

La aglomeración como una causa de la innovación en Colombia

Víctor Manuel Nieto Galindo^a

Resumen

El objetivo de este artículo es investigar la relación entre localización geográfica e innovación en Colombia. Se presenta una revisión de la literatura más importante sobre el tema; también la teoría de la aglomeración y su relación con la teoría de la innovación. Se realiza una estimación econométrica por MCO basado en la función de producción de conocimientos de Griliches - Jaffe. El modelo planteado considera la innovación como función de tres clases de factores: capacidades propias de la empresa, infraestructura tecnológica y economías de aglomeración. Se concluye que existe una relación positiva entre aglomeración e innovación, que las economías de aglomeración son más importantes que la educación en la obtención de innovaciones, y que en el ámbito regional las economías de urbanización son más importantes que las economías de localización para la obtención de innovaciones.

Palabras claves: innovación, economías de aglomeración, encuesta de innovación, organización industrial.

Clasificación JEL: O-31, R-12, C-20, R-30, L00.

^a Coordinador Grupo de Mipymes y Sector Solidario de la Dirección de Desarrollo Empresarial. Correo electrónico: vnieto@dnpp.gov.co

Solomon saith: *There is no new thing upon the earth.* So that as Plato had an imagination, *that all knowledge was but remembrance;* so Solomon giveth his sentence, *that all novelty is but oblivion.*

Francis Bacon “Essays” LVIII. En *El inmortal*, Jorge Luis Borges

Nuevo es ser viejo.

Fito Páez

I. | Introducción

Usualmente los economistas han visto el proceso de la innovación de forma lineal, en el cual los factores externos a la empresa tenían poca influencia. El modelo lineal considera que el proceso de innovación sigue diferentes etapas cada una de las cuales inicia una vez que la anterior ha finalizado. Estas etapas son: investigación, invención, innovación y difusión. Dentro del modelo lineal, la investigación y el desarrollo (I&D) se considera el principal indicador de las actividades de innovación.

Una de las principales críticas al modelo lineal ha sido que las estadísticas de I&D —personal y gasto— no reflejan los resultados de la innovación. De otro lado, aunque la mayoría de países han incrementado los recursos destinados a I&D ello no se ha traducido en mejoras en la productividad o en el crecimiento económico. Adicionalmente, la observación de que muchas empresas obtienen innovaciones sin realizar grandes gastos de I&D han contribuido a disminuir la importancia que se les daba. Por ello algunos autores (Kline y Rosenberg, 1986; Nelson y Winter, 2000) han señalado la importancia de tomar en cuenta otros factores que afectan el proceso de innovación y que no se encuentran directamente relacionadas con la I&D.

Uno de estos factores es la unidad geográfica en la cual se desarrolla el proceso de la innovación, el cual ha cobrado gran importancia debido al renovado interés de la teoría económica por la aglomeración geográfica. Este nuevo campo de investigación suscitó la realización de estudios¹ que plantean la existencia de una relación entre localización geográfica (aglomeración) e innovación gracias a que los desbordamientos (*spillovers*) de conocimiento se encuentran geográficamente acotados.

Los resultados obtenidos por tales estudios han llevado a que, por ejemplo, el Manual de Oslo considere que

Las diferencias regionales en los niveles de la actividad innovadora pueden ser significativos, y la identificación de las principales características y factores que promueven la

¹ Feldman, 2000 menciona los estudios realizados por Jaffe (1989) y Feldman y Florida (1994), entre otros.

actividad innovadora y el desarrollo de sectores específicos a nivel regional pueden ayudar en el entendimiento del proceso de la innovación y de gran valor para la elaboración de políticas (OCDE, 2005: 39).

Establecer si existe una relación entre localización geográfica e innovación en Colombia es, por ende, una exploración relevante para el estudio del proceso de la innovación en el país. Dos razones adicionales fundamentan esta exploración; primera, la investigación sobre la innovación en Colombia no ha sido enfocada hacia la evaluación de esa hipótesis, y segunda, la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) realizada en el año 2005 por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), COLCIENCIAS y el DANE provee nuevos datos para evaluar la relación entre localización geográfica e innovación.

