

Derramamientos sectoriales de conocimiento e innovación en la industria manufacturera colombiana: un análisis multinivel

Mauricio Losada-Otálora

Profesor tiempo completo de la Facultad de Administración de Empresas de la Universidad Externado de Colombia.

Correo electrónico: mauricio.losada@uexternado.edu.co.

Julio César Zuluaga

Estudiante del Doctorado en Administración de la Universidad de los Andes.

Miembro del grupo de investigación Gestión Pública y del grupo

Historia y Empresariado, Universidad de los Andes.

Correo electrónico: juliocesarzuluaga83@yahoo.com

SECTORIAL SPILLOVERS OF KNOWLEDGE AND INNOVATION IN THE MANUFACTURING INDUSTRY: A MULTILEVEL ANALYSIS

ABSTRACT: The purpose of this research is to analyze the relationship between sectorial spillovers of knowledge and innovative performance in Colombian manufacturing firms. A Poisson multilevel regression model is developed to analyze these effects, taking into account the nested and hierarchical structure of the data. A database of 4,780 small and medium-sized Colombian companies operating in 66 sectors is used for the analysis. The simultaneous analysis of variables of level of firm and sectorial level show a positive relationship between the firms' innovative performance and sectorial spillovers of knowledge, so that innovation at these firms depends on their own efforts and on innovation achieved by their competitors, suppliers and customers. These results suggest that firms in developing countries, faced with internal and external limitations on innovation, can benefit from knowledge generated by firms with whom they compete and by firms from sectors with which they establish relationships for exchange.

KEYWORDS: Multilevel Analysis Innovation, Colombian manufacturing industry, intrasectorial Spillovers, intersectorial Spillovers.

EXTERNALITÉ SECTORIELLE DE CONNAISSANCE ET INNOVATION DANS L'INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE COLOMBIENNE : UNE ANALYSE MULTI NIVEAU

RÉSUMÉ: L'objectif de cette recherche est d'analyser la relation entre les externalités sectorielles de connaissance et l'exercice innovateur des entreprises manufacturières colombiennes. Un modèle de régression Poisson multiniveau est développé pour analyser ces effets, tenant compte de la structure hiérarchique des données. Une base de données de 4.780 petites et grandes entreprises colombiennes exerçant dans 66 secteurs est utilisée pour l'analyse. L'analyse simultanée de variables de niveau d'entreprise et de niveau sectoriel montre une relation positive entre l'exercice innovateur des entreprises et les externalités sectorielles de connaissance, de sorte que l'innovation des entreprises dépend de leurs propres efforts et de l'innovation atteinte par leurs concurrents, leurs fournisseurs et leurs clients. Ces résultats suggèrent que les entreprises en pays en développement, étant donné les limites internes et externes de l'innovation, peuvent bénéficier de la connaissance produite par les entreprises concurrentes et la connaissance produite par les entreprises de secteurs avec lesquels elles établissent des relations d'échange.

MOTS-CLEFS : analyse multi niveau, innovation, industrie manufacturière colombienne, Spillovers intra-sectoriels, Spillovers inter-sectoriels

DERRAMAMENTOS SETORIAIS DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO DA INDÚSTRIA MANUFACTUREIRA COLOMBIANA: UMA ANÁLISE MULTINÍVEL

RESUMO: O propósito desta pesquisa é analisar a relação entre os derramamentos setoriais de conhecimento e o desempenho inovador de empresas manufatureiras colombianas. Desenvolve-se um modelo de regressão Poisson multinível para analisar esses efeitos, considerando a estrutura alojada e hierárquica dos dados. Uma base de dados de 4.780 pequenas e grandes empresas colombianas que operam em 66 setores é utilizada para a análise. A análise simultânea de variáveis de nível de empresa e de nível setorial mostra uma relação positiva entre o desempenho inovador das empresas e os derramamentos setoriais de conhecimento, tal que a inovação das empresas depende de seus próprios esforços e da inovação alcançada por seus competidores, fornecedores e clientes. Esses resultados sugerem que as empresas em países em desenvolvimento, diante das limitações internas e externas para inovar, podem beneficiar-se do conhecimento gerado pelas empresas com as que concorrem e do conhecimento gerado pelas de setores com as quais estabelecem relações de intercâmbio.

PALAVRAS-CHAVE: análise multinível, inovação, indústria manufatureira colombiana, spillovers intrasectoriais, spillovers intersectoriais.

CLASIFICACIÓN JEL: O32, Q55

RECIBIDO: noviembre de 2012 APROBADO: diciembre 2012

CORRESPONDENCIA: Calle 12 # 1-17 Este. Teléfonos: 3420288 y 3419900. Bogotá, Colombia.

CITACIÓN: Losada-Otálora, M. & Zuluaga, J. C. (2013). Derramamientos sectoriales de conocimiento e innovación en la industria manufacturera colombiana: un análisis multinivel. *Innovar*, 23(47), 19-32.

RESUMEN: El propósito de esta investigación es analizar la relación que existe entre los derramamientos sectoriales de conocimiento y el desempeño innovador de las firmas manufactureras colombianas. Se desarrolla un modelo de regresión Poisson multinivel para analizar estos efectos, teniendo en cuenta la estructura anidada y jerárquica de los datos. Una base de datos de 4.780 pequeñas y grandes empresas colombianas que operan en 66 sectores se utiliza en el estudio. El análisis simultáneo de variables de nivel de firma y de nivel sectorial muestra una relación positiva entre el desempeño innovador de las empresas y los derramamientos sectoriales de conocimiento, tal que la innovación de estas depende de sus propios esfuerzos y de la innovación alcanzada por sus competidores, proveedores y clientes. Estos resultados sugieren que las empresas en países en desarrollo, ante las limitaciones internas y externas para innovar, se pueden beneficiar del conocimiento generado por las firmas con las que compiten y del conocimiento generado por las firmas de sectores con las que establecen relaciones de intercambio.

PALABRAS CLAVE: análisis multinivel, innovación, industria manufacturera colombiana, derramamientos intrasectoriales, derramamientos intersectoriales

Introducción*

El interés que despierta la innovación entre investigadores, gerentes y formuladores de políticas públicas radica en que esta se reconoce como fuente de ventaja competitiva para las firmas (Brown y Eisenhardt, 1995) y de crecimiento para los países (Asheim e Isaksen, 1997). Debido a la importancia intrínseca de la innovación, el análisis de sus determinantes ha sido el foco de análisis de diversos trabajos teóricos y empíricos que han analizado extensamente la relación entre el desempeño innovador de las firmas y factores internos y externos de las empresas (por ejemplo, Day, 1990;

* Esta investigación se desarrolló en el marco del Seminario de Innovación Empresarial en Países en Desarrollo del Doctorado en Administración de la Universidad de los Andes. Los autores agradecen al profesor Clemente Forero su valiosa orientación durante este seminario. No obstante, este artículo es responsabilidad de los autores.

Tsai, 2009; van Beers, Keinknecht, Ortt y Verburg, 2008). A pesar de estos avances en la literatura, la comprensión de este fenómeno es todavía reducida (Becheikh, Landry y Amara, 2006), y se requieren nuevos estudios para ampliar el conocimiento existente.

Con el fin de contribuir a la comprensión de las condiciones en las cuales ocurre la innovación, y en particular para entender el vínculo entre la innovación de las empresas y la influencia del contexto sectorial, en este artículo se analiza el efecto que tiene el conocimiento generado por las actividades de innovación de los competidores en un sector y por las firmas de los sectores proveedores y clientes sobre el desempeño innovador de las empresas. En consecuencia, la pregunta de investigación es: ¿Cuál es la relación entre el desempeño innovador de una firma con los resultados de innovación de su sector y de sus sectores proveedor y cliente?

