y a que acumule capital humano (De Ferranti, y otros, 2003). Se deduce la séptima hipótesis: el desempeño innovador de una firma se incrementa cuando se interrelaciona con entidades públicas de fomento a la innovación.

La *Contratación de actividades externas de I+D (contrata)*, son consideradas como las interacciones de conocimiento. A medida que aumenta la presencia de relaciones existentes con el sector científico, mejora la capacidad de las empresas para introducir innovaciones más avanzadas (Tödtling, Lehner, & Kaufmann, 2009). El proceso de investigación y desarrollo toma tiempo, por ello los resultados pueden tardar en presentarse varios años, siendo mejor aprovechar la investigación básica realizada en universidades e institutos, que efectuarla directamente en la firma (Griliches, 1979). Cuando una firma contrata actividades externas de I+D los resultados de las innovaciones son mejores (octava hipótesis).

2.4. Características de la Firma

Las características de las firmas (*sector industrial* al que pertenece y *tamaño de la empresa*), funcionan como variables de control (Tödtling, Lehner, & Kaufmann, 2009), con el fin de explorar si dichas desagregaciones inciden en el desempeño innovador.

Según Shumpeter (1942) el desempeño tecnológico de las firmas depende del *tamaño de la firma (tamano)*, dada la generación de economías de escala. En concordancia, Scherer & Ross (1990) sostienen que las grandes empresas tienen una ventaja en innovación respecto a las pequeñas porque poseen mayor disponibilidad de recursos propios y financieros que les permiten obtener más rápidamente ganancias de la innovación. Las empresas grandes están diversificadas, lo que permite tener varios proyectos de I+D al tiempo y diversificar el riesgo (Kleinknecht, Van Montfort, & Brouwer, 2002 y Diaz, 1996). Por tanto, entre mayor sea el tamaño de la empresa, el desempeño innovador será mejor (novena hipótesis).

El *Sector industrial (new_sector)*, es relevante, dado que los conocimientos generados por una empresa pueden ser absorbidos por otras, debido a las externalidades positivas que generan los esfuerzos de investigación de otras empresas (*spillover*) (Griliches, 1979). Resaltan dos diferentes externalidades o efectos secundarios mas allá de la propia empresa: *spillover* (las nuevas ideas en una industria pueden ser útiles para otras) y derrames de conocimiento: gracias a la cercanía tecnológica los avances de una empresa benefician a toda la industria. El sector industrial es relevante para que se dé o no la innovación tecnológica. La cercanía a las fuentes de conocimiento mejora la capacidad de innovación en las organizaciones (Diaz M., 1996). Como la innovación empresarial difiere de un sector empresarial a otro, cuando el sector al que pertenece la firma efectúa un esfuerzo innovador alto la firma mejora su desempeño innovador (décima hipótesis).

2.5. Desempeño Innovador

El *desempeño innovador (desem_innova)* está constituido por los resultados de la función de producción de conocimientos, los cuales pueden ser evaluados de acuerdo con su impacto en el conocimiento tecnológico, como innovaciones incrementales y radicales. Las innovaciones radicales son aquellas que contienen un alto grado de conocimiento nuevo que genera una ruptura en la tecnología actual haciendo que esta se vuelva obsoleta, mientras que las innovaciones incrementales utilizan el nivel de conocimiento existente para introducir mejoras en los procesos y productos sin alcanzar a reemplazarlos (OCDE & EUROSTAT, 2005). Al respecto, Shumpeter (1942) consideró que las innovaciones radicales tienen un impacto significativo en la evolución económica a nivel mundial, mientras que las innovaciones incrementales impulsan un proceso de cambio continuo.

La firma que innova se enfrenta a la decisión de proteger¹ su propiedad intelectual o no hacerlo, para evitar la *imitación*. Cuando los costos de producción son altos, las empresas prefieren no utilizar ningún mecanismo de protección, debido a que la probabilidad de imitación va a ser mínima, pero cuando son bajos ocurre lo contrario (Zaby, 2010). En cualquiera de las dos elecciones, la firma corre el riesgo de que las empresas rivales mejoren o dupliquen su producto, y tomen parte del mercado. Por ello, al final la firma elige “excluir a terceros de la explotación de los propios esfuerzos innovadores” (Neuhäusler, 2012, p.2), a través de medios legales (patentes², licencias) e informales (secreto industrial, acuerdos de confidencialidad).

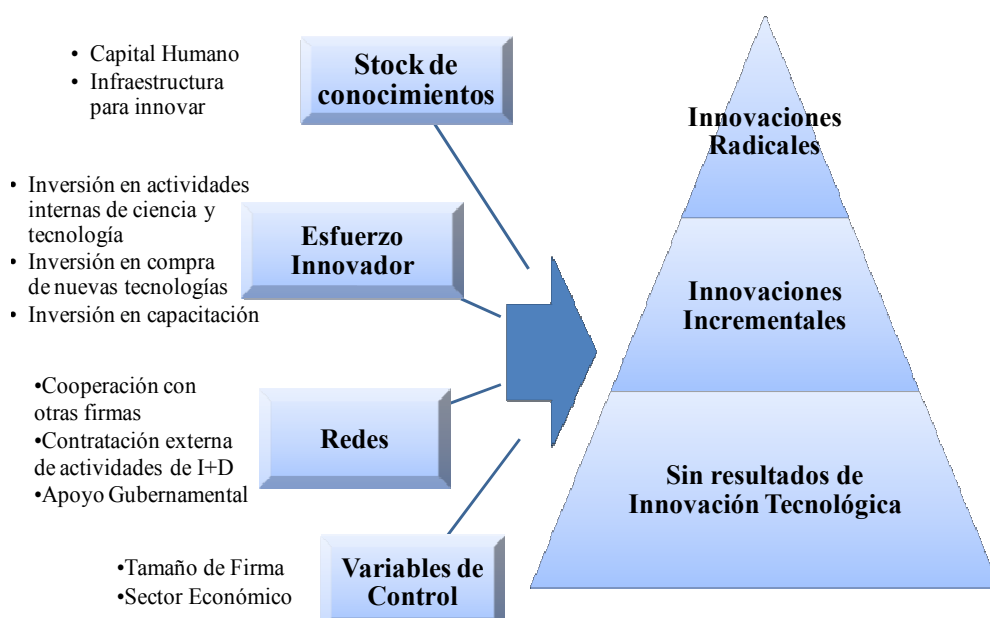
¹ La innovación, al ser protegida, se convierte en una falla de mercado que impide a las empresas rivales duplicar, es decir, actúa como barrera de entrada y otorga poder de mercado a la firma innovadora, cuyo propósito es que la firma vea compensados sus esfuerzos innovadores del pasado con las ganancias que obtendrá por un lapso del tiempo establecido (Denicolò & Franzoni, 2004).

² Las patentes de invención son “un privilegio que le otorga el Estado al inventor como reconocimiento de la inversión y esfuerzos realizados para llegar a la invención que aporta una solución técnica a la humanidad.

El modelo conceptual que sigue esta investigación se encuentra esquematizado en la grafica No. 2, la cual muestra los tipos de variables de la función de producción de conocimientos: por un lado los inputs, representando los determinantes de la innovación empresarial, y por el otro los outputs, indicando el desempeño innovador. Dicho esquema se puede explicitar en una relación funcional (2) de producción de innovaciones³.

(2)

Gráfica No 2: Determinantes del desempeño Innovador de las firmas



Fuente: Elaboración propia, con base en Malaver & Vargas (2007) y OCDE & EUROSTAT, (2005).

En resumen, las organizaciones empresariales en donde confluyen positivamente varios de los determinantes de la innovación, como capital humano dedicado a I+D, existencia de infraestructuras para innovar, alta inversión en actividades internas de I+D, compra de nuevas tecnologías, capacitación del capital humano, cooperación con otras firmas, contratación externa de I+D, apoyo del gobierno, mayor tamaño de la firma y el hecho de que el sector empresarial al que pertenece la firma posea un alto esfuerzo innovador, generan que, los resultados del desempeño innovador son mayores.

Dicho privilegio consiste en el derecho a explotar exclusivamente el invento por un tiempo determinado” (SIC. Súper Intendencia de Industria y Comercio, 2011)

³ Por último, se incluye un término de error () los factores no medibles por la encuesta como lo son el entorno, la competitividad y los flujos de conocimiento fuera de la empresa.

3. Especificación de las Variables del Modelo

El análisis de los determinantes del desempeño innovador de las firmas manufactureras colombianas que se presenta en este estudio se hizo con base en la Encuesta de Innovación y Desarrollo Tecnológico en la industria manufacturera colombiana (EDIT IV), desarrollada e implementada por el Departamento Administrativo de Estadística (DANE), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). La EDIT IV indaga sobre las actividades de desarrollo e innovación tecnológica que realizaron las empresas industriales colombianas entre los años 2007 y 2008. La población objeto de la EDIT IV corresponde a 8.654 empresas registradas en el directorio de la Encuesta Anual Manufacturera del año 2008, de las cuales 7.683 proporcionaron información sobre su proceso de innovación, y fueron tomadas para este estudio.

Para poder medir cada una de las variables propuestas, se ha efectuado la construcción de indicadores, tanto de los determinantes, de las variables de control, como del desempeño de la innovación empresarial. En esta sección se muestra la metodología de construcción de los indicadores de las variables independientes, de control y dependiente, y se efectúa un análisis descriptivo de estos.

3.1. Especificación de las variables explicativas

De acuerdo con el marco conceptual, dentro de los inputs de la función de producción de conocimientos se encuentran el capital humano y la infraestructura para innovar, representado el *stock* de conocimientos; la inversión en actividades internas de I+D, en compra de nuevas tecnologías y en capacitación del personal que involucre un grado de complejidad significativo, como parte del esfuerzo innovador; La cooperación con otras firmas, la contratación de terceros y la financiación de I+D por parte del gobierno se clasifican como redes organizacionales; estos tres tipos de determinantes se expondrán a continuación:

El *stock* de conocimientos representa el nivel actual de conocimientos tecnológicos de la firma, determinado por la investigación y gastos del pasado. Como los datos que se tienen disponibles provienen de una encuesta de corte transversal, no se puede utilizar el método de agregaciones y depreciaciones usual cuando se cuenta con una serie de tiempo, por ello, se ha decidido aproximarlos mediante dos indicadores: el capital humano e infraestructuras para innovar.

- El *capital humano* (cap_hum_i) fue medido como la proporción de personal que participó en la realización de actividades científicas, tecnológicas y de innovación (ACTI) con respecto al total en promedio para los años 2007 y 2008. En concordancia con Bos, Lamoén, & Sanders (2011), quienes midieron el *stock* de conocimientos, como la cantidad de investigadores en I + D a tiempo completo en el proceso de innovación. El valor promedio del capital humano en las empresas de manufactura en Colombia es 5%.
- La *infraestructura para innovar* ($depto_i$) se puede aproximar mediante la existencia de departamento interno de I + D como origen de ideas durante el periodo 2007 – 2008. Para cada una de las empresas se construyó una variable dicotómica que la representa, en donde se encontró que solo el 13,2% de las empresas tiene un departamento interno de Investigación y Desarrollo.

El segundo tipo de variables se encuentran clasificadas como de “flujo” y es medido mediante tres indicadores de inversión en actividades internas de I+D, compra de nuevas tecnologías, y capacitación del personal que involucre un grado de complejidad significativo.

- La *inversión en actividades internas de I+D* ($Invirtio_i$) se categorizó de acuerdo con si se invirtió o no en trabajos de creación sistemáticos llevados a cabo dentro de la empresa con el fin de aumentar el volumen de conocimientos e idear bienes, servicios, o procesos nuevos o mejorados en los años 2007 y 2008. El 9,1% de las firmas invirtieron en actividades internas de I+D.
- La *inversión en compra de nuevas tecnologías* ($compro_i$), es medida como un valor dicotómico que expresa si la firma invirtió en la adquisición de maquinaria, equipo (comprado para la producción o implementación de bienes, servicios o procesos nuevos o significativamente mejorados) y la transferencia tecnológica (adquisición o uso bajo licencia, de patentes u otros registros de propiedad intelectual, de otras empresas u organizaciones para utilizar en las innovaciones de su empresa), en los años 2007 y 2008. El 30,7% de las firmas invirtieron en nuevas tecnologías.
- La *inversión en capacitación del personal* ($capacito_i$) se calculó como una variable dicotómica que expresa si la empresa ha invertido en formación a nivel de maestría, doctorado y/o capacitación que involucre un grado de complejidad significativo (requiere de un personal capacitador altamente especializado), en los años 2007 y 2008. En promedio el 9% de las firmas invirtieron en capacitación.