Este artículo está dividido en siete partes, la primera corresponde a la presente introducción; la segunda, presenta una revisión de la literatura más importante sobre innovación en Colombia; la tercera, realiza una presentación de la teoría de la aglomeración y de sus vertientes más importantes; la cuarta sección presenta la relación entre aglomeración e innovación, a través de un rápido bosquejo de la definición de innovación en economía, y luego mediante el marco analítico que sustenta la relación entre aglomeración e innovación; la quinta sección presenta el modelo econométrico; la sexta, los resultados obtenidos en la estimación del modelo y la séptima, las conclusiones más relevantes.

II. | El estudio de la innovación en Colombia

La siguiente revisión de la literatura sobre innovación en Colombia se concentra en los estudios más relevantes y en las investigaciones derivadas a partir de la información ofrecida por la Encuesta de Desarrollo Tecnológico (EDT, 1996)².

En 1997 el Departamento Nacional de Planeación (DNP) presentó los primeros resultados de la EDT en el libro *Panorama de la innovación tecnológica en Colombia*, cuyo objetivo era “ofrecer a los industriales una visión general del panorama tecnológico del país, y establecer un marco de referencia con respecto a las variables tecnológicas de mayor importancia y su relación con el entorno empresarial” (DNP, 1997: 10).

A continuación se sintetizan los resultados más relevantes de los diferentes aspectos del proceso de innovación en la industria manufacturera que se exploran en el libro. En cuanto a la descripción de la actividad tecnológica y de los objetivos a los cuales apunta dicha

² Esta encuesta fue realizada a una muestra de 885 establecimientos que fue expandida a un universo de 3.140 establecimientos. Dicho universo representaba el 70% de los establecimientos con más de 20 empleados de la Encuesta Anual Manufacturera de 1991.

actividad en Colombia, se concluye que existe una tendencia en el sector manufacturero a adaptar y asimilar tecnología en lugar de desarrollar una propia; también la mayor parte de los establecimientos buscan, principalmente, una mayor participación en el mercado y un aumento de los márgenes de utilidad.

En cuanto a las *fuentes de ideas internas* para la innovación, los resultados mostraron que las principales están constituidas por los directivos de los establecimientos y el personal de producción, mientras que los departamentos de investigación menos empleada. Las principales *fuentes externas de ideas* para la innovación son los clientes y los proveedores; en tanto que las universidades, los centros de desarrollo tecnológico, los institutos de investigación y la contratación de investigadores independientes fueron las fuentes de este tipo menos empleadas.

Sobre las actividades innovativas³, los proyectos de I&D y la capacitación tecnológica que realizaron los establecimientos manufactureros entre 1993-1996, los resultados obtenidos son los siguientes: la adquisición de tecnología incorporada al capital y el diseño fueron las actividades innovadoras que más realizaron los establecimientos industriales; el 24% de los establecimientos realizaron actividades de I&D y el desarrollo experimental fue la principal actividad que desarrollaron los establecimientos manufactureros, y los establecimientos manufactureros tienen un mayor interés en la capacitación del personal con educación superior⁴.

En relación con los resultados de la innovación entre 1993-1996⁵, los datos obtenidos en la EDT permitieron concluir que la mayoría de establecimientos efectuó innovación de proceso⁶, el 61% de los establecimientos hizo cambios en la organización física de la planta y la mitad de los establecimientos realizaron innovación de producto⁷. El DNP establece, además, que los principales obstáculos enfrentados por los establecimientos industriales en el momento de decidir si invertir en innovación son: costos elevados de innovación, deficiencia en la formación inicial del personal, escaso apoyo de las instituciones públicas, personal calificado insuficiente y dificultades de financiamiento.

³ Las *actividades innovativas* consideradas fueron: diseño, adquisición de tecnología incorporada al capital, adquisición de tecnología no incorporada al capital y comercialización de nuevos productos innovados en el establecimiento.

⁴ Entre 1993-1996 del total de operarios ocupados, el 26,6% fue capacitado, del total de técnicos y tecnólogos el 53,2%, del total de profesionales el 63% y del total de posgraduados ocupados el 64%.

⁵ En el libro se distinguen cinco tipos de innovación: innovación de procesos, innovación de productos, cambios en la gestión del negocio, cambios en la organización del proceso productivo y cambios en el empaque y el embalaje.

