

# Ensayos

## sobre POLÍTICA ECONÓMICA



### DETERMINANTES DE LA INVERSIÓN EN INNOVACIÓN EN EL SECTOR DE BOGOTÁ: ESTIMACIONES ECONÓMÉTRICAS A NIVEL DE LA FIRMA

JORGE ANDRÉS VÉLEZ OSPINA

ENSAYOS SOBRE POLÍTICA ECONÓMICA,  
VOL. 27, NÚM. 60,  
EDICIÓN DICIEMBRE 2009  
PP. 110-167

Los derechos de reproducción de este documento son propiedad de la revista Ensayos Sobre Política Económica (*ESPE*). El documento puede ser reproducido libremente para uso académico, siempre y cuando no se obtenga lucro por este concepto y además, cada copia incluya la referencia bibliográfica de *ESPE*. El(los) autor(es) del documento puede(n) además poner en su propio website una versión electrónica del mismo, pero incluyendo la referencia bibliográfica de *ESPE*. La reproducción de esta revista para cualquier otro fin, o su colocación en cualquier otro website, requerirá autorización previa de su Editor de *ESPE*.

DETERMINANTES DO INVESTIMENTO EM  
INOVAÇÃO NO SETOR SERVIÇOS DE BOGOTÁ:  
ESTIMAÇÕES ECONOMETRICAS  
AO NÍVEL DA FIRMA

JORGE ANDRÉS VÉLEZ OSPINA\*

Neste trabalho apresenta-se uma análise detalhada sobre o processo de investimento em inovação por parte das empresas. Assim, através dos diversos enfoques teóricos sobre a teoria da firma e os cenários de inovação nas empresas, trata-se de compreender as implicações teóricas e a evidência quantitativa em torno ao fenômeno dos determinantes do investimento em inovação para o setor serviços em Bogotá. Os fatos estilizados e as estimações econométricas sobre regressões quantílicas desenhadas para as PYMES e grandes empresas de Bogotá, permitem concluir que variáveis como o tipo de propriedade das empresas e o capital de conhecimento resultam ser significativos, ainda que seus efeitos variam de acordo ao tamanho de empresa.

**Classificação JEL:** 030, O31, C14.

**Palavras chaves:** inovação, investimento, regressão quantílica, setor serviços.

---

\* Ao professor e Amigo Néstor Juan Sanabria pela sua assessoria, recomendações e sugestões.

Professor Universidad de los Andes, Programa de Economía, Universidad da Salle.

Correio eletrônico:  
ja.velez20@uniandes.edu.co

Documento recebido no dia 28 de abril de 2009; versão final aceita no dia 9 de outubro de 2009.

# DETERMINANTS OF INNOVATION INVESTMENT IN THE BOGOTA SERVICE SECTOR: ECONOMETRIC ESTIMATES AT THE FIRM LEVEL

JORGE ANDRÉS VÉLEZ OSPINA\*

This paper presents a detailed analysis on the process of innovation investment by companies. Thus, through various theoretical approaches to the theory of firm and stages of innovation in business, trying to understand the theoretical implications and quantitative evidence on the phenomenon of the determinants of innovation investment for the services sector in Bogota. Stylized facts and the econometric estimates of Quantile regression designed for Small, Medium and Large firms in Bogota, to conclude that variables such as type of ownership of firms and knowledge capital are found to be significant, although their effects vary according by the size company.

**JEL classification:** O30, O31, C14.

**Keywords:** innovation, investment, quantile regression, service sector.

---

\* I thank the profesor and friend Nestor Juan Sanabria, for their advice, recommendations and suggestions.

Professor complementary  
Universidad de los Andes

Professor Generational  
Shift, Economics Program,  
Universidad de la Salle.

E-mail:  
ja.velez20@uniandes.  
edu.co

Document received:  
28 April 2009;  
final version accepted:  
9 October 2009.

DETERMINANTES DE LA INVERSIÓN EN  
INNOVACIÓN EN EL SECTOR DE BOGOTÁ:  
ESTIMACIONES ECONÓMICAS  
A NIVEL DE LA FIRMA

JORGE ANDRÉS VÉLEZ OSPINA\*

En este trabajo se presenta un análisis detallado sobre el proceso empresarial de inversión en innovación. A través de los diversos enfoques teóricos sobre la teoría de la empresa y los escenarios de innovación en las empresas, se procura comprender las implicaciones teóricas y la evidencia cuantitativa en torno al fenómeno de los determinantes de la inversión en innovación para el sector servicios en Bogotá. Los hechos estilizados y las estimaciones econométricas sobre regresiones cuantílicas diseñadas para las PYMES y grandes empresas bogotanas permiten concluir que variables como el tipo de propiedad de las empresas y el capital de conocimiento resultan ser significativas, aunque sus efectos varían de acuerdo con el tamaño de las empresas.

**Clasificación JEL:** 030, C14, O31.

**Palabras clave:** innovación, inversión, regresión cuantílica, sector servicios.

---

\* Agradezco al profesor y amigo Néstor Juan Sanabria, por su asesoría, recomendaciones y sugerencias.

Profesor complementario  
Universidad de los Andes.

Correo electrónico:  
ja.velez20@uniandes.  
edu.co

Documento recibido:  
28 de abril de 2009;  
versión final aceptada:  
9 de octubre de 2009.

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata de comprender de manera teórica las implicaciones que para las empresas del sector servicios en Bogotá tiene la decisión de invertir en innovación; para ello, se inicia la exploración desde los diferentes enfoques de la teoría neoschumpeterina y la teoría evolucionista donde elementos tales como la infraestructura, los condicionantes institucionales y las diferentes decisiones de las empresas, en un ambiente competitivo, sustentan la evidencia cuantitativa sobre el fenómeno de la inversión. Para ello, se especifica un modelo heurístico que busca reflejar el proceso de inversión en innovación como un proceso de decisión en las empresas del sector servicios. Se trabaja con los datos disponibles de la Primera Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en el Sector Servicios (EDITS I) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2006).

En el modelo se introducen tres aspectos novedosos. En primer lugar, se considera que las variables determinadas se toman del *input* en innovación (gasto en innovación). Segundo, se estima el modelo usando el método econométrico de regresiones cuantílicas, el cual permite poner en evidencia el problema de los determinantes para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), así como para las grandes empresas. Finalmente, se estima la ecuación de inversión en innovación, a partir de variables producto de la evidencia teórica. El modelo, por tanto, estima la ecuación de inversión que se relaciona con el tamaño de la empresa (a partir de los cuantiles), la capacitación de la mano de obra y la participación del capital extranjero.

Entonces, este trabajo tiene como objetivo determinar los factores explicativos del proceso de inversión en innovación, servir como insumo principal para las deci-

siones empresariales y de política pública del sector, del mismo modo espera que los resultados arrojados constituyan una invitación para futuras investigaciones que indaguen sobre la motivación, causas y maneras de innovar en el sector servicios, al tiempo que proporcionen elementos para la construcción de políticas públicas con miras a forjar mayores niveles de innovación en las empresas. Esta investigación pionera en Colombia busca aportar a la discusión conceptual y metodológica existente sobre los esfuerzos innovadores y puntualizarla en el campo del sector de servicios.

La organización de este trabajo es como sigue. La primera parte es esta Introducción. En la segunda se abordan la discusión teórica, los conceptos y los determinantes de la inversión en innovación. Además, se desarrolla el marco teórico, dividido en tres apartados acerca de la teoría de la innovación, las funciones de aprendizaje social y el papel de la innovación en las empresas; cada uno de ellos trata de mostrar la teoría de frontera en torno a la toma de decisiones sobre la innovación. En la tercera parte se presenta la evidencia cuantitativa de los determinantes de la inversión en innovación. En la cuarta parte se define el modelo econométrico, junto con las variables y la especificación matemática. En el último capítulo se presenta la definición del sector servicios y sus implicaciones respecto a la innovación; también se realizan los hechos estilizados y las estimaciones econométricas, para luego finalizar con las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## II. ENFOQUES Y DESARROLLOS RECIENTES EN TORNO A LA INNOVACIÓN

Con el objetivo de delimitar el enfoque de este trabajo, en este apartado se revisarán los principales conceptos y teorías económicas sobre la innovación y la decisión de invertir en innovación como una función probabilística, expresada como función de inversión.

### A. PRINCIPALES ENFOQUES SOBRE LA INNOVACIÓN

Los procesos de innovación se encuentran en permanente transformación a consecuencia de la penetración de esta en las dinámicas de gestión de las empresas. Es por esto que resulta imprescindible identificar el concepto de innovación desde las principales posturas teóricas y explicar en cuanto en cuanto al proceso de decisión

empresarial los elementos que para el sector servicios de las PYMES bogotanas, están determinando este tipo de inversión.

En primer lugar, el concepto de innovación adoptado<sup>1</sup> alude, de acuerdo con Schumpeter (1947), al conjunto de actividades orientadas a implementar nuevos productos o procesos. Explícitamente se define innovación como hacer cosas nuevas o el hacer de un modo nuevo cosas que ya se habían hecho. Para Freeman (1982), la innovación es la utilización del conocimiento para ofrecer un nuevo producto o servicio al mercado. Es inversión marginal añadida a la comercialización. Así, la innovación se compone de un proceso complejo de creación y transformación del conocimiento adicional disponible que afecta el proceso productivo empresarial.

En una perspectiva más amplia, el término innovación alude a procesos y resultados (Comisión Europea, 1995). En el aspecto de la innovación como proceso, en los trabajos de Kline y Rosenberg (1986) la innovación no es un proceso lineal, automático y sistemático, sino un sistema de interacciones y retroalimentaciones entre diferentes funciones y participantes, cuyas experiencias y conocimientos se iteran, entrelazan, y acumulan (Malaver y Vargas, 2004b, p. 18).

Sin embargo, las implicaciones del concepto de innovación varían de una escuela económica a otra. En general, para los clásicos el cambio tecnológico ha sido considerado como la fuente de crecimiento. Según la visión del empresario innovador de Schumpeter (1947), este cambio tecnológico es el motor de expansión del sistema económico. Para la teoría neoclásica el progreso técnico se asocia a la productividad total de los factores (PTF) o productividad multifactorial y su relación con el crecimiento económico (Harrod, 1949; Solow, 1956; Swan, 1956) hecho evidenciado también en los trabajos de Hirschman (1996).

Sin embargo, esta concepción exógena del cambio tecnológico es controvertida por la denominada teoría endógena del cambio tecnológico (Grossman y Helpman, 1991; Mankiw, Romer y Weil, 1992; Romer, 1986, 1990). A partir de esta última concepción sobre el cambio tecnológico, Lucas (1980) y Romer (1990) formalizaron unos

---

<sup>1</sup> Los términos “innovación” e “invención” son distintos. Para Pulido (2005), inventar supone avanzar en el conocimiento, tal como lo puede hacer un investigador en un laboratorio, mientras que innovar exige añadir a cualquier invento una capacidad para ser utilizado, con lo que se cubren necesidades efectivas de la sociedad a través del mercado. No existe innovación sin transformación del invento en un nuevo producto o servicio, en una nueva tecnología productiva u organizativa, y sin su aceptación por los usuarios.

modelos de crecimiento económico desde la perspectiva del capital humano y el desarrollo científico. Los principales modelos propuestos fueron formalizados a través de un sector productor de bienes y servicios y otro productor de conocimiento<sup>2</sup>.

Hasta aquí, los desarrollos de la teoría endógena del crecimiento, el escenario de innovación se ha nutrido de trabajos de corte institucional como los de Engerman y Sokoloff citados en Acemoglu, Simon y Robinson (2001, 2004), Easterly y Levine (2003), en los que se evalúa la influencia de las instituciones en el desempeño económico y se constatan los efectos de ellas en la innovación y el crecimiento económico. La versión general del modelo desarrollado por estos autores parte de la estructura tecnológica propuesta por Tebaldi y Elmslie (2007) quienes formularon un modelo dinámico capaz de reflejar las interacciones entre las instituciones, la innovación y el crecimiento del ingreso, y que se muestra en la ecuación (1).

$$Y = H_y^\beta \int_0^{f(A,T)} x(i)^\alpha di. \quad (1)$$

$$\forall \alpha : 0 < \alpha < 1$$

$$\forall \beta : 0 < \beta < 1$$

$$\alpha + \beta = 1$$

En (1),  $H_y$  denota el capital humano incorporado al sector;  $x(i)$  los insumos intermedios;  $A$  representa el conocimiento;  $T$  se asume como el incremento en la calidad institucional y en los esfuerzos por mejorar los derechos de propiedad y contratos<sup>3</sup>;

2 Desde la perspectiva neoclásica y del crecimiento endógeno, la acumulación de capital es la variable que dinamiza el cambio técnico, lo que a su vez repercute en el incremento de la productividad total de factores y ésta, en el crecimiento. Esto resulta de considerar el conocimiento y la tecnología como un bien público, dado este carácter este bien es fácilmente transferible.

3 Siguiendo a Sala-I-Martin (2002), las instituciones pueden referirse a una variable hipotética agregativa, para la cual se consideran los siguientes aspectos:

- a) La entrada en vigor de la ley de derechos de propiedad, la existencia de un sistema legal activo y la independencia del sistema judicial.
- b) Las instituciones políticas: democracia, estabilidad política, representantes públicos elegidos por votación popular y la existencia de organizaciones de la clase.
- c) La estructura del mercado: libertad económica, regulaciones antimonopolistas, un sistema bancario moderno, un sistema del crédito activo.
- d) La transparencia de la Administración Pública: corrupción y burocracia.
- e) El contexto sociocultural: práctica religiosa, espíritu de empresa y lazos sociales.

$i$  son los índices de la variedad de *inputs* del sector  $t$ . Este tipo de tecnologías parten de que  $A$  sólo se incrementa si hay nuevos inventos en el *input* de intermediación comparado con los *inputs* existentes.  $T$ . La ecuación (1) es una modificación de la función de producción propuesta por Romer (1990), pero este planteamiento deja de lado los condicionantes institucionales del proceso de adopción de nuevas tecnologías.

No obstante, las implicaciones de los trabajos de corte institucional, suelen ser bastante controvertidos, por ejemplo Hall (1988), considera que la innovación, en el sentido de la productividad, no puede concebirse como el “residuo de Solow”, debido a que en condiciones de competencia imperfecta la función de innovación difiere de la relacionada con este residuo en dos sentidos: por un lado, la dificultad de probar sustituibilidad de factores en el corto plazo, y por otro, la no normalidad de los datos con los cuales se instrumentan los modelos. A partir de esto, se desarrolla la integral de la ecuación (1) y se halla el vector unitario que relaciona la productividad (ecuación 2).

$$\left[ Y - \left[ H_Y^\beta x_i^{\alpha+1} \right]_0^{F(A,T)} \right] = \theta, \quad (2)$$

donde  $\theta$  es el indicador de progreso técnico. Por lo tanto, sólo cuando el precio es igual al costo marginal o en condición de normalidad y elasticidades de sustitución constantes, el “residuo de Solow” es equivalente al cambio técnico y al incremento en productividad. Así se justifica que el concepto de innovación no se identifica con el de productividad multifactorial desarrollado en las posturas neoclásicas<sup>4</sup>.

Se puede argumentar que todos estos trabajos abastecen de alguna forma los desarrollos de Schumpeter (1943), quien postula que el desarrollo económico está motivado por la innovación, por medio de un proceso económico en el cual las nuevas tecnologías desplazan a las antiguas, proceso denominado “destrucción creativa”. Además, para Schumpeter las innovaciones radicales originan los grandes cambios

4 Siguiendo esta línea, los supuestos de los desarrollos de Solow (1956) fueron después reconocidos como excesivamente simplificadoros con respecto al papel del cambio tecnológico como determinante del crecimiento, desde la consideración de este cambio, como factor exógeno (Stiglitz y Charlton, 2007). Por otro lado, los desarrollos en torno al cambio técnico y su endogenización en el crecimiento económico representan un avance frente a la visión exógena, por cuanto reconocen la naturaleza acumulativa y la no neutralidad del progreso tecnológico en el contexto de la función de producción. Sin embargo, ambos modelos consideran que el conocimiento incorporado en las nuevas tecnologías tiene características de bien público (Aghion y Howitt, 1992; Barro y Sala-I-Martin, 2003; Griliches, 1986). En ese contexto, el conocimiento generado por la investigación básica aplicada y las actividades tecnológicas, es accesible con relativa facilidad y bajos costos (Pavitt, 1997).

del mundo, mientras que las progresivas alimentan de manera continua el proceso de cambio.

Las diferentes variantes de una u otra de las posibilidades de innovación presentadas arriba, expresan el fundamento de lo planteado por los teóricos reseñados anteriormente. En efecto, las posibilidades del cambio técnico se expresaran en *input* de producción, o cambio en la composición factorial, lo que permite justificar que los desarrollos teóricos mencionados no identifican los determinantes al interior de la función de innovación, esta última expresada como una función probabilística de inversión en innovación.

A partir de este referente y dilucidando lo que puede estar ocurriendo en la función de inversión, es necesario recalcar los diferentes enfoques y concepciones sobre la cuestión de la creación y la difusión del conocimiento. Arrow (1959) postula el carácter público del conocimiento debido a problemas de apropiación, lo cual es resultado de diversos factores, entre ellos la imperfección de las patentes como mecanismo de protección de los nuevos descubrimientos. En ese sentido, las empresas invierten en innovación haciendo uso del conocimiento que se encuentre disponible a menor costo.