Trabajos teóricos y empíricos previos han mostrado que el conocimiento que una empresa desarrolla no puede ser apropiado completamente por ella, lo cual genera derramamientos "voluntarios o involuntarios" de conocimiento que pueden ser utilizados por las demás firmas en el mercado (De Bondt, 1997). En consecuencia, la hipótesis planteada aquí sugiere que el conocimiento que una firma i del sector j incorpora en sus innovaciones en producto, procesos o métodos de comercialización genera derramamientos sectoriales de conocimiento que pueden ser aprovechados por las demás empresas para adelantar sus propios procesos de innovación. Por esta razón se propone que el número de innovaciones totales que consiguen las firmas de un sector j (innovaciones en producto, procesos o métodos de comercialización) se relaciona positivamente con las innovaciones totales que alcanzan las firmas $n \neq i$ del sector j (derramamientos intrasectoriales) y de las firmas m de los sectores $k \neq j$ (derramamientos intersectoriales).

Aunque el concepto de derramamientos de conocimiento intra e intersectoriales no es nuevo en la literatura (Hongxia y Xiuli, 2007), su análisis en el contexto de la innovación es reciente (Simonen y McCann, 2008). Los trabajos teóricos y empíricos que lo han analizado lo relacionan con crecimiento de las empresas, con economías de aglomeración, con volúmenes de I+D (Kaiser, 2002) y con variaciones positivas y negativas en la productividad de las firmas (Kokko, 1994), derivadas de la introducción de nuevas tecnologías por parte de compañías extranjeras en los mercados (Blomström y Sjöholm, 1999). Recientemente mecanismos como el "robo de mercado" (Aitken y Harrison, 1999) o la capacidad de las empresas receptoras para aprovechar el nuevo conocimiento (Cohen y

Levinthal, 1990) se han empleado para explicar la dirección y la fortaleza de los efectos de los derramamientos de conocimiento sobre las firmas. A pesar de estos desarrollos teóricos y empíricos, las investigaciones que vinculan los derramamientos sectoriales de conocimiento con el desempeño innovador de otras empresas son aún escasos (Yao, 2006; Gupta, Tesluk y Taylor, 2007).

Para contribuir a llenar este vacío en la literatura, esta investigación usa la Encuesta de Innovación y Desarrollo Tecnológico de un país en desarrollo con el fin de estudiar el efecto de los derramamientos sectoriales de conocimiento sobre la innovación de las firmas. Los hallazgos sugieren que el desempeño innovador de una empresa, en términos de nuevos productos, procesos o métodos de comercialización, está asociado positivamente con las innovaciones en productos, procesos y métodos de comercialización de las firmas de su sector (derramamientos intrasectoriales) y de los sectores a los cuales pertenecen sus principales proveedores y clientes (derramamientos intersectoriales).

Esta investigación difiere de los trabajos previos, al menos por cuatro razones. En primer lugar, se analizan los derramamientos vinculados al conocimiento incorporado a las innovaciones totales alcanzadas en producto, procesos o métodos de comercialización y no a "esfuerzos por innovar" (inversión en I&D) de las empresas. Segundo, se analiza su efecto sobre la innovación de las firmas y no sobre su productividad como lo han hecho investigaciones previas (por ejemplo, Aiken y Harrison, 1999) o sobre resultados en patentes (Singh, 2007), los cuales se han caracterizado como medidas de innovación con serias limitaciones en países en desarrollo (Gerosky, 1994). Tercero, al identificar a los competidores, clientes y proveedores, se distingue claramente entre las distintas fuentes de derramamientos intra e intersectoriales, y se evita suponer que el conocimiento generado por todos los sectores tiene igual incidencia en el desempeño innovador de las empresas. Cuarto, el análisis se aplica en un país en desarrollo en cuyo contexto los estudios sobre derramamientos de conocimiento son escasos (Kesidou y Romijn, 2008).

Además de las diferencias señaladas, en la investigación se utiliza un modelo de regresión Poisson multinivel para estimar la relación entre los derramamientos sectoriales de conocimiento y la innovación de las empresas. Esta técnica estadística toma en consideración que el proceso de innovación involucra a actores de diferentes niveles de análisis tales como la firma y los sectores industriales (Gupta, Tesluk y Taylor, 2007). La aplicación de esta metodología reduce las limitaciones y los sesgos de los análisis de regresión tradicionales, que mezclan varios niveles de análisis,



y permite asociar la innovación de las empresas con factores específicos localizados en diferentes niveles de análisis (empresa y sector).

Los hallazgos del estudio son especialmente relevantes en países en desarrollo, por las dificultades y limitaciones que enfrentan las firmas para innovar en estos contextos caracterizados por restricciones en el acceso a capital, al conocimiento y a la infraestructura necesaria para innovar (Schmitz, 1982; McCormick y Atieno, 2002). Igualmente, los resultados sugieren que el conocimiento externo puede sustituir en parte las limitaciones internas de las empresas para llevar a cabo actividades de innovación.

Este artículo se estructura de la siguiente forma: la segunda sección revisa de manera sucinta la literatura sobre la relación entre contexto sectorial y desempeño innovador de las firmas, y plantea las hipótesis relacionadas con el efecto de los derramamientos sectoriales de conocimiento. La tercera sección presenta el enfoque metodológico multinivel, los datos, las variables y la especificación del modelo empírico. La cuarta, expone los resultados, y, finalmente, en la quinta sección se incluyen las conclusiones del estudio, las limitaciones y las futuras líneas de investigación.

Hipótesis de investigación

Innovación de los competidores y desempeño innovador de una firma

La interacción de una firma en el mercado con sus competidores innovadores incrementa su posibilidad de innovar (Blundell, Griffith y van Reenen, 1999). Más aún, las innovaciones que consigue una empresa incrementan su stock interno de conocimiento, sus ventajas sobre los competidores (por ejemplo, por reducción de costos), y el nivel de presión competitiva sobre sus rivales en el mercado (Aghion *et al.*, 2001). A nivel agregado, la totalidad de las innovaciones de las firmas de un sector industrial crean un amplio y variado stock de conocimiento, disponible para las empresas que compiten en el mismo (Jaffe, 1986, 1989). Esta abundante disponibilidad de conocimiento aumenta la posibilidad de aparición de derramamientos intrasectoriales, en la medida en que las compañías competidoras pueden usar este conocimiento que está "en el aire" (Feldman, 2000) como insumo para generar nuevos productos, procesos o métodos de comercialización (Kaiser, 2002). Esta posibilidad se incrementa dadas las condiciones de bien público del conocimiento (Foray, 2004).

Si las firmas dentro de un sector innovan constantemente, esta dinámica innovadora crea presión sobre las empresas no innovadoras para que innoven, so pena de fracasar en el mercado (Aghion *et al.*, 2001). Como resultado de esta presión, las compañías que no innovan incrementan sus esfuerzos por mantenerse competitivas a través de la generación de nuevos productos para el mercado, nuevos procesos para reducir costos o nuevos métodos de comercialización, para lo cual pueden utilizar el conocimiento generado por sus competidores.

De otra parte, las empresas cuyos productos, procesos o métodos de comercialización son imitados o superados por las innovaciones de la competencia tienen más presiones para innovar que antes, aun cuando las perspectivas de obtener rentas de sus innovaciones disminuyan (Aghion *et al.*, 2001). Esta presión surge porque las firmas cuya posición en el mercado es amenazada por las innovaciones de sus competidores se mantendrán "bajo amenaza" a menos que innoven de nuevo, y así diferenciarse en el mercado o recuperar su ventaja en costos. El conocimiento generado en el sector pueden utilizarlo las empresas para responder a las presiones derivadas de la elevada competencia, lo cual da lugar a la aparición de derramamientos de conocimiento que impulsan a las firmas a generar nuevos productos, procesos o métodos de comercialización. En síntesis, se propone que:

H1: *Las innovaciones totales de una firma están asociadas positivamente a las innovaciones totales que desarrollan sus competidores.*

Innovación de los proveedores y desempeño innovador de las firmas

Las innovaciones totales que consiguen los proveedores de una compañía ofrecen oportunidades para que estas mejoren su oferta de productos al mercado, desarrollen nuevos procesos o creen nuevos métodos de comercializar sus productos (Souitaris, 2002). Esto ocurre porque cuando los proveedores de una empresa innovan, estos crean un stock de conocimiento del cual pueden apropiarse sus clientes para aplicarlo a la innovación de su propio portafolio de productos, procesos o métodos de comercialización. En otras palabras, a mayor innovación en el sector proveedor de una empresa, mayor probabilidad de que esta incremente su desempeño innovador como resultado de los derramamientos de conocimiento provenientes del sector proveedor.