⁶ Este tipo de innovación fue resultado de mejoras tecnológicas de productos existentes, de adquisición de maquinaria y equipo que implica nueva tecnología para el establecimiento, de procesos nuevos asociados con productos nuevos y de la introducción de procesos nuevos asociados con I&D.

⁷ Ésta ha sido resultado de mejoras tecnológicas de productos existentes, de productos nuevos asociados con el empleo de insumos novedosos para el establecimiento, de productos nuevos asociados con procesos productivos nuevos y de productos nuevos como resultado.

En Durán et ál. (1998) se explora el tamaño, el grado de innovación y otras diferencias entre empresas como determinante de la innovación en la industria manufacturera. El estudio del tamaño como determinante de la innovación —es decir la hipótesis de Schumpeter que afirma que a mayor tamaño mayor innovación—, señaló que aunque las empresas grandes obtienen resultados de innovación más importantes que las otras empresas, éstos no se deben a la existencia de economías de escala en los proyectos de I&D sino a las complementariedades entre actividades de innovación, departamentos y establecimientos de las empresas.

Durán et ál. (1998) presentan una clasificación que permite diferenciar las empresas por el grado de innovación logrado: innovadoras en sentido estricto, innovadoras en sentido amplio, potencialmente innovadoras y no innovadoras⁸. Las diferencias en cuanto a grado de innovación muestran, en primer lugar, la inexistencia de una clara relación entre innovación y características de la empresa como tamaño, nivel de utilidades y nivel de exportación; en segundo lugar, la existencia de una relación positiva entre empleo calificado - remuneración y grado de innovación; y en tercer lugar, que entre mayor es el grado de innovación, mayor es el porcentaje de establecimientos que desarrollan cambios en la gestión del proceso productivo y en la administración de los negocios.

El estudio de las diferencias de tamaño y grado de innovación y la caracterización de la empresa de acuerdo con variables asociadas al desempeño económico, a los objetivos de la innovación, al origen de las ideas, a la realización de las actividades de innovación y a las limitantes de la innovación permitieron a Durán et ál. (1998) identificar dos tipos de empresas: el establecimiento típico y el establecimiento innovador.

El *establecimiento típico* se caracteriza por ser de tamaño mediano, innovador en sentido amplio, no usa capital internacional y fue creado, probablemente, antes de la década de los ochenta en Medellín, Cali, Barranquilla o Bogotá. El *establecimiento innovador*, por su parte, se caracteriza por ser de tamaño grande, innovador en sentido estricto, con altos niveles de inversión en maquinaria y equipo, un número relativamente grande de personas calificadas en el departamento de producción y elevados niveles de producción, ventas y exportaciones.

Alvarado (2000) realiza también un análisis de la hipótesis de Schumpeter para las empresas manufactureras. Específicamente investiga cuál es papel que el tamaño de la firma juega en el proceso de decisión de la estrategia de innovación. Para llevar a cabo

⁸ *Los innovadores en sentido estricto* son los establecimientos que desarrollan nuevos procesos y productos, pero a través de proyectos de I&D, los *innovadores en sentido amplio* son los establecimientos que desarrollan nuevos procesos y productos, pero a través de otros caminos como la transferencia de tecnología; los *potencialmente innovadores* son los establecimientos que no consiguen desarrollos significativos, pero realizan algunas actividades de innovación; y los *no innovadores* son los establecimientos que no hacen ninguna actividad de innovación.

su análisis, divide este proceso en dos etapas: la decisión de embarcarse en I&D y la decisión de los recursos por invertir en I&D. La razón que fundamenta esta división se encuentra en que “los factores que afectan la decisión de comprometerse en I&D pueden ser diferentes a los factores que afectan la decisión de cuántos recursos dedicar a los esfuerzos de I&D” (Alvarado, 2000: 80).

Para modelar el proceso de decisión con dos etapas Alvarado (2000) divide la muestra de empresas de la EDT en dos submuestras; la primera está conformada por la muestra completa de empresas innovadoras y no innovadoras ($N_1 = 885$); y la segunda, por empresas que se han comprometido en proyectos de I&D ($N_2 = 232$ firmas). La especificación econométrica utilizada en la investigación es un modelo *Logit* para la primera etapa y un modelo de *mínimos cuadrados ordinarios* para la segunda etapa.