Sin embargo, existen componentes teóricos que se escapan de las tendencias antes mencionadas. Algunos enfoques señalan que la decisión de invertir en innovación depende de los beneficios que pueda obtener la empresa en un marco de incertidumbre. Así, dicha inversión tiene como determinantes los costos y beneficios que la innovación genere entre los grupos que constituyen la empresa y, finalmente, la innovación estará en función de los incentivos y compensaciones que se implementen con su introducción (Liebestain, 1969, pp. 600-623)<sup>5</sup>.

Asimismo, los procesos de inversión en innovación se incorporan a curvas de aprendizaje completamente diferenciables de una empresa a otra, dado que el conocimiento tecnológico se construye en la empresa a partir de lo que se sabe y del uso de las tecnologías adquiridas (*learning by using*), de la experiencia productiva (*lear-*

---

<sup>5</sup> En este contexto, un primer problema al tomar como referente la medición de los costos y los beneficios de la innovación gira en torno a la incertidumbre generada por la adopción de nuevas tecnologías, hecho que puede rezagar el proceso de innovación como tal. Con ello, el ritmo de innovación de las empresas depende del ritmo de obsolescencia tecnológica, incluso en un escenario de reducción de costos (Rosemberg, 1976, p. 86).

*ning by doing*) y de la solución de problemas (*learning by solving*). De esta forma, se desarrollan rutinas que asimilan la forma normal de hacer las cosas en la empresa, lo que da lugar a inercias que inciden en el desarrollo futuro de sus innovaciones y además configura trayectorias específicas de conocimiento que son particulares para cada empresa (Nelson y Sampat, 2001; Pavitt, 1997).

Por consiguiente, el carácter específico de la acumulación de conocimiento de una empresa hace que el escenario de aplicación de una inversión en innovación dependa del desarrollo de actividades y capacidades tecnológicas y que para convertir la función de innovación en óptima se requieran modificaciones y adaptaciones que conlleven aprendizajes y desarrollos en la estructura dinámica de las empresas. A su vez, el carácter acumulativo se refleja en la búsqueda y selección de tecnologías y se lleva a cabo a partir de lo que ya se sabe (Pavitt, 1997).

Así, los conocimientos previos pueden determinar la función de inversión en innovación de las empresas, tanto como la búsqueda y selección de las tecnologías que se van a adquirir. Por ejemplo para Lall (1992), la acumulación previa de capacidades tecnológicas, es una variable que puede generar procesos de innovación incremental de carácter adaptativo, expresados en las prácticas de vigilancia, valoración, selección, transferencia y negociación de tecnologías (Malaver, 2002; Malaver y Vargas, 2004a, 2004b).

Desde esta perspectiva, el conocimiento se convierte en el principal determinante del tipo de innovación, puesto que el conocimiento sustenta la capacidad de la compañía para invertir en innovación y, por tanto, un cambio en el conocimiento implica un cambio en la capacidad de la empresa para realizar innovaciones (Afuah, 1999). Este tipo de cambios pueden ser presentados a partir del carácter específico de la innovación. En primer lugar, siguiendo la Figura 1, se encuentran las innovaciones radicales<sup>6</sup>, seguidas de las innovaciones incrementales.

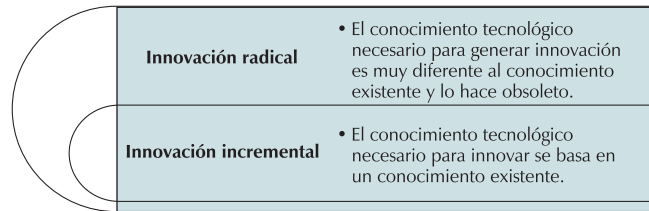
Con esto se concluye que, a fin de analizar la función de inversión en innovación, se presenta de forma disyuntiva las variables determinantes tales como, la acumulación de capital, o la acumulación de capacidades, como dos factores separados y aparentemente excluyentes. En cuanto a las variables determinantes, para la teoría neoclásica, en lo macro –olvidando la heterogeneidad de la tecnología– (Wad, 1995); la teoría evolutiva, en lo microeconómico y en lo mesoeconómico, donde tienen un

---

6 Tales innovaciones son destructoras de conocimientos, según Tushman y Anderson (1986).

rol importante el reconocimiento de la especificidad y las diferencias del desarrollo tecnológico a nivel de las empresas (Pavitt, 1997).

Figura 1  
Tipologías de la innovación



Fuente: elaboración propia.

Así, desde el punto de vista mesoeconómico, para Kim y Nelson (2000) existen tres etapas del desarrollo tecnológico en las empresas, como lo expresa la Figura 2.

Figura 2  
Etapas del desarrollo innovador

|  |  |
|--|--|
| <b>Imitación duplicativa</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La estrategia tecnología se basa en la copia (legal e ilegal) de productos en el extranjero.</li> </ul>                 |
| <b>Imitación creativa</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las empresas inician actividades de <i>benchmarking</i> y de I &amp; D.</li> </ul>                                      |
| <b>Innovación<br/>Etapa generativa</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las actividades de I &amp; D son más frecuentes y están orientadas a generar productos con servicios nuevos.</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia.

Desde lo expuesto anteriormente, el énfasis dado por la perspectiva evolucionista se centra en los procesos de innovación que son en esencia de naturaleza iterativa (Kline y Rosenberg, 1986). En este sentido, los procesos de innovación tienen altos componentes de informalidad y de conocimientos tácitos creados a partir de experiencias previas por parte de los agentes partícipes de ellas, quienes anteponen un carácter idiosincrático<sup>7</sup>. Este tipo de apropiación genera aprendizajes que dan lugar a

<sup>7</sup> Por lo tanto cabe justificar que los análisis sobre innovación desde Arrow (1959) hasta Dasgupta y Stiglitz (1980) mantienen un supuesto un tanto alejado de la realidad, suponen que la inversión en innovación es un proceso absolutamente específico de las empresas que lo desarrollan, o lo que es lo mismo, que no existe derramamiento de conocimientos, o que el costo de imitar es igual al

procesos de innovación de complejidad ascendente (Kim y Nelson, 2000; Lall, 1992). En cuanto a la inversión en innovación, para efectos aclaratorios, cabe mencionar que su valor estratégico para la función de inversión está determinado por el grado de contribución a la generación de capacidades únicas y distintivas que se traduzcan en ventajas competitivas para las empresas.

Por lo tanto, desde esta perspectiva, la innovación atrapa lo construido desde y como conocimiento científico. Se destaca, en primer lugar, el papel del conocimiento como un hecho no necesariamente exógeno y las mayores implicaciones de las relaciones entre ciencia y tecnología. Desde aquí se proyecta el espectro de la producción a otras instancias sociales<sup>8</sup>, entendiendo estas instancias desde una perspectiva evolutiva, en el sentido del beneficio obtenido por las empresas y en la medida que la educación, se desarrolle en un ambiente de alta producción científica y los nuevos conocimientos sean adoptados por las empresas en sus procesos de producción.

Sin embargo, trabajos como el de Landau (1990), que se refieren al progreso técnico, señalan que para que se produzca innovación no es suficiente la investigación científica, dado que se estarían dejando de lado otros componentes sociales e institucionales de mucha importancia, que impactan la comercialización, la valoración de las empresas y las perspectivas de inversión<sup>9</sup>. Según esta postura, el escenario de innovación no sólo está compuesto por el problema de crear nuevos productos o servicios, sino que impregna todos los espacios de la sociedad. De hecho, el medio ambiente de la innovación se convierte en un determinante endógeno de la función de inversión en innovación, en especial para el sector servicios. Así, autores como Afuah (1999, citando a Thomas) afirman que la capacidad de las empresas para innovar está en función de su medio ambiente. Este escenario depende de las condiciones del mercado, así como de las formas en que se desarrolle el mercadeo,

---

de innovar. De esta forma, se elimina la posibilidad de que las empresas compitan entre sí para alcanzar nuevas invenciones (Freeman, 1982).

8 Aquí son fundamentales los roles del Estado, las universidades y las empresas como agentes portadores de conocimiento e información útil para los procesos de inversión en innovación, o lo que se conoce como el modelo de "triple hélice" del profesor Henry Etzkowitz (Afuah, 1999). Resulta interesante que en los países de la OCDE la relación universidad-empresa es bastante más estrecha que en los países en vías de desarrollo, lo cual explica en parte los avances en construcción tecnológica y en soluciones científicas.

9 Entre otras, procedimientos tales como los contratos de riesgo compartido (Joint Venture), fusiones y las políticas de estímulo a la producción de innovaciones o las asociaciones públicas y privadas interesadas en estos temas.

la empatía y el grado de conocimiento de la cultura, y a los consumidores inmersos en ella a los cuáles les es destinado los bienes y/o servicios.. En síntesis, el tipo de liderazgo social y productivo que construyan las empresas, la institucionalidad como marco regulatorio, la tipología de los contratos que conforman la empresa, se presentan como variables importantes para la toma de decisiones sobre inversión en innovación.

En este sentido, los desarrollos teóricos recientes (apoyados en la evidencia empírica) acercan la perspectiva evolutiva a una consideración mucho más amplia sobre el proceso innovador. Por ello, se desarrollará el principal componente a partir del escenario teórico que reconoce al conocimiento tecnológico de manera particular para cada empresa y que esto abarca incluso los productos y procesos que se construyen, acumulan y generan trayectorias particulares de avance técnico, y que está determinado por el tipo de cualificación de los agentes que participan en el proceso productivo productivo (Dosi, 1988a, 1988b, 1997; Nelson y Winter, 1982; Pavitt, 1997).

#### B. FUNCIONES DE APRENDIZAJE SOCIAL Y LA DECISIÓN DE INVERTIR EN INNOVACIÓN

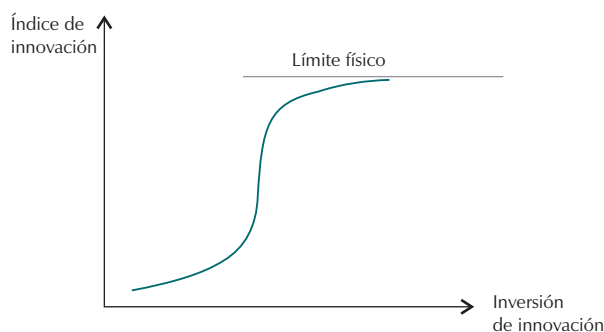
La teoría de la innovación vista desde el ámbito de las decisiones se sirve de escenarios teóricos analizados por la teoría de juegos, entre otras varias formas usadas para acercarse a su valoración. Uno de estos planteamientos se acerca a las nociones de Manski (2006), quien trata de configurar un modelo de toma de decisiones dependiendo de la experiencia y el nivel de conocimiento de los individuos.

En ese sentido, en las empresas las decisiones sobre el nivel de inversión en innovación dependen del ciclo de vida de la innovación, que gráficamente toma forma de una curva en forma de “S”<sup>10</sup>, como se presenta en el Gráfico 1. Tal forma sigmoidea implica que las decisiones de innovar probabilísticamente pueden tener un límite superior como efecto de los cambios en los procesos y productos, o puede tener un límite inferior en el cual la innovación no se concreta y, por lo tanto, no se amplían o conquistan competitivamente los mercados.

---

<sup>10</sup> Afuah (1999; 48) cita a Foster, quien afirma que el índice de progreso técnico (índice de innovación, según Gráfico 1) es una función de la cantidad de esfuerzo invertido.

Gráfico 1  
Inversión en innovación. Reinterpretación de la curva S de Foster



Fuente: Afuah (1999, citando a Foster).

Al principio el incremento es moderado, seguido de un crecimiento rápido y, finalmente, el proceso converge al valor límite (Manski, 2006, citando a Griliches), lo que presenta la ruta crítica de la innovación como una ruta no lineal. Por consiguiente, la decisión de los empresarios de invertir en innovación, si bien puede mejorar los procesos a partir de los bienes básicos (*commodities*), la potencialidad de la decisión de inversión se centra principalmente en la generación de conocimiento en el sentido de la creación de nuevos productos y la construcción-reconstrucción de información de mercados, en el sentido usado con mayor fuerza por el factor financiero y sus modernas propuestas de generación de riqueza. De esta manera, es comprensible que la dinámica de las decisiones sobre la adopción de innovaciones pueda ser de tipo no monótono o cualquiera de las posibilidades caóticas. Por lo tanto, la adopción de una innovación depende de cómo los responsables de tomar las decisiones creen que debe sostenerse el proceso de innovación y de cómo estas creencias, en el sentido de esperanzas matemáticas, cambian en el tiempo (Manski, 2006)<sup>11</sup>. En cualquier caso, su estructura es no lineal y puede presentar comportamientos de puntos de silla o los expresados en la economía compleja (Dechert y Hommes, 2000).

Para ello y siguiendo los planteamientos de Bowles (2005), se puede asumir un proceso de innovación estudiando la dinámica del proceso de acumulación de información por parte de las empresas. Este proceso ha sido formalizado por Manski (2006) y está expresado en la ecuación (3).

<sup>11</sup> Se puede entender el problema de las decisiones recurriendo a las elegantes formulaciones matemáticas de Prigogine y Stengers (1984) y los sistemas disipativos.

$$\text{Max} \left[ \int U_j [c, y(c)] dP_T [y(c)] \right]. \quad (3)$$

En (3),  $U_j$  denota la función de utilidad que cada persona encargada de la toma de decisiones usa para evaluar sus acciones. La utilidad  $U_j[c, y(c)]$  está asociada con una acción  $c$ , que depende de los resultados  $y(c)$ . El conjunto de decisiones está representado por  $c$ . Por otro lado,  $y(c)$  representa el espacio de las decisiones y  $P_T[y(c)]$  es la medida de probabilidad aleatoria.

La estructura en (3) plantea que hay plena observabilidad de las acciones del pasado y sus respectivos resultados, por lo que  $T \geq 1$ , es decir, los responsables de tomar las decisiones de cada cohorte, aprenden acerca de sus propias distribuciones de probabilidad, por la observación de experiencias pasadas<sup>12</sup>. A su vez, existe un nivel aceptable de estacionariedad de las distribuciones de probabilidad  $P_T[y(c)]$  del conjunto del sector.

Esta última condición tiene implicaciones importantes, dado que expresa el grado en el que la innovación, en relación con una empresa determinada, puede comportarse como un estado estacionario a lo largo de una trayectoria dinámica, o en el lenguaje de la teoría de juegos: ser líder o estar cercano al conjunto de probabilidades ciertas, como solución al modelo a través de rendimientos crecientes. Así, el nivel de estacionariedad puede implicar la probabilidad de que la empresa se haya adherido a un conjunto normal de competencia (escenario de las ventajas comparativas) con media cero y varianza constante.

Por esta razón, la toma de decisiones sobre la adopción de una innovación está inserta en una función de aprendizaje social, donde quien decide es una persona que pertenece a algún grupo de referencia notable y predice que si fuera a escoger determinada acción con respecto a la inversión en innovación, él o ella experimentaría un resultado deducido al azar de la distribución de resultados en este grupo. Esta idea se formaliza asumiendo que el agente  $j$  se ve como un miembro de cohorte  $J_T$ , y predice que su resultado bajo cada acción  $c \in C$  es descrita por  $P_T[y(c)]$ .

<sup>12</sup> Es relevante señalar que se espera que quienes tomen las decisiones tengan expectativas racionales y elijan en un escenario que maximice la utilidad esperada. Sin embargo, los supuestos añadidos al modelo reflejan que los responsables de tomar las decisiones no tienen expectativas racionales estrictas.

De esta manera, a través del análisis teórico de la dinámica de aprendizaje social se muestra que el proceso de innovación es complejo, porque la dinámica del aprendizaje y las propiedades de la información forman el flujo de interacciones entre los agentes que llevan a una toma de decisiones.

Manski (2006) bajo simulaciones cuantitativas encuentra que el comportamiento de quienes toman las decisiones tiene fuertes efectos cuantitativos en la proporción de la adopción de la innovación y en el estado terminal del proceso de aprendizaje<sup>13</sup>. Por otro lado, el problema de la adopción de una innovación depende de las preferencias adheridas a cada empresa con respecto al proceso de innovación. Este tipo de planteamientos matemáticos trata de capturar la preferencia de las empresas en cuanto a ser líderes en innovación o aplicar un proceso de imitación.

La intuición detrás de esta formalización es que las empresas innovadoras generan beneficios sociales que exceden los beneficios privados convencionales, debido a que los innovadores generan información que las empresas imitadoras copian. Sin embargo, el nivel de equilibrio de los innovadores es menor al óptimo social. De acuerdo con Bowles (2005), el modelamiento de la evolución cultural de las preferencias da una luz sobre la estructura de innovación en las empresas. Por lo tanto, en el proceso de innovación hay una transmisión vertical, oblicua y horizontal del conocimiento, la primera adherida a las empresas innovadoras, la segunda a la experiencia previa y la tercera al interior de cada estrato de la empresa.

En efecto, se puede presentar la educación como la variable fundamental de la construcción de los procesos de innovación, al mejorar las posibilidades de los capitales humano, intelectual y social. Se destaca la educación superior por su capacidad de generar nuevo conocimiento y proporcionar los soportes para la construcción de empresas innovadoras. Las actividades de investigación y desarrollo (I & D)<sup>14</sup> y el diseño creativo de capital intangible son el norte de la expansión innovadora de las empresas. Por ello se requiere la existencia de una estructura de incentivos efectiva y una tasa de retorno suficientemente atractiva para que se produzca la inversión. A partir de allí, según el Gráfico 2, se pueden justificar desarrollos incrementales de

---

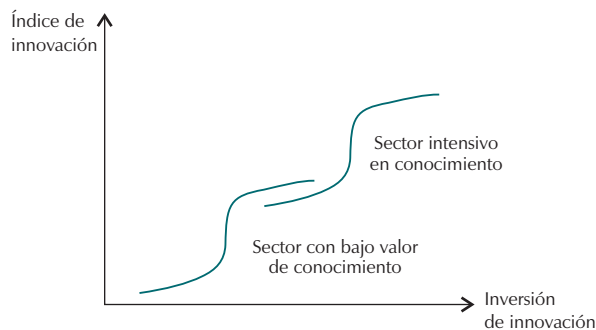
13 Para abordar otro tipo de evidencias cuantitativas del ambiente organizacional de las empresas para el comportamiento innovador, se propone observar los estudios de Scott y Bruce (1994).