El *apalancamiento externo* se midió a través de los siguientes tres indicadores: cooperación con otras firmas, contratación de terceros y apoyo del gobierno.

- La *Cooperación con otras firmas* ($coop_i$) se construyó como una variable dicotómica que indica si la firma ha cooperado o no para realizar actividades

científicas, tecnológicas y de investigación y desarrollo I+D con otras empresas del mismo grupo, proveedores, clientes, y/o competidores, en los últimos dos años. Fue el caso del 16,5% de las firmas.

- La *contratación de terceros* ($contrato_i$) se calculó como una variable dicotómica que expresa si la firma ha contratado con consultores, universidades, centros de desarrollo tecnológico, regionales, de investigación, parques tecnológicos y organizaciones internacionales, en los últimos dos años para realizar actividades científicas, tecnológicas y de investigación y desarrollo I+D. Se efectuó al menos una contratación de terceros para efectuar ACTI en el 10,1% de las firmas.
- El *apoyo del gobierno en ACTI* (gob_i) se aproximó mediante una variable dicotómica que expresa si existieron relaciones de apoyo gubernamental en la realización de actividades científicas, tecnológicas y de innovación (COLCIENCIAS, SENA, ICONTEC, Superintendencia de Industria y Comercio, Dirección Nacional de Derechos de Autor y/o Ministerios), en 2007 y 2008. El 18,5% de las firmas han recibido apoyo estatal para innovar.

Se habla de variable de control cuando se quiere desagregar los resultados dependiendo de si pertenecen a un grupo o no. En este caso las firmas pueden clasificarse según el tamaño de la empresa y conforme al grupo industrial al cual pertenece, con el fin de ver si los resultados se mantienen independientemente de la diferenciación.

- El *tamaño de la firma* ($tamano_i$) se categorizó clasificando las firmas manufactureras de Colombia, conforme al Artículo 2 de la Ley 905 de 2004 de Colombia, en donde establece que las microempresas tienen una planta de personal no mayor de 10 trabajadores, las pequeñas empresas, entre 11 y 50 trabajadores, las medianas empresas entre 51 y 200 empleados y las grandes empresas 201 o más trabajadores. Se encontró que el 21,9% de las firmas encuestadas son microempresas, el 45,8% son pequeñas empresas, el 22,7% son medianas empresas y el 9,6% son grandes empresas.
- El *sector industrial* (new_sector_i): se clasificaron las empresas de acuerdo con el esfuerzo innovador del sector al que pertenecen, en dos categorías: por encima y por debajo del promedio de la industria manufacturera colombiana. A cada grupo industrial (al nivel de tres dígitos de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme – CIIU) se le calculó el esfuerzo innovador promedio, con base en este último se estableció el promedio del total de los 64 grupos industriales de la totalidad de la industria manufacturera (\$391'497.700) y con base en dicho valor se determinó si el sector al que pertenece la firma efectuó una inversión en actividades de Ciencia Tecnología e Innovación superior o inferior a la media. El 70,5% de las empresas quedaron clasificadas con bajo esfuerzo innovador y el 29,5% en alto (Ver Anexo A).

3.2. Especificación de la variable dependiente

Los indicadores de resultados de la innovación tecnológica utilizados para efectuar análisis econométrico, utilizando los datos cualitativos y cuantitativos acerca de la actividad innovadora y la introducción de innovaciones en el mercado, son usualmente: la introducción de nuevos productos y procesos, el porcentaje de las ventas de productos nuevos, los gastos en I + D, y las patentes (Mairesse & Mohnen, 2010).

Teniendo en cuenta que el propósito de esta investigación es el de precisar los determinantes del desempeño innovador (productos y procesos) y no la medición del impacto en el mercado de la innovación exclusivamente de productos, se ha descartado el uso de la participación de las ventas de productos innovadores con respecto al total; de igual manera, no se utilizara los gastos en I+D, frecuentemente usado como esfuerzo innovador, dado que es un input de innovación y este documento pretende evaluar los outputs, es decir, los resultados.

La literatura existente sobre el tema habla de dos tipos de innovaciones: radicales e incrementales, conceptos que se pueden concatenar con los dos indicadores propuestos por Mairesse y Mohnen (2010), es decir, se puede tomar la introducción al mercado de nuevos productos y procesos como una aproximación de una innovación incremental y, a las patentes, de una innovación radical. En cuanto a la primera, se sabe que una innovación incremental se basa en el conocimiento existente para generar el nuevo producto o proceso, pero al no cumplir con los requisitos estrictos de patentabilidad, no se puede garantizar que haya un aporte real de nuevos conocimientos. Sin embargo, si existe una mejora significativa, por ello se puede aproximar como una innovación incremental.

La salida convencional de la función de producción de conocimientos son las patentes, gracias a que la información de su existencia es confiable y exacta (Griliches, 1979; Amara & Landry, 2005; Raffo, Lhuillery, Freitas, Miotti, & De Negriti, 2007 y Bos, Lamoén, & Sanders, 2011). No obstante, unas de las desventajas son: la omisión de invenciones o innovaciones no patentadas, la proporción de patentes que nunca llegaron a ser productos o procesos realmente viables y el valor heterogéneo en el grado de novedad de las invenciones (Kleinknecht, Van Montfort, & Brouwer, 2002).

Sin embargo, dado que la patente “garantiza un nivel mínimo de originalidad, así como la presentación de una alta probabilidad de convertirse en un producto innovador, debido al alto costo en tiempo y dinero involucrado en el proceso” (Traducción de Buesa, Heijs, & Baumert, 2010, pág. 723) y haciendo el supuesto de que todo lo que se patenta se lleva al mercado, se puede decir que una innovación que es patentada genera un aporte al conocimiento del país y puede representar las innovaciones radicales. Se sabe que en una

encuesta no se puede medir el impacto de dicha innovación para establecer si generó un nuevo mercado, pero a nivel nacional si es un logro importante para diferenciar frente a las demás innovaciones. Por esto, se asumen las patentes como innovaciones radicales.

Cuadro No. 1. Desempeño innovador de las firmas manufactureras.

Desempeño Innovador	Frecuencia	Porcentaje
Sin resultados	4.138	69,8
Con innovaciones incrementales	1.731	29,2
Con innovaciones radicales	61	1
Total	5.930	100

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

Ningún indicador refleja totalmente la innovación por sí solo, por lo tanto, este documento considera que la mejor medida disponible es combinarlos, construyendo una categorización del desempeño innovador en orden ascendente, de acuerdo con el grado de complejidad, que incluye tres niveles: primero, empresas que no han obtenido ningún resultado; segundo, las empresas que han efectuado al menos una innovación incremental (bienes, servicios y/o procesos, tanto mejorados como nuevos para el mercado nacional e internacional, implementados en la empresa), pero que no han patentado; y tercero, las empresas que han efectuado al menos una innovación radical, es decir, han patentado al menos un producto. De acuerdo con la información registrada en la EDIT IV (ver Cuadro No. 1), el 69,8% de las empresas no registra resultados de innovación, el 29,2% posee innovaciones incrementales y el 1% radicales.

3.3. Análisis descriptivo de los regresores con respecto a la variable dependiente

Antes de efectuar la estimación del modelo, se ha efectuado un análisis descriptivo previo, con el fin de explorar las posibles relaciones entre cada uno de los determinantes y el desempeño innovador (ver Cuadro No 2), en donde se encontró las siguientes características de las firmas manufactureras en Colombia durante el periodo 2007–2008, de acuerdo con los tres tipos de resultados de innovación, así:

3.3.1 Las firmas sin resultados de innovación

Son el 69,8% de las empresas encuestadas, las cuales se caracterizan por:

- Poseer un *stock* de conocimientos bajo dado que el 94,9% no tiene departamento de I+D y la proporción promedio de trabajadores en actividades de I+D es del 2,5%.

- Su esfuerzo innovador es bajo: el 97,4% no invirtió en actividades internas de I+D, el 97% no invirtió en capacitación de personal que involucre un grado de complejidad significativo y el 87,5% no invirtió en compra de nuevas tecnologías.
- El apalancamiento externo es escaso, el 95,9% no contrató actividades externas de I+D, el 87,4% no cooperó con otras firmas y el 89,4% no obtuvo apoyo gubernamental para innovar.
- En cuanto al tamaño de la firma, un 74,5% son microempresas y pequeñas empresas.
- La mayoría de las empresas pertenece a un sector industrial con bajo esfuerzo innovador.

Cuadro No 2: Resumen de variables explicativas según el desempeño innovador

Determinantes de la Innovación		Desempeño Innovador		
		Sin Resultados (%)	Innovadoras incrementales (%)	Innovadoras radicales (%)
Stock	Personal en I+D	2,5	12,5	16
	Existencia de departamento de I+D	5,1	35,9	60,9
Flujo	Invirtió en actividades internas de I+D	2,6	27,3	43,4
	Invirtió en compra de tecnologías	12,5	83,8	65,2
	Invirtió en Capacitación	3	25,9	43,5
Redes	Cooperación con otras firmas	12,6	43	50,7
	Contratación externa	4,1	27,1	40,6
	Apoyo del Gobierno	10,6	41,3	47,8
VARIABLES DE CONTROL				
Sector Industrial	Bajo Esfuerzo Innovador	73,3	63,3	40,6
	Alto Esfuerzo Innovador	26,7	36,7	59,4
Tamaño de Empresa	Microempresa	26,4	8,4	10,1
	Pequeña	48,1	39,5	37,7
	Mediana	19,4	32,4	29
	Grande	6,1	19,8	23,1

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

3.3.2 Las firmas con innovaciones incrementales

Son el 29,2% de las empresas manufactureras encuestadas, las cuales se caracterizan por:

- En su *stock* de conocimientos, el 36% no tiene departamento de I+D y la proporción promedio de trabajadores en actividades de I+D es el 12,5%.

- El esfuerzo innovador es alto para la compra de nuevas tecnologías, dado que el 83,8% de las firmas ha invertido en este rubro, no obstante, la proporción de empresas que invirtió en actividades internas de I+D y en capacitación de personal es inferior al 30%.
- En cuanto al apalancamiento externo, el 72,9% no contrató actividades externas de I+D, el 57% no cooperó con otras firmas y el 58,7% no obtuvo apoyo gubernamental para innovar.
- En cuanto al tamaño de las firmas, un 72% está constituido por pequeñas y medianas empresas.
- Un poco más de la mitad de las empresas pertenece a un sector industrial con bajo esfuerzo innovador.

3.3.3 *Las firmas con innovaciones radicales*

Constituyen el 1% de las empresas encuestadas, las cuales se caracterizan por:

- Poseer un *stock* de conocimientos alto dado que el 61% tiene departamento de I+D y la proporción promedio de trabajadores en actividades de I+D es del 16%.
- En cuanto al esfuerzo innovador, el 43% invirtió en actividades internas de I+D, el 65% invirtió en capacitación de personal que involucra un grado de complejidad significativo y el 43% no invirtió en compra de nuevas tecnologías.
- El apalancamiento externo es el mayor de las tres categorías: el 50,7% cooperó con otras firmas, el 40,6% contrató actividades externas de I+D, y el 47,8% obtuvo apoyo gubernamental para innovar.
- En cuanto al tamaño de la firma, un 52% corresponde a medianas y grandes empresas.
- Un poco más de la mitad de las empresas pertenece a un sector industrial con alto esfuerzo innovador.