Debido a que en promedio las firmas manufactureras gastan el 50% de sus ingresos comprando insumos a empresas de distintos sectores para sus procesos productivos

(Handfield, Krause, Scannel y Monczka, 2000), las posibilidades de que haya derramamientos intersectoriales (voluntarios o involuntarios) que impulsen la innovación en las empresas que compran a estos sectores es alto. El intercambio de productos o servicios entre firmas de distintos sectores fomenta la transferencia de conocimiento novedoso desde el proveedor hacia el cliente, quien lo adapta y utiliza para su propio beneficio. Si el conocimiento generado por el proveedor no es incorporado por el cliente en sus procesos de creación de productos, procesos o métodos de comercialización, la relación cliente – proveedor puede debilitarse en el largo plazo debido a la distancia cognitiva y tecnológica que se crea entre las compañías (Nootboom, Haverbeke, Duysters, Gilsing y van den Oord, 2007; Tanriverdi y Venkatraman, 2005).

En este artículo se supone que los derramamientos desde los sectores proveedores hacia las firmas compradoras es una función de cuánto conocimiento imbuido en bienes o servicios compran las compañías a los sectores innovadores. Por ejemplo, si existe un alto flujo de bienes/servicios desde un sector proveedor que innova constantemente, la empresa compradora estará expuesta a un stock de conocimiento nuevo y variado que puede incorporar a sus propias actividades de innovación. Por eso se espera que a mayor innovación total por parte de las firmas de un sector proveedor, más innovación total (en producto, procesos o métodos de comercialización) generen las compañías clientes de este sector como producto de los derramamientos de conocimiento.

H2a: *Las innovaciones totales de una firma están asociadas positivamente a las innovaciones totales de los sectores a los cuales pertenecen sus principales proveedores.*

Innovación de los clientes y el desempeño innovador

De otra parte, si los clientes de una firma innovan en sus productos, procesos o métodos de comercialización, requerirán que sus proveedores se adapten a las nuevas condiciones de la compañía innovadora (Monjon y Waelbroeck, 2003). Por tanto, en la medida en que las compañías del sector cliente de una empresa focal generen más innovaciones totales, es razonable esperar que la firma focal alcance mayores desempeños en innovación total como resultado de los derramamientos de conocimiento. Esta relación puede ocurrir porque la compañía focal usa como insumos para sus procesos de innovación el conocimiento incorporado en las innovaciones de las firmas de su sector cliente.

Adicionalmente, se espera que los derramamientos de conocimiento desde los sectores clientes sean una función

del volumen de conocimiento que intercambia una firma con clientes innovadores. Particularmente se propone que altos flujos de productos o servicios desde una compañía focal hacia sus clientes innovadores crean una alta disponibilidad de conocimiento que la empresa focal puede utilizar para innovar su oferta de productos, procesos o métodos de comercialización y ajustarse a las demandas de estos clientes. Por otro lado, si los sectores clientes de una compañía son poco innovadores, las posibilidades de beneficiarse de los derramamientos de conocimiento son restringidas, toda vez que el volumen de conocimiento disponible es bajo y no hay presión desde los clientes para crear nuevos productos, procesos o formas de comercialización. En virtud de lo anterior se propone que:

H2b: *Las innovaciones totales de una firma están asociadas positivamente a las innovaciones totales de los sectores a los cuales pertenecen sus principales clientes.*

Aunque estas hipótesis parecen "intuitivas", hay argumentos teóricos por los cuales las relaciones propuestas no siempre ocurran. Por ejemplo, si existe una alta distancia tecnológica entre la firma focal y sus competidores o sus proveedores/clientes, la empresa focal tendrá poca oportunidad de incorporar el conocimiento externo a sus innovaciones en producto, procesos o métodos de comercialización (Lapan y Bardhan, 1973). De otra parte, las empresas que carecen de un nivel mínimo de capacidad de absorción (esto es, la capacidad de absorber, difundir y creativamente y explotar el conocimiento generado por fuera de los límites organizacionales) no pueden apropiarse del conocimiento externo y explotarlo en sus procesos internos de innovación (Cohen y Levinthal, 1989, 1990).

Metodología

El problema de investigación de este artículo requiere una metodología que modele explícitamente los distintos niveles al que son planteadas las hipótesis y recolectados los datos. Si bien otras técnicas pueden ser desarrolladas (por ejemplo, modelos de análisis de regresión tradicionales como Logit, Probit, o técnicas correlacionales como el análisis clúster, análisis factorial o análisis de componentes principales, etc.), el análisis de regresión multinivel es una técnica que, aunque aplicada ampliamente en otros campos de estudio (por ejemplo, en educación), apenas recientemente se ha aplicado a estudios sobre innovación empresarial, y ha mostrado ventajas frente a técnicas de regresión tradicionales (Srholec, 2010, 2011). El análisis multinivel se ajusta al problema que se estudia en esta investigación porque permite analizar cómo variables independientes de nivel firma y sector (derramamientos sectoriales de conocimiento) se relacionan con el desempeño

innovador de las empresas. El enfoque multinivel reconoce que las firmas hacen parte de sectores, y genera explicaciones sobre su desempeño innovador, explicaciones que van más allá de las que se obtienen con los análisis tradicionales que incluyen solamente variables de un nivel (Gupta *et al.*, 2007).

Enfoque multinivel

Aunque la innovación es un fenómeno de múltiples niveles, pocas investigaciones la han abordado directamente desde esta perspectiva. La mayoría de las investigaciones sobre innovación han tendido a centrarse en un solo nivel de análisis (el individuo, los equipos, las empresas, los sectores, los clústeres de firmas, etc.), y son escasas las investigaciones que abordan y combinan explícitamente diferentes niveles de análisis¹. La teoría multinivel permite comprender cómo los fenómenos y procesos de un nivel de análisis están relacionados/anidados con los de otro nivel (Klein *et al.*, 1994; Rousseau, 1985) y proporciona una perspectiva más rica, completa y compleja de determinados fenómenos como la innovación. La innovación puede ser analizada en y a través de diferentes niveles como el individual, grupos/equipos, industrial y regiones.

Existen dos tipos de enfoques multinivel: uno que analiza "desde abajo" los procesos emergentes, y otro que analiza "desde arriba" los procesos e influencias contextuales. Pese a que una perspectiva multinivel completa requiere la inclusión de ambas perspectivas (Gupta *et al.*, 2007) y la consideración de los diferentes niveles de análisis involucrados en los procesos de innovación, en este estudio únicamente se discute la perspectiva "desde arriba"², por considerarla fundamental para explicar y comprender la influencia de variables sectoriales sobre el desempeño innovador de las firmas.

La perspectiva "desde arriba" presenta tres tipos de procesos. El primer tipo es un efecto directo "entre niveles", donde los factores a un nivel superior de análisis generan influencia sobre los resultados o variables dependientes de un nivel menor. El segundo tipo se presenta cuando los factores contextuales pueden moderar relaciones que ocurren a un nivel menor de análisis, y funcionan como moderadores "entre niveles" (Klein *et al.*, 1994; Rousseau, 1985). El tercer tipo de influencia del contexto se encuentra por la comprensión de una entidad a un menor nivel de análisis

¹ "... solo el 10% de los artículos publicados sobre innovación entre 1990 y 2006 en cinco revistas de administración aplican algún tipo de análisis multinivel" (Gupta *et al.*, 2007, p. 885).

² Perspectiva propuesta teóricamente a propósito de la innovación, pero poco abordada de manera empírica.

en relación con alguna entidad de nivel superior; es decir, cuando el resultado de interés a un nivel menor de análisis es dependiente de alguna variable relativa a un nivel superior (Kozlowski y Klein, 2000; Rousseau, 1985). En este artículo se examina la influencia que variables de nivel sectorial tienen sobre el desempeño innovador a nivel de las firmas, estimando efectos directos "entre niveles".