Esta especificación econométrica le permite concluir que el tamaño de la firma afecta las dos etapas de decisión en forma diferente. En la primera, el tamaño de la firma proporciona ventajas para embarcarse en esfuerzos de I&D. En la segunda, ese tamaño está negativamente relacionado con la intensidad de empleo de I&D. En otras palabras, las empresas que tienen una estrategia de innovación basada en I&D tienden a centrar sus actividades innovadoras en esfuerzos de adaptación y mejoras incrementales más que en innovaciones radicales que requieren, generalmente, un mayor flujo de recursos.

Hernández (2002) introduce las instituciones como un determinante de la innovación en las empresas industriales en Colombia. Para este autor los estudios de Durán et ál. (1998) y Alvarado (2000), al concentrarse en el tamaño de la firma, han rechazado el aspecto institucional y sus efectos sobre el proceso de producción e innovación.

De esta forma, Hernández (2002) sostiene que la estructura legal⁹ explica las diferencias en el grado de innovación y productividad en las empresas de la industria manufacturera. Con base en la Encuesta Anual Manufacturera (EAM)¹⁰ y la EDT observa que las sociedades anónimas tienen mayor productividad y mayor grado de innovación que las sociedades limitadas y las empresas familiares. La exploración de la razón por la cual este tipo de empresas son las que predominan en la industria manufacturera lleva a Hernández (2002) a concluir que en Colombia ha existido un continuo proceso de concentración guiado por una estrategia que buscaba bloquear el acceso al control de la empresa.

⁹ La estructura legal corresponde al tipo de organización legal que adoptan las empresas. Por ejemplo, sociedad anónima, sociedad limitada, empresa unipersonal.

¹⁰ La información estadística muestra que entre los sesentas y los noventas la estructura legal que ha ganado mayor participación en Colombia ha sido la sociedad por acciones (sociedad limitada y sociedad anónima).

A diferencia de su anterior publicación, Durán et ál. (2000) no buscan explicar cuáles son los determinantes de la innovación, sino hacer una descripción de las características de la innovación para 28 sectores industriales y para 7 regiones geográficas¹¹.

La indagación a escala sectorial mostró que los de productos químicos y de plásticos son los más innovadores debido a que demandan una gran cantidad de empleo calificado, realizan mayores esfuerzos en la inversión de I&D, invierten intensamente en tecnologías incorporadas al capital, capacitan principalmente al personal calificado y por la presencia de multinacionales. A su vez, el sector objetos de barro, loza y porcelana se caracteriza por contar con un alto número de innovaciones de proceso asociadas con productos nuevos e innovaciones de producto asociadas con I&D. En contraposición a estos sectores, el de alimentos, aunque está constituido por establecimientos de tamaño grande, no muestra resultados en términos de innovación de producto y proceso.

El estudio regional, además de realizar una descripción de la dinámica tecnológica de ellas, buscaba analizar la relación existente entre los establecimientos de cada una con los agentes del Sistema Nacional de Innovación. Los principales resultados son los siguientes:

1. La región Bogotá-Cundinamarca-Boyacá, donde se ubica la mayor parte de la industria colombiana, está compuesta principalmente por establecimientos con una dinámica innovadora baja, todo lo contrario al caso de la Costa Atlántica y Valle del Cauca-Cauca.
2. Los establecimientos innovadores en sentido estricto se concentran en las regiones Bogotá-Cundinamarca-Boyacá, Antioquia y Valle del Cauca-Cauca.
3. Las regiones que desarrollan mayor número de actividades de innovación y desarrollo tecnológico son en su orden: Zona Cafetera, Valle del Cauca-Cauca, la Costa Atlántica y Antioquia. La región de Bogotá-Cundinamarca-Boyacá y Huila-Tolima son las que menos actividades realizan.
4. En la región Bogotá-Cundinamarca-Boyacá se ubican la mayoría de los centros de desarrollo tecnológico (CDT), pero una proporción pequeña de establecimientos los usa, en tanto que en la región Valle del Cauca-Cauca el número de CDT es menor pero los usan una mayor proporción de empresas.