3.4. **Análisis de independencia de las variables**

Dado que en esta investigación se hace un análisis de variables categóricas, se utilizan las pruebas de independencia⁴, de Pearson, Kendall y Spearman comprobando que todas las variables del modelo están relacionadas entre sí, esto no implica que la relación sea lineal⁵ (Ver Anexo A). Este resultado es esperado y consistente con la literatura revisada, dado que, la coexistencia de estrategias para innovar (actividades de I+D, comprar tecnologías, cooperar, entre otros) se complementan de tal manera que si se efectúan dos o más los efectos son mayores que la suma de los resultados individuales (Mairesse & Mohnen, 2010).

⁴ Las pruebas de correlación miden la relación lineal entre dos variables continuas, no aplica para este caso.

⁵ Después de la estimación se descartó la hipótesis de existencia de multicolinealidad perfecta, mediante el cálculo del factor de inflación de varianzas.

4. Modelo Multinomial Ordenado

El conjunto de observaciones de corte transversal a analizar correspondiente a 5.930 empresas manufactureras de Colombia ($N = 5930$), los individuos (i) a estudiar son cada una de estas firmas, las cuales se suponen idénticamente distribuidas e independientes. La variable dependiente es discreta y corresponde a un vector ($N \times 1$) de variables aleatorias que toman un valor limitado y conocido de valores $Y_i \in \{0,1,2\}$, que en este caso son tres alternativas ordenadas: primero, las firmas que no obtuvieron resultados de innovación (0), segundo, las firmas que obtuvieron innovaciones incrementales (1) y tercero, las firmas que obtuvieron innovaciones radicales (2). El conjunto de variables explicativas $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{iN})$ son no estocásticas y están representadas por una matriz ($N \times K$) en donde, la i -ésima fila expresa la información de las K variables exógena correspondientes a la i -ésima empresa.

4.1. Elección del modelo a especificar

Se especificó un modelo multinomial ordenado para establecer los perfiles de las empresas manufactureras de acuerdo con su nivel de desempeño innovador dado que, permite matizar los diversos resultados, al ser una encuesta, se efectúa un modelo de corte transversal, como la variable dependiente es discreta se usan los modelos con variable dependiente limitada, el desempeño innovador, expresa tres alternativas por ello es multinomial y como la variable dependiente indica un orden, se usa un Ordenado. Se detalla más a continuación.

El desempeño innovador, visto como la variable dependiente del modelo, es discreto y expresa varias alternativas ordinales mutuamente excluyentes, en este caso, la regresión lineal⁶ no es adecuada para explicar las particularidades de esta variable endógena dado que presenta tres problemas:

- Primero, acotamiento, debido a que las predicciones de la probabilidad pueden no estar dentro del rango de $(0,1)$;
- Segundo, discretitud, la variable dependiente es una variable discreta y el modelo de regresión lineal es para variables continuas; y
- Tercero, incumple el supuesto de normalidad en los errores, por lo cual la varianza de los errores no es constante, es decir se presenta heterocedasticidad.

Por estas tres razones, en los modelos de variable dependiente discreta no se utiliza el método de mínimos cuadrados.

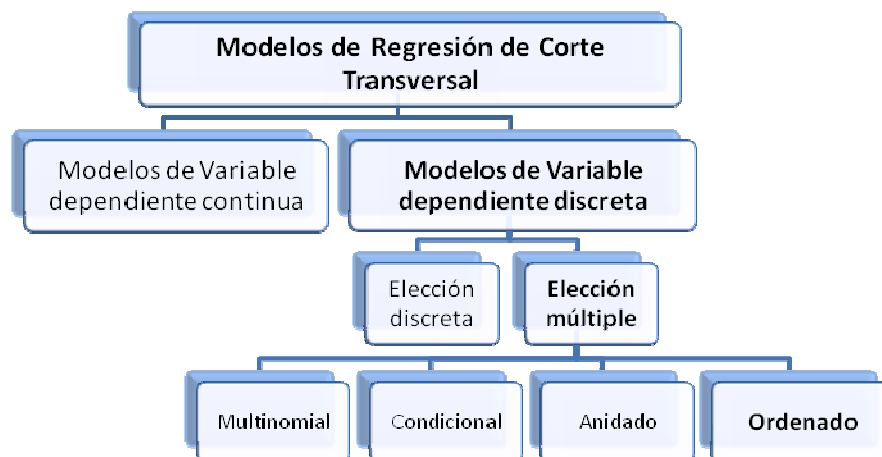
⁶ La aproximación lineal, se efectúa para variables continuas o cuantitativas, se requiere normalidad en los errores, las predicciones pueden tomar cualquier valor y el método de estimación de mínimos cuadrados.

Los modelos de variable dependiente discreta⁷ resuelven los problemas de acotamiento, discretitud y no normalidad mediante el método de máxima verosimilitud, el cual consiste en maximizar la función de verosimilitud. Este método tiene la ventaja de que no requiere del supuesto de normalidad en los errores, sin embargo, los estimadores de máxima verosimilitud coinciden con los obtenidos por el método de mínimos cuadrados (Davidson & MacKinnon, 2004).

Los modelos de elección son utilizados para entender las decisión de un agente económico frente a varias alternativas, los cuales se dividen en dos (ver Grafica No 3): primero, los modelos binomiales de elección discreta cuando la variable de respuesta es categórica y binaria, estos se modelan de acuerdo con la función de distribución acumulada, si es Logística se habla de un modelo Logit y si es Normal Estándar entonces será un Probit (Davidson & MacKinnon, 2004).

El segundo conjunto de modelos se utiliza cuando la variable dependiente expresa tres o más alternativas, en estos casos se habla de los modelos de elección múltiple, donde su especificación puede ser de cuatro tipos: multinomial (las alternativas no expresan un orden y los regresores no varían entre las alternativas del individuo), condicional (las alternativas no expresan un orden y los regresores varían a través de las alternativas del individuo), anidado (la variable de respuesta expresa al menos dos decisiones secuenciales) y ordenado (las alternativas de la variable de interés poseen un orden natural), (Cameron & Trivedi, 2005).

Gráfica No 3: Tipología de modelos de variable dependiente discreta



Fuente: Elaboración propia con base en Cameron & Trivedi (2005) y Davidson & MacKinnon (2004)

⁷ La aproximación no lineal logit, se usa en variables categóricas o cualitativas, en ella, los errores se distribuyen con una función logística, las predicciones de la probabilidad están dentro del rango de (0,1) y el método de estimación es el de máxima verosimilitud.

Cuando la variable dependiente es discreta y sus valores indican un orden, no es correcto realizarlo por un modelo multinomial desordenado, ya que la inclusión de la información que aporta el orden de las alternativas en la especificación del modelo permite obtener mejores resultados. (Cameron & Trivedi, 2005), por todas las razones anteriormente mencionadas en este documento, se utilizará un *modelo multinomial ordenado* para establecer los perfiles de las empresas manufactureras de acuerdo a su nivel de desempeño innovador.

4.2. Especificación del Modelo Multinomial Ordenado

El desempeño innovador como variable dependiente a estimar consta de tres alternativas que expresan un orden intrínseco, por ello, se utilizó un modelo multinomial ordenado, el cual se basa en la existencia de una variable latente (desempeño innovador) \mathbf{y}_i^o que no puede ser directamente observada, pero si puede ser inferida por medio de otra variable observable (categorías de desempeño innovador) \mathbf{y}_i , a pesar de que la variable latente no es observada se sabe su interrelación por medio de las probabilidades (Cameron & Trivedi, 2005).

$$\begin{aligned} \text{Empresa sin resultados de innovación } y_i = 0 & \text{ si } \mathbf{y}_i^o < \gamma_1 \\ \text{Empresa con innovaciones incrementales } y_i = 1 & \text{ si } \gamma_1 \leq \mathbf{y}_i^o < \gamma_2 \\ \text{Empresa con innovaciones radicales } y_i = 2 & \text{ si } \mathbf{y}_i^o \geq \gamma_2 \end{aligned}$$

El número de umbrales equivale al número de alternativas menos 1, estos límites γ_1 y γ_2 , (desconocidos a priori y estimados en el modelo) determinan los valores de \mathbf{y}_i^o , y se traducen en las tres alternativas posibles de y_i . Para que el modelo cumpla con la condición de orden γ_1 debe ser menor que γ_2 . En todos los casos la probabilidad de cada una de las tres alternativas ($y_i = 0, y_i = 1, y_i = 2$) debe ser positiva y están definidas por:

Para No obtener resultados de innovación (0),

$$\begin{aligned} \Pr(y_i = 0) &= \Pr(\mathbf{y}_i^o < \gamma_1) \\ &= \Pr(\mathbf{X}_i\beta + u_i < \gamma_1) \\ &= \Pr(u_i < \gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta) \\ &= \Phi(\gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta) \end{aligned} \tag{3}$$

Para obtener innovaciones incrementales (1)

$$\begin{aligned} \Pr(y_i = 1) &= 1 - \Pr(y_i = 0) - \Pr(y_i = 2) \\ &= 1 - \Phi(\gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta) - \Phi(\mathbf{X}_i\beta - \gamma_2) \\ &= \Phi(\gamma_2 - \mathbf{X}_i\beta) - \Phi(\gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta) \end{aligned} \tag{4}$$

Para obtener innovaciones radicales (2).

$$\begin{aligned}
\Pr(y_i = 2) &= \Pr(y_i^o \geq \gamma_2) \\
&= \Pr(\mathbf{X}_i\beta + u_i \geq \gamma_2) \\
&= \Pr(u_i \geq \gamma_2 - \mathbf{X}_i\beta) \\
&= \Phi(\mathbf{X}_i\beta - \gamma_2)
\end{aligned} \tag{5}$$

Las probabilidades dependen únicamente del valor de la función de índice y de los dos parámetros de umbral, por ello la función verosimilitud del modelo multinomial ordenado con base en Davidson & MacKinnon (2004) se deriva como:

$$\begin{aligned}
\ell(\beta, \gamma_1, \gamma_2) &= \sum_{y_i=0} \log(\Phi(\gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta)) + \sum_{y_i=1} \log(\Phi(\gamma_2 - \mathbf{X}_i\beta) - \\
&\quad \Phi(\gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta)) + \sum_{y_i=2} \log(\Phi(\mathbf{X}_i\beta - \gamma_2))
\end{aligned} \tag{6}$$

En donde Φ es la función de distribución acumulada de los errores u_i de la cual depende la especificación del modelo, si es un *logit ordenado* se modela como una función logística.

$$\Phi = \frac{e^{\mathbf{X}_i\beta}}{(1+e^{\mathbf{X}_i\beta})} \tag{7}$$

Y si es un *probit ordenado* como una función normal estándar.

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\mathbf{X}_i\beta^2/2} \tag{8}$$

Mediante el método de máxima verosimilitud, se estiman de forma conjunta, tanto los coeficientes β como los umbrales γ , mediante algoritmos iterativos de optimización como el Newton Rapson, que maximiza la probabilidad de obtener los valores de la variable de dependiente. Los parámetros estimados de la regresión no se pueden analizar directamente en su magnitud, solo en su signo. Si se quiere cuantificar el aumento de la probabilidad de una de las alternativas dado el cambio de uno de sus regresores, se requiere estimar los efectos marginales (Cameron & Trivedi, 2005).

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Pr(y_i = 0)}{\partial x_k} &= \Phi'(\gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta) \beta_k \\
\frac{\partial \Pr(y_i = 1)}{\partial x_k} &= \Phi'(\gamma_2 - \mathbf{X}_i\beta)\beta_k - \Phi'(\gamma_1 - \mathbf{X}_i\beta)\beta_k \\
\frac{\partial \Pr(y_i = 2)}{\partial x_k} &= \Phi'(\mathbf{X}_i\beta - \gamma_2) \beta_k
\end{aligned} \tag{9}$$

En los modelos multinomiales, el efecto marginal está articulado con la probabilidad de cada una de las alternativas, dado que, cuando la probabilidad de una de las opciones se incrementa, al menos en otra alternativa se reduce, de tal manera que al sumar todas las estimaciones de probabilidad siempre son igual a uno, por ello, se dice que el efecto marginal es de suma cero, dado que se distribuye la probabilidad de ocurrencia dentro de las alternativas posibles (Greene, Ordered data, 2007).