Ventajas del análisis multinivel en el estudio de la innovación

Los modelos de regresión lineal que tradicionalmente se han usado para estudiar la innovación asumen que las firmas son independientes unas de otras. Sin embargo, estos modelos pasan por alto el hecho de que las empresas de un mismo sector no son independientes, ya que sus resultados de innovación dependen en gran medida de las características del sector en el que operan y de los sectores con los que se relaciona. No tener en cuenta este hecho puede dar lugar a estimaciones incorrectas de los errores estándar de los coeficientes.

Si se utilizan modelos tradicionales de regresión para tratar este tipo de datos anidados, también se asumiría que el efecto de las variables de firma es el mismo para todos los sectores. En realidad, el efecto de las características de las empresas sobre los resultados de innovación puede variar según los sectores, y es por esta razón que los modelos tradicionales son de utilidad limitada y pueden generar resultados poco robustos cuando se utilizan en una situación jerárquica. Además, los modelos tradicionales de regresión no permiten incorporar características a nivel sectorial, debido a que generan una interpretación igual entre variables de diferentes niveles.

De esta manera, las estrategias analíticas convencionales (por ejemplo, OLS) suponen que las observaciones, en este caso las firmas, son independientes. Estos modelos ignoran la importancia teórica que un enfoque contextual tiene sobre la investigación en innovación, ya que no toman en consideración la dependencia que existe entre las empresas que pertenecen a un mismo sector, y tratan a las variables de nivel sectorial (o de grupo) igual que a las variables de nivel firma; así se producen errores correlacionados para las firmas que pertenecen a un mismo sector. Las estimaciones del modelo OLS deben ser insesgadas; sin embargo, la dependencia dentro del sector entre las firmas produce coeficientes de regresión ineficientes y errores estándar sesgados negativamente (Bryk y Raudenbush, 1992).

En general, el modelo OLS es problemático cuando los investigadores buscan formular y probar hipótesis sobre la forma en la cual las variables de un nivel superior

(sectorial) afectan las relaciones que ocurren en un nivel menor (empresa) (Snijders y Bosker, 1999). Para superar estas dificultades, los investigadores han recurrido a diferentes estrategias estadísticas, como el modelo jerárquico lineal, que separa intrínsecamente efectos a nivel individual de los efectos a nivel agregado, bajo el supuesto de que los datos tienen una estructura jerárquica. Siguiendo estos desarrollos metodológicos, en este estudio se aplica un modelo multinivel para determinar la relación entre variables de contexto sectorial³.

El empleo de un modelo de regresión multinivel se justifica porque este extiende las técnicas estadísticas tradicionales al modelar explícitamente la influencia del contexto sectorial (Snijders y Bosker, 1999) introduciendo un alto grado de realismo en el análisis de los determinantes de la innovación. Los datos usados en esta investigación tienen una jerarquía o estructura anidada, y los modelos multinivel analizan los niveles de estas estructuras; simultáneamente, proporcionan errores estándar insesgados (minimizando la probabilidad de cometer error tipo I) y estiman la variabilidad contextual (entre sectores) de los coeficientes de regresión (Snijders y Bosker, 1999).

Los datos

Los datos empleados en este estudio tienen una estructura jerárquica, con variables medidas a nivel firma y a nivel sectorial. Las empresas se agrupan dentro de unidades mayores, en este caso los sectores. Las firmas dentro de un mismo grupo (sector) a menudo son más parecidas que dos compañías elegidas al azar, ya que probablemente existe algún tipo de correlación entre las variables importantes. Por ejemplo, las firmas innovadoras de un sector pueden tener características socioeconómicas particulares que las hacen similares. Igualmente, las empresas de un mismo sector están sometidas a las mismas presiones ambientales e institucionales, lo que hace probable que compartan características similares que las diferencian de firmas ubicadas en sectores diferentes. Estas condiciones hicieron necesaria la aplicación de un modelo multinivel.

Para probar las hipótesis de este trabajo se usaron datos de la Segunda Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT-II) realizada en 2005 por el DANE en Colombia. La encuesta buscaba caracterizar la dinámica de

³ Existen otras fuentes de correlación de los términos del error en estudios empíricos que involucran la dependencia existente entre firmas que pertenecen a un mismo sector y están ubicadas en una misma región. Una de ellas, la auto correlación espacial, que puede ser abordada con técnicas estadísticas desarrolladas por la econometría espacial (Anselin, 2010; Varga, 2006).

desarrollo tecnológico de la empresa manufacturera colombiana en cuanto a intensidad y trayectoria de las actividades de innovación y desarrollo tecnológico en el periodo 2003-2004 (DANE, 2005), y aplicó un censo a 6.670 empresas pequeñas, medianas y grandes⁴. Las 6.670 firmas estaban distribuidas en 66 sectores a 3 dígitos según el Código Industrial Internacional Uniforme (CIIU, Rev. 3.1). Los 66 sectores se agruparon en 25 grupos teniendo en cuenta la similitud de la actividad económica descrita en el código CIIU. En la tabla 1 del apéndice se describen los sectores agrupados, el número de firmas en cada grupo y el número de innovaciones totales en cada sector.

Variables

Para el análisis se construyeron dos vectores de variables: un vector de variables de primer nivel que incluyó algunas características de las firmas y un vector de variables de segundo nivel que incluyó los niveles sectoriales de I+D, la concentración industrial y los derramamientos sectoriales de conocimiento. El proceso de construcción de los dos vectores de variables se describe más adelante.

Variable dependiente

La definición de innovación que se usa en este estudio incluye todos los procesos de mejoramiento (radical o incremental) que llevaron a cabo las empresas para crear o adaptar sus productos, procesos o métodos de comercialización a las condiciones cambiantes del mercado que emprenden las compañías en países en desarrollo (Lall, 1992). En este sentido, todas las modificaciones a los productos, procesos y métodos de comercialización de las firmas que fueron reportados por las empresas colombianas en la EDIT II se consideran "innovaciones", sin considerar su grado de novedad para la firma o el mercado (nacional o extranjero). Esta aproximación teórica al concepto de innovación en países en desarrollo la han adoptado otros investigadores en el contexto latinoamericano (por ejemplo, Goedhuys, 2007).

De acuerdo con lo anterior, la variable dependiente usada en esta investigación fue el *número de innovaciones totales* reportadas en la encuesta EDIT II cuando se preguntó a los entrevistados por el número de innovaciones en producto, proceso y métodos de comercialización que su firma había obtenido en el periodo 2003-2004. La sumatoria de

las innovaciones totales reportadas por cada compañía fue la variable dependiente en este estudio.

Se usó el conteo (sumatoria) de innovaciones como variable dependiente, porque esta medición permite analizar directamente los antecedentes y consecuencias de la actividad innovadora para las firmas de países en desarrollo (Geroski, 1994). Esta medición reduce el problema de sobre o sub estimación del desempeño innovador cuando este se mide usando una proxi como la inversión en I+D. Adicionalmente, esta medida disminuye los problemas de medir los resultados de innovación con base en la proxi "patentes" debido a que en países en desarrollo existe una baja relación entre la acción de patentar y la innovación (Roper y Hewitt-Dundas, 2008).

Variables independientes

Las variables independientes se clasificaron en variables de nivel firma y variables de nivel sector. En el nivel firma se midieron algunas características de las empresas colombianas relacionadas con su desempeño innovador, seleccionadas a partir de los estudios previos de Forero-Pineda, Corredor y Forero (2009) y Aitken y Harrison (1999). Concretamente, se midieron los vínculos para la innovación con competidores, proveedores y clientes, el personal ocupado por niveles de educación, el gasto en I+D y el tamaño de la empresa. En el nivel sector se midió la concentración industrial, la inversión sectorial en I+D como variables de control y las variables que medían los derramamientos de conocimiento intra e intersectoriales siguiendo los trabajos previos de Jaffe (1989); Jaffe, Trajtenberg y Henderson (1993); Acs (1994), Acs Audrestsch y Feldman (1992); Feldman (1994), en particular.