14 El término investigación y desarrollo (I & D) se conceptualiza como el conjunto de actividades orientadas a crear nuevos productos o procesos, con el propósito de tener aplicabilidad en un mercado específico (Comisión Europea, 1995).

las inversiones en innovación, en especial para sectores que requieren un alto grado de información y conocimiento, como el sector servicios.

Desde esta perspectiva, el problema en cuanto a la inversión en innovación se reduciría al método de elección de quienes toman decisiones haciendo énfasis en la información, el nivel de investigación, la elección y el conocimiento organizacional. Por lo tanto, la economía evolutiva explora y encuentra cómo el cambio de la tecnología, el derrame tecnológico (*spillovers*) y la dinámica organizacional de las economías hacen que las empresas se diferencien unas a otras a causa de las estrategias de innovación que son asumidas por los empresarios.

Gráfico 2  
Inversión en innovación. Según intensidad de conocimiento



Fuente: reinterpretación de las curvas de Afuah (1999).

### C. COMPETITIVIDAD Y DECISIONES DE INVERTIR EN INNOVACIÓN: UN MODELO HEURÍSTICO

Para establecer la importancia de la toma de decisiones sobre la inversión en innovación en las empresas se parte de que éste no es sólo un tema económico, sino que incorpora un contenido difuso frente a la evolución y el crecimiento de las empresas, como se presentó en la sección anterior. Así, desde los planteamientos de Bowles (2005), la innovación no puede ser capturada en indicadores lineales, ya que para ello se requieren expresiones matemáticas que reflejen la dimensión holístico-cultural del proceso, que en su expresión de control pueda ser asimilada a partir de una decisión, la cual puede expresarse a partir de criterios dinámicos.

Por consiguiente, es posible encontrar un sistema que establezca cómo se afecta la decisión de inversión en innovación a través de los escenarios de productividad o competitividad de las empresas. Este marco analítico enfatiza que la información y el conocimiento son, en la actual etapa de globalización, las variables de mayor relevancia para acceder a los mercados más dinámicos, traducidos estos como procesos innovación y rutinas<sup>15</sup>.

Según esta forma de ver la competitividad, en especial para el sector servicios, el conocimiento expresado a través capital humano presenta una dinámica de un orden que no es de orden lineal sino de orden complejo superior, y cada avance significativo implica redefiniciones trascendentes en muchos espacios de la estructura productiva de lo urbano<sup>16</sup>, de los sectores productivos y de la sociedad misma. Lo cuál llevaría a que el capital humano sea el eje fundamental para lograr un proyecto sostenible (Henderson y Cockburn, 1994), en el sentido de la innovación permanente (Schumpeter, 1950).

La Figura 3 presenta lo formulado hasta aquí, haciendo énfasis en que la productoria (II) entre las ventajas comparativas, la acción del Estado y la construcción dinámica de competitividad constituyen el espacio de probabilidades para llevar a cabo procesos de innovación. Ésta es la base de la economía de la información, que junto al conocimiento se caracteriza por presentar rendimientos crecientes. Ahora bien, la innovación como probabilidad que se concreta en el rango y dominio social puede pensarse a partir de las definiciones de lo urbano y de los espacios sociales en los cuales la relación fundamental de productividad es la derivada de la intercepción de las capacidades de los individuos, y no de éstos en su potencialidad de cambio de los bienes de origen primario propios de la economía industrial. Es decir que la innovación, como cultura, existe a lo largo de toda la sociedad, por la innata curiosidad de los individuos. El problema es si los mecanismos de la sociedad (institucionales,

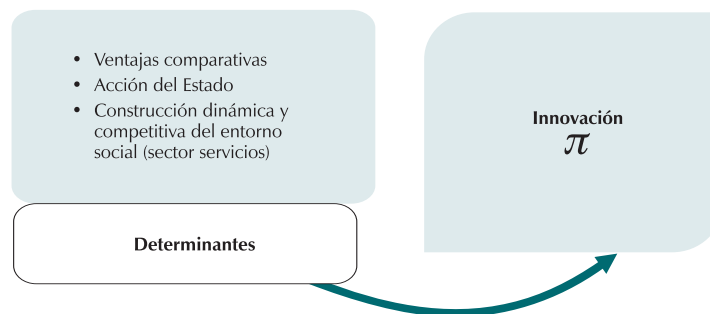
---

<sup>15</sup> Nelson y Winter (1982) al comprender la empresa como una jerarquía de actividades regladas de manera contractual, definen "rutinas" como las maneras y normas del comportamiento laboral y social, en el cual se tejen los procesos de producción y, además, definen las características de las empresas a partir de los procesos. Las rutinas son resultado de la evolución cultural y definen un proceso social a partir del desarrollo de la I & D.

<sup>16</sup> Se hace referencia a lo urbano como cultura en cuanto a que a partir de ésta en una relación dinámica con el territorio se colonizan los espacios que se denominan genéricamente como ciudades. En este sentido, la innovación no es un reto sólo de las grandes ciudades sino de las culturas, y a partir de éstas se afianza la actual fase de la globalización. Por ello, la innovación y la competitividad requieren de tener bases regionales y capacidades para competir en los mercados de mayor tamaño o en los mercados propios con firmas globales.

de mercado y de no mercado) posibilitan y potencian su construcción o si, antes bien, la detienen. Ésta es la hipótesis central: que no se produce innovación de manera significativa y que sus mecanismos institucionales tampoco coadyuvan de manera trascendental a explicar el estado actual de desarrollo de las ciudades.

Figura 3  
Competitividad e innovación



Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, existen varias consideraciones sobre esta hipótesis. Primero, ¿cómo se pueden presentar las funciones que expresen lo enunciado y cómo se puede probar que las decisiones son asimilables a la mejor probabilidad, es decir, que tienen un impacto diferenciado? Redefiniendo los planteamientos de Sanabria (2007), para quien existen  $n$  sectores<sup>17</sup> que tienen un valor esperado representativo de su capacidad y potencialidad de generación de escenarios de innovación. Con este supuesto, se restringe el planteamiento donde el mercado está compuesto por dos sectores de innovación:  $FI$ , firmas<sup>18</sup> innovadoras, y  $FS$ , firmas seguidoras, y se supone también que sólo existe uno de estos roles.

A partir de esta noción, se busca interpretar o explicar el impacto evolutivo de la existencia de un sector que es líder en innovación y otro sector que, frente a la dinámica de innovación, presenta rezagos con referencia al primero. Sin embargo, según los planteamientos de Griliches (1992), Freeman (1982) y Manski (2006), ambos grupos

<sup>17</sup> Se pueden identificar a partir de sectores bien sea industriales o del sector servicios, sin que se afecten los planteamientos del modelo.

<sup>18</sup> Para este apartado entiéndase firma como empresa, aunque este supuesto es estricto en la medida que hay diferencias conceptuales entre estos dos conceptos.

reciben influencias a través de los *spillovers* de innovación, como se presentó en apartados anteriores.

Por tanto se asume que las firmas seguidoras (*FS*) inducen problemas de productividad y competitividad, pero que a su vez estas firmas les son funcionales a las firmas innovadoras (*FI*), dado que les permite concentrar una proporción amplia del mercado. Ambos grupos pueden tener un tipo de funcionalidad, lo cual evidenciaría una característica definitoria de sus relaciones en el mercado. Este planteamiento implica que, como consecuencia de la divergencia en cuanto a innovación entre los dos sectores, cada uno tendrá una productividad diferenciada, lo cual llevaría a que la política de innovación, ciencia y tecnología tenga que ser redefinida de acuerdo con los diferentes niveles de inversiones por tamaño de empresa. Este diferencial es el que va les va a permitir a las empresas alcanzar particularmente su nivel el óptimo de producción y, al mismo tiempo la difusión de proceso innovador.

Desde este punto, se puede definir  $\eta$  como el coeficiente de inversión en innovación y  $\Omega$  como el tamaño tanto de las empresas innovadoras como de las seguidoras. Por otro lado, se define  $S$  como la propensión a innovar;  $g$ , como los niveles de inversión en innovación; y  $Z$  define la inversión pública en ciencia y tecnología. Con esto, se puede establecer una inecuación a la que se le asocia la productividad de las empresas, expresada a partir de unas tasas de crecimiento que se pueden definir como  $U$ , siendo  $U_p$  una media de referencia. A partir de estas perspectivas, se puede reformular el modelo planteado por Nelson (1994) sobre la difusión de la innovación desde el marco evolucionista. Del mismo modo que lo desarrolla Sanabria (2007), se presentan los *derrames tecnológico* a partir de las firmas innovadoras y su influencia sobre las firmas seguidoras, y se obtiene la ecuación (4).

$$\left\{ \left[ (g_{FS}, g_{FI}), \left( \frac{Z_{FI}}{S_{FI}}, \frac{Z_{FS}}{S_{FS}} \right) \right] \left[ \frac{S_{FS} S_{FI}, (\Omega_{FI}) \eta}{(S_{FS}, S_{FI})} \right] \right\} > U_I \equiv U_{FI} > U_{FS}$$

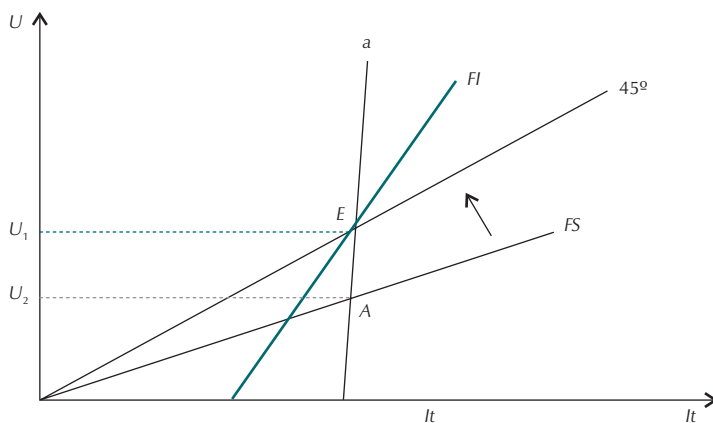
$$\left[ (g_{FS}, g_{FI}) > \left( \frac{Z_{FI}}{S_{FI}}, \frac{Z_{FS}}{S_{FS}} \right) \right] \equiv U_{FI} > U_{FS}$$

$$\left[ (g_{FS}, g_{FI}) > S^{-1}(Z_{FI}, Z_{FS}) \right] \equiv U_{FI} > U_{FS}$$

$$(g_{FS}, g_{FI}) > Z \left[ (S_{FS}, S_{FI}), (S_{FS}, S_{FI})^{-1} \right] \equiv U_{FI} > U_{FS}. \tag{4}$$

En este sentido, a partir del planteamiento de líder-seguidor (Bowles, 2005), y suponiendo que los efectos de los *spillovers* se componen de una firma innovadora y otra seguidora como se presenta en el Gráfico 3, en los cuales  $I_t$  significa el grado de innovación y  $U_i$  el nivel de productividad, geoméricamente se puede representar que la firma innovadora, en razón a tener mayor pendiente, es más competitiva, lo cual expresa los puntos de corte E y A. Sin embargo, dados los *spillovers*, el efecto a mediano plazo es un nivel de innovación similar para los dos tipos de firma. Se puede suponer, entonces, que la producción en cuanto a los requerimientos de los mercados más dinámicos puede generar los estándares necesarios para desatar las fuerzas de las sociedades en busca de su desarrollo.

Gráfico 3  
 Equilibrios en innovación y crecimiento en productividad, firma líder y firma seguidora



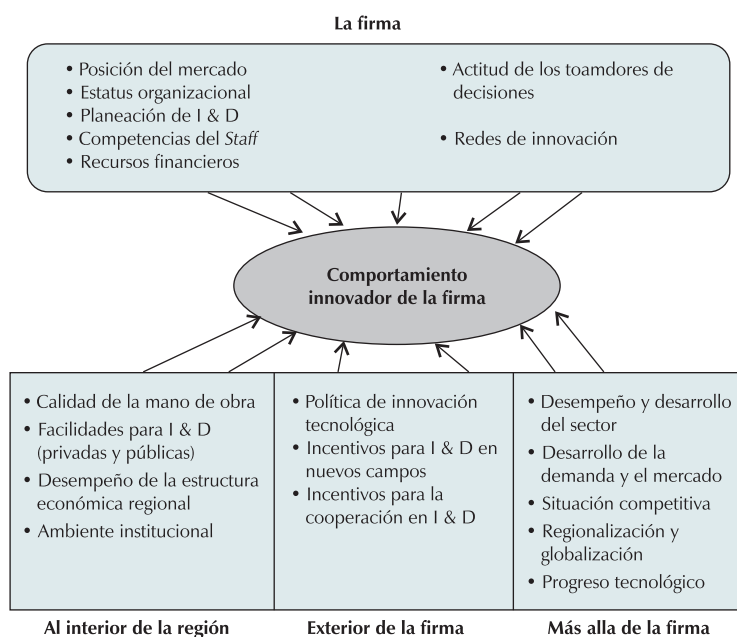
Fuente: elaboración propia.

De este modo, estudiar el proceso de la inversión en innovación sólo puede entenderse si se la sitúa dentro del medio ambiente<sup>19</sup> en el que se desarrolla, como se muestra en la Figura 4. Por lo tanto, es vital analizar el ecosistema de la innovación, que incluye los *inputs* o fuentes de la innovación; los *outputs* y sus correspondientes efectos sobre las empresas, la economía de una ciudad como Bogotá y la sociedad

<sup>19</sup> Autores como Porter (1990) y Afuah (1999) afirman que la capacidad de una empresa para innovar está en función de su medio ambiente. Así, evidencia econométrica como la de Sternberg (2001) sugiere que los factores externos e internos de las firmas tienen impactos diferenciados sobre el nivel de inversión en innovación.

en su conjunto; los condicionantes políticos; y la infraestructura sectorial sobre la que se asienta ese proceso de inversión<sup>20</sup>. De este modo, los incentivos de inversión en innovación del sector servicios están atados a la competencia interina de las empresas para mantener los canales de mercado ya establecidos y la necesidad de mantener relaciones de complementariedad con sectores como el manufacturero.

**Figura 4**  
Factores internos y externos del comportamiento innovador de las firmas



Fuente: adaptación de los planteamientos de Sternberg (2001).

Por lo tanto, se concluye que uno de los principales determinantes del proceso innovador va a estar reflejado en que las empresas, de acuerdo con Nonaka, Toyama y Nagata (2000), deben crear sus propias ventajas competitivas en respuesta a las necesidades del mercado, donde la capacidad de crear y utilizar conocimientos es el origen más importante del proceso innovador.

<sup>20</sup> Para Sternberg (2001), aquí tienen relevancia la proximidad social de los agentes innovadores, los incentivos para la cooperación en I & D, las redes de innovación, el desarrollo de la demanda y el mercado.

De esta forma los conocimientos y las destrezas de los agentes que participan en el proceso de innovación propician el surgimiento de las ventajas competitivas en una empresa, porque es a través de la interacción de conocimientos y destrezas, que la empresa logra innovar en sus productos, procesos y servicios, o mejorar los ya existentes de manera eficiente y eficaz.

### III. PRINCIPALES DESARROLLOS CUANTITATIVOS EN TORNO A LA INVERSIÓN EN INNOVACIÓN

El objetivo de este capítulo es presentar de manera somera las principales mediciones en torno a los determinantes de inversión en innovación. En primera instancia, se evidencia la abundancia de literatura sobre los efectos de la innovación en el crecimiento económico, en contraste con la escasez de trabajos sobre los factores que influyen o determinan las actividades de innovación de una economía. Para efectos de la presentación de este apartado, se visualizan dos focos tensores sobre los modelos de determinantes: a nivel sectorial y desde el contexto particular de la empresa.

En el Cuadro 1 se puede visualizar que un primer foco tensor tiene que ver con estudios sectoriales que exponen el papel de la innovación y que revelan sugerencias importantes sobre los procesos y esfuerzos innovadores en diferentes países. Cabe destacar el trabajo de Perry (2007), quien concluye que a mayor acumulación de conocimientos es más fácil y barato desarrollar nuevos procesos de innovación y conocimiento.

Desde el punto de vista metodológico, algunos trabajos se caracterizan porque analizan el proceso innovador como resultado de la propensión a innovar, definida como la intensidad de la innovación (gasto en innovación). Para ello, los diversos modelos de innovación propuestos encuentran que las variables determinantes son las patentes y el registro de propiedad, siendo altamente significativas (Crepon, Duguet y Mairesse, 1998). Sin embargo, este tipo de modelos pierde consistencia al involucrar las patentes como variable determinante, dado que existen problemas al utilizar este tipo de variables.

En cuanto a la literatura en Colombia, sobresale el trabajo de Langebaek y Vásquez (2007), donde estudian el grado de concentración de las empresas, es decir el poder de mercado y su impacto en el sector manufacturero.

Por lo anterior se concluye que para Bogotá no se encontraron estudios que exploren las decisiones de inversión en innovación para el sector servicios de Bogotá.