4.3. Estimación y calibración del modelo multinomial ordenado

En este apartado se analiza la elección, especificación, y calibración del modelo multinomial ordenado que estima la función de producción de conocimientos de las firmas manufactureras en Colombia, expuesto en el modelo conceptual (ver ecuación 2). El primer paso consistió en estimar el modelo inicial con todas las variables identificadas (ver cuadro No 3) efectuándolo por los dos modelos propuestos, logit ordenado (o_logit) y probit ordenado (o_probit). El segundo paso consistió en observar las significancias individuales y excluir las variables no significativas, nuevamente para los modelos multinomiales ordenados: logit y probit (ologit_2, oprobit_2), y con base en las salidas se determina el modelo definitivo, tal como se explicara a continuación.

4.3.1 Pruebas de significancia Individual

El estadístico Z sigue una distribución normal estándar, con él se comprueba la significancia individual de cada uno de los coeficientes del modelo. Cuando la probabilidad del estadístico es inferior al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$), existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que el coeficiente sea igual a cero, por ello, se concluye que ese parámetro individualmente es diferente a cero $\beta \neq 0$ y ayuda a explicar la variable dependiente. En los resultados de las estimaciones presentadas en el cuadro No 3, se observa que la proporción del personal dedicado a efectuar actividades de investigación y desarrollo, la existencia de una estructura formal para innovar, la inversión monetaria en actividades internas de investigación, la inversión en capacitación que involucre un grado de complejidad significativo, la cooperación con otras empresas en actividades de ciencia y tecnología, la inversión en compra de nuevas tecnologías, el apoyo de gobierno y el sector al que pertenece explican cada una, individualmente, el desempeño innovador de la firma.

Por el contrario, existe evidencia para no rechazar la hipótesis nula que $\beta=0$, para las variables de contratación de terceros y tamaño de la firma, en el modelo logit ordenado; mientras que para el probit ordenado solamente no es significativa contratación de terceros,

por ello, son excluidas dichas variables y se procedió a efectuar nuevamente los dos modelos, (ver cuadro No. 3, el segundo grupo de estimaciones ologit_2 y oprobit_2), en cuyo caso todos los regresores resultaron significativos individualmente.

4.3.2 Prueba de significancia Conjunta

Mediante este estadístico chi-cuadrado (χ^2) se efectuó el test de Wald, que evalúa la significancia conjunta de los parámetros. La prueba consiste en testear la hipótesis nula de que todos los coeficientes estimados son estadísticamente iguales a cero (Greene, 2003). En el cuadro No 3, se observa que, en los cuatro modelos estimados, la probabilidad (p) es inferior al nivel de significancia ($\alpha=0,05$). Entonces se puede rechazar la hipótesis nula de que todos los coeficientes de regresión del modelo son iguales a cero, es decir, se deben dejar todas las variables porque en conjunto ayudan a explicar el desempeño innovador.

4.3.3 Bondad de ajuste del modelo

Con el fin de seleccionar el mejor modelo para utilizar como estimación de la función de producción de conocimientos, se efectuaron contrastes de los tres principales indicadores de la bondad de ajuste de los cuatro modelos (ver cuadro No. 3): el pseudo R^2 de Mc Fadden ($r2_p$), el valor de verosimilitud (ll) y el criterio de información de Akaike (aic).

El pseudo R^2 de Mc Fadden es la principal medida de ajuste del modelo, entre mayor sea este estadístico, existe una mayor capacidad explicativa del mismo (Cameron & Trivedi, 2005). Es importante aclarar que este estadístico no es equivalente al R^2 del modelo de regresión lineal, dado que el método de estimación no es por mínimos cuadrados, sino por máxima verosimilitud. De acuerdo con (Pando & San Martín, 2004, pág. 326). El “rango teórico de valores es $0 \leq R_{Mf}^2 \leq 1$, pero raramente su valor se aproxima a 1, suele considerarse una buena calidad de ajuste cuando $0,2 \leq R_{Mf}^2 \leq 0,4$ ”. El mejor ajuste lo presenta el *Logit Multinomial Ordenado con todas las variables* ($r2_p = 0,4215$).

El valor del *Log Likelihood* simboliza las iteraciones sucesivas que se efectuaron para converger al valor que maximiza la función de verosimilitud, entre menor sea este estadístico en términos absolutos, mejor ajuste posee la estimación. En este caso el log likelihood es menor para el *Logit Multinomial Ordenado con todas las variables* (ll = -2706,57). El criterio de información de Akaike es utilizado para comparar la bondad de ajuste entre dos o más modelos, en donde, entre menor sea su valor mejor es el modelo. Nuevamente, el mejor ajuste lo tiene *Logit Multinomial Ordenado con todas las variables* (aic = 5437,15).

No existe un argumento fuerte para Davidson & MacKinnon (2004), ni Cameron & Trivedi (2005) para afirmar que el modelo Logit o el Probit poseen una mejor calidad de ajuste por sí mismos, dado que los dos modelos son muy semejantes y la principal diferencia se encuentra en que la distribución logística tiene extremos ligeramente más anchos, lo que significa que la probabilidad condicional se aproxima a cero y a uno a una tasa menor en el modelo Logit en comparación con el Probit. No obstante, para este análisis en particular se ha elegido *el modelo logit multinomial ordenado con todas las variables*, dados los resultados de los estadísticos de bondad de ajuste, a pesar de que posee dos regresores no significativos. Sin embargo estos, en conjunto, ayudan a explicar la variable dependiente, además cuando dichas variables son excluidas del modelo, la bondad de ajuste se reduce.

Cuadro No 3. Estimaciones del modelo de Regresión Ordenado⁸

Variable	o_logit	ologit_2	o_probit	oprobit_2
desem_innova	.60487664	.64953371	.34440669	.34838362
depto	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
cap_hum	1.4228126	1.3552376	.78788307	.79462522
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
invirtio	.98981109	1.0036425	.49889045	.50175999
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
compro	2.8585916	2.8931034	1.5861989	1.5861
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
capacito	.39475115	.43367736	.21166257	.21828274
	0.0046	0.0018	0.0019	0.0014
contrata	.16964481		.07600451	
	0.1831		0.2508	
coop	.59694456	.65703684	.31798268	.34031666
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
gob	.33907402	.38597628	.18828486	.19881156
	0.0006	0.0001	0.0003	0.0001
tamano	.08545765		.05299793	.05577174
	0.0612		0.0257	0.0180
new_sector	.18880445	.2031872	.12199958	.12252416
	0.0166	0.0096	0.0034	0.0033
cut1				
_cons	3.1610846	3.0804033	1.7783621	1.7822038
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
cut2				
_cons	8.25191	8.1637124	4.3556977	4.3561262
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Statistics				
N	7683	7683	7683	7683
ll	-2706.5766	-2709.6242	-2750.9311	-2751.6586
chi2	2331.7083	2319.4239	2337.2119	2341.5368
p	0	0	0	0
r2_p	.42158804	.42093674	.41210921	.41195374
aic	5437.1531	5439.2484	5525.8622	5525.3172

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

⁸ Se descartó la hipótesis de existencia de multicolinealidad perfecta dado el estadístico: de factor de inflación de varianza (VIF) que muestra si existe un aumento en el error estándar ante un pequeño cambio de los regresores, como su valor es inferior a 4 no indica existencia de multicolinealidad grave. (Anexo B).

5. Análisis de los resultados

Los coeficientes de regresión no se pueden analizar directamente en su magnitud, solo indican la relación directa o inversa entre el regresor y la variable de respuesta, (Cameron & Trivedi, 2005), en relación con las hipótesis planteadas y de acuerdo con los signos estimados en el modelo Logit multinomial ordenado (cuadro No. 3), se puede afirmar que existe una relación directa entre el desempeño innovador de una firma y:

- La proporción del personal en actividades de investigación y desarrollo.
- Existencia de departamento de I+D.
- Inversión en actividades internas de I+D.
- Inversión en contratación de actividades externas de I+D.
- Inversión en compra de nuevas tecnologías.
- Cooperación con otras empresas en actividades de I+D.
- Contratación de actividades externas de I+D.
- Apoyo del gobierno en actividades de I+D.
- Tamaño de la empresa.
- Pertenecer a un sector con un esfuerzo innovador alto.

No obstante, estos resultados se preveían desde la teoría. El aporte de esta investigación consiste en cuantificar: la probabilidad de ocurrencia para cada uno de los tres tipos de desempeño innovador, los cambios ante variaciones de los regresores y establecer perfiles de los tipos de empresa, lo cual se presentará a continuación.

5.1. Efectos marginales evaluados en la empresa manufacturera representativa

Según la tabla No. 4, al evaluar el desempeño innovador de la empresa manufacturera representativa (cada uno de los regresores ha sido evaluado en su valor medio) de Colombia se sabe que:

- Existe el 0,1% de probabilidad que obtenga una innovación radical, siendo los tres factores que más inciden en su aumento: la compra de nuevas tecnologías, la capacitación del personal que involucre un grado de complejidad significativo y la proporción de personal en actividades internas de I+D.
- La probabilidad de que obtenga una innovación incremental es del 15,7%. Los dos factores que más incrementan dicha probabilidad son la compra de nuevas tecnologías y la proporción de personal en actividades internas de I+D

- La probabilidad de no obtener innovaciones es del 84,1%. Los dos determinantes que más inciden para que se reduzca su probabilidad de no obtener resultados son la compra de nuevas tecnologías y la proporción de personal en actividades internas de I+D.

Cuadro No 4: Efectos marginales evaluados en la empresa representativa

. mfx, predict(p outcome(0))

Marginal effects after ologit
y = Pr(desem_innova==0) (predict, p outcome(0))
= .84117712

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	x
depto*	-.0934957	.02189	-4.27	0.000	-.136391 -.0506	.1325
cap_hum	-.1900852	.0286	-6.65	0.000	-.246147 -.134023	.050931
invirtio*	-.1698681	.03358	-5.06	0.000	-.235679 -.104057	.091501
compro*	-.5049825	.01418	-35.62	0.000	-.532765 -.4772	.307172
capacito*	-.0587165	.02303	-2.55	0.011	-.103862 -.013571	.090459
contrata*	-.0237237	.01862	-1.27	0.203	-.060219 .012772	.101653
coop*	-.0910115	.01838	-4.95	0.000	-.127031 -.054992	.16504
gob*	-.0486755	.01515	-3.21	0.001	-.078374 -.018977	.185474
tamano	-.011417	.00612	-1.87	0.062	-.023403 .000569	1.20253
new_se~r*	-.0259008	.01111	-2.33	0.020	-.047681 -.00412	.294937

. mfx, predict(p outcome(1))

Marginal effects after ologit
y = Pr(desem_innova==1) (predict, p outcome(1))
= .15766249

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	x
depto*	.0926073	.02166	4.27	0.000	.050148 .135067	.1325
cap_hum	.1884361	.02838	6.64	0.000	.132804 .244068	.050931
invirtio*	.168081	.03323	5.06	0.000	.102954 .233208	.091501
compro*	.4971169	.01411	35.23	0.000	.469463 .524771	.307172
capacito*	.0581754	.02282	2.55	0.011	.013458 .102892	.090459
contrata*	.0235131	.01845	1.27	0.203	-.012654 .059681	.101653
coop*	.0901545	.0182	4.95	0.000	.054477 .125832	.16504
gob*	.0482363	.01501	3.21	0.001	.018812 .077661	.185474
tamano	.0113179	.00606	1.87	0.062	-.000564 .0232	1.20253
new_se~r*	.025673	.01101	2.33	0.020	.00409 .047256	.294937

. mfx, predict(p outcome(2))

Marginal effects after ologit
y = Pr(desem_innova==2) (predict, p outcome(2))
= .00116039