CONSTRUCCIÓN DE LAS VARIABLES DEL NIVEL DE LA FIRMA

Los vínculos para la innovación se midieron como la sumatoria de los vínculos establecidos por las empresas con competidores, proveedores y clientes, con el propósito específico de innovar (*Vínculos_CPC*). Las variables restantes del nivel de la firma fueron la inversión en actividades de I+D (*Inversión_I+D*); la proporción de los empleados dedicados a actividades de I+D (*Personal_I+D*); la proporción de los empleados con nivel educativo técnico (*Técnico_tpo*); y el número total de empleados (*Tamaño*). La fuente de estos datos fue la encuesta EDIT-II.

CONSTRUCCIÓN DE LAS VARIABLES DE NIVEL SECTORIAL

Para calcular la variable *Concentración Industrial*, se calculó el índice de Herfindall con los estados financieros reportados por las empresas de cada sector a la

⁴ La industria manufacturera corresponde a las empresas cuya actividad económica está codificada en la sección D de la CIIU según la *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities*, Rev.3, adoptada por Colombia y vigente al momento de la aplicación del cuestionario a las empresas.

Superintendencia de Sociedades en el año 2004. Las cifras individuales de I+D de las empresas de un sector se sumaron para calcular la inversión en I+D sectorial (*Inversión I+D Sector*). Para estimar los derramamientos intersectoriales de conocimiento se empleó la matriz de oferta y utilización del año 2004 elaborada por el DANE. Con esta matriz se identificaron los sectores con los cuales las empresas de un sector establecieron relaciones de intercambio más intensas; esto es, transaron bienes en mayor volumen en el periodo estudiado. Al adoptar esta forma de analizar los derramamientos de conocimiento, se asumió que los flujos de bienes y servicios entre los sectores eran una *proxy* de los volúmenes de conocimiento intercambiados por las firmas de un sector j a las firmas de otros sectores $k \neq j$ (Coe y Helpman, 1995). Adicionalmente se estimó que el comportamiento agregado de transacciones entre los sectores reflejaba el comportamiento individual de las firmas que los componían.

Los derramamientos de conocimiento se midieron como el promedio de innovación del sector proveedor, cliente y sector propio (competidores). Se usó esta medida porque captura mejor el efecto diferenciado de los derramamientos sobre la variable dependiente, ya que toma en consideración la relación entre el tamaño del sector (número de empresas) y la cantidad de conocimiento producido por las empresas que lo componen (número de innovaciones totales). Además, al usar esta medida se disminuye el riesgo de sesgo por agregación (DeBeaumont y Singell, 1999) como resultado de que los sectores con mayores niveles de innovación pueden tener un efecto más fuerte sobre la variable dependiente (Chen y Engel, 2005). Además, este modo de medición de derramamientos ha sido usado en países en desarrollo en investigaciones previas (por ejemplo, Aitken y Harrison, 1999).

Considerando lo manifestado arriba, los derramamientos intersectoriales de conocimiento se midieron en dos variables: a) el promedio de innovaciones totales del sector k que proveyó el mayor volumen de conocimiento al sector j durante el periodo 2003-2004, y b) el promedio de innovaciones totales del sector k que compró el mayor volumen de conocimiento al sector j durante ese periodo. Estas medidas se obtuvieron al sumar el total de innovaciones (en productos, procesos o métodos de comercialización) de las firmas n de los sectores k (*Innovación sector proveedor*) y p (*Innovación sector cliente*) reportado por las empresas en la encuesta EDIT-II y dividir esta cantidad por el número de empresas de cada sector.

La medida de los derramamientos intrasectoriales se midió como el número promedio de innovaciones totales del sector j al que pertenece la firma i . Esta medida se obtuvo

al sumar el número total de innovaciones en producto, procesos y métodos de comercialización de las firmas n que compiten con la firma i en el sector j (*Innovación sector competencia*) y dividir esta cantidad por el número de empresas del sector j .

El modelo desarrollado aquí no está exento de problemas de especificación, dado que no ha sido posible capturar la totalidad de las variables independientes relacionadas con la innovación de las compañías. Para disminuir los sesgos en la estimación derivados de estas circunstancias, se siguió la metodología de Liu, Wang y Wei (2009) y se introdujo en el modelo una variable *dummy* por cada sector para capturar la heterogeneidad de las industrias, que no fue medida por las variables usadas en el modelo. Igualmente, siguiendo la sugerencia de Armstrong y Shimizu (2007), se introdujo una variable *dummy* por firma para controlar la heterogeneidad entre firmas no medida por las variables incluidas en el modelo. La tabla 2 del apéndice resume la medición de las variables utilizadas.

Modelo de regresión Poisson multinivel

Como se justificó arriba, la técnica de estimación se eligió considerando las características de los datos y las características de las relaciones entre variables en las hipótesis propuestas. En primera instancia, la variable dependiente de este estudio es una variable de conteo con valores enteros no negativos (*número de innovaciones totales*) cuya distribución no era normal (Snijders y Bosker, 1999). En segundo lugar, las variables independientes combinaban dos niveles de análisis porque los datos pertenecían al nivel de la firma y al nivel del sector. Estas dos características hicieron necesario aplicar un modelo de regresión Poisson multinivel (Snijders y Bosker, 1999; Rabe-Hesketh y Skrondal, 2008) ajustado a la distribución de la variable dependiente (Winkelmann, 2008) y al carácter anidado de los datos. Las estimaciones se hicieron con STATA solamente con los 4.780 casos con información completa distribuidos en 25 grupos. En lo relativo a las empresas, 1.919 de ellas tenían menos de 50 empleados –pequeñas– y 2.861, más de 50 empleados –medianas y grandes.

Resultados

La presencia de multicolinealidad entre las variables del estudio se descartó con una prueba de inflación de varianza (VIF) cuyos resultados se reportan en la tabla 3 del apéndice. Ninguna de las variables alcanzó el valor problemático de 10 sugerido por Kennedy (2003); por esta razón todas las variables se mantuvieron en el análisis.

En la tabla 4 del apéndice se presentan los resultados estadísticos del análisis multinivel. En el modelo se incluyeron cinco variables de control del nivel de la firma (*Vínculos_CPC*; *Inversión_I+D*; *Personal_I+D*; *Técnico_tpo*; *Tamaño*) y dos variables de control del nivel del sector (*Concentración Industrial*; *Inversión I+D Sector*). Las variables de control de ambos niveles mostraron una relación significativa con los resultados de innovación de las firmas. Coherente con la teoría schumpeteriana, un mayor tamaño de la empresa permite obtener mayor número de innovaciones. Asimismo la inversión en I+D, el número de técnicos, el personal ocupado en I+D y los vínculos con competidores, proveedores y clientes tienen un efecto positivo y significativo en el desempeño innovador de las firmas. En síntesis, en la medida en que existan más recursos internos orientados a la innovación, la empresa tiene mayor probabilidad de innovar en productos, procesos o métodos de comercialización.

A nivel sectorial, las variables de control *Concentración Industrial* e *Inversión I+D Sector* presentan coeficientes estadísticamente significativos. En el caso de la *Concentración Industrial*, el coeficiente es negativo, lo cual está acorde con la hipótesis schumpeteriana que plantea que la concentración industrial genera pocos incentivos para el desarrollo de innovaciones por parte de las firmas. En el caso de la *Inversión I+D Sector*, se muestra que las empresas que operan en sectores con altos niveles de inversión en I&D alcanzan un desempeño innovador mayor que aquellas que operan en sectores con bajos niveles.

Los resultados también señalan que las innovaciones totales de los competidores están positivamente relacionadas con las innovaciones totales de las firmas, tal como se planteó en la hipótesis 1. Este resultado aporta evidencia para no rechazar la hipótesis sobre la existencia de derramamientos intrasectoriales de conocimiento y su relación con la innovación de las firmas. Al parecer, el conocimiento generado en un sector lo aprovechan sus competidores para generar nuevos productos, procesos o métodos de comercialización.

Los resultados también aportan evidencia para no rechazar las hipótesis 2a y 2b, porque muestran que la innovación de los sectores a los que pertenecen los principales proveedores y clientes de una firma (*Innovación sector proveedor* = 0,0179 (0,00823) e *Innovación sector cliente* = 0,0177 (0,00648)) predice su desempeño innovador. Este hallazgo sugiere que las firmas aprovechan el conocimiento generado en sectores distintos al de sus actividades para generar nuevos productos, procesos o métodos de comercialización.