**Cuadro 1**  
**Algunos trabajos a nivel sectorial sobre inversión en innovación**

| Trabajo (año)  | Características de la metodología  | Escenario  |
|--|--|--|
| Aitken y Harrison (1999); Van Pottelsberghe y Lichtenberg (2001); Kinoshita (2000) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Estimaciones econométricas donde el <i>output</i> de innovación depende de la inversión extranjera, a través de transferencias de tecnología y la competencia (efectos inducidos). Estos trabajos destacan los impactos positivos crecientes de los niveles de competencia sobre la innovación.</li> </ul>  | Varios   |
| Frenz y Leeto (2007)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos de regresión que determinan la propensión a innovar en el Reino Unido. Las variables determinantes son las patentes, la sostenibilidad de la innovación y variables control que determinan el ambiente sectorial de los procesos de I &amp; D.</li> </ul>   | Internacional:<br>Reino Unido.<br>Macroeconómico                         |
| Gutiérrez (2007)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo con una estructura <i>logit</i> a partir de variables dependientes, como los nuevos productos, nuevos procesos de producción y las mejoras en los productos existentes. El estudio concluye que los determinantes de la inversión en innovación más significativos son los esfuerzos en generación y adaptación tecnológica, la adquisición de maquinaria y equipo y la formación de capital humano.</li> </ul>  | Sectorial<br>Internacional: países de América Central.<br>Macroeconómico |
| Crespi (1999)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Estimaciones a través de un modelo de máxima verosimilitud que explora los determinantes de la inversión en la industria chilena. Concluye que factores específicos tanto de las empresas como de la industria son relevantes para las decisiones de invertir en innovación. Entre los primeros se destacan el grado de madurez de las plantas y las decisiones pasadas de inversión; en los segundos, la estructura de mercado. El patrón de acumulación de conocimiento difiere según la escala.</li> </ul>   | Sectorial: Industria manufacturera Chile                                 |
| Perry (2007); De Ferranti et ál. (2003, p. 37)                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos que consideran el proceso de I &amp; D como determinante, y la variable dependiente corresponde al número de patentes. Se constata que la innovación realizada por las empresas depende de diversas instituciones (derechos de propiedad, regulaciones sobre el presupuesto) y de la estabilidad macroeconómica, así como del grado de competencia (apertura, mercados internos), de las habilidades de los trabajadores, ingenieros y científicos del sector y de las instituciones y políticas específicas relacionadas con el proceso de innovación (instituciones de investigación, subsidios e incentivos tributarios). También se exploran las relaciones entre las empresas y los centros de investigación, así como la flexibilidad en el mercado de capitales y el laboral.</li> </ul> | Institucional  |
| Langebaek y Vásquez (2007)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizan estructuras tipo <i>tobit</i> y llegan a la conclusión de que el tamaño de las empresas, la participación del capital extranjero y la capacitación de la mano de obra son variables significativas para determinar la inversión en innovación.</li> </ul>  | Sector industrial colombiano   |

Fuente: elaboración propia.

En un segundo foco tensor (Cuadro 2) se observan trabajos cuyo objetivo es analizar los determinantes de acuerdo con las características financieras y de mercado para la empresa y de este modo sustentar la hipótesis de Schumpeter de que el financiamiento interno es un determinante de la inversión en I & D. Uno de estos trabajos es el desarrollado por Howe y McFetridge (1976), quienes parten del supuesto de que las empresas actúan en un contexto de maximización de utilidades, es decir, su modelo es visto como un modelo de decisión en el que hay una tasa marginal de retorno de la I & D que es igual al costo marginal de fondeo; con ello, los efectos de la inversión en innovación difieren de un subsector a otro y entre las empresas extranjeras y las nacionales<sup>21</sup>.

### Cuadro 2

#### Determinantes de la inversión desde el contexto particular de la empresa

| Trabajo (año)                | Características de la metodología  | Escenario   |
|------------------------------|--|---|
| Howe y McFetridge (1976)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Formalizan la medición de los determinantes de la inversión en I &amp; D a partir de dos tipos de estimaciones. Por un lado, un modelo <i>cross section</i> y de series de tiempo para la industria canadiense, mediante el cual concluyen que los principales determinantes, en general, son asimilables a la estructura de financiamiento tales como el nivel flujo de caja, <i>los ingresos</i> por ventas corrientes, así como los incentivos del Gobierno.</li> </ul>  | Contexto Financiero de la empresa.  |
| Cohen, Levin y Mowery (1987) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Miden una de las cuestiones más relevantes sobre los determinantes de la inversión en innovación, en lo que se refiere al tamaño de las empresas. Así, bajo un modelo de unidad de negocios, plantean a través de regresiones lineales y modelos tipo <i>tobit</i> el impacto de la unidad de negocios y de los efectos sectoriales sobre la intensidad de la inversión en I &amp; D. Concluyen que el tamaño de las empresas es estadísticamente significativo.</li> </ul>   | Tamaño de las empresas  |
| Himmelberg y Petersen (1994) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboran un modelo de panel de datos. Encuentran que el financiamiento interno tiene una alta significancia estadística para incrementar la inversión en innovación. También hallan evidencia significativa de que la elasticidad de la inversión en I &amp; D es más baja que la elasticidad de la inversión convencional o física. Esto es debido, en parte, a los ajustes de la decisión de invertir frente a los movimientos de los flujos de caja. Esto llevaría a refutar los planteamientos de Arrow (1959), quien argumenta que los problemas de riesgo moral impiden que las empresas pequeñas inviertan en proyectos riesgosos como la innovación.</li> </ul> | Este panel de datos es elaborado para 179 empresas pequeñas de la industria de alto contenido tecnológico de los Estados Unidos |

Fuente: elaboración propia.

<sup>21</sup> Los supuestos añadidos a este tipo de modelos tienen como expectativa que la inversión en I & D se incrementa con las ventas más que proporcionalmente en firmas pequeñas y menos que proporcionalmente en firmas grandes. A su vez, la inversión en I & D se incrementa con variables como las utilidades después de impuestos, el índice Herfindahl y el nivel de depreciación.

#### IV. MODELO DE DETERMINANTES DE INVERSIÓN EN INNOVACIÓN: ESQUEMA METODOLÓGICO

##### A. PLANTEAMIENTO DEL MODELO

Tal como la minimización de la suma de residuales al cuadrado permite estimar una variedad de modelos para funciones de media condicional, la regresión cuantílica (RC para efectos positivos de este documento) ofrece la oportunidad de tener una completa visión de la estadística y la relación entre variables estocásticas a partir de la minimización de una simple versión asimétrica de los errores absolutos sirviéndose de funciones condicionales de cuantiles (Cameron y Trivedi, 2005).

Por ello, con el fin de obtener estimadores robustos, ante fenómenos como la heterogeneidad de la muestra y la naturaleza del problema heteroscedasticidad, la RC se puede presentar como un estimador apropiado para entender este fenómeno. Así, el objetivo de la RC es dividir a la población en cualquier tipo de medida de posición no central, (donde los percentiles o fractiles se refieren al caso general) (Koenker y Hallock, 2001).

En este caso, la RC es un método semiparamétrico ya que no supone una forma de distribución de probabilidad para la parte aleatoria del modelo  $\mu$ . Así, para la parte de parámetros fijos del modelo  $(\beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k)$  se supone una forma paramétrica<sup>22</sup>. Los cuantiles condicionales  $Q_y(\tau|X)$  son la inversa de la función de distribución acumulada condicional de la variable de respuesta  $F_y^{-1}(\tau|X)$ , donde  $\tau \in (0, 1)$  representa los diferentes cuantiles<sup>23</sup>. Entonces, suponiendo que la muestra de una alguna población es  $(y_i, x_i), \forall i = 1, 2, 3, \dots, n$ , donde  $x_i$  es un vector de regresores de tamaño  $(k * 1)$  y que el cuantil  $\theta$  de la distribución condicional de  $y_i$

22 Se argumenta que una distinción entre el modelo clásico de regresión lineal (MCRL) y la RC es que en el primero generalmente la distribución que se asume es la normal. Sin embargo, este supuesto puede ser violado, dado que la distribución puede ser asimétrica. De esta forma, la RC es un método que ofrece una comprensiva estrategia para completar la imagen de la regresión para fenómenos con problemas de heteroscedasticidad, con el objetivo de minimizar la suma de errores absolutos ponderados por pesos asimétricos utilizando los cuantiles como estimadores.

23 Por ejemplo,  $\tau = 0,5$  :  $Q_y(0,50|x)$  es el percentil 50 de la distribución de  $y$  condicional a los valores de  $x$ . En otros términos, el 50% de los valores de  $y$  son iguales o menores a la función especificada de  $x$ .

es lineal en  $x_i$ , el modelo de regresión condicional cuantílica se define a partir de las ecuaciones (6) y (7).

$$\hat{r}_{qi} = (x_i \beta'_\theta \ z_i \gamma' \ \mu_{qi}) \quad (5)$$

$$\hat{r}_{qi} = \alpha + \beta'_\theta x_i + \gamma' z_i + \mu_{qi} \quad (6)$$

$$Quant_\theta(\hat{r}_i | x_i, z_i) = \alpha + \beta'_\theta x_i + \gamma' z_i \quad (7)$$

$$E[\mu_{qi}] = 0.$$

A partir de (7) se deduce que  $Quant_\theta(\mu_{qi} | x_i, z_i) = 0$ . Por otro lado,  $Quant_\theta(r_i | x_i, z_i) = 0$  se define como el  $\theta$  ésimo cuantil de  $r_i$ , condicional del vector de regresores  $x_i$  y  $z_i$ ;  $\beta_\theta$  es el vector de parámetros que van a ser estimados para los diferentes valores de  $\theta$  en  $(0, 1)$ ;  $\mu_\theta$  es el término de error que supone una función continua y diferenciable  $F_{\mu\theta}(\cdot | x, z)$  y una función de densidad  $f_{\mu\theta}(\cdot | x, z)$ , donde  $F_i(\cdot | x, z)$  es la función de distribución condicional<sup>24</sup>.

De esta forma, dados un  $\tau \in (0, 1)$  y una variable aleatoria  $Y$  (continua o discreta), el  $\tau$ -ésimo cuantil se muestra en (8).

$$Q(\tau) = \inf \{r_i : F(r_i) \geq \tau\}. \quad (8)$$

En (7)  $F$  es la función de distribución de  $r_i$ . Por lo tanto, si se tiene una muestra con observaciones independientes  $\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ , es posible encontrar una estimación de la función de distribución por medio de la distribución empírica de la muestra, definida como el cociente entre el número de observaciones inferiores o iguales al valor de interés y el número de observaciones, como se expresa en (9).

$$\hat{F}(y) = \frac{Num(R_i \leq r)}{n}. \quad (9)$$

Por lo tanto, dados  $m$  vectores  $x^1, x^2, \dots, x^m$  y  $z^1, z^2, \dots, z^m \in \mathbb{R}^n$ , que representan las variables determinantes, y  $m$  valores reales  $r_1, r_2, \dots, r_m$ , que representan la

<sup>24</sup> Si  $\theta$  varía de 0 a 1, se puede obtener la distribución completa de  $y$ , condicional a  $x$ .

variable determinada, el problema general de regresión es encontrar un vector  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_{n-1}, \beta_n)' \in \mathbb{R}^n$ .

Si se asume que  $r_i - \beta'x^i - \gamma'z^i = u_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  y que el valor esperado condicional de  $u_i$  con respecto a las observaciones es cero, entonces, la media condicional de  $r_i$  con respecto a  $x^i$  y  $z^i$  se expresa como  $(E(y_i | z^i) = \gamma'z^i)$ ;  $(E(y_{\downarrow i} | z^{\uparrow i}) = \gamma'z^{\uparrow i})$ .

La solución al problema de optimización está dada por  $\beta = (X'X)^{-1}X'y$ , con  $X = [x^1 \ x^2 \ \dots \ x^m]$  y  $y = [y^1, y^2, \dots, y_m]$ .

Suponiendo que  $y_i = \beta_{\tau}'x^i + \gamma_{\tau}'z^i + u_{i,\tau}$  y además que el valor esperado condicional no necesariamente sea cero, pero el  $\tau$ -ésimo cuantil de la perturbación con respecto a las variables determinantes es cero  $Q_{\tau}(u_{i,\tau}|x^i) = 0$ , entonces, el  $\tau$ -ésimo cuantil de  $y_i$  con respecto a las variables determinantes se escribe bajo la ecuación (10).

$$Q_{\tau}(y_i|x^i, z^i) = \beta_{\tau}'x^i + \gamma_{\tau}'z^i. \tag{10}$$

La estimación de los vectores  $\beta_{\tau}$  y  $\gamma_{\tau}'$  en (10) se encuentra a partir de un problema de optimización expresado en la ecuación (11)<sup>25</sup>.

$$\hat{\beta}_{\tau} = \arg \min_{\beta_{\tau} \in \mathbb{R}} \left\{ \sum_{\beta_{\tau}'x^i} \tau |y_i - \beta_{\tau}'x^i| + \sum_{y_i < \beta_{\tau}'x^i} (1-\tau) |\beta_{\tau}'x^i| \right\}$$

$$\hat{\beta}_{\tau} = \underset{\beta_{\tau} \in \mathbb{R}}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^m \rho_{\tau}(y_i - \beta_{\tau}'x^i). \tag{11}$$

En (11)  $\rho_{\tau}$  es la función de chequeo y  $\tau$  es un valor entre (0,1), donde el parámetro se define como  $\rho_{\tau}(\mu) = \begin{cases} \theta\mu & \text{si } \mu \geq 0 \\ \theta - 1 & \text{si } \mu < 0 \end{cases}$ .

La ecuación planteada en (7) pretende estimar, de forma heurística, los efectos de los determinantes de la inversión en innovación por tamaño de empresa, tratando de identificar la evidencia empírica a partir de planteamientos como los de Schumpeter

<sup>25</sup> Acerca de la estimación computacional de la RC, se sugiere ver el trabajo de Fitzenberger (1997).

(1943) y Rowley (1973), quienes evidencian la presencia de rendimientos crecientes a escala en el proceso innovador. Por otro lado, es importante mencionar que Tushman y Anderson (1986) y Afuah (1999, citando a Tirole) observan que las empresas nuevas tienen mayor esfuerzo innovador. Sin embargo, el anterior planteamiento es controvertido por Kamien y Schwartz (1975) y Cohen (1995) dada la insuficiente evidencia cuantitativa.

Para este caso, los vectores  $x_i$  y  $z_i$  incluyen los diferentes determinantes, que varían para cada empresa; para el modelo planteado se utilizarán en la estimación las variables incluidas en el Cuadro 3. El modelo de corte transversal utiliza datos microeconómicos “al nivel de la empresa” en los períodos 2004 y 2005, tomados de la Primera Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en el Sector Servicios (EDITS I) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2006), el Instituto Colombiano de la Ciencia (Colciencias) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP)<sup>26</sup>.

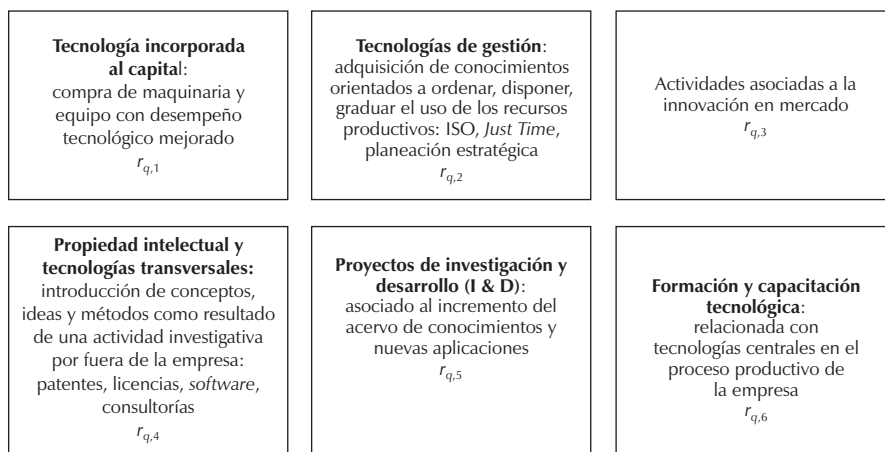
- La variable determinada  $\hat{r}_{qj}$  en el cuantil  $\theta$  se considera la inversión en innovación por trabajador bajo indicadores de insumo<sup>27</sup> asociados a los gastos en las diferentes formas de innovación ( $j$  representa cada una de estas variables). Este tipo de variables está especificado en la Figura 5.

---

26 A estas entidades se les agradece el suministro de esta valiosa e inédita información, aclarando que los errores u omisiones son de exclusiva responsabilidad del autor. Cabe aclarar en este punto, como se describió en el apartado anterior, que en el ámbito colombiano son pocos los trabajos que abordan los determinantes de la dinámica de la inversión en innovación. En parte este problema se debe a la dificultad de no contar con una base de datos relativamente comprensiva en sus tres dimensiones: temporal, sectorial y representativa de los diferentes tamaños de empresa.

27 Pueden tomarse indicadores de producto como patentes, registros de propiedad o ventas asociadas a los gastos en innovación. Sin embargo, existen problemas asociados a estos indicadores, como el problema de apropiación, dado que las patentes son utilizadas sólo en algunos sectores donde los productos son difíciles de imitar. Por otro lado, existe el problema de la capacidad de reflejar el valor económico, pues no todas las patentes terminan en aplicaciones comerciales. Del mismo modo, existe una dificultad en el registro de la innovación, dado que los empresarios deben probar la novedad de sus innovaciones. Otro factor es el de la exclusividad o el derecho de explotar exclusivamente la idea sin beneficio a terceros, pues las empresas extranjeras podrían adquirir este derecho sin que hayan realizado algún esfuerzo innovador en el territorio. Finalmente, la mayor parte de las innovaciones corresponden a los conocimientos existentes.