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	x
depto*	.0008884	.00027	3.34	0.001	.000368 .001409	.1325
cap_hum	.0016491	.00035	4.75	0.000	.000969 .002329	.050931
invirtio*	.0017871	.00045	3.99	0.000	.000908 .002666	.091501
compro*	.0078656	.00124	6.34	0.000	.005435 .010297	.307172
capacito*	.0005411	.00024	2.30	0.022	.000079 .001003	.090459
contrata*	.0002106	.00017	1.23	0.218	-.000124 .000546	.101653
coop*	.0008571	.00022	3.83	0.000	.000419 .001295	.16504
gob*	.0004392	.00016	2.80	0.005	.000132 .000747	.185474
tamano	.000099	.00006	1.79	0.073	-9.3e-06 .000207	1.20253
new_se~r*	.0002278	.00011	2.12	0.034	.000017 .000439	.294937

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

Adicionalmente, se puede analizar cada una de las hipótesis evaluadas en la empresa representativa:

- Cuando la firma representativa pasa de no tener un departamento formal de I+D, a tenerlo, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 9,3%; la de lograr innovaciones incrementales aumenta en un 9,3%, y la de generar innovaciones radicales se incrementa en 0,08%.
- Cuando la firma representativa que posee un 5% del personal dedicado a efectuar actividades de investigación y desarrollo aumenta en un 1% esta proporción, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 19%, la de lograr innovaciones incrementales aumenta en un 18,8%, y la de generar innovaciones radicales se incrementa en 0,16%.
- Cuando la firma representativa pasa de no invertir en actividades internas de investigación y desarrollo, a hacerlo, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 16,9%; la de lograr innovaciones incrementales aumenta en un 16,8%, y la de generar innovaciones radicales se incrementa en 0,17%.
- Cuando la firma representativa pasa de no comprar nuevas tecnologías, a hacerlo, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 50,5%; la de lograr innovaciones incrementales aumenta en un 49,7%, y la de generar innovaciones radicales se incrementa en 0,78%.
- Cuando la firma representativa pasa de no capacitar a su personal en actividades que involucre un grado de complejidad significativo, a hacerlo, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 5,9%; la de lograr innovaciones incrementales aumenta en un 5,8%, y la de generar innovaciones radicales se incrementa en 0,05%.
- Cuando una firma pasa de no contratar actividades externas de investigación y desarrollo, a hacerlo, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 2,4%; la de lograr innovaciones incrementales aumenta en un 2,4%, y la de generar innovaciones radicales se incrementa en 0,02%.
- Cuando la firma representativa pasa de no cooperar con otras empresas para innovar, a hacerlo, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 9,1%; la de lograr mejoras incrementales aumenta en un 9%, y la de generar innovaciones radicales se incrementa en 0,08%.
- Cuando la firma representativa pasa de no tener apoyo del gobierno para innovar, a tenerlo, la probabilidad de no obtener resultados se reduce en 4,9%; la de lograr mejoras incrementales aumenta en un 4,8%, y la de generar innovaciones radicales incrementa en 0,04%.

5.2. Estimación de Probabilidad de acuerdo con las variables de *Stock*

Con base en la función de producción de conocimientos estimada, se puede predecir las probabilidades de efectuar un tipo de innovación, de acuerdo con el perfil de la firma. Como se puede observar en los cuadros No. 5 y 6, se ha efectuado un árbol en donde se combinan el conjunto de posibilidades que pueden tomar las variables de *stock* de conocimientos, de acuerdo con las variables de control. Por ejemplo, en términos generales, en una firma que posee departamento de I+D se aprecia como la probabilidad de no innovar se reduce en la medida que se incrementa la proporción de personal en actividades de I+D.

Cuadro No 5: Estimación de las probabilidades del desempeño innovador de acuerdo con las variables de *stock* y el sector industrial

Tipo de Sector al que pertenece la firma	Infraestructura para Innovar	Proporción de personal en actividades de I+D (%)	Probabilidad de No Innovar (%)	Probabilidad de Innovar Incremental (%)	Probabilidad de Innovar Radical (%)
Bajo esfuerzo innovador	No existe departamento de I+D	0 -5	83.1	16.7	0.3
		5,01 -10	44.3	54.2	1.5
		10,01 -20	40.3	57.5	2.3
		20,01 -100	44.0	53.4	2.6
	Existe Departamento de I+D	0 -5	31.5	64.7	3.9
		5,01 -10	20.3	73.0	6.7
		10,01 -20	20.8	65.9	13.3
		20,01 -100	16.2	70.9	12.9
Alto esfuerzo innovador	No existe departamento de I+D	0 -5	83.1	16.7	0.3
		5,01 -10	44.3	54.2	1.5
		10,01 -20	40.3	57.5	2.3
		20,01 -100	44.0	53.4	2.6
	Existe Departamento de I+D	0 -5	31.5	64.7	3.9
		5,01 -10	20.3	73.0	6.7
		10,01 -20	20.8	65.9	13.3
		20,01 -100	16.2	70.9	12.9

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

Analizando el tamaño de la empresa (cuadro No. 6), se observa que a medida que este aumenta, la probabilidad de obtener innovaciones radicales se incrementa. Así mismo, persiste la tendencia de que empresas con departamentos de I + D en cada subgrupo (microempresas, pequeñas empresas, medianas empresas y grandes empresas) tienen mayores probabilidades de obtener innovaciones incrementales y radicales que las empresas que no lo tienen.

Cuadro No 6. Estimación de las probabilidades del desempeño innovador de acuerdo con las variables de *stock* y el tamaño de la firma

Tamaño de la Firma	Infraestructura para Innovar	Proporción de personal en actividades de I+D (%)	Probabilidad de No Innovar (%)	Probabilidad de Innovar Incremental (%)	Probabilidad de Innovar Radical (%)
Micro-empresas	No existe departamento de I+D	0 -5	93.8	6.2	0.1
		5,01 -10	66.9	32.6	0.5
		10,01 -20	66.1	33.2	0.6
		20,01 -100	52.4	46.3	1.3
	Existe Departamento de I+D	0 -5	72.5	26.8	0.7
		10,01 -20	62.4	37.2	0.5
Pequeñas Empresas	No existe departamento de I+D	0 -5	88.3	11.6	0.1
		5,01 -10	52.7	46.5	0.9
		10,01 -20	51.6	47.5	1.0
		20,01 -100	43.7	54.4	1.9
	Existe Departamento de I+D	0 -5	56.7	42.1	1.2
		5,01 -10	29.0	67.8	3.2
Empresas Medianas	No existe departamento de I+D	0 -5	79.9	19.8	0.3
		5,01 -10	46.3	52.6	1.2
		10,01 -20	45.4	53.5	1.1
		20,01 -100	33.5	64.3	2.2
	Existe departamento de I+D	0 -5	35.9	61.4	2.6
		5,01 -10	21.0	74.1	4.9
Grandes Empresas	No existe departamento de I+D	0 -5	69.6	29.8	0.7
		5,01 -10	35.3	62.6	2.1
		10,01 -20	38.4	59.4	2.2
		20,01 -100	26.3	69.8	3.9
	Existe Departamento de I+D	0 -5	24.9	70.0	5.0
		5,01 -10	15.5	78.4	6.1
		10,01 -20	21.9	71.5	6.6
		20,01 -100	6.8	78.4	14.8

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

Si se analiza el efecto conjunto de las dos variables de *stock*, existen dos casos claros:

- Para todas las firmas que no tienen departamento de I+D y su proporción de trabajadores en actividades de I+D es menor al 5%, la probabilidad de obtener una innovación incremental es menor al 1%, independientemente del tamaño de la firma y del tipo de sector industrial al que pertenezca.

- Para todas las firmas que tienen departamento de I+D y su proporción de trabajadores en actividades de I+D es mayor al 20%, la probabilidad de obtener una innovación radical es superior al 6% y se incrementa con un mayor tamaño de la firma y cuando pertenece a un sector industrial con mayor esfuerzo.

5.3. Estimación de Probabilidad de acuerdo con las variables de Flujo

Cuando se realiza la estimación de probabilidades de acuerdo con el esfuerzo innovador de la firma al interior de la empresa (cuadros No. 7 y 8), se puede apreciar que la probabilidad de obtener innovaciones radicales se encuentra alrededor del 10%, cuando se invierte en actividades internas de I + D, en compras de nuevas tecnologías y en capacitación especializada al tiempo, independientemente del tamaño de la firma y del sector. Así mismo, las innovaciones radicales son nulas cuando no se efectúa ninguno de los tres tipos de esfuerzo innovador al interior de la firma.

Cuadro No 7. Estimación de las probabilidades del desempeño innovador de acuerdo con las variables de Flujo según el sector

Sector al que pertenece la firma	Actividades internas de I+D	Compra de Nuevas Tecnologías	Capacitación especializada	Probabilidad de No Innovar (%)	Probabilidad de Innovar Incremental (%)	Probabilidad de Innovar Radical (%)
Bajo esfuerzo innovador	No	No	No	95.0	5.0	0.0
			Si	84.0	15.8	0.1
		Sí	No	42.5	56.5	1.0
			Si	25.3	72.3	2.4
	Sí	No	No	77.5	22.3	0.2
			Si	58.5	40.9	0.6
		Sí	No	15.1	80.3	4.6
			Si	7.7	82.8	9.5
Alto esfuerzo innovador	No	No	No	93.6	6.3	0.0
			Si	83.6	16.3	0.1
		Sí	No	34.4	64.1	1.5
			Si	20.4	76.5	3.1
	Sí	No	No	70.2	29.4	0.3
			Si	50.0	49.3	0.7
		Sí	No	12.4	81.8	5.7
			Si	6.4	81.8	11.8

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

Cuando se evalúan las variables de flujo con respecto al incremento del tamaño de la empresa, se mantiene la tendencia positiva de efectuar innovaciones incrementales y

radicales. No obstante, cuando la firma invierte en compra de nuevas tecnologías y en capacitación de alto nivel, la probabilidad de obtener una innovación incremental es superior al 70%, independientemente del tipo de sector industrial y el tamaño de la firma.

Cuadro No 8. Estimación de las probabilidades del desempeño innovador de acuerdo con las variables de Flujo según el tamaño de la Firma

Tamaño de la Firma	Actividades internas de I+D	Compra de Nuevas Tecnologías	Capacitación especializada	Probabilidad de No Innovar (%)	Probabilidad de Innovar Incremental (%)	Probabilidad de Innovar Radical (%)
Micro-empresas	No	No	No	95.3	4.7	0.0
			Sí	80.7	19.1	0.2
		Sí	No	44.1	54.8	1.0
			Sí	29.5	68.5	2.1
	Sí	No	No	72.3	27.5	0.3
			Sí	53.8	45.3	0.8
		Sí	No	13.0	81.2	5.8
			Sí	9.2	80.3	10.5
Pequeñas Empresas	No	No	No	94.7	5.2	0.0
			Sí	87.3	12.6	0.1
		Sí	No	43.1	55.9	1.0
			Sí	23.9	73.3	2.7
	Sí	No	No	76.3	23.5	0.2
			Sí	56.8	42.7	0.6
		Sí	No	15.6	79.9	4.5
			Sí	8.1	82.0	10.0
Empresas Medianas	No	No	No	93.8	6.1	0.0
			Sí	83.0	16.8	0.1
		Sí	No	37.4	61.3	1.3
			Sí	25.2	72.4	2.4
	Sí	No	No	75.4	24.4	0.2
			Sí	55.5	43.9	0.6
		Sí	No	14.5	80.9	4.7
			Sí	7.1	82.1	10.7
Grandes Empresas	No	No	No	92.6	7.3	0.1
			Sí	78.4	21.5	0.2
		Sí	No	31.9	66.3	1.8
			Sí	19.5	77.4	3.1
	Sí	No	No	67.2	32.5	0.3
			Sí	51.8	47.5	0.6
		Sí	No	11.5	82.4	6.1
			Sí	6.4	83.0	10.6

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

5.4. Estimación de Probabilidad de acuerdo con las variables de Red

El relacionamiento externo de la firma y los acuerdos cooperativos que efectúa para innovar hace que la obtención de innovaciones, tanto incrementales como radicales, sea mayor. Por el contrario, cuando no posee ninguna red de apalancamiento externo, la probabilidad de no obtener innovaciones es superior al 70%.