Malaver, Vargas y Zerda (2003) parten de la necesidad de documentar el proceso de la innovación de las empresas colombianas y contrastarlo con los modelos teóricos; para ello, recogen los resultados sobre los estudios de caso de empresas innovadoras realizados por un grupo de investigadores de 10 universidades. Los estudios de caso

¹¹ Las siete regiones son: Antioquia; Costa Atlántica (Atlántico, Bolívar, Magdalena, Cesar, Sucre y Córdoba); Bogotá-Cundinamarca-Boyacá; Huila-Tolima; Norte de Santander-Santander; Valle del Cauca-Cauca y Zona Cafetera (Risaralda, Quindío y Caldas). Esta regionalización obedece a que no en todos los departamentos la muestra es representativa y a la clasificación del Sistema de Ciencia y Tecnología.

realizados se hicieron sobre dos cadenas industriales metalúrgica-metalmecánica y petroquímica-plásticos, las cuales se eligieron de acuerdo con dos criterios:

...i) el comportamiento económico, medido a través de la dinámica de la producción, el valor agregado y las exportaciones, y ii) el desempeño tecnológico, evaluado por medio de la dinámica de la innovación, medida en términos de actividades y resultados de innovación (Malaver, Vargas y Zerda, 2003: 25).

Para establecer los factores de mayor incidencia en el desarrollo de la innovación, la indagación se efectuó en tres niveles: macro, meso –Sistema Nacional de Innovación– y micro. Los estudios de caso señalaron tres conclusiones generales: (1) se carece de una visión sobre la importancia de la innovación como fuente de diferenciación estratégica, de ventajas competitivas en entornos dinámicos; (2) fue nulo el influjo de las políticas y la institucionalidad creadas en el país durante la década de los noventa para el desarrollo de las innovaciones; y (3) fue notable el predominio y evidente el efecto de los factores internos, los cuales recaen principalmente en la figura del empresario.

Los estudios de caso señalaron también resultados similares a los obtenidos a través de la EDT como: la principal fuente de desarrollo tecnológico de las empresas es la adquisición y uso de tecnologías; el manejo de la tecnología y la innovación es liderado por la gerencia y por personal de alto rango; la incorporación del cambio técnico es jalónada por el mercado antes que empujada por el desarrollo tecnológico de las empresas; éstas han realizado innovaciones de producto y de proceso, pero no son frecuentes ni sistemáticas ni planeadas ni surgen de procesos formales de I&D.

Otros resultados obtenidos por esos estudios mostraron que: la apertura y la crisis de finales de los años noventa tuvieron efectos sobre el desarrollo de nuevos productos; los procesos de aprendizaje tecnológico son impulsados por la necesidad de solucionar problemas de adaptación tecnológica; los procesos de innovación no se encuentran documentados, y los mecanismos de difusión interna de los conocimientos derivados de ellos son informales. Esta última situación limita las posibilidades de explotación comercial de dichos conocimientos; pero, al mismo tiempo, su carácter tácito se convierte en un mecanismo de protección frente a la imitación.

El más reciente estudio sobre innovación es el de Malaver y Vargas (2006) el cual recoge los resultados de la Encuesta de Desarrollo Tecnológico e Innovación en la Industria de Bogotá y Cundinamarca (EIBYC), realizada por la Cámara de Comercio de Bogotá y el Observatorio de Ciencia y Tecnología. La encuesta fue aplicada a una muestra de 400 establecimientos que contaban con más de 10 empleados, y una representatividad tanto del 96,3% para el total industrial de Bogotá y Cundinamarca como del 82,2% para las ramas industriales.

El objetivo general del estudio fue “efectuar una caracterización estratégica de las capacidades tecnológicas y de innovación de la industria manufacturera de Bogotá y Cundinamarca, con el fin de aportar insumos para la toma de decisiones y la formulación de políticas en los ámbitos público y empresarial” (Malaver y Vargas, 2006: 8).

Los análisis efectuados para alcanzar ese objetivo se realizaron en tres ámbitos: (1) *global*, para la industria de la región vista como un todo; (2) *para los diferentes tipos empresas*, de acuerdo con su grado de desarrollo tecnológico e innovación; (3) *para los subsectores industriales* definidos según la intensidad en el uso de los factores de producción –capital, mano de obra y recursos naturales–.

A escala global se concluyó tanto que la innovación predominante en la región es de carácter incremental y difusivo, como que existe una débil articulación de la industria de la región con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. En el *subsistema científico* dicha debilidad se expresa en la baja relación entre la empresa y las universidades; en el *subsistema tecnológico* se expresa en el bajo uso de los centros de desarrollo tecnológico.