Figura 5  
Variables asociadas al esfuerzo innovador



Fuente: elaboración propia.

## B. CONSIDERACIONES SOBRE EL MODELO

La Figura 6 muestra un esquema de la estructura conceptual del modelo. Se consideran, por tanto, seis tipos de estimaciones de acuerdo con el tipo de innovación. Los cuantiles por estimar son 0,10 y 0,3 y con ellos se intenta reflejar los impactos en las pequeñas empresas, 0,5 en las medianas empresas y, finalmente, 0,8-0,9 en las grandes empresas.

Las variables incluidas en el modelo tienen que ver con los recursos y esfuerzos tecnológicos de las empresas, así como con las capacidades tecnológicas. Para este caso, el análisis del modelo se centra en las capacidades de las empresas del sector servicios para incorporar tecnologías, el impacto de su ambiente cultural de acuerdo al grado de cualificación de los trabajadores y el tipo de propiedad de las empresas (capital nacional o extranjero).

### Cuadro 3 Variables determinantes del modelo de inversión en innovación

| VARIABLES:<br>Vectores y $z_i$                                   | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
| Capital de conocimiento<br>$x_i$                                 | Se espera que la absorción tecnológica aumente con el grado de cualificación de los trabajadores, donde:<br>$x_1$ = índice promedio de educación básica primaria y secundaria en la población ocupada <sup>28</sup> . Refleja un nivel bajo de educación.<br>$x_2$ = índice promedio de educación universitaria, técnica y tecnológica en la población ocupada <sup>29</sup> . Refleja un nivel medio de educación.<br>$x_3$ = índice promedio de educación en nivel de posgrado en la población ocupada <sup>30</sup> . Refleja un nivel alto de educación. |
| Tipo de propiedad de las empresas<br>$z_i$                       | Proporcionado por la encuesta.<br>$z_1$ = índice de inversión por empresa de capital nacional <sup>31</sup> .<br>$z_2$ = índice de inversión por empresa de capital extranjero <sup>32</sup> .   |
| VARIABLES NO INCLUIDAS POR SESGO DE ESPECIFICACIÓN<br>$\mu_{qi}$ | Debido a no contar con suficientes datos para realizar cruces de información y para ampliar el vector de variables explicativas. Factores mesoeconómicos: reflejados en la institucionalidad del sector, la elasticidad precio de la demanda, las reglamentaciones y los contratos establecidos, así como la identificación, acceso y apropiación de tecnologías de talla mundial (Katz y Farrell, 2000).  |

Fuente: elaboración propia.

28 Este índice se construye a partir del número de ocupados con educación primaria o secundaria por empresa, sobre el total de la clasificación industrial internacional uniforme (CIU) de cuatro dígitos.

29 Este índice se construye a partir del número de ocupados con educación universitaria, técnica o tecnológica por empresa, sobre el total de la clasificación CIU de cuatro dígitos.

30 Este índice se construye a partir del número de ocupados con especialización, maestría o doctorado por empresa, sobre el total de la clasificación CIU de cuatro dígitos.

31 Se construye a partir de monto de inversión en innovación por empresa, para empresas con un capital mayor a 75% en propiedad de nacionales.

32 Se construye a partir del monto de inversión en innovación por empresa, para empresas con un capital mayor a 25% en propiedad de extranjeros.

**Base teórica**

Teoría neoschumpeteriana, las diferentes bases de conocimiento generan diversidad de crecimientos de las empresas.

Se identifica si existen derrames de conocimiento (*knowledge spillovers*) que puedan influir en las decisiones de innovación de las empresas.

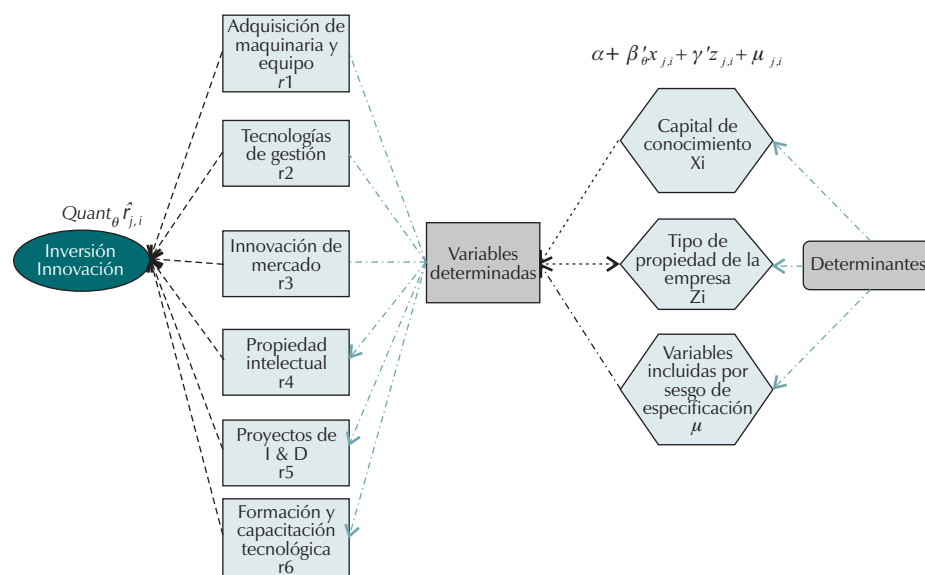
Canales de transferencia tecnológica dentro y fuera de la empresa.  
 Se espera que las empresas extranjeras tengan canales de transferencia tecnológica diferentes a los de las empresas nacionales.  
 Se espera que la existencia de capital extranjero explique en forma positiva la transmisión de tecnologías al sector. Esto depende de las casas matrices y del acceso a los mercados internacionales de capitales.

Sofisticación y estructura del mercado (Lall, 1992).

Estructura de gobierno corporativo (Lagenbaek y Vásquez, 2007).

Gestión de conocimiento en las empresas (Afuah, 1999, citando a Teece).

**Figura 6**  
 Modelo conceptual de los determinantes de la inversión en innovación



Fuente: elaboración propia.

## V. ESTIMACIONES Y RESULTADOS

### A. COMPORTAMIENTO DE CADA UNA DE LAS VARIABLES A NIVEL DE LA EMPRESA

#### 1. Actividades de inversión en innovación

Un análisis del tipo de inversión de las empresas de acuerdo con las variables determinadas adoptadas por el modelo, se encuentra que en Bogotá en 2004 y 2005 el grupo de mayor participación es el de tecnologías incorporadas al capital (51% de participación en 2004 y 47% en 2005), seguido del grupo de las tecnologías de gestión y propiedad intelectual, ambas con participaciones del 17%. En cuanto a los proyectos de I & D, tan sólo se invierte un 4% del total de la inversión<sup>33</sup>. De esta manera, de acuerdo con el Gráfico 4, el radio de inversión más dinámico corresponde a las tecnologías incorporadas al capital, seguido de la inversión en tecnologías de gestión y propiedad intelectual y tecnología transversal.

Los subsectores con menor dinámica, es decir, con menor radio de inversión en innovación, son los de proyectos de I & D y la formación y capacitación dentro de las empresas. Este hecho es relevante, en la medida que la acumulación de capital resulte insuficiente para explicar el ritmo y dirección del ámbito técnico, incluso cuando éste tipo de cambio es adoptado<sup>34</sup>. Entonces, la sola compra de bienes de capital como determinante de la inversión en innovación es considerada insuficiente para garantizar la transferencia de la tecnología, junto con su asimilación, adaptación y desarrollo (Pavitt, 1997).

Sin embargo, el cambio técnico se comprende como el tipo de inversión que proviene de la incorporación a la empresa de conceptos, ideas y métodos –a través de la compra de maquinaria y equipo con desempeño tecnológico mejorado (incluso con software integrado) vinculado con las innovaciones implementadas por la empresa–,

---

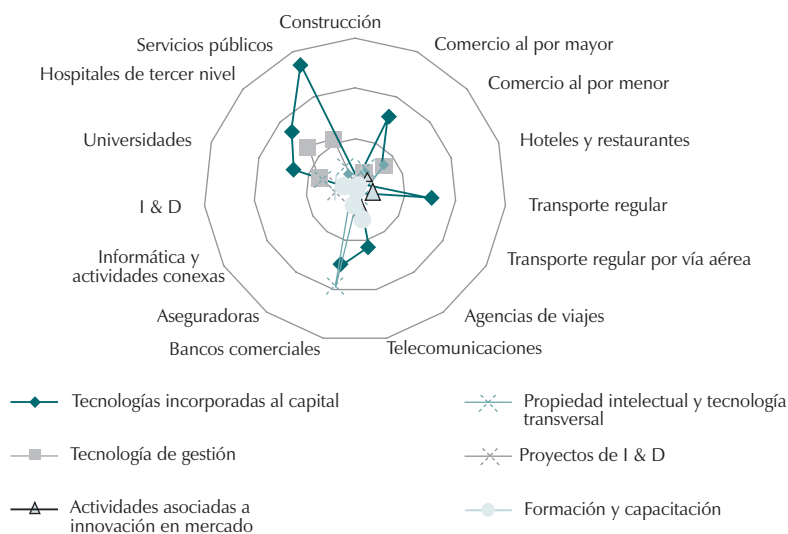
33 Se encuentra que los subsectores de agencias de viajes y bancos, son los que tienen mayor participación en propiedad intelectual, un 48% y 45% de las inversiones respectivamente. En el subsector de actividades de I & D, como es de suponerse, su portafolio de inversión en innovación se concentra en proyectos de I & D, con un 68%. En cuanto al subsector de las universidades, su inversión se concentra en un 36% en la adquisición de tecnologías incorporadas al capital, 21% en tecnologías de gestión, 19% en propiedad intelectual y 11% en actividades de I & D.

34 Esto muestra que la heterogeneidad es una de las características más relevantes del sector servicios, se manifiesta en la contemporaneidad de actividades intensivas en mano de obra y de carácter informal, con otras cuyo desarrollo exige altas inversiones en tecnología (Maya y Ortiz, 2003).

ampliando de este modo, la las implicaciones de la compra de bienes de Capital discutido por Pavitt.

Por ello, las tecnologías incorporadas al capital son consideradas un tipo de inversión en innovación, en la medida que los conocimientos previos se convierten en determinantes de la función de inversión en innovación de la empresa. Esto requiere, en algunas versiones como la de (Lall, 1992), de la acumulación previa de capacidades tecnológicas. Lo cual implica que el desarrollo de capacidades para incorporar esas tecnologías (expresadas en las prácticas de vigilancia, valoración, selección y negociación de las tecnologías) son variables que pueden generar procesos de innovación incrementales de carácter adaptativo (Malaver, 2002; Malaver y Vargas, 2004a, 2004b).

**Gráfico 4**  
Radios de inversión en actividades de innovación por subsector de servicios para Bogotá, 2005

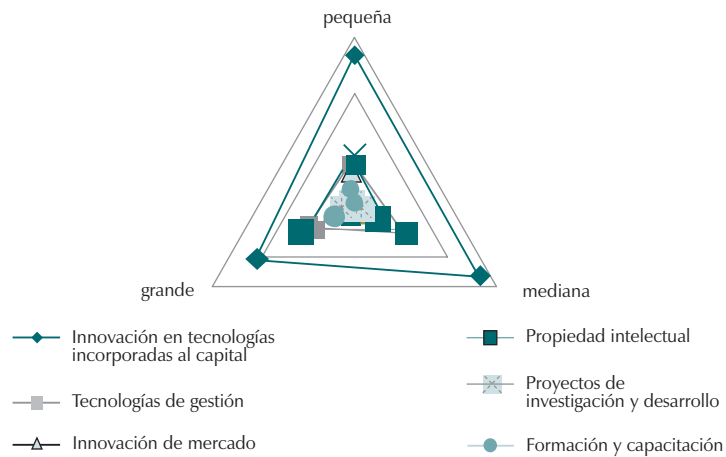


Fuente: elaboración propia, datos tomados de la EDITS I (DANE, et ál, 2006).

En los radios de inversión presentados en el Gráfico 5 se muestra que éstos son mayores para las inversiones adheridas a las tecnologías incorporadas al capital. Para las pequeñas empresas este monto es cercano al 54% del total de sus inversiones, para las medianas es de 53% y para las empresas grandes es de 41%.

Por otro lado, en las pequeñas empresas el radio de inversión en proyectos de I & D es cercano a cero, mientras que para las medianas y grandes representa entre un 4,4 y 4,3% del monto total de inversión, respectivamente. Esto indica que, por la estructura de este tipo de inversión y los riesgos adheridos a ella, las medianas y grandes empresas del sector servicios en Bogotá tienen una mejor estructura para encarar este tipo de proyectos. Estos hechos reflejan la mejor diversificación de su estructura de inversión en innovación por tamaño de empresa.

Gráfico 5  
Radios de inversión en actividades de innovación por tamaño de empresa en el sector servicios de Bogotá, 2005



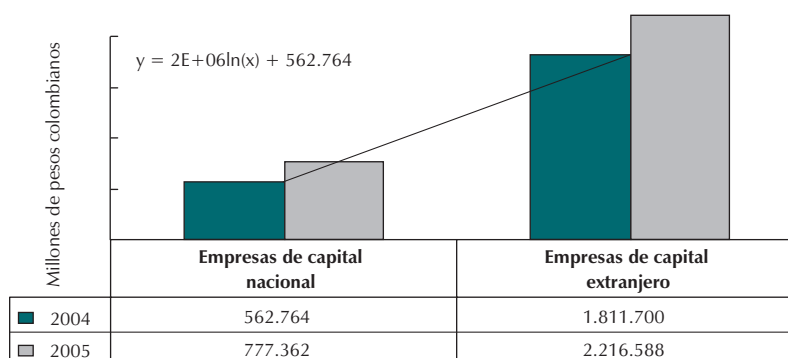
Fuente: elaboración propia datos, EDITS I (DANE, et ál, 2006).

## 2. Tipo de propiedad (capital) de la empresa

Al observar el esfuerzo innovador según el tipo de propiedad de las empresas, se encuentra que las empresas de propiedad extranjera tienen un mayor esfuerzo innovador que las empresas de propiedad nacional (Gráfico 6)<sup>35</sup>.

Este resultado implica que los canales de transferencia tecnológica dentro y fuera de la empresa son puntos fundamentales para tener en cuenta a la hora de encontrar los factores determinantes del esfuerzo innovador, ya que las empresas extranjeras tienen canales de transferencia tecnológica diferentes a los de las empresas nacionales<sup>36</sup>.

Gráfico 6  
Inversión por empresa según tipo de propiedad en el sector servicios de Bogotá, 2004 -2005

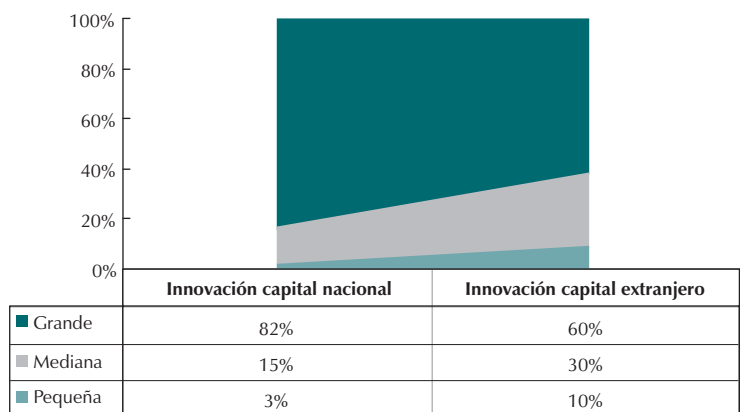


Fuente: elaboración propia, datos tomados de la EDITS I (DANE, et ál, 2006).

35 Un análisis por subsector permite observar que del total de inversión en innovación realizada por empresas extranjeras, el 35,1% corresponde al subsector de comercio al por mayor, 27% al subsector de bancos comerciales y 8,54% al subsector de servicios públicos domiciliarios. Las universidades y hospitales registran un monto de inversión muy bajo, cercano al 0%.

36 Esto depende de las casas matrices y del acceso a los mercados internacionales de capitales. Se espera que la existencia de capital extranjero explique en forma positiva la transmisión tecnológica del sector.

**Gráfico 7**  
 Proporción de inversión en innovación por empresa según tipo de propiedad y tamaño de empresa, Bogotá, sector servicios 2005



Fuente: elaboración propia, datos tomados de la EDITS I (DANE, et ál, 2006).

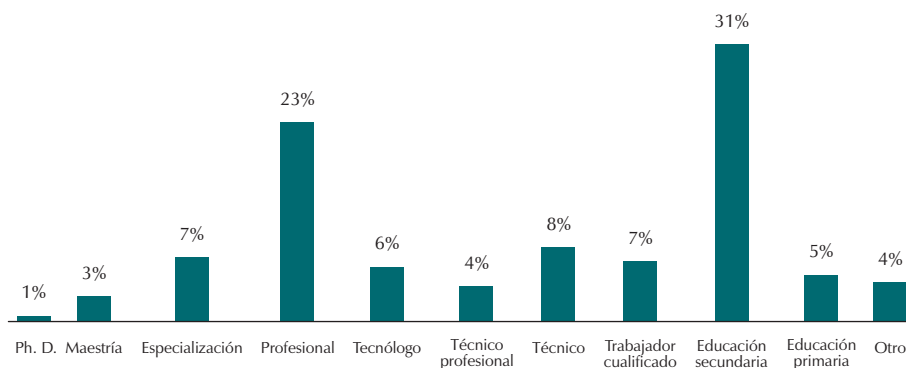
Al analizar la razón del total de innovación por empresa (Gráfico 7), se observa que el esfuerzo innovador de las empresas tanto de capital nacional como extranjero se concentra en las empresas grandes y medianas.