Discusión y conclusiones

Gorg y Greenaway (2004) sostienen que los estudios del efecto de la innovación de un sector sobre el desempeño innovador de las empresas de su sector y sobre las firmas de otros sectores son escasos. Para complementar la escasa literatura que existe sobre esta relación, en este trabajo se investigó cómo los derramamientos de conocimiento sectoriales se relacionan con el desempeño innovador de las empresas en países en desarrollo usando un modelo multinivel. Los resultados muestran que el desempeño innovador de las compañías está en función del conocimiento que generan las empresas que están a su alrededor (dentro y fuera de su sector). De acuerdo con este hallazgo, las firmas de países en desarrollo pueden establecer estrategias de apropiación del conocimiento que generan competidores, proveedores y clientes para innovar y sobrevivir en un mercado altamente competitivo.

Al clarificar la relación entre la innovación de las empresas y el desempeño innovador de sus competidores, clientes y proveedores, este trabajo incrementa el conocimiento sobre el porqué y sobre el cómo la innovación ocurre en contextos con limitaciones y dificultades para las actividades de innovación. En países en desarrollo los derramamientos de conocimiento pueden contribuir a superar el lastre que representa para las firmas estar localizadas en países caracterizados por profundas restricciones de infraestructura de conocimiento, institucionales y financieras (Schmitz, 1982). La evidencia también sugiere que las compañías que pertenecen a un sector innovador, o son clientes o proveedores de sectores innovadores, acceden a conocimiento que impulsa sus propios procesos de innovación.

Los derramamientos de innovación intersectoriales ocurren a través de las relaciones de intercambio de bienes y servicios entre las firmas. Estos resultados se ajustan a los hallazgos de Coe y Helpman (1995), quienes encontraron que los flujos de bienes intermedios entre países eran los responsables de los derramamientos de productividad internacionales. No obstante, a diferencia de los hallazgos de Coe y Helpman, esta investigación muestra que en países en desarrollo el intercambio de bienes y servicios con clientes y proveedores genera derramamientos de conocimiento que las empresas aprovechan para desarrollar sus procesos de innovación.

En el caso de los derramamientos intrasectoriales, aunque no se identificó el mecanismo específico de transmisión de conocimiento, se puede suponer que el efecto positivo hallado en la hipótesis 1 se debe a la presión que genera sobre una firma el hecho de que sus competidores

obtengan resultados de innovación positivos. Esta explicación, aunque no se analizó empíricamente en este trabajo, se ajusta a las externalidades basadas en la intensidad de la competencia (Porter, 1990).

De acuerdo con la explicación de Porter (1990), en sectores en los cuales la rivalidad competitiva por innovar es fuerte, la innovación recibe un impulso (Gerosky, 1990). Desde esta visión, el incremento de la competencia en un mercado estimula la actividad innovadora (Blundell, Griffith y van Reenen, 1999) porque las empresas están sometidas a una presión constante por actualizar o renovar sus ofertas en el mercado, y, así, no comprometer su existencia. Sin embargo, en la medida en que el nuevo conocimiento incorporado a las innovaciones no es absorbido o apropiado totalmente por las firmas que lo generan, parte de este puede ser utilizado por sus rivales en procesos de innovación. Estos derramamientos de conocimiento afectan de forma positiva el desempeño innovador de empresas que compiten entre sí.

Por otro lado, el análisis aquí realizado aporta evidencias que avanzan en la comprensión de la naturaleza multinivel de la innovación. Los resultados generales confirman que el contexto sectorial, específicamente los derramamientos de innovación intra y entre sectores, tiene una relación directa sobre el desempeño innovador de las firmas. Los procesos de innovación dependen de características tanto de las firmas como del sector en las cuales aquellas operan. En la literatura teórica (por ejemplo, Sistemas Nacionales, Regionales y Sectoriales de Innovación) se ha planteado esta afirmación. No obstante, las pruebas empíricas que explícitamente relacionan variables dependientes e independientes con diferentes niveles de agregación son escasas.

Otro aporte de esta investigación tiene que ver con la inclusión de la heterogeneidad que existe entre las firmas y los sectores. Como lo establece la teoría evolucionista, las empresas y los sectores difieren en términos de sus características (conocimiento, oportunidad tecnológica, apreciabilidad, concentración, etc.). No tener en cuenta que existen estas diferencias en la capacidad de innovar a través de firmas y sectores debilita los resultados de las investigaciones que se basan en estimaciones con datos agregados que no controlan tal heterogeneidad. En este sentido, el presente estudio avanza el conocimiento previo al integrar la heterogeneidad de las firmas y al incorporar variables de nivel firma y nivel de sector en los efectos de los derramamientos sectoriales de innovación sobre el desempeño innovador de las empresas.

Los resultados de este estudio extienden la literatura existente en innovación al menos por dos razones. En primer lugar, porque evidencian que en países en desarrollo los

resultados de la innovación dependen de variables de la firma (variables de control en este estudio) y de variables sectoriales como los derramamientos de conocimiento generados por la innovación de competidores, clientes y proveedores. Sin embargo, aunque el modelo multinivel explica el 14% de la varianza total del desempeño innovador de las firmas, todavía existe heterogeneidad no observada al nivel sectorial que explica la variabilidad en el desempeño innovador (Acosta, Coronado y Martínez, 2012), no considerada en este estudio. Este resultado, más que ser una falencia del estudio, abre la oportunidad de futuras investigaciones que profundicen en el estudio de esta heterogeneidad no capturada en este trabajo. El segundo avance es el uso de una medida de innovación basada en los resultados en innovación de la firma (conteo de innovaciones) y no en los esfuerzos que hace esta para innovar (por ejemplo, inversión en I+D o patentes). En síntesis, clarificar la relación entre el desempeño innovador de las firmas y los factores internos y externos de las mismas son los aportes de esta investigación.

Debido a que la innovación que producen los rivales en el mercado (competidores), los proveedores y los clientes incide significativa y positivamente sobre los resultados de innovación de una firma, en países en desarrollo las empresas deben emprender esfuerzos por crear conocimiento propio (por ejemplo, a través de I+D) y estructurar mecanismos de aprovechamiento del conocimiento que se genera en los distintos sectores de las industrias (contratando personal altamente especializado en desarrollo, y aplicación de tecnologías, estimulando la movilidad de trabajadores entre industrias y firmas, etc.).

A pesar de los avances alcanzados con esta investigación, este trabajo enfrenta la limitación de haber analizado los derramamientos sectoriales de conocimiento de una forma estática (*cross-sectional*). Con un enfoque transversal se analizó la actividad innovadora de las empresas pero no se estudiaron los cambios en los resultados de innovación de las firmas debido a las fluctuaciones de los derramamientos de conocimiento a lo largo del tiempo. Igualmente, las medidas de las variables dependientes e independientes provienen del mismo periodo, lo cual no da lugar a analizar el efecto rezagado de las variables explicativas sobre el desempeño innovador de las firmas.

Si bien es cierto que se introdujeron controles para la heterogeneidad no observada a nivel de sector y de firma, subsiste el riesgo de sub-especificación del modelo por la dificultad de abstraer en un modelo la totalidad de los determinantes de la innovación de las firmas. Una limitación adicional es que la variable dependiente utilizada considera como innovación todas las modificaciones a productos,

procesos y métodos de comercialización reportados por las firmas, sin considerar el grado de novedad de estas modificaciones. Los resultados se deben interpretar considerando la limitada cantidad de variables y la operacionalización de la innovación que se aplicó. De todas maneras, estos hallazgos se pueden usar como punto de partida de trabajos adicionales que amplíen la base de variables independientes y refinen la medida de las innovaciones.

Una futura investigación adicional también debería comparar los resultados alcanzados aquí con estudios realizados en otros países. Específicamente sería de interés indagar si los derramamientos sectoriales de conocimiento son una característica particular de Colombia o si los resultados se extienden a otros países en desarrollo. Los resultados de un estudio comparativo pueden ser útiles para formular políticas públicas ajustadas al contexto de cada economía o para fortalecer las líneas de investigación interesadas en las particularidades de los procesos de innovación.