Cuadro No 9. Estimación de las probabilidades del desempeño innovador de acuerdo con las variables de red según el sector

Sector al que pertenece la firma	Coopero con otras firmas	Contrato I+D Externo	Apoyo del Gobierno	Probabilidad de No Innovar (%)	Probabilidad de Innovar Incremental (%)	Probabilidad de Innovar Radical (%)
Bajo esfuerzo innovador	No	No	No	87.2	12.7	0.2
			Sí	64.3	34.7	1.0
		Sí	No	63.5	35.6	0.8
			Sí	49.2	49.0	1.8
	Sí	No	No	48.7	49.7	1.6
			Sí	37.8	59.3	2.9
		Sí	No	29.3	67.1	3.6
			Sí	25.1	69.4	5.5
Alto esfuerzo innovador	No	No	No	82.3	17.4	0.3
			Sí	56.5	42.2	1.3
		Sí	No	49.9	48.5	1.6
			Sí	42.1	56.1	1.8
	Sí	No	No	47.0	51.1	2.0
			Sí	26.2	70.0	3.8
		Sí	No	29.3	66.6	4.1
			Sí	19.7	72.7	7.6

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

En todos los casos analizados (ver cuadros 9 y 10), cuando la firma coopera con otras para innovar, la probabilidad de obtener innovaciones incrementales es superior al 40%. Este factor es relevante, de tal manera que aun cuando la empresa pertenezca a un sector industrial con bajo esfuerzo innovador, si coopera, la probabilidad de obtener una innovación incremental es superior al 49%. Ocurre lo contrario si no lo hace. Se aprecia que cuando una empresa simultáneamente coopera con otras firmas para innovar, contrata a externos para que efectúen I + D y recibe apoyo del gobierno, la probabilidad de obtener innovaciones radicales aumenta en un 1,1%, si el sector al que pertenece es de alto esfuerzo innovador frente al bajo (ver cuadro 9).

Cuadro No 10. Estimación de las probabilidades del desempeño innovador de acuerdo con las variables de red según el tamaño de la Firma

Tamaño de la Firma	Coopero con otras firmas	Contrato I+D Externo	Apoyo del Gobierno	Probabilidad de No Innovar (%)	Probabilidad de Innovar Incremental (%)	Probabilidad de Innovar Radical (%)
Micro-empresas	No	No	No	92.3	7.6	0.1
			Sí	74.0	25.3	0.7
		Sí	No	79.8	19.8	0.3
			Sí	78.0	21.1	0.8
	Sí	No	No	53.8	45.0	1.3
			Sí	54.7	42.8	2.5
	Sí	No	25.7	67.4	6.9	
		Sí	53.1	44.5	2.5	
Pequeñas Empresas	No	No	No	86.1	13.7	0.2
			Sí	69.2	30.1	0.7
		Sí	No	67.9	31.2	0.9
			Sí	56.9	41.9	1.2
	Sí	No	No	50.1	48.1	1.8
			Sí	35.0	62.2	2.8
	Sí	No	35.1	61.6	3.4	
		Sí	30.9	63.4	5.7	
Empresas Medianas	No	No	No	79.9	19.8	0.3
			Sí	55.2	43.6	1.2
		Sí	No	51.7	47.3	1.1
			Sí	40.7	57.4	1.9
	Sí	No	No	44.7	53.4	1.9
			Sí	30.3	66.3	3.4
	Sí	No	29.4	67.5	3.1	
		S	22.0	72.0	5.9	
Grandes Empresas	No	No	No	73.0	26.4	0.6
			Sí	42.9	54.9	2.2
		Sí	No	44.7	53.3	2.0
			Sí	29.5	67.7	2.8
	Sí	No	No	44.2	54.2	1.6
			Sí	27.7	68.2	4.0
	Sí	No	17.8	77.3	4.9	
		Sí	15.6	76.6	7.8	

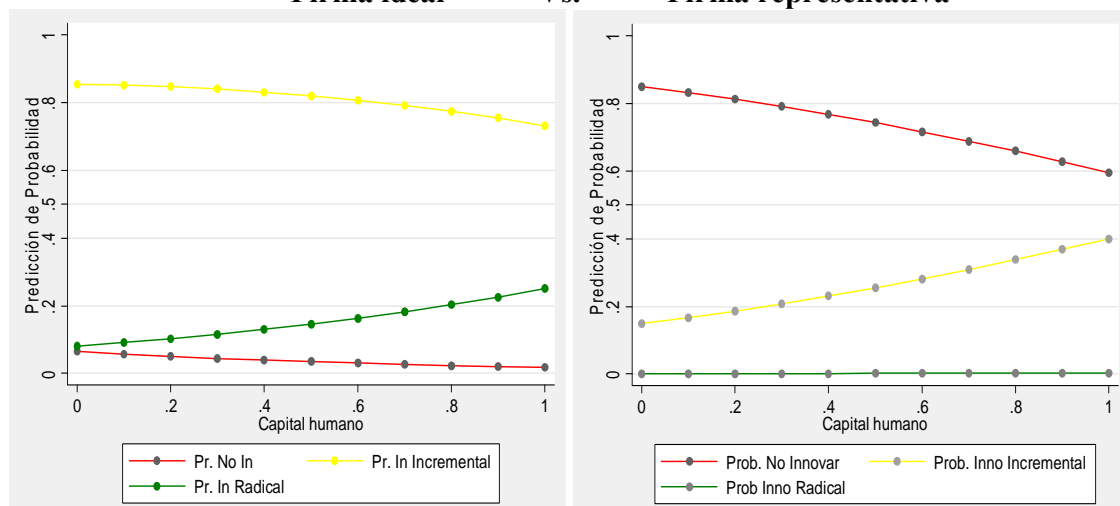
Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta EDIT IV del DANE

Cuando una firma recibe apoyo del gobierno, la probabilidad de realizar una innovación radical mejora en todos los casos, excepto en las microempresas. Sin embargo, dicha probabilidad se potencia a medida que se incrementa el tamaño de la firma (ver cuadro 10), por ejemplo, para una firma que no contrata, ni coopera, pero que si recibe apoyo del gobierno para innovar, su probabilidad de innovar es el 26% para las microempresas, el 30,8% para las pequeñas empresas, 44,8% para las medianas empresas y 57,1% para las grandes empresas.

5.5. Análisis de sensibilidad

Con base en la función de máxima verosimilitud estimada se efectuó un análisis de sensibilidad, manteniendo constantes (*ceteris paribus*) todas las variables dummies del modelo (depto, coopera, invirtió, contrata, capacita, coop, gob), y cambiando la única variable continua la proporción del personal en I+D. Efectuando sucesivas predicciones de las estimaciones de probabilidad para cada uno de los tres tipos de desempeño innovador, con el objetivo de contrastar los valores simulados de una situación ideal y de la firma representativa real observada (gráfica No 3).

Gráfica No 3: Valores simulados de predicción de probabilidad
Firma ideal Vs. Firma representativa



Fuente: Elaboración propia.

En la situación ideal simulada se supone que las firmas, efectúan al tiempo todos los esfuerzos por innovar tecnológicamente (tienen departamento de I+D, invierten en: compra de nuevas tecnologías, I+D interno, contratación externa, cooperan con otras firmas y reciben apoyo del gobierno), como se aprecia en la grafica No 3, cuando se potencian todos los determinantes de la innovación en conjunto la probabilidad de obtener una innovación incremental es mayor al 70% en todos los casos y a medida que la proporción de personal en I+D se incrementa la probabilidad de no innovar tiende a cero.

En contraste, cuando se estiman las probabilidades para la firma representativa de las empresas manufactureras en Colombia, (los valores promedios observados en la encuesta), se observa en todos los casos como la probabilidad de: no obtener innovaciones posee la mayor incidencia; obtener una innovación radical es inferior al 1% y la innovación incremental es inferior al 50%, pero creciente a medida que aumenta el capital humano en I+D.

6. Discusión de los resultados

El presente documento es el primer trabajo efectuado sobre innovación a nivel de la firma en Colombia, que integra la econometría con el análisis de los inputs y outputs de la innovación tecnológica haciendo explícita la función de producción de conocimientos. Los cuatro principales estudios realizados en Colombia sobre innovación empresarial se pueden agrupar en dos:

Primero, los trabajos analítico - descriptivos (Malaver & Vargas, 2011; y Orozco, Chavarro, & Ruiz, 2010), que identifican algunos de los insumos y productos de la innovación, centrándose en los procesos, sin utilizar métodos robustos de estimación que les permita hacer inferencia estadística, siendo esta su principal limitación frente a este estudio. Otras diferencias, que posee el estudio de Orozco, Chavarro, & Ruiz, (2010), son: incluye dentro de las innovaciones aquellas no tecnológicas (organizacionales y de mercados); analiza una muestra de 282 empresas y utiliza la EDIT II.

Segundo, los estudios econométricos de innovación empresarial (Langeback & Vásquez, 2007 y Vélez, 2009) los cuales, especifican la variable dependiente como el esfuerzo innovador (toda la inversión en innovación), siendo este un insumo y no un resultado. Otra crítica a la investigación de Langeback & Vásquez (2007) es la utilización de los grupos industriales como unidad de análisis dado que ello, reduce la capacidad de inferencia estadística por la pérdida de información al efectuar la agregación. En la investigación de Vélez (2009) la población de estudio son las firmas del sector servicios de Bogotá, dentro de las cuales la medición de la innovación tecnológica (en producto y en proceso) no es pertinente.

En el contexto latinoamericano se destaca el estudio efectuado por Crespi & Zuñiga (2012), quienes estudian seis países (Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Panamá y Uruguay), abordando los determinantes de la innovación solo tangencialmente, dado que su foco central es su impacto en la productividad a nivel de la firma. Una restricción del modelo de Crespi & Zuñiga (2012) es la no estandarización de las encuestas de innovación tecnológica en América latina, además de las diferencias en el entorno económico, empresarial y político en el que se desempeñan las firmas. Crespi & Zuñiga (2012) estiman un logit binomial, que expresa la decisión de si genero al menos un producto o servicio nuevo, mientras que en el presente documento se detalló con mayor profundidad los tipos de resultado de innovación y sus determinantes.

Los resultados de este estudio se han contrastado frente a los principales estudios empíricos efectuados sobre la innovación de las firmas manufacturas en Colombia, a la luz de las diez hipótesis planteadas en el marco conceptual, testeadas y aceptadas como verdaderas a lo

largo de este capítulo. Esta discusión se efectúa, conscientes de que ninguno de los trabajos realizados en Colombia es completamente comparable, dado que su propósito, variable dependiente, la población de estudio y metodología estadística son diferentes. No obstante, son útiles en la medida en que son un marco de referencia.

Con respecto a la primera hipótesis corroborada, la proporción del personal dedicado a efectuar actividades de investigación y desarrollo, el presente estudio arrojó como resultado que a medida que se incrementa, se espera un mayor desempeño innovador. Por el contrario, Malaver & Vargas (2011) afirman que “Las personas con más formación se dedican en mayor proporción a las actividades de innovación y que a esta actividad le dedican más tiempo, es decir, existe una asociación positiva entre las capacidades individuales y la innovación” (pág. 70). Sin embargo, en el artículo de Orozco, Chavarro, & Ruiz (2010), al igual que en la presente investigación, utilizan el personal en I+D y encuentran una relación directa con la capacidad de innovación de la firma.

De acuerdo con la segunda hipótesis aceptada, cuando una firma posee una estructura formal para innovar, sus resultados de innovación son mayores y de mejor calidad. Resultado que coincide con Malaver & Vargas “las empresas con mayor desempeño utilizan en mayor grado los departamentos de I+D o sus sustitutos” (pág. 72). Igualmente, Orozco, Chavarro, & Ruiz (2010) afirman que “se crean ventajas competitivas en términos de innovaciones (...) para las firmas que tienen departamentos de I+D” (pág. 113).