### 3. Capital de conocimiento

Observando el comportamiento de la variable ocupados por nivel educativo en Bogotá (Gráfico 8), en 2005 el personal ocupado se distribuye así: el 33,43% tienen un nivel universitario o de posgrado (especialización, maestría, doctorado); el 31,42% cuenta con educación secundaria completa, lo que denota que el sector tiene un alto componente de nivel terciario, comparado con el sector industrial donde el 60% tienen educación secundaria<sup>37</sup>; el 8,36% tienen educación técnica; el 6,91% son trabajadores calificados; el 6,12% son tecnólogos; el 5,29% completaron la primaria; 4,10% son técnicos profesionales; y 4,37% tienen otro nivel educativo no especificado.

<sup>37</sup> Este dato se corrobora en la segunda encuesta EDIT para el sector industrial (DANE, et ál, 2005).

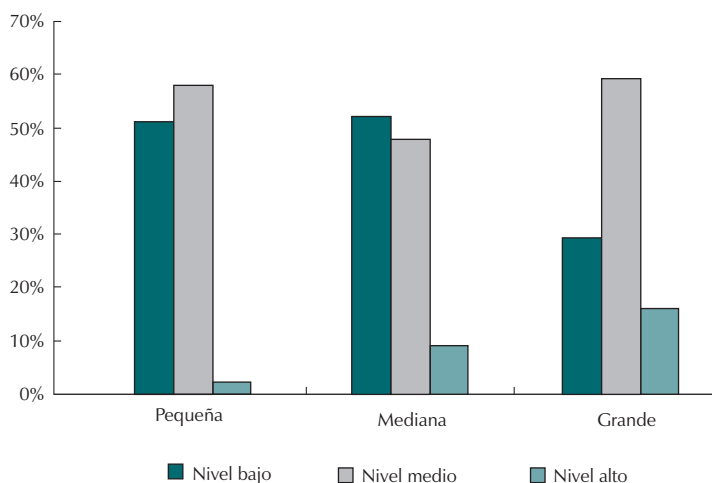
**Gráfico 8**  
**Participación del personal ocupado por tipo de educación en el sector servicios de Bogotá, 2005**



Fuente: elaboración propia, datos tomados de la EDITS I (DANE, et ál, 2006).

Un análisis del nivel de educación promedio por tamaño de empresa revela que el porcentaje más alto para las empresas pequeñas y medianas corresponde al nivel de educación bajo, en tanto que, para las empresas grandes, el nivel de educación con mayor participación es el medio. Por otro lado, para las PYMES el nivel alto está entre cero y ocho por ciento, mientras que este nivel representa un 16% en las empresas de tamaño grande (véase el Gráfico 9). Este panorama muestra que las PYMES del sector no están interesadas en utilizar personal calificado, por lo que aún su estructura laboral está concentrada en grados bajos de educación, lo cual es un obstáculo para el logro de un mejor nivel de innovación por empresa.

**Gráfico 9**  
Nivel de educación promedio por tamaño de empresa (expresado en porcentaje) para el sector servicios de Bogotá 2006



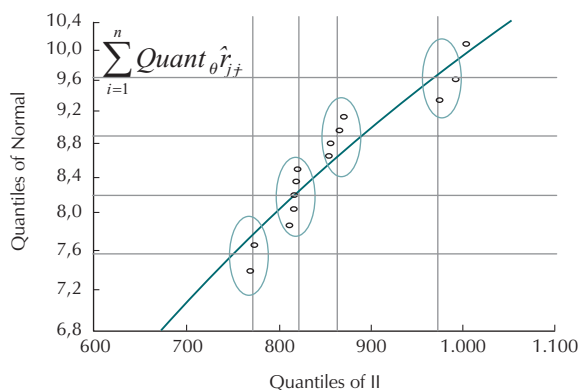
Fuente: elaboración propia, datos tomados de la EDITS I (DANE, et ál, 2006).

## B. ESTIMACIONES ECONÓMICAS Y RESULTADOS

Los hallazgos empíricos preliminares (Gráfico 10) permiten apreciar una relación “creciente” entre el monto de inversión en innovación por empresa y el tamaño de empresa, lo cual estaría reflejando un modelo de regresión cuantílica, que es óptimo en la medida que existe un nivel de censura de la muestra. Esto indica que la distribución posee coeficientes distintos, como si fuera una función continua a trozos, dado que hay diversas medias y varianzas condicionadas por los cuantiles. Es decir, el efecto de las variables explicativas sobre la determinada es mayor arriba, por lo que se tiene un efecto que no es homogéneo.

Este hecho corrobora que el nivel de inversión en innovación en el sector servicios se incrementa con el tamaño de la empresa. En este sentido, el valor presente de la inversión en innovación puede razonarse como una función creciente del número de unidades sobre las cuales se afectará la innovación; esto llevaría a inferir que las empresas grandes tendrán una mayor probabilidad de invertir en innovación.

**Gráfico 10**  
 Inversión en innovación por cuantiles, sector servicios, Bogotá



Fuente: elaboración propia, datos tomados de la EDITS I (DANE, et ál, 2006).

En los trabajos de Schumpeter (1943, 1950) se evidencian dos visiones sobre el tamaño de la empresa. En primer lugar, él señala que las pequeñas compañías emprendedoras tienen mayor propensión a innovar. Posteriormente sugiere que las grandes compañías tienen la producción y otros activos complementarios que son necesarios para comercializar una innovación y a su vez tienen las dimensiones en tamaño para explotar las economías de escala que predominan en la I & D. Por tanto, están dispuestas a correr la clase de riesgos inherentes a los proyectos de I & D, tienen mejor acceso a capital que las pequeñas compañías. Esto quiere decir que las empresas con una escala de producción mayor tienen mayores niveles de inversión en innovación<sup>38</sup>.

Por otro lado, dados los riesgos asumidos con la innovación, Rowley (1973) postula que a mayor tamaño, mayor esfuerzo innovador. Este efecto se produce debido a la naturaleza riesgosa que es inherente a las actividades de innovación y, por esta razón, las empresas deben diversificar su portafolio de inversiones para compensar la estructura de riesgo. Con ello, hay una mayor probabilidad que las empresas grandes tengan mayores grados de libertad que las PYMES en el momento de diversificar su portafolio.

38 Dichos rendimientos a escala se deben tanto a los elevados costos fijos de ciertos tipos de infraestructura, laboratorios, departamentos de mercadeo, plantas piloto, como a la presencia de externalidades pecuniarias (acceso que tienen las empresas más grandes a insumos y materiales a costos más bajos). Así se justifica que las empresas grandes optimizan su infraestructura, lo que les permite obtener los beneficios de la innovación de forma más acelerada.

De acuerdo con la forma funcional desarrollada en la ecuación (7), se llevan a cabo las estimaciones econométricas para cada uno de los seis modelos de inversión en innovación<sup>39</sup>. En el Cuadro 4 se presentan los resultados.

**Cuadro 4**  
Determinantes de la inversión en innovación, sector servicios, Bogotá

|  |      | $Quant_{\theta}(\hat{r}_6   X_i) = \alpha + \beta'_{\theta} X_i + \beta'_{\theta} X_2 + \beta'_{\theta} X_3 + \gamma' z_i + \gamma' z_2$ |                |                |         |
|--|------|--|----------------|----------------|---------|
|  |      | Coficiente   | Error estándar | Estadístico T. | P Valor |
| <b>Modelo 1: Tecnologías incorporadas al capital</b> |      |  |                |                |         |
| Q = 0,1  | X1   | 0,060655   | 4,610931       | 0,013155       | 0,9897  |
|  | X2   | 1,974856   | 5,583533       | 0,353693       | 0,7297  |
|  | Z1*  | 0,646222   | 0,276169       | 2,339956       | 0,0374  |
| Q = 0,3  | X1   | 1,588747   | 4,726440       | 0,336140       | 0,7426  |
|  | X2   | 7,128300   | 6,122590       | 1,164262       | 0,2669  |
|  | Z1** | 0,551988   | 0,287357       | 1,920914       | 0,0788  |
| Q = 0,5  | X1   | 0,966173   | 5,171078       | 0,186842       | 0,8549  |
|  | X2   | 7,143971   | 7,293220       | 0,979536       | 0,3467  |
|  | Z1** | 0,586019   | 0,320366       | 1,829218       | 0,0923  |
| Q = 0,8  | X1   | 7,090805   | 4,964947       | 1,428173       | 0,1787  |
|  | X2   | 10,90994   | 11,91592       | 0,915576       | 0,3779  |
|  | Z1   | 0,297441   | 0,347922       | 0,854908       | 0,4093  |
| Q = 0,9  | X1   | 3,497041   | 5,434659       | 0,643470       | 0,5320  |
|  | X2   | 5,434987   | 12,67612       | 0,428758       | 0,6757  |
|  | Z1   | 0,568260   | 0,377487       | 1,505374       | 0,1581  |
| <b>Modelo 2: Inversión en tecnologías de gestión</b> |      |  |                |                |         |
| Q = 0,1  | X1*  | 10,89382   | 4,054536       | 2,686823       | 0,0187  |
|  | Z1*  | 0,932247   | 0,029404       | 31,70463       | 0,0000  |
| Q = 0,3  | X1*  | 17,34811   | 4,290695       | 4,043194       | 0,0014  |
|  | Z1*  | 0,900098   | 0,045980       | 19,57598       | 0,0000  |
| Q = 0,5  | X1*  | 15,00091   | 4,327392       | 3,466501       | 0,0042  |
|  | Z1*  | 0,961716   | 0,072034       | 13,35084       | 0,0000  |
| Q = 0,8  | X1*  | 8,182091   | 4,290343       | 1,907095       | 0,0788  |

<sup>39</sup> Con respecto a la estimación computacional de la regresión cuantílica C, se sugiere consultar el trabajo de Fitzenberger (1997).

Cuadro 4 (continuación)  
Determinantes de la inversión en innovación, sector servicios, Bogotá

| $Quant_{\theta}(\hat{r}_6   x_i) = \alpha + \beta'_\theta x_1 + \beta'_\theta x_2 + \beta'_\theta x_3 + \gamma' z_1 + \gamma' z_2$ |      |            |                |                |          |
|--|------|------------|----------------|----------------|----------|
|  |      | Coficiente | Error Estándar | Estadístico T. | P Valor. |
|  | Z1*  | 1,140720   | 0,080811       | 14,11582       | 0,0000   |
| Q = 0,9  | X1*  | 9,455789   | 3,317410       | 2,850353       | 0,0136   |
|  | Z1*  | 1,169885   | 0,062881       | 18,60481       | 0,0000   |
| <b>Modelo 3: Innovación de mercado</b>   |      |            |                |                |          |
| Q = 0,1  | Z2*  | 0,908060   | 0,096035       | 9,455509       | 0,0000   |
| Q = 0,3  | Z2*  | 1,044181   | 0,049285       | 21,18656       | 0,0000   |
| Q = 0,5  | Z2*  | 1,058260   | 0,031925       | 33,14843       | 0,0000   |
| Q = 0,8  | Z2*  | 1,110651   | 0,046158       | 24,06194       | 0,0000   |
| Q = 0,9  | Z2*  | 1,219954   | 0,047757       | 25,54486       | 0,0000   |
| <b>Modelo 4: Propiedad intelectual</b>   |      |            |                |                |          |
| Q = 0,1  | Z1*  | 1,024241   | 0,035301       | 29,01417       | 0,0000   |
| Q = 0,3  | Z1*  | 1,107309   | 0,042949       | 25,78174       | 0,0000   |
| Q = 0,5  | Z1*  | 1,170118   | 0,029596       | 39,53665       | 0,0000   |
| Q = 0,8  | Z1*  | 1,223523   | 0,038565       | 31,72590       | 0,0000   |
| Q = 0,9  | Z1*  | 1,285077   | 0,081667       | 15,73548       | 0,0000   |
| <b>Modelo 5: Investigación y desarrollo</b>  |      |            |                |                |          |
| Q = 0,1  | X3   | 0,000000   | 71,65808       | 0,000000       | 1,0000   |
| Q = 0,3  | X3   | 117,7971   | 95,46992       | 1,233866       | 0,2376   |
| Q = 0,5  | X3   | 162,1810   | 144,6379       | 1,121290       | 0,2810   |
| Q = 0,8  | X3*  | 494,3875   | 212,0853       | 2,331079       | 0,0352   |
| Q = 0,9  | X3*  | 639,0931   | 278,4774       | 2,294955       | 0,0377   |
| <b>Modelo 6: Capacitación tecnológica</b>  |      |            |                |                |          |
| Q = 0,1  | X1*  | 29,05627   | 4,877197       | 5,957576       | 0,0001   |
|  | X2*  | 46,97699   | 7,657488       | 6,134778       | 0,0001   |
|  | X3*  | 72,55889   | 34,78271       | 2,086062       | 0,0590   |
| Q = 0,3  | X1*  | 34,99354   | 4,851657       | 7,212698       | 0,0000   |
|  | X2*  | 53,12454   | 7,815402       | 6,797417       | 0,0000   |
|  | X3*  | 66,29429   | 30,67724       | 2,161025       | 0,0516   |
| Q = 0,5  | X1*  | 34,52718   | 4,166119       | 8,287612       | 0,0000   |
|  | X2*  | 56,95076   | 7,637997       | 7,456242       | 0,0000   |
|  | X3*  | 63,85197   | 23,10955       | 2,763011       | 0,0172   |
| Q = 0,8  | X1*  | 38,62211   | 2,879817       | 13,41131       | 0,0000   |
|  | X2*  | 62,54786   | 8,669455       | 7,214740       | 0,0000   |
|  | X3*  | 64,83171   | 29,24439       | 2,216894       | 0,0467   |
| Q = 0,9  | X1*  | 37,16133   | 2,357370       | 15,76389       | 0,0000   |
|  | X2*  | 70,45200   | 7,711743       | 9,135678       | 0,0000   |
|  | X3** | 56,18322   | 26,47946       | 2,121766       | 0,0554   |

Fuente: cálculos propios a partir del programa econométrico Eviews 6.  
 Nota: cuantiles sometidos a un proceso de optimización. Q = 0,1, 0,3: cuantil de pequeñas empresas, Q = 0,5: cuantil asociado a medianas empresas, Q = 0,8 y 0,9: cuantil asociado a grandes empresas.  
 \* Estadísticamente significativa al 5% de significancia, \*\* estadísticamente significativa al 10% de significancia.

Los resultados evidencian lo siguiente:

- 1) Para el primer modelo, la única variable que resulta significativa es la de capital nacional, pero ésta es significativa sólo para las empresas pequeñas y medianas<sup>40</sup>. El impacto de esta variable decrece a medida que aumenta el tamaño de empresa.
- 2) Para la variable de inversión en tecnologías de gestión, las variables nivel de educación bajo y empresas de capital nacional son estadísticamente significativas y presentan signo esperado. Así, ante un incremento de las empresas con capital nacional en 1%, el impacto en innovación es positivo y se siente en mayor medida en las empresas de mayor tamaño (véase el impacto de los coeficientes en el Anexo 1). En cuanto a la variable educación de nivel bajo, se estima que su impacto en innovación de gestión es menor para las empresas más grandes. Esto puede explicarse por la estructura cualitativa de los trabajadores de este tipo de empresas, quienes en su mayoría poseen un nivel de educación medio, mientras que en las PYMES la estructura de cualificación de los trabajadores es baja. Cabe anotar que en el sector servicios el tipo de innovación en tecnologías de gestión es más importante que la innovación en productos<sup>41</sup> (Nijssen y Hillebrand, 2006, p. 242).
- 3) Para el modelo que determina las variables significativas del tipo de innovación de mercado (modelo 3), la única variable significativa corresponde al tipo de propiedad extranjera. Este resultado es importante ya que la tasa de fracaso de este tipo de innovaciones es muy alta, debido a la poca aceptación que ellas tienen en el mercado. Este hecho puede ser explicado por las exigencias del mercado para este tipo de empresas y porque las preferencias de los canales de clientes son muy distintas. A partir del proceso cuantílico, se observa que esta variable tiene un mayor impacto sobre los cuantiles superiores, es decir, las empresas de mayor tamaño. Lo anterior implica que las empresas de carácter extranjero y de gran tamaño son más proclives al riesgo, debido a que

---

40 Este hecho se constata a partir de los cuantiles significativos, es decir, 0,1, 0,3 y 0,5.

41 Ello debido a que en servicios "basados en conocimiento" la calidad de éstos depende de la habilidad de implementar y organizar las tecnologías que van de la mano de las inercias organizacionales. Aunque este tipo de innovación es el segundo en ponderación de todo el portafolio de inversión, es debatible que los niveles de educación medio y alto no sean estadísticamente significativos. Quizá esto se explique por el deficiente grado de cualificación de los trabajadores a lo largo de la distribución de ocupados por empresa.

en este tipo de innovaciones tomar una mala decisión tiene dos costos muy importantes para las empresas: uno de índole financiera (reflejado en las hojas de balance y los indicadores financieros de las empresas) y otro el costo de oportunidad de no optimizar de forma correcta los recursos de inversión.