Finalmente, debido al vínculo entre innovación y desempeño que se ha analizado desde la literatura de estrategia, los autores creen que esta investigación se puede ampliar en varias direcciones⁵. En primer lugar, futuros trabajos pueden abordar la relación entre innovación y desempeño organizacional para el caso de empresas de países emergentes (por ejemplo, Alegre, Sengupta y Lapiedra, 2011). En segundo lugar, valdría la pena indagar de qué manera ocurren los procesos de aprendizaje organizacional en la apropiación del conocimiento generado por competidores, proveedores y clientes (Alegre y Chiva, 2008). En tercer lugar, sería interesante investigar sobre qué mecanismos explícitos (estrategias de búsqueda, apropiación y explotación de conocimiento) o implícitos operan dentro de los sectores como medios de difusión de conocimiento para la innovación alrededor de los sectores de la producción en los países en desarrollo.

Referencias bibliográficas

- Acosta, M. Coronado, D. & Martínez, M. (2012). Spatial differences in the quality of university patenting: Do regions matter? *Research Policy*, 41, 692-703.
- Acs, Z. (1994). R&D spillovers and recipient firm size. *Review of economics and statistics*, 76 (2), 336 pp.
- Acs, Z., Audrestsch, D., & Feldman, M. P. (1992). Real effects of academic research: comment. *American Economic Review*, 82(1).
- Aghion, P., C. Harris, P. Howitt, & Vickers J. (2001). Competition, imitation and growth with step-by-step innovation. *Review of Economic Studies*, 68, 467-492.
- Aitken, B. J., & Harrison, A. (1999). Do Domestic Firms Benefit from Direct Foreign Investment? Evidence from Venezuela. *The American Economic Review*, 89(3) 605-618
- Alegre, J., & Chiva, R. (2008). Assessing the impact of organizational learning capability on product innovation performance: An empirical test. *Technovation*, 28, 315-326.
- Alegre, J. Sengupta, K., & Lapiedra, R. (2011). Knowledge management and innovation performance in a high tech SEMEs industry. *International Small Business Journal*, 29(4), 1-17.
- Almeida, P., & Kogut, B. (1999). Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks. *Management Science*, 45(7), 905-917.
- Anselin, L. (2010). Thirty Years of Spatial Econometrics. *Papers in Regional Science*, 89(1), 3-25.
- Armstrong, C., & Shimizu, K. (2007). A Review of approaches to empirical research on the Resource-Based View of the Firm. *Journal of Management*, 33, 959-986.
- Asheim, B. T., & Isaksen, A. (1997). Location, agglomeration and innovation: towards regional innovation systems in Norway. *European Planning Studies* 5(3), 299-330.
- Austin, P., Goel, V., & van Walraven, C. (2001). An Introduction to Multilevel Regression Models. *Revue Canadienne de Santé Publique*, 92(2).
- Becheikh, N., Landry, R., & Amara, N. (2006). Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993–2003. *Technovation*, 26(5-6), 644-664.
- Blomström, M., & Sjöholm, F. (1999). Technology transfer and spillovers: Does local participation with multinationals matter? *European Economic Review*, 43(4-6), 915-923.
- Blundell, R., Griffith, R., & van Reenen, J. (1999). Market share, market value and innovation in a panel of british manufacturing firms. *Review of Economic Studies*, 66(3), 529-554.
- Brown, S. L., & Eisenhardt, K. M. (1995). Product development: past research, present findings, and future direction. *Academy of Management Review* 20(2), 343-378.
- Bryk, A. S., & Raudenbush, S. W. (1992). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Chen, S-S., & Engel, Ch. (2005). Does "aggregation bias" explain the PPP puzzle? *Pacific Economic Review*, 10(1), 49-72.
- Coe, D., & Helpman, E. (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, 39, 859-887.
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1989). Innovation and Learning: the two faces of R&D. *The Economic Journal*, 99, 569-596.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- DANE, DNP, Colciencias. (2005). *Innovación y desarrollo tecnológico en la industria manufacturera colombiana 2005*. http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=104&Itemid=61
- Day, G. (1990). *Market driven strategy: Processes for creating value*. New York: The Free Press.
- DeBeaumont, R., & Singell, L. (1999). The Return to Hours and Workers in U.S. Manufacturing: Evidence on Aggregation Bias. *Southern Economic Journal*, 66(2), 336-352.
- De Bondt, R. (1997). Spillovers and innovative activities. *International Journal of Industrial Organization*, 15(1), 1-28.

⁵ Los autores agradecen a uno de los revisores anónimos, quien sugirió esta relación.