En cuanto a la tercera hipótesis comprobada, entre mayor sea la inversión monetaria en actividades internas de investigación y desarrollo, mejor es el desempeño innovador de la firma, el resultado obtenido en esta variable coincide con las inferencias obtenidas por Orozco, Chavarro, & Ruiz (2010), Langeback & Vásquez (2007) y Malaver & Vargas (2011). Igualmente, para Crespi & Zuñiga (2012), entre mayor es el esfuerzo de innovación por empleado, aumenta la probabilidad de tener al menos un proceso o producto nuevo.

Analizando la cuarta hipótesis aprobada en esta investigación, la inversión en nuevas tecnologías facilita la innovación de la firma. Concuerda con los resultados de Malaver & Vargas (2011) “la compra de maquinaria y equipo, (...) es de lejos, la principal fuente de introducción de innovaciones” (pág. 42). En concordancia con Langeback & Vásquez (2007) las empresas en Colombia “crean conocimiento básicamente a partir de la adaptación a sus condiciones de las inversiones en adecuación tecnológica” (pág. 156). En América latina la innovación tecnológica se encuentra concentrada en las innovaciones incrementales, dada la práctica de actualización generalizada de imitación y adquisición de tecnologías (Crespi & Zuñiga, 2012).

En referencia a la inversión en capacitación de personal, se comprobó que al ser efectuada por la firma, la probabilidad de efectuar innovaciones, tanto incrementales como radicales,

se acrecienta. Al respecto Vélez (2009) indica que para Colombia “una mejor cualificación de los trabajadores impacta de manera elástica la innovación”. (pág. 155). Así mismo, Malaver & Vargas (2011) infieren que “La mayor orientación de las **eie** [empresas innovadoras en sentido estricto, lo que equivaldría a las innovaciones radicales de este artículo] hacia la I+D y la capacitación revela que están volcadas hacia la generación endógena de la innovación, que ponen en juego mayores niveles de creatividad y que obtienen innovaciones con los más altos grados de novedad de la industria” (pág. 83).

De acuerdo con los resultados empíricos se comprobó la sexta hipótesis, que cuando una firma coopera con otras empresas en actividades de ciencia y tecnología mejora su desempeño innovador, al respecto Orozco, Chavarro, & Ruiz (2010) encontraron que la “La red sociotécnica de actores, que se sustenta en redes interorganizacionales, resulta crítica para el buen desempeño innovador” (pág. 105). Igualmente, Langeback & Vásquez (2007) consideran que “Colombia se ajusta al patrón encontrado en otros países en desarrollo, donde existe preferencia por la adquisición de maquinaria y equipo” (pág 105).

La séptima hipótesis corroborada, el desempeño innovador de una firma, está directamente relacionada con la participación en redes públicas de fomento a la innovación. En la literatura encontrada, es la primera vez que es incluida como determinante de la innovación, por lo cual se sugiere en futuras investigaciones profundizar en el papel del estado en la política tecnológica y de innovación del país.

Según la octava hipótesis confirmada, cuando una firma contrata actividades externas de investigación y desarrollo, los resultados de innovaciones son mejores. Según Langeback & Vásquez (2007) en las “empresas pequeñas es más frecuente el uso de tecnologías transversales, las cuales corresponden a la contratación de invención por fuera de la empresa” (pág. 7). En cuanto a la novena hipótesis, este estudio comprobó que entre mayor es el tamaño de la empresa, el desempeño innovador es mejor. Coincide con Crespi & Zuñiga (2012) “las empresas más grandes tienden a innovar con mayor frecuencia, y este efecto puede ser debido al desarrollo de las economías de escala y de alcance en la producción de conocimiento” (pág. 5). Retomando trabajos realizados para Colombia (Orozco, Chavarro, & Ruiz, 2010; Langeback & Vásquez, 2007 y Malaver & Vargas, 2011) frente lo anterior se encuentra una similitud en el comportamiento de la variable de control, tamaño de la empresa, y su relación directa con la innovación.

Según la décima hipótesis aceptada, cuando el sector al que pertenece la firma efectúa un esfuerzo innovador alto, la firma mejora su desempeño innovador. No obstante, se requiere profundizar su análisis en futuras investigaciones en donde se puedan perfilar los grupos industriales de acuerdo con su desempeño innovador, dado que se salía de los alcances de este documento.

7. Conclusiones

La función de producción de conocimientos de una firma combina y transforma los siguientes insumos (inputs): recursos de *stock*, de flujo, de apalancamiento y características de la firma, para obtener un nivel de desempeño innovador (output): innovaciones radicales, innovaciones incrementales o no tener resultados de innovación.

Las diez hipótesis planteadas en el marco conceptual, al ser testeadas son aceptadas como verdaderas, es decir, los determinantes que inciden positivamente en el desempeño innovador de las firmas manufactureras en Colombia son: primero, la proporción del personal en actividades de investigación y desarrollo; segundo, existencia de departamento de I+D; tercero, inversión en actividades internas de I+D; cuarto, inversión en contratación de actividades externas de I+D; quinto, inversión en compra de nuevas tecnologías; sexto, cooperación con otras empresas en actividades de I+D; séptimo, contratación de actividades externas de I+D; octavo, apoyo del gobierno en actividades de I+D; noveno, tamaño de la empresa; y décimo, pertenecer a un sector con un esfuerzo innovador alto.

Esta investigación es la primera en aplicar un modelo Logit multinomial ordenado, logrando establecer tres perfiles empresariales según su desempeño innovador, así:

- El perfil empresarial de innovación con mayor probabilidad de ocurrencia en la industria manufacturera de Colombia es ser una “firma que no obtiene innovaciones”, debido a la casi inexistencia de las infraestructuras para innovar, el escaso esfuerzo innovador, y el bajo relacionamiento externo.
- Dentro de las firmas que innovan en la industria manufacturera de Colombia, la mayor proporción lo hacen en *innovaciones incrementales*, donde sus principales determinantes son, la inversión en compra de nuevas tecnologías y en la capacitación de personal, es decir, existe una clara tendencia de las firmas a basar sus innovaciones en la adopción y adaptación de las tecnologías existentes que son nuevas para la firma.
- El más alto desempeño, lo poseen las empresas con “innovaciones radicales”, las cuales han logrado avances de conocimiento científico (patentar), para las firmas manufactureras de Colombia, es el perfil que posee la menor probabilidad de ocurrencia. A pesar de que todos los determinantes de la innovación expresados en este documento influyen positivamente en este resultado, su incidencia individual es muy baja.

La estimación empírica efectuada, ofrece evidencia para afirmar que la probabilidad de no obtener resultados de innovación en la firma representativa puede reducirse si:

- Pasa de no tener un departamento formal de I+D, a tenerlo (se reduce en 9,3%)
- Aumenta en un 1% el personal dedicado a efectuar actividades de I+D (en 19%)
- Pasa de no invertir en actividades internas de I+D, a hacerlo (en 16,9%)
- Pasa de no comprar nuevas tecnologías, a hacerlo (en 50,5%)
- Pasa de no capacitar a su personal en actividades que involucre un grado de complejidad significativo, a hacerlo (en 5,9%)
- Pasa de no contratar actividades externas de I+D, a hacerlo, (en 2,4%)
- Pasa de no cooperar con otras empresas para innovar, a hacerlo, (en 9,1%)
- Pasa de no tener apoyo del gobierno para innovar, a tenerlo, (en 4,9%)

Las organizaciones empresariales en donde confluyen positivamente varios de los determinantes de la innovación, poseen una mayor probabilidad de obtener mejores resultados en el desempeño innovador, Así:

- El efecto conjunto de las dos variables de *stock*: la probabilidad que una firma obtenga una innovación radical es superior al 6% (la firma representativa solo tiene el 0,1%) cuando tiene departamento de I+D y su proporción de trabajadores en actividades de I+D es mayor al 20%.
- Cuando se suma el esfuerzo innovador: la probabilidad de obtener innovaciones radicales se encuentra alrededor del 10%, cuando la firma invierte en actividades internas de I + D, en compras de nuevas tecnologías y en capacitación especializada al tiempo. Por el contrario, las innovaciones radicales son nulas cuando no se efectúa ninguno de los tres tipos de esfuerzo innovador al interior de la firma.
- Cuando se conectan las variables de flujo, si la firma invierte en compra de nuevas tecnologías y en capacitación de alto nivel, la probabilidad de obtener una innovación incremental es superior al 70%, independientemente del tipo de sector industrial y el tamaño de la firma.
- La probabilidad de no obtener innovaciones es superior al 70% cuando la firma no posee ninguna red de apalancamiento externo, pero cuando una empresa simultáneamente coopera con otras firmas para innovar, contrata a externos para que efectúen I + D y recibe apoyo del gobierno, la probabilidad de obtener innovaciones radicales aumenta en un 1,1%.

8. Recomendaciones

De acuerdo con las evidencias presentadas en este documento, se recomienda al gobierno el diseño de políticas que fomenten la innovación tecnológica empresarial, que se focalicen en fortalecer las capacidades tecnológicas de que dispone la firma para innovar (los recursos de *stock* de al interior de las empresas), es decir, el capital humano especializado y las infraestructuras para innovar.

Se recomienda a los empresarios que deseen aumentar la probabilidad de obtener innovaciones radicales, efectuar de manera conjunta las siguientes cuatro estrategias en su firma:

- Incrementar la proporción de personal en actividades internas de I+D;
- Poseer un departamento interno de I+D;
- Capacitar el personal en temas que involucren un grado de complejidad alto y
- Comprar tecnologías que sean nuevas tanto para la empresa como para su mercado.

Para futuras investigaciones sobre innovación tecnológica se proponen dos líneas:

- El enfoque evolucionista aborda la innovación organizacional desde sus procesos, el cual, ha sido poco estudiado en Colombia, por ello, se recomienda desarrollar en una futura investigación la modelación de la innovación empresarial desde esta perspectiva, así como, efectuar un análisis comparativo con la propuesta de la escuela neoclásica.
- Sería de sumo interés analizar la relación entre la ubicación geoespacial de las firmas y la innovación empresarial, dado que pueden existir derrames de conocimiento: gracias a la cercanía, los avances tecnológicos de una empresa benefician a toda la industria y en los trabajos explorados no hay evidencia de investigaciones econométricas sobre el tema, por lo que se convierte en una línea atractiva de investigación.

Por último, una limitación del modelo efectuado en este documento, es que no se pudo analizar la dinámica de la innovación empresarial debido a la naturaleza de corte transversal de la información recogida en la encuesta EDIT IV y la no comparabilidad con las encuestas anteriores, por lo cual, se recomienda mejorar la recolección y periodicidad, para facilitar la trazabilidad en futuras investigaciones.

Bibliografía

- Amara, N., & Landry, R. (2005). Sources of information as determinants of novelty of innovation in manufacturing firms: evidence from the 1999 statistics Canada innovation survey. *Technovation*, 25 (3), 245 -259.
- Arrow, K. (1959). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. *Economics Division The RAND Corporation*, 1-23.
- Benavente, M. (2005). Innovación y desarrollo, innovación y productividad: un análisis econométrico a nivel de la firma. *Estudios de Economía*, 32 (1), 39-67.
- BID, Banco Interamericano de Desarrollo. (2010). Un compendio estadístico de indicadores, capítulo innovación en las empresas. *Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe*, 41-47.
- Bos, J., Lamoen, R., & Sanders, M. (2011). Producing innovations: Determinants of innovativeness and efficiency. *Journal of Economic Growth*, 28, 1-17.
- Buesa, M., Baumert, T., Heijs, J., & Martínez, M. (2002). Los factores determinantes de la innovación: un análisis econométrico sobre las regiones españolas. *Revista de Economía Industrial* (347), 67-84.
- Buesa, M., Heijs, J., & Baumert, T. (2010). The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge production function approach. *Research Policy*, 39 (6), 722-735.
- Cameron, C., & Trivedi, P. (2005). Chapter 15. Multinomial models. En *Microeconometrics Methods and Applications*. Cambridge University Press, 490-525.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairesse, J. (1998). Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level. *NBER Working Paper*, 6696, 1-43.
- Crespi, G., & Zuñiga, P. (2012). Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries. *World Development*, 4 (2), 273-290.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2011). *Documento Metodológico: Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera – EDIT IV*.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2009). Metodología Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas. *Colección documentos de actualización. No. 47*, 1-64.
- Davidson, R., & MacKinnon, J. (2004). Chapter 11: Discrete and limited dependent variables. En *Econometric Theory and Methods*, 451-475.
- De Ferranti, D., Perry, G., Gill, I., Guasch, L., Schady, N., Maloney, W., y otros. (2003). *Cerrando la Brecha en Educación y Tecnología*. Banco Mundial: Alfaomega.