- 4) Para el modelo que trata de encontrar los determinantes de la inversión en innovación añadida a la propiedad intelectual, la única variable significativa arrojada por las estimaciones corresponde a las empresas con capital nacional. Este hecho corrobora lo expuesto anteriormente en la medida que las empresas dedicadas a informática y las universidades son las que más solicitudes de propiedad intelectual realizaron entre 2004 y 2005 (49 y 48 solicitudes, respectivamente), estas empresas se caracterizan por ser de tamaño grande y tienen muy pocas empresas de capital extranjero<sup>42</sup>.
- 5) El modelo de determinantes de la innovación vía proyectos de I & D arroja resultados muy importantes. Primero, la única variable significativa es el nivel de educación alto. Segundo, éste sólo es significativo para los cuantiles superiores. Esto muestra que para que se lleven a cabo proyectos de I & D, se requiere un nivel de educación en la mano de obra que parta de un alto contenido científico. Para ello, como se presentó en los hechos estilizados, las empresas grandes son las de mejor posicionamiento en este escenario, dado que el 6% de sus trabajadores tienen un nivel de cualificación alto, en contraste con el 1% de las PYMES<sup>43</sup>.
- 6) Para los procesos de inversión en capacitación y desarrollo tecnológico, las variables estadísticamente significativas corresponden a los tres niveles promedio de educación. Sin embargo, para el nivel bajo y medio el impacto es mayor a medida que se incrementa el tamaño de la empresa.

---

42 A al observar el impacto sobre este tipo de inversión, se encuentra que, aunque para todos los cuantiles el coeficiente es positivo, en las empresas de propiedad nacional y que tienen mayor tamaño el impacto es más grande. Esto debido a que realizar un proyecto de propiedad intelectual requiere de un fuerte músculo financiero que pueda sostener esta clase de proyectos.

43 De hecho, se destaca que el 74,38% del personal ocupado de las empresas grandes posee educación superior o posgrado, siendo las universidades el subsector que mayor proporción de doctorados tiene entre su personal. A su vez, en el subsector de los bancos comerciales, también de empresas grandes, la participación del nivel de posgrados llega a 43,0%. Por otro lado, el subsector de investigación y desarrollo, que invierte un 60% en innovaciones adheridas a proyectos de I & D, concentra un 27,47% de sus ocupados en un nivel de posgrados.

Dada la posibilidad de encontrar sesgos de especificación debido a errores en la construcción de cada una de las variables y para efectos empíricos, se utiliza la especificación de la RC instrumentalizada. Para ello, se adopta la forma funcional especificada en (12).

$$X_i = \alpha + \varphi' w_i + u_i \quad (12)$$

$$Quant_{(10,30,50,80,90)} \sum_{j=1}^6 (r_i | \hat{x}_i, \hat{z}_i) = \alpha + \beta'_\theta \hat{x}_i + \gamma'_\theta \hat{z}_i + v_i \quad (13)$$

Para este caso, las variables tomadas en (13) corresponden a las especificadas en (7), pero estimadas en una primera etapa por una variable instrumental  $w_i$ . Como lo sugieren Chernozhukov y Hansen (2008), en la práctica el instrumento es seleccionado a partir de la recursividad investigador y/o de la evidencia teórica. Así, el instrumento adoptado corresponde al consumo de Internet en las empresas<sup>44</sup> y la intuición detrás de este instrumento es que este relevante  $Corr(w', x', z') \neq 0$  y exógeno  $Corr(w', u_i) = 0$  son los únicos que intuitivamente pueden ser cruzados con las variables del modelo, debido a que se espera que mayores niveles de inversión en innovación correspondan a un mayor consumo de Internet. Por lo tanto, para estimar  $\beta'_\theta$  y  $\gamma'_\theta$ , la variable instrumental  $w_i$  detecta aquellos movimientos en  $\hat{x}_i$  y  $\hat{z}_i$  que no están correlacionados con  $v_i$ ; este último corresponde al componente de error.

De acuerdo con Chernozhukov y Hansen (2006, 2008), se propone un estimador considerando la variable instrumental  $w_i$  (Ecuaciones 14 y 15)

$$\hat{\beta}(\tau) = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} \|\varphi(\beta, \tau)\|_A \quad (14)$$

$$(\varphi(\beta'_\theta \hat{x}_i), \gamma(\beta'_\theta \hat{z}_i)) = \underset{\varphi \gamma}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^6 \rho_\tau (r_i - \beta'_\theta \hat{x}_i - \gamma'_\theta \hat{z}_i - \varphi' w_i). \quad (15)$$

Con ello, a través de estimaciones de mínimos cuadrados ordinarios sobre las variables explicativas del modelo se obtiene el estimador final (16).

$$v(\tau) = (\beta(\hat{\beta}(\tau), \tau), \hat{\beta}(\tau), \hat{\gamma}(\hat{\beta}(\tau), \tau)). \quad (16)$$

44 Variable tomada de la Encuesta Anual de Comercio (CIU), revisión 3 (DANE, 2007).

Éste puede obtenerse de forma análoga a los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas. De acuerdo con Galvao y Montes (2009), tal estimador suele ser consistente en muestras grandes.

Cabe aclarar que se realizaron estimaciones de RC instrumentalizada para cada uno de los seis modelos de inversión, pero los resultados no difieren significativamente respecto a las estimaciones iniciales. Por lo tanto, sólo se presentan los resultados de un modelo que toma las mismas variables especificadas en (7) y (11), pero a nivel agregado, es decir, la inversión total en innovación que corresponde a la suma de cada una de las seis actividades de inversión. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Los resultados evidencian que el nivel de educación medio y las empresas de propiedad extranjera son las variables que impactan de manera significativa el total de inversión del sector servicios en Bogotá. A su vez, el impacto de la cualificación promedio de los trabajadores sobre el nivel de inversión es mayor para las empresas grandes. Por último, este impacto tiene una relación creciente con el tamaño de las empresas. Con esto se comprueba la hipótesis de que una mejor cualificación de los trabajadores impacta de manera elástica la innovación, pero este impacto es directamente proporcional al tamaño de las empresas. Por otro lado fue comprobado en los hechos estilizados que las empresas de capital extranjero invierten para innovación un monto mayor que las empresas de capital nacional, lo cual muestra que el coeficiente asociado a las primeras sea estadísticamente significativo.

### Cuadro 5

Modelo agregado de inversión en innovación. Regresión cuantílica con variable instrumental

|              | Coefiente | Error Estándar | Estadístico T. | P Valor. |
|--------------|-----------|----------------|----------------|----------|
| Q = 0,1 X1*  | 10,57978  | 0,331996       | 1,133710       | 0,0000   |
| Z2*          | 0,796503  | 0,069881       | 11,39799       | 0,0000   |
| Q = 0,3 X1*  | 15,18612  | 8,232391       | 2,728017       | 0,0172   |
| Z2*          | 0,741064  | 0,076366       | 9,704148       | 0,0000   |
| Q = 0,5 X1*  | 12,84428  | 3,51444        | 1,690360       | 0,0000   |
| Z2*          | 0,783756  | 0,106011       | 7,393149       | 0,0000   |
| Q = 0,8 X1** | 16,94736  | 9,45276        | 1,443431       | 0,0001   |
| Z2*          | 0,710535  | 0,244755       | 2,903048       | 0,0123   |
| Q = 0,9 X1*  | 16,18510  | 5,84362        | 2,098113       | 0,0000   |
| Z2*          | 0,500683  | 0,274157       | 1,826266       | 0,0909   |

Fuente: cálculos propios a partir del programa econométrico Eviews 6.

Nota: cuantiles sometidos a un proceso de optimización. Q = 0,1, 0,3: cuantil de pequeñas empresas, Q = 0,5: cuantil asociado a medianas empresas, Q = 0,8 y 0,9: cuantil asociado a grandes empresas.

\* Estadísticamente significativa al 5% de significancia, \*\* estadísticamente significativa al 10% de significancia.

## C. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista teórico abordado en este trabajo, se verifica que el proceso de innovación imbrica una serie de relaciones e iteraciones entre los agentes partícipes en él, del mismo modo el ambiente cultural se corrobora en el capital de conocimiento de las empresas. Es decir, el grado de cualificación de los agentes que participan en el proceso de innovación es uno de los determinantes más importantes del proceso de inversión en innovación (Afuah, 1999). Sin embargo, la mayoría de las PYMES del sector servicios cuentan con un nivel bajo de educación en su planta laboral, lo cual podría evidenciar su bajo nivel de inversión en innovación con respecto a los cuantiles más altos, correspondientes a las grandes empresas.

Por otro lado, con base en las estimaciones econométricas abordadas, se corrobora que el escenario de innovación en Bogotá se destaca por los bajos niveles de inversión en proyectos de I & D, y la importancia de la maquinaria y el equipo como principal fuente de innovación de las empresas del sector servicios. Sin embargo, las variables capital de conocimiento (educación) y el tipo de capital o propiedad de la empresa tienen impactos esperados sobre las decisiones de inversión, aunque su significancia estadística varía de acuerdo con el tamaño de la empresa y el tipo de inversión en innovación.

Por lo tanto, al explorar la variable tamaño de empresa, se puede suponer que la oportunidad tecnológica en el sector servicios está correlacionada con el tamaño de la unidad productiva, toda vez que a mayor tamaño, mayor es la complejidad de los procesos productivos existentes y mayores son las alternativas de desarrollo.

En cuanto a los distintos efectos y estimaciones arrojadas por los modelos, se concluye lo siguiente:

- 1) Existe evidencia de acumulación de conocimiento en las empresas del sector servicios en Bogotá, por ejemplo, en las pequeñas empresas que crean conocimiento básicamente a partir de la adaptación a sus condiciones de las inversiones en adecuación tecnológica.
- 2) El capital de conocimiento tiene un impacto positivo sobre los diversos cuantiles, aunque el nivel de cualificación es mucho mayor para los cuantiles superiores, es decir, para las grandes compañías. Esto indica que todas las

empresas, tanto si son PYMES como las grandes, incrementan su nivel de inversión en innovación a medida que tienen mejores niveles de cualificación de mano de obra.

- 3) Las empresas de capital nacional tienen un impacto positivo sobre la adquisición de maquinaria y equipo, y sobre la inversión en tecnologías de gestión y propiedad intelectual, mientras que las empresas de propiedad extranjera tienen un impacto positivo sobre las innovaciones de mercado y sobre los proyectos de I & D. A nivel de panel, el tipo de propiedad de las empresas no es estadísticamente significativo.
- 4) Se ha logrado corroborar que la inversión en proyectos de I & D responde significativamente a niveles altos de conocimiento por parte de los trabajadores, lo cual demuestra la importancia de la hipótesis neoschumpeteriana sobre el escenario de innovación.

Para el caso del sector servicios en Bogotá, es el subsector de las universidades y el subsector de las empresas dedicadas a las actividades de investigación y desarrollo, donde se hace evidente que los elevados niveles de cualificación de la planta de trabajo se encuentran asociados a los mayores niveles de inversión en innovación en comparación con el resto de los subsectores

## REFERENCIAS

1. Acemoglu, D; Simon, J.; Robinson, J. "The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation", *American Economic Review*, vol. 91, num. 5, pp. 1367-1401, 2001.
2. Acemoglu, D; Simon, J.; Robinson, J. "Institutions as the Fundamental Cause of Long-Run Growth", *NBER Working Paper*, num. 10481, 2004.
3. Afuah, A. M. *La dinámica de la innovación organizacional*, University of Michigan Business School, 1999.
4. Aghion, P.; Howitt, P. A. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*. 60 (2). 323-351, 1992.
5. Aitken, B. J.; Harrison, A. E. "Do Domestic Firms Benefit From Direct Foreign Investment? Evidence from Venezuela", *American Economic Review*, vol. 89, num. 3, pp. 605-618, 1999.
6. Arrow, K. *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*, The RAND Corporation, 1959.
7. Barro; Sala-I-Martin. *Economic Growth*, 2ª ed., Cambridge, MIT Press, 2003.
8. Bowles, S. *Microeconomics: Behavior, Institutions, and Evolution*, Princeton University Press, 2005.
9. Cameron, C.; Trivedi, P, K. *Microeconometrics Methods and Applications*, New York, Cambridge University Press, 2005.
10. Chernozhukov, V.; Hansen, C. "Instrumental Quantile Regression Inference for Structural and Treatment Effects Models", *Journal of Econometrics*, num. 132, pp. 491-525, 2006.
11. Chernozhukov, V.; Hansen, C. "Instrumental Variable Quantile Regression: A Robust Inference Approach", *Journal of Econometrics*, num. 142, pp. 379-398, 2008.
12. Cohen, W.; Levin, R.; Mowery, D. "Firm Size and R & D Intensity: A Re-Examination", *The Journal of Industrial Economics*, vol. 35, num. 4, pp. 543-565, 1987.
13. Cohen, W.; Levin, R.; Mowery, D. "Empirical Studies of Innovative Activity", *Handbook of Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell University, UK, 1995.
14. Comisión Europea. *Libro verde de la innovación*, París, 1995.
15. Crepon, B.; Duguet, E.; Mairesse, J. "Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level", *NBER Working Paper*, num. 6696, 1998.
16. Crespi, G. "Determinantes de la innovación tecnológica en la industria manufacturera chilena", *Estadística y Economía*, Instituto Nacional de Estadísticas, núm. 17, pp. 113-134, 1999.
17. Dasgupta, P; Stiglitz, J. "Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity", *Economic Journal*, num. 90, pp. 266-293, 1980.
18. Dechert, W.; Hommes, C. "Complex Nonlinear and Computational Methods", *Journal of Economic Dynamic & Control*, num. 24, pp. 651-662, 2000.
19. De Ferranti et ál. *Cerrando la brecha en educación y tecnología*, Alfaomega, Banco Mundial, 2003.
20. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) et ál. *Segunda Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en el Sector industrial (EDIT II)*, 2005.
21. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) et ál. *Primera Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en el Sector Servicios (EDITS I)*, 2006.
22. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). *Encuesta Anual de Comercio*, Revisión 3, 2007.

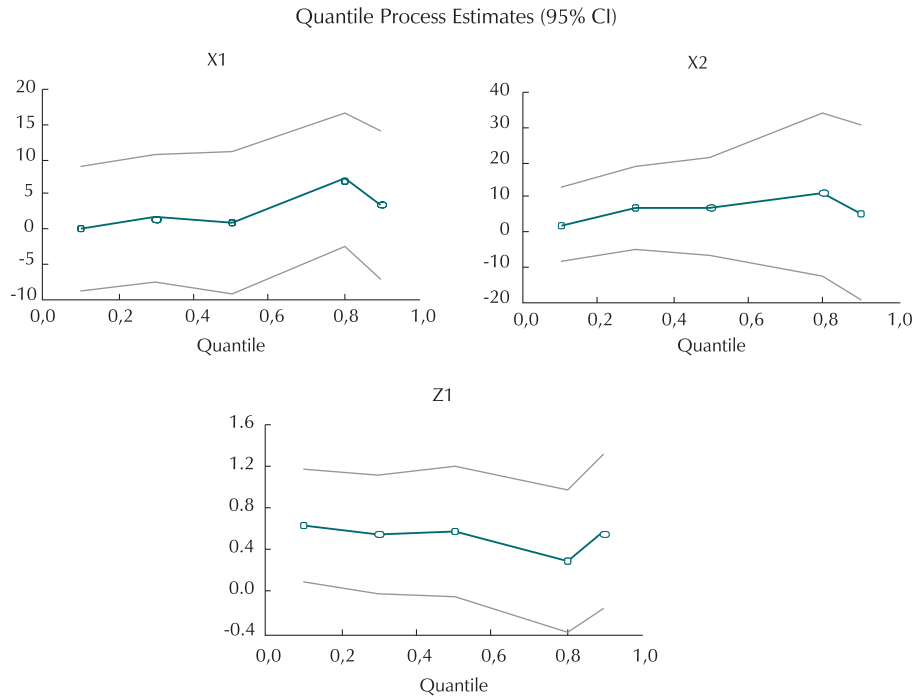
23. Dosi, G. "The Nature of the Innovative Process", G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, London, Francis Pinter, 1988a.
24. Dosi, G. "Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature*, num. 26, pp. 1120-1171, 1988b.
25. Dosi, G. "Opportunities, Incentives and the Collective Patterns of Technological Change", *Economic Journal*, num. 107, pp. 1530-1547, 1997.
26. Easterly, W.; Levine, R. "Tropics, Germs, and Crops: How Endowments Influence Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, num. 50, pp. 3-39, 2003.
27. Fitzenberger, B. "Computational Aspects of Censored Quantile Regression", *Lecture Notes-Monograph Series, Vol. 31*, Institute of Mathematical Statistics, Hayward, CA., pp. 171-186, 1997.
28. Freeman, C. *The Economics of Industrial Innovation*, MIT Press, 1982.
29. Frenz, M.; Leeto, G. "Does Multinationality Affect the Propensity to Innovate? An Analysis of the Third UK Community Innovation Survey", *International Review of Applied Economics*, vol. 21, num. 1, pp. 99-117, 2007.
30. Galvao, A.; Montes, G. "Instrumental Variables Quantile Regression for Panel Data With Measurement Errors", *Discussion Paper Series 06, School of Social Sciences*, 2009.
31. Griliches, Z. "Productivity, R&D and Basic Research at the Firm Level in the 1970s", *American Economic Review*, vol. 76, num. 1, pp. 141-154, 1986.
32. Griliches, Z. "The Search for R&D Spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, supplement, pp. 29-47, 1992.
33. Griliches, Z. "Productivity, R&D, and the Data Constraint", *American Economic Review*, num. 84, pp. 1-23, 1994.
34. Grossman, G.; Helpman, E. "Quality Ladders in the Theory of Growth", *Review of Economic Studies*, num. 58, pp. 43-61, 1991.
35. Gutierrez, J. *Innovation Within a Regional Trade Preference Program: The Role of Networks and Non R&D Inputs*, LACEA-LAMES Annual Meeting, Universidad de los Andes, 2007.
36. Hall, R. "The Relation Between Price and Marginal Cost in the U.S. Industry", *Journal of Political Economy*, num. 96, 1988.
37. Harrod, R. *Toward a Dynamic Economics*, MacMillan, 1949.
38. Henderson, R.; Cockburn I. "Measuring Competence: Exploring Firm-Effects in Pharmaceutical Research", *Strategic Management Journal*, num. 15, winter special issue, pp. 63-84, 1994.
39. Himmelberg, C.; Petersen, B. "R & D and Internal Finance: A Panel Study of Small Firms in High-Tech Industries", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 76, num. 1, pp. 38-51, 1994.
40. Hirschman, A. *Tendencias autosubversivas*, Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica, 1996.
41. Howe, J. D.; McFetridge, D. G. "The Determinants of R & D Expenditures", *The Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d'Economie*, vol. 9, num. 1, pp. 57-71, 1976.
42. Katz, M.; Farrell, J. "Innovation, Rent Extraction, and Integration in Systems Markets", Competition Policy Center, Working Paper Series 99-006, Competition Policy Center, Institute for Business and Economic Research, UC Berkeley, 2000.
43. Kamien, M. I.; Schwartz, N. L. "Market Structure and Innovation: A Survey", *Journal of Economy Literature*, March, pp. 1-37, 1975.
44. Kim, L.; Nelson, R. *Technology, Learning and Innovation. Experiences of Newly Industrializing Economies*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 1-9, 2000.