- Feldman, M. P. (1994). *The Geography of Innovation*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Feldman, M. P. (2000). Location and Innovation: The New Economic Geography of Innovation, Spillovers, and Agglomeration. En Clark, G., Feldman, M., & Gertler, M. (Eds.). *Oxford Handbook of Economic Geography* (pp. 373-394). Oxford: Oxford University Press.
- Foray, D. (2004). *Economics of Knowledge*. Cambridge, Mass., London: MIT Press.
- Forero-Pineda, C., Corredor, S., & Forero, N. (2009). Business networks and innovation in SMEs of a developing country. *Working Paper, Atiner*.
- Geroski, P. A. (1990). *Innovation Technological Opportunity and Market Structure*. *Oxford Economic Papers*, 42, 586-602.
- Geroski, P. A. (1994). *Market Structure, Corporate Performance and Innovative Activity*. New York: Oxford University Press.
- Geroski, P. A., van Reenen, L., & Walters, C. F. (1997). How persistently do firms innovate? *Research Policy*, 26, 33-48.
- Goedhuys, M. (2007). The impact of innovation activities on productivity and firm growth: Evidence from Brazil. UNU-MERIT Working Paper Series 002.
- Gorg, H. & Greenaway, D. (2004). Much Ado about Nothing? Do Domestic Firms Really Benefit from Foreign Direct Investment? *World Bank Research Observer*, 19(2), 171-197.
- Gupta, A., Tesluk, P., & Taylor, M. (2007). Innovation at and across multiple levels of analysis. *Organization Science*, 18(6), 885-897.
- Handfield, R. B., Krause, D. R., Scannell, T. V., & Monczka, R. M. (2000). Avoid the Pitfalls in Supplier Development. *Sloan Management Review*, 41(2), 37-49.
- Hongxia, Z. & Xiuli, L. (2007). *The R&D Inter-industry Spillover Change in China: on the analysis of 1997 and 2002 IO tables of China*. Recuperado de: www.iioa.org/pdf/16th%20Conf/Papers/Zhang-Hongxia.pdf
- Jaffe, A. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D. *American Economic Review*, 76, 984-1001.
- Jaffe, A. (1989). The real effects of academic research. *American Economic Review*, 79, 957-970.
- Jaffe, A., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidence by patent citations. *Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577-598.
- Kaiser, U. (2002). Measuring knowledge spillovers in manufacturing and services: An empirical assessment of alternative approaches. *Research Policy*, 31, 125-144.
- Kennedy, P. (2003). *A Guide to Econometrics*, 5th edition, MIT Press and WileyBlackwell.
- Kesidou, E., & Romijn, H. (2008). Do local knowledge spillovers matter for Development? An empirical study of Uruguay's software cluster. *World Development*, 36(10), 2004-2028.
- Klein, K. J., F., & Dansereau, R. J. H. (1994). Levels issues in theory development, data collection, and analysis. *Academy Management Review*, 19, 195-229.
- Kokko, A. (1994). Technology, Market Characteristics, and Spillovers. *Journal of Development Economics*, 43, 279-293.
- Kozlowski, S. W. J., & Klein, K. J. (2000). A multilevel approach to theory and research in organizations: Contextual, temporal, and emergent processes. En Klein, K. J., & Kozlowski, S. W. J. (Eds.). *Multilevel Theory, Research, and Methods in Organizations* (pp. 3-90). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Lall, S. (1992) Technological capabilities and industrialization. *World development*, 20(2), 165-186.
- Lapan, H., & Bardhan, P. (1973). Localized technical progress and transfer of technology and economic development. *Journal of Economic Theory* 6(6), 585-595.
- Liu, X., Wang, C., & Wei, Y. (2009). Do local manufacturing firms benefit from transactional linkages with multinational enterprises in China? *Journal of International Business Studies* 40 (7), 1113-1130.
- McCormick, D., & Atieno, R. (2002). Linkages between small and large firms in the Kenyan food processing sector. En van Dijk, M. P., & Sandee, H. (Eds.). *Innovation and Small Enterprises in the Third World* (pp. 223-248). Northampton, MA: Edward Elgar.
- Monjon, S., & Waelbroeck, P. (2003). Assessing spillovers from universities to firms: Evidence from French firm-level data. *International Journal of Industrial Organization*, 21, 1255-1270.
- Nooteboom, B., Vanhaverbeke, W., Duysters, G., Gilsing, V., & van den Oord, A. (2007). Optimal cognitive distance and absorptive capacity. *Research Policy*, 36, 1016-1034.
- Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.
- Rabe-Hesketh, S., & Skrondal, A. (2008). *Multilevel and longitudinal modeling using Stata* (2nd ed.). Texas: Stata Press.
- Roper, S., & Hewitt-Dundas, N. (2008). Innovation persistence: Survey and case-study evidence. *Research Policy*, 37, 149-162.
- Rousseau, D. M. (1985). Issues of level in organizational research: Multilevel and cross-level perspectives. En Cummings, L. L., & Staw, B. (Eds.). *Research in Organizational Behavior*, Vol. 7, pp. 1-38). Greenwich, CT: JAI Press.
- Schmitz, H. (1982). Growth constraints on small-scale manufacturing in developing countries: A critical review. *World Development*, 10(6), 429-450.
- Simonen, J., & McCam, Ph. (2008). Innovation, R&D cooperation and labor recruitment: Evidence from Finland. *Small Business Economics*, 31, 181-194.
- Singh, J. (2007). Asymmetry of knowledge spillovers between MNCs and host country firms. *Journal of International Business Studies*, 38, 764-786.
- Smolny, W. (1999). International sectoral spillovers: An empirical analysis for German and U.S. industries. *Journal of Macroeconomics*, 21(1), 135-154.
- Snijders, T., & Bosker, R. (1999). *Multilevel analysis. An introduction to basic and advanced multilevel modeling*. London: Sage.
- Souitaris, V. (2002). Technological trajectories as moderators of firm-level determinants of innovation. *Research Policy*, 31, 877-898.
- Srholec, M. (2010). A Multilevel Approach to Geography of Innovation. *Regional Studies*, 44, 1207-1220.
- Srholec, M. (2011). A Multilevel Analysis of Innovation in Developing Countries. *Industrial and Corporate Change*, 20(6), 1539-1569.
- Tanriverdi, H. S., & Venkatraman, N. (2005). Knowledge relatedness and the performance of multibusiness firms. *Strategic Management Journal*, 26, 97-119.
- Tsai, K.-H. (2009). Collaborative networks and product innovation performance: Toward a contingency perspective. *Research Policy*, 38, 765-778.
- van Beers, C., Kleinknecht, A., Ortt, R., & Verburg, R. (2008). *Determinants of innovative behaviour: A firm's internal practices and its external environment*. New York: Palgrave Macmillan.
- Varga, A. (2006). The Spatial Dimension of Innovation and Growth: Empirical Research Methodology and Policy Analysis. *European Planning Studies*, 9, 1171-1186.
- Winkelmann, R. (2008). *Econometric Analysis of Count Data* (5th ed.). Berlin: Springer Press.
- Yao, V. (2006). Intra-industry spillovers and innovation: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(2), 119-135.

APÉNDICE

TABLA 1. Descripción de agrupación de sectores, número de firmas por grupo y número de innovaciones totales reportadas.

Código de sector	Códigos CIIU (Rev. 3.1) involucrados	Número de firmas por sector	No. Innovaciones totales reportadas en EDIT II
1	151	141	2.613
2	152	88	1.767
3	153	91	2.236
4	154, 155	469	5.348
5	156	70	1.156
6	157	23	277
7	158	106	2.227
8	159	77	1.294
9	160	4	16
10	171, 172, 173, 174, 175	239	3.914
11	181	573	6.181
12	191, 192, 193	252	3.338
13	201, 202, 203, 204, 209	72	808
14	210	152	2.549
15	221, 222, 223	351	4.828
16	231, 232	22	340
17	241, 242, 243	434	7.965
18	251, 252	418	6.516
19	261, 269	241	4.442
20	271, 272, 273, 281, 289	412	4.844
21	291, 292, 293	290	4.203
22	311, 312, 313, 314, 315, 319, 321, 322, 323, 331, 332, 333	179	3.506
23	341, 342, 343, 351, 352, 353, 359	161	2.950
24	361	243	3.176
25	369	113	1.942

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2. Descripción de las variables usadas en el modelo.

Variable	Medida en EDIT II
Control de nivel firma	
Tamaño	Se tomó el número de empleados reportados.
inversión en I+D	Se calculó mediante el logaritmo natural del gasto en I+D reportado por las empresas.
Personal técnico ocupado	Se dividió el número de empleados que tienen formación técnica entre el número de empleados reportados.
Personal I+D	Se dividió el número de empleados ocupados en actividades de I+D entre el número de empleados reportados.
Vínculos con clientes, proveedores y competidores (Vínculos_CPC)	Se sumaron los vínculos para la innovación con clientes, proveedores y competidores reportados por las firmas.
Control de nivel sector	
Concentración industrial (Concentración_Industrial)	Calculado con el índice de Herfindal.
Inversión del sector en I+D (Inversión I+D Sector)	Se calculó el logaritmo natural de la sumatoria en gastos de I+D reportados por las empresas de cada sector.
VARIABLES SECTORIALES EXPLICATIVAS	
Promedio de innovación del sector proveedor (Innovación Sector_Proveedor)	Se sumaron las innovaciones totales del principal sector proveedor (según la matriz de oferta de 2004). Este número se dividió entre el número de firmas del sector proveedor.
Promedio de innovación del sector cliente (Innovación Sector_Cliente)	Se sumaron las innovaciones totales del principal sector cliente (según la matriz de oferta de 2004). Este número se dividió entre el número de firmas del sector cliente.
Promedio de innovación del sector competidor (Innovación Sector_Competencia)	Se sumaron las innovaciones totales del sector al que pertenece la firma. Esta cifra se dividió entre el número de firmas que están en el mismo sector que la firma foco.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 3. Prueba de factor de inflación de varianza (VIF).

Variable	VIF	1/VIF
Innovación Sector_Proveedor	6,88	0,145446
Innovación Sector_Competencia	3,80	0,263196
Innovación Sector_Cliente	3,66	0,273126
Inversión I+D Sector	1,42	0,704614
Concentración_Industrial	1,38	0,724375
Inversión_I+D	1,28	0,778963
Tamaño	1,28	0,783983
Técnicos_tpo	1,02	0,982042
Personal I+D_Tpo	1,02	0,983002
Vínculos_CPC	1,01	0,987762
Mean VIF	2,27	

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Resultados del modelo multinivel.

Variable dependiente: <i>número de innovaciones totales</i>	
VARIABLES INDEPENDIENTES	
Tamaño	0,000284*** (7,94e-06)
Inversión_I+D	4,07e-09*** (2,78e-10)
Técnicos_tpo	0,349*** (0,0205)
Personal I+D_Tpo	0,204*** (0,0540)
Vínculos_CPC	0,265*** (0,00318)
Concentración_Industrial	-3,69e-05** (1,46e-05)
Inversión I+D Sector	0 (6,36e-11)
Innovación Sector_Proveedor	0,0179** (0,00823)
Innovación Sector_Competencia	0,0359*** (0,00734)
Innovación Sector_Cliente	0,0177*** (0,00648)
Constant	1,353*** (0,0920)
Número de observaciones	4.780
Número de grupos	25
R2 ajustado	0,14121435
Log likelihood Modelo nulo	-76.019
Log Likelihood Modelo completo	-65.284

Los errores estándar están entre paréntesis.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Fuente: elaboración propia.