- Delgado, M., Navas, J. E., Martín, G., & López, P. (2008). La innovación tecnológica desde el marco del capital intelectual. *Cuadernos de Trabajo de la Escuela Universitaria de Estadística*. Universidad Complutense de Madrid. (04), 1-34.
- Denicol'o, V., & Franzoni, L. (2004). The contract theory of patents. *International Review of Law and Economics*, 23, 365–380.
- Díaz, M. (1996). Factores determinantes de la innovación Tecnológica para empresas pequeñas. *Cuadernos de estudios Empresariales* (6), 145-154.
- Díaz, N. L., Aguiar, I., & De Saá, P. (2006). El Conocimiento Organizativo Tecnológico y la Capacidad de Innovación. Evidencia para la Empresa Industrial Española. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*. (27), 33-60.
- DNP, Departamento Nacional de Planeación. (2009). Sección III: Crecimiento sostenible y competitividad. En *Bases del plan nacional de desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos*. República de Colombia, 49-172.
- Greene, W. (2007). Ordered data. En *Econometric Analysis*. New York University: Prentice Hall, 736-740.
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics* (10), 92-116.
- Jaramillo, H., Lugones, G., & Salazar, M. (2000). *Manual para la normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe, Manual de Bogotá, OEA/RICYT*. Bogotá D.C.: Tres Culturas Editores Ltda.
- Kleinknecht, A., Van Montfort, K., & Brouwer, E. (2002). The Non-Trivial Choice between Innovation Indicators. *Economics of Innovation and New Technology*, 11 (2), 109-121.
- Langeback, A., & Vásquez, D. (2007). Determinantes de la Actividad Innovadora en la Industria Manufacturera Colombiana. *Borrador de Economía. Banco de la República* (433), 1-34.
- Mairesse, J., & Mohnen, P. (2010). Using innovation Survey for econometric analysis. *Handbooks in Economics*, 2, 3-42.
- Malaver, F., & Vargas, M. (2011). *Formas de Innovar, desempeño innovador y competitividad industrial. Un estudio a partir de la segunda encuesta de innovación en la industria de Bogotá y Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Malaver, F., & Vargas, M. (2007). Los indicadores de innovación en América Latina: Nuevos Avances y Desafíos. *Ponencia presentada en el VII congreso Iberoamericano de indicadores de ciencia y tecnología "Nuevos indicadores para nuevas demandas de información"*. Brasil, 1-14.
- Malaver, F., & Vargas, M. (2006). La innovación en Colombia 1995–2004. *Revista innovación y Ciencia. Asociación Colombiana para el avance de la Ciencia*, XIII (3), 35-38.

- Malaver, F., & Vargas, M. (2004). El comportamiento innovador en la industria colombiana: una exploración de sus recientes cambios. *Cuadernos de Administración*, 17 (27), 33-61.
- Nelson, R., & Sampat, B. (2001). Las instituciones como factor que regula el desempeño económico. *Economía Institucional* (5), 17-51.
- Neuhäusler, P. (2012). The use of patents and informal appropriation mechanisms: Differences between sectors and among companies. *Technovation*, 1-13.
- OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. & EUROSTAT, Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas. (2005). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. 3ª Edición.
- Orozco, L. A., Chavarro, D. A., & Ruiz, C. (2010). Los departamentos de I+D y la innovación en la industria manufacturera de Colombia: análisis comparativo desde el comportamiento organizacional. *Innovar, revista de Ciencias Administrativas y Sociales de la Universidad Nacional*, 20 (37), 101-114.
- Pakes, A., & Griliches, Z. (1984). Patents and R&D at the Firm Level: A First Look. *University of Chicago Press*, 55-72.
- Pavitt, K. (1997). Los objetivos de la política tecnológica. En M. González, J. López, & J. Luján, *Ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Ariel, 191-204.
- Raffo, J., Lhuillery, S., Freitas, F., Miotti, L., & De Negriti, J. (2007). Innovativity, productivity and exports: a comparison across European and Latin-American countries. *UNU-MERIT Maastricht, the Netherlands*, 1-32.
- Raymond, L., & St-Pierre, L. (2010). R&D as a determinant of innovation in manufacturing SMEs: An attempt at empirical clarification. *Technovation*, 1 (3), 48-56.
- Scherer, F., & Ross, D. (1990). *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Houghton Mifflin Co., Boston .
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York: Harper. 3ra edición.
- SIC. Súper Intendencia de Industria y Comercio. (2011). *ABC de la propiedad Industrial*. República de Colombia.
- Tödtling, F., Lehner, P., & Kaufmann, A. (2009). Do different types of innovation rely on specific kinds of knowledge interactions? *Technovation*, 29 (1), 59-71.
- Vélez, J. A. (2009). Determinantes Inversión en Innovación en el sector Servicios. *Ensayos sobre Política Económica del Banco de la República*, 27 (60), 110-167.
- Zaby, A. (2010). *The Decision to Patent*. Berlin Heidelberg: PhysicaVerlag. Springer-Verlag.
- Ziegler, A. (2008). Disentangling Specific Subsets of Innovations: A Micro-Econometric Analysis of their Determinants. *Economics Working Paper Series*, Zurich Center of Economic Research, 2-19.

Anexo A: Clasificación de los Grupos industriales según su esfuerzo innovador

Grupos industriales con un esfuerzo innovador Bajo		Grupos industriales con un esfuerzo innovador Alto	
153	Elaboración de productos lácteos	151	Producción, procesamiento y conservación de carne y pescado
155	No asignado	152	Procesamiento de frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas
171	Preparación e hilatura de fibras textiles	154	Elaboración de productos de molinería, almidones y productos derivados del almidón, y de alimentos preparados para animales
173	Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	156	Elaboración de productos de café
174	Fabricación de otros productos textiles	157	Ingenios, refinерías de azúcar y trapiches
181	Confección de prendas de vestir, excepto prendas de piel	158	Elaboración de otros productos Alimenticios
182	Adobo y teñido de pieles; fabricación de artículos de piel	159	Elaboración de bebidas
191	Curtido y adobo de cueros	160	Fabricación de productos de tabaco
192	Fabricación de calzado	172	Tejedura de productos textiles
193	Fabricación de artículos de viaje, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería	175	Fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo
201	Aserrado, acepillado e impregnación de la madera	202	Fabricación de hojas de madera para enchapado
203	Fabricación de partes y piezas de carpintería para edificios y construcciones	210	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón
204	Fabricación de recipientes de madera	232	Fabricación de productos de la refinación del petróleo
209	Fabricación de otros productos de madera	241	Fabricación de sustancias químicas básicas
221	Actividades de edición	242	Fabricación de otros productos químicos
222	Actividades de impresión	243	Fabricación de fibras sintéticas y artificiales
223	Actividades de servicios relacionadas con las de impresión	251	Fabricación de productos de caucho
252	Fabricación de productos de plástico	261	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
269	Fabricación de productos minerales no metálicos	271	Industrias básicas de hierro y de acero
272	Industrias básicas de metales preciosos y de metales no ferrosos	293	Fabricación de aparatos de uso doméstico
273	Fundición de metales	311	Fabricación de motores, generadores y transformadores Eléctricos
281	Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor	314	Fabricación de acumuladores y de pilas eléctricas
289	0	341	Fabricación de vehículos automotores y sus motores
291	Fabricación de maquinaria de uso general	359	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte (moto, bicicletas)
292	Fabricación de maquinaria de uso especial		
312	Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica		
313	Fabricación de hilos y cables aislados		
315	Fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación		
319	Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico		
321	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos		
322	Fabricación de transmisores de radio y televisión y de aparatos para telefonía y telegrafía		
323	Fabricación de receptores de radio y televisión, de aparatos de grabación y de reproducción de sonido o de la imagen, y de productos conexos		
331	Fabricación de aparatos e instrumentos médicos y de aparatos para medir, verificar, ensayar		
332	Fabricación de instrumentos ópticos y de equipo fotográfico		
342	Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques		
343	Fabricación de partes, piezas (autopartes), accesorios (lujos) para vehículos automotores y para sus motores		
351	Construcción y reparación de buques y de otras Embarcaciones		
353	Fabricación de aeronaves y de naves espaciales		
361	Fabricación de muebles		
369	Otras Industrias manufactureras		

Fuente: Elaboración propia, con base en (DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2009)

Anexo B: Pruebas de hipótesis de Independencia

```
. spearman desem_innova depto cap_hum invirtio compro capacito contrata coop gob tamano new_sector, stats(rho p)
(obs=7680)
```

Key
<i>rho</i>
<i>Sig. level</i>

	desem_innova	depto	cap_hum	invirtio	compro	capacito	contrata	coop	gob	tamano	new_sector
desem_innova	1.0000										
depto	0.4108* 0.0000	1.0000									
cap_hum	0.5757* 0.0000	0.4030* 0.0000	1.0000								
invirtio	0.3846* 0.0000	0.4658* 0.0000	0.4075* 0.0000	1.0000							
compro	0.6663* 0.0000	0.3805* 0.0000	0.6160* 0.0000	0.3180* 0.0000	1.0000						
capacito	0.3610* 0.0000	0.3867* 0.0000	0.3886* 0.0000	0.4287* 0.0000	0.3467* 0.0000	1.0000					
contrata	0.3418* 0.0000	0.3741* 0.0000	0.3585* 0.0000	0.3085* 0.0000	0.3250* 0.0000	0.3429* 0.0000	1.0000				
coop	0.4246* 0.0000	0.4157* 0.0000	0.4179* 0.0000	0.3258* 0.0000	0.4199* 0.0000	0.3340* 0.0000	0.5350* 0.0000	1.0000			
gob	0.3485* 0.0000	0.3587* 0.0000	0.3459* 0.0000	0.2817* 0.0000	0.3449* 0.0000	0.3094* 0.0000	0.4146* 0.0000	0.4283* 0.0000	1.0000		
tamano	0.2805* 0.0000	0.3065* 0.0000	0.2612* 0.0000	0.2104* 0.0000	0.3334* 0.0000	0.2371* 0.0000	0.2506* 0.0000	0.2584* 0.0000	0.2694* 0.0000	1.0000	
new_sector	0.1049* 0.0000	0.1361* 0.0000	0.0868* 0.0000	0.0827* 0.0000	0.0926* 0.0000	0.0736* 0.0000	0.0874* 0.0000	0.0845* 0.0000	0.0981* 0.0000	0.1118* 0.0000	1.0000

Pearson chi2(1) = 66.1291 Pr = 0.000

Fuente: Elaboración propia, con base en (DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2009)

Anexo C: Prueba de hipótesis de multicolinealidad

```
. collin depto cap_hum invirtio compro capacito contrata coop gob tamano new_sector
(obs=7680)
```

Collinearity Diagnostics

Variable	VIF	SQRT VIF	Tolerance	R-Squared
depto	1.58	1.26	0.6343	0.3657
cap_hum	1.16	1.08	0.8641	0.1359
invirtio	1.45	1.20	0.6898	0.3102
compro	1.47	1.21	0.6804	0.3196
capacito	1.41	1.19	0.7084	0.2916
contrata	1.57	1.25	0.6380	0.3620
coop	1.68	1.30	0.5954	0.4046
gob	1.40	1.18	0.7138	0.2862
tamano	1.26	1.12	0.7933	0.2067
new_sector	1.03	1.01	0.9732	0.0268
Mean VIF	1.40			

Fuente: Elaboración propia, con base en (DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2009)