45. Kinoshita, Y. "R&D and Technology Spillovers Via FDI: Innovation and Absorptive Capacity", *William Davidson Institute Working Paper*, num. 349, 2000.
46. Kline, S.; Rosenberg, N. "An Overview of Innovation", R. Landau, and N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy*, Washington, National Academy Press, pp. 275-306, 1986.
47. Koenker, R.; Basset, G. "Regression Quantiles", *Econometrica*, vol. 46, num. 1, pp. 33-50, 1978.
48. Koenker, R.; Hallock, K. "Quantile Regression", *Journal Economic Perspectives*, vol. 15, num. 4, pp. 143-156, 2001.
49. Lall, S. "Technological Capabilities and Industrialization", *World Development*, vol. 20, num. 2, pp. 165-186, 1992.
50. Landau, R. "Capital Investment, Key to Competitiveness and Growth", *Brookings Review*, summer, 1990.
51. Langebaek, A.; Vásquez E. "Determinantes de la actividad innovadora en la industria manufacturera colombiana", *Borradores de Economía*, núm. 433, 2007.
52. Lichtenberg, F. R.; Seigal, D. "The Impact of R&D Investment on Productivity-New Evidence Using Linked R&D-LRD Data", *Economic Inquiry*, vol. 29, num. 2, pp. 203-229, 1991.
53. Liebestain. "Organizational or Functional Equilibria Efficiency and the Rate of Innovation", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 83, num. 4, 1969.
54. Lucas, R. *Studies in Business Cycle Theory*, MIT press, 1980.
55. Malaver, F. "Dinámica y transformaciones de la industria colombiana", *Cuadernos de Economía*, núm. 36, pp. 267-317, 2002.
56. Malaver, F.; Vargas, M. "Los procesos de innovación en América Latina: aportes para su caracterización", *Revista Cladea*, núm. 33, pp. 5-33, 2004a.
57. Malaver, F.; Vargas, M. "Hacia una caracterización de los procesos de innovación en la industria colombiana: Los resultados de un estudio de casos", *Cuadernos de Administración*, vol. 17, núm. 28, pp. 9-51, 2004b.
58. Malaver, F.; Vargas, M. *Capacidades tecnológicas, innovación y competitividad en la industria de Bogotá y Cundinamarca: resultados de una encuesta de innovación*, Bogotá, Cámara de Comercio de Bogotá-Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2006.
59. Mankiw, G.; Romer, D.; Weil, D. "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, num. 2, pp. 407-437, 1992.
60. Manski, C. "Social Learning and the Adoption of Innovations", L. E. Blume and S. N. Durlauf (eds.), *The Economy as an Evolving System III*, Oxford University Press, pp. 31-47, 2006.
61. Maya, J.; Ortiz, J. "Análisis de la varianza de los beneficios empresariales en el sector servicios en Colombia: 1995-2000", *Ecós de Economía*, núm. 17, pp. 93-108, 2003.
62. Nelson, R. "The Theory of the Firm (II)", G. M. Hodgson, W. J. Samuels and M. R. Tool (eds.), *The Elgar Companion to Institutional and Evolutionary Economics*, 1994.
63. Nelson, R.; Sampat, B. "Las instituciones como factor que regula el desempeño económico", *Economía Institucional*, núm. 5, pp. 17-51, 2001.
64. Nelson, R.; Winter, S. *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Harvard University Press, 1982.
65. Nijssen, E. J et al. "Exploring Product and Service Innovation Similarities and Differences", *International Journal of Research in Marketing*, num. 23, pp. 241-251, 2006.
66. Nonaka, I.; Toyama, R.; Nagata, A. "A Firm as a Knowledge-Creating Entity: A New Perspective on the Theory of the Firm", *Industrial and Corporate Change* 9. num. 1 pp 1- 20, 2000.

67. Pavitt, K. "Los objetivos de la política tecnológica", en M. González, J. López y J. Luján (Eds.), *Ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Ariel, pp. 191-204, 1997.
68. Perry, G. *Latin American Challenges*, LACEA LAMES, Bogotá, Anual Meeting, Universidad de los Andes, 2007.
69. Porter, M. *The Competitive Advantage of Nations*, New York, Free Press, 1990.
70. Prigogine, I.; Stengers, I. "Order Out of Chaos: Man's New Dialog With Nature", New York, Bantam Books, 1984.
71. Pulido, A. *La innovación en el siglo XXI*, Series de innovación, vol. 1, Madrid, Centro de Predicción Económica, 2005.
72. Romer, P. "Increasing Returns and Long Run Growth", *Journal of Political Economy*, vol. 94, num. 5, pp. 1002-1037, 1986.
73. Romer, P. "Endogenous Technical Change", *Journal of Political Economy*, num. 98, pp. 71-102, 1990.
74. Rosemberg, N. "On Technical Expectations", *Economic Journal*, vol. 86, num. 343, 1976.
75. Rowley, C. K. *Políticas antitrust y eficiencia económica*, MacMillan Vicens-Vives, 1973.
76. Sala-I-Martin, X. "15 Years of New Growth Economics: What Have We Learnt?", *Central Bank of Chile Working Paper*, vol. 172, num. 2, p. 22, 2002.
77. Sanabria, N. "El desarrollo y la calidad de vida", *Revista Equidad y Desarrollo*, núm. 7, 2007.
78. Sanabria, N.; Vélez, J. A. "Calidad de la educación desde una perspectiva funcional", *Economía y Empresa*, 2008.
79. Scott, S.; Bruce, R. A. "Determinants of Innovative Behavior: A Path Model of Individual Innovation in the Workplace", *Academy of Management*, 37, num. 3, pp. 580 -607, 1994
80. Schumpeter, J. A. *La teoría del desarrollo económico*, Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica, 1943.
81. Schumpeter, J. A. "The Creative Response in Economic History", *Journal of Economic History*, num. 7, pp. 149-159, 1947.
82. Schumpeter, J. A. *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3<sup>rd</sup> ed., New York, Harper, 1950.
83. Solow, R. "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, num. 1, pp. 65-94, 1956.
84. Sternberg, R. "The Firm or the Region: What Determines the Innovation Behavior of European Firms?", *Economic Geography*, vol. 77, num. 4, pp. 364-382, 2001.
85. Stiglitz, J.; Charlton, A. *Comercio justo para todos*, Madrid, Taurus, 2007.
86. Swan, T. "Economic Growth and Capital Accumulation", *Economic Record*, vol. 32, num. 2, pp. 334-361, 1956.
87. Tebaldi, E.; Elmslie, B. "Institutions, Innovation and Growth", *Economics Seminar Series at the University of New Hampshire*, 2007.
88. Tushman, M.; Anderson, P. "Technological Discontinuities and Organizational Environments", *Administrative Science Quarterly*, num. 31, pp. 439-465, 1986.
89. Van Pottelsberghe de la Potterie; Lichtenberg. "Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders?", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 83, num. 3, pp. 490-497, 2001.
90. Wad, A. *Las políticas científicas y tecnológicas*. México: Universidad de las Naciones Unidas y Fondo de Cultura Económica, pp. 392-420, 1995.

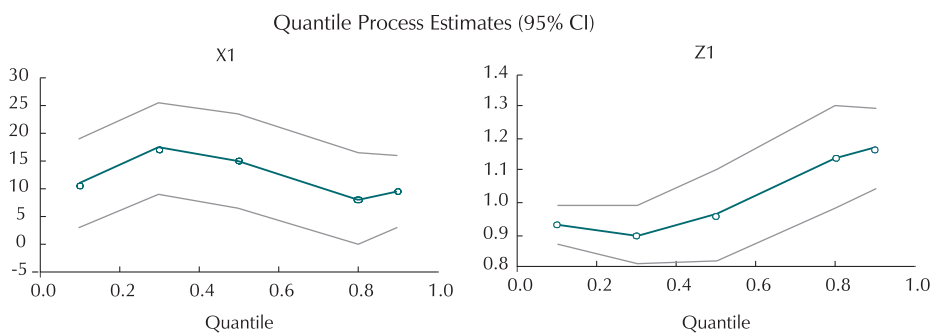
## ANEXO 1

Gráfico A1.1  
Impacto de los coeficientes sobre los cuantiles de inversión en maquinaria y equipo



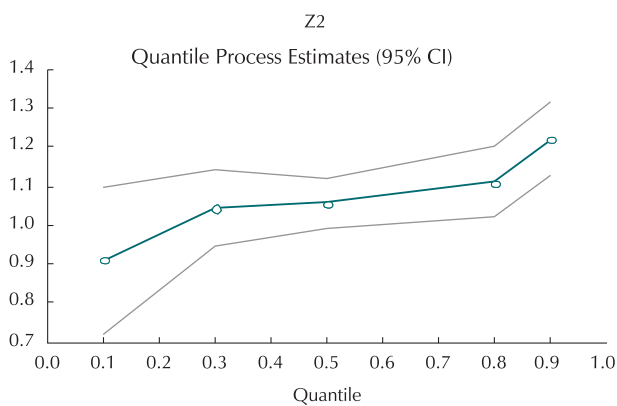
Fuente: elaboración propia. Estimaciones econométricas, Econometric Views (Eviews 6.0).

**Gráfico A1.2**  
Impacto de los coeficientes sobre los cuantiles de inversión en tecnologías de gestión



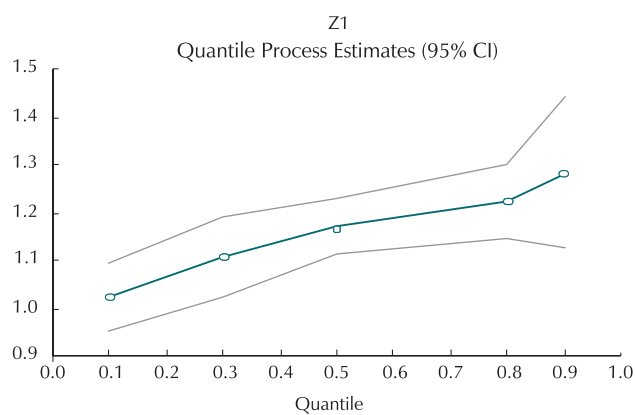
Fuente: elaboración propia. Estimaciones econométricas, Econometric Views (Eviews 6.0).

**Gráfico A1.3**  
Impacto de los coeficientes sobre los inversión en innovación de mercado



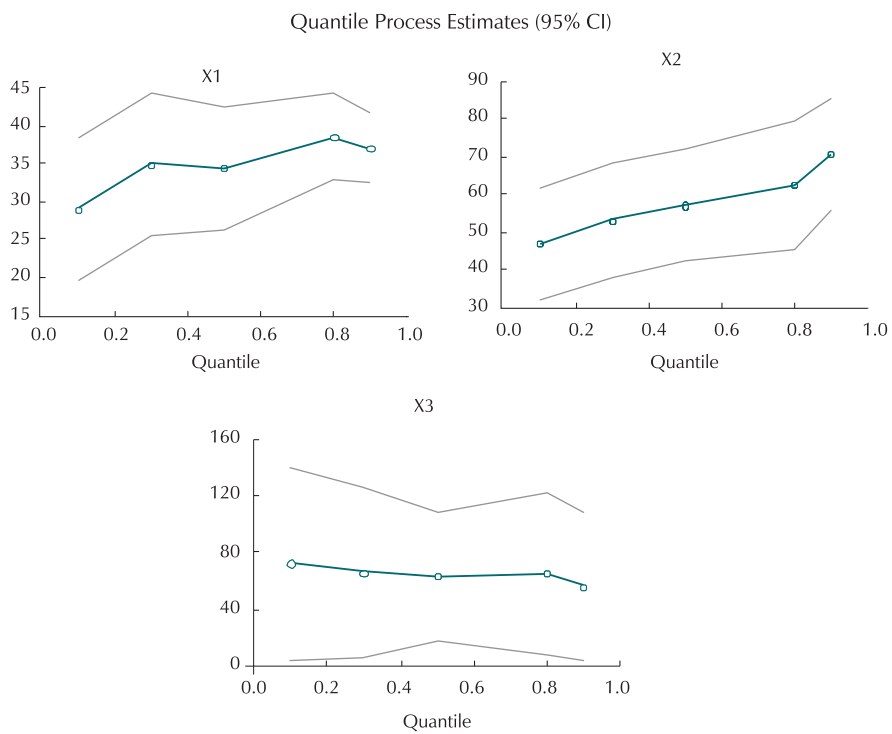
Fuente: elaboración propia. Estimaciones econométricas, Econometric Views (Eviews 6.0).

Gráfico A1.4  
Impacto de coeficiente sobre los cuantiles de cuantiles de inversión en propiedad intelectual



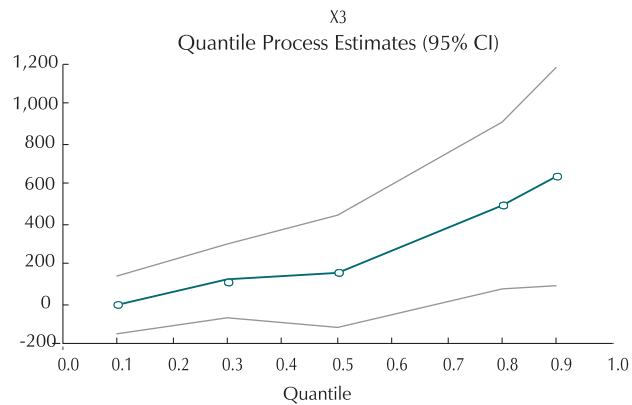
Fuente: elaboración propia. Estimaciones econométricas, Econometric Views (Eviews 6.0).

**Gráfico A1.5**  
**Impacto de los coeficientes sobre los cuantiles de inversión**  
**en capacitación tecnológica**



Fuente: elaboración propia. Estimaciones econométricas, Econometric Views (Eviews 6.0).

Gráfico A1.6  
Impacto del coeficiente en los distintos cuantiles de inversión en I & D



Fuente: elaboración propia. Estimaciones econométricas, Econometric Views (Eviews 6.0).

## ANEXO 2

Cuadro A2.1  
Estadísticas básicas de actividades de innovación en Bogotá, 2004-2005

| Tipo de inversión                              | Número de empresas | 2004                 |                   | Par. (%)    |
|--|--------------------|----------------------|-------------------|-------------|
|  |                    | Monto inversión      | Media por empresa |             |
| Tecnologías incorporadas al capital            | 812                | 537.122.750          | 35.808.183        | 51%         |
| Tecnologías de gestión                         | 497                | 172.799.006          | 11.519.934        | 17%         |
| Actividades asociadas a innovación de mercado  | 260                | 75.101.281           | 5.006.752         | 7%          |
| Propiedad Intelectual y tecnología transversal | 717                | 175.326.034          | 11.688.402        | 17%         |
| Proyectos de I & D                             | 47                 | 44.527.456           | 2.968.497         | 4%          |
| Formación y capacitación                       | 626                | 41.541.710           | 2.769.447         | 4%          |
| <b>Total</b>                                   | -                  | <b>1.046.418.238</b> | <b>69.761.216</b> | <b>100%</b> |

Fuente: elaboración propia, datos tomados de la EDITS I (DANE, 2006).

|  |                    | 2005                 |                   |             |            |
|--|--------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------|
|  | Número de empresas | Monto inversión      | Media por empresa | Par. (%)    | Var. (%)   |
|  | 959                | 667.004.507          | 44.466.967        | 47%         | 24%        |
|  | 574                | 265.448.463          | 17.696.564        | 19%         | 54%        |
|  | 319                | 112.144.177          | 7.476.278         | 8%          | 49%        |
|  | 837                | 238.519.752          | 15.901.317        | 17%         | 36%        |
|  | 55                 | 53.354.722           | 3.556.981         | 4%          | 20%        |
|  | 736                | 78.822.477           | 5.254.832         | 6%          | 90%        |
|  | -                  | <b>1.415.294.098</b> | <b>94.352.940</b> | <b>100%</b> | <b>35%</b> |