Sobre el ámbito empresarial se concluyó que: el impulso innovador proviene básicamente de la demanda de los clientes y de la imitación creativa inducida por la copia y la adaptación; los procesos innovadores corresponden a proyectos informales y a las tareas normales; los mayores grados de novedad se alcanzan en el desarrollo de los productos y en ellos desempeña un papel fundamental el diseño; y que existe una relación positiva entre el desarrollo de los recursos para la innovación y las capacidades tecnológicas de las empresas con su desempeño innovador.

De acuerdo con la intensidad en el uso de los factores de producción se concluyó que el subsector intensivo en capital tiene el mayor porcentaje de empresas innovadoras, en tanto que el subsector intensivo en mano de obra tiene el mayor porcentaje de empresas no innovadoras.

En resumen se puede afirmar que en Colombia el estudio de la innovación se ha centrado en evaluar los efectos de las características de la empresa y del sector en la actividad innovadora. Este tipo de análisis ha permitido caracterizar a la empresa innovadora como la que realiza innovaciones incrementales, que son normalmente resultado de las actividades cotidianas de la empresa y no de la I&D; en ellas la innovación predominante es la de proceso frente a la de producto.

El estudio del tamaño de la empresa como determinante fundamental para la innovación no ofrece resultados concluyentes, en tanto que la estructura legal de la propiedad

de las empresas parece tener una alta incidencia sobre la actividad innovadora. Los análisis por sectores, han mostrado que los de petroquímica-plástico y químicos presentan mejores resultados, aunque su comportamiento innovador no se diferencia del de otras empresas innovadoras.

El análisis de la innovación a escala regional se ha enmarcado en la relación de las empresas con los agentes regionales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología o del Sistema Nacional de Innovación. Los resultados obtenidos por los estudios muestran una débil articulación entre las empresas y tales sistemas. Un aspecto importante es la observación empírica de que la innovación se concentra en ciertas regiones del país; sin embargo, ese hecho no ha sido estudiado en Colombia hasta ahora y resulta ser un campo de investigación interesante, debido a la interpretación que tiene la innovación actualmente como un proceso complejo dependiente, en un alto grado, del entorno en el cual se lleva a cabo.

III. | Teoría de la aglomeración

So you're telling us that agglomerations form because of agglomeration economies.

Fujita, Krugman y Venables, 2001: 4.

La teoría de la aglomeración se sustenta en tres observaciones empíricas: concentración regional, concentración espacial y *path dependence*. La primera se refiere al hecho de que una gran proporción de la producción mundial de bienes manufacturados es producida en un limitado número de regiones; la segunda señala que las empresas en industrias particulares tienden a co-localizarse; y la tercera se relaciona con que estos dos fenómenos persisten en el tiempo (Malmberg, Solvell y Zander, 1996: 86).

De acuerdo con Harrison, Kelley y Gant (1996) existen dos tipos de economías de aglomeración: economías de urbanización y economías de localización¹²; el primero se refiere a las economías externas asociadas con la co-presencia de empresas de diversas industrias en un mismo lugar; y el segundo, se refiere a las economías externas asociadas con la presencia de muchos productores de una misma industria o sector en un mismo lugar. En ambos casos, las economías de aglomeración tienen sus raíces en procesos en los cuales los vínculos entre empresas, instituciones e infraestructuras dentro de un área geográfica reducen los costos y/o incrementan

¹² Estos dos tipos de economías son conocidas también como externalidades tipo Jacobs y externalidades tipo Marshall, respectivamente.

los ingresos de las empresas mediante economías de escala y de alcance (Malmberg, Solvell y Zander, 1996: 87)¹³.

Estos últimos autores (1996) ofrecen una matriz para ordenar los diferentes enfoques; en las columnas de la matriz se encuentran los dos tipos de economías de aglomeración y en las filas dos categorías denominadas economías estáticas y dinámicas de aglomeración. Las *economías estáticas* ocurren cuando los costos unitarios de producción de una empresa son menores en el contexto de concentraciones relativamente densas de empresas, o de recursos especializados. Las *economías dinámicas* se refieren al flujo de conocimiento que permite intercambios de información y tecnología.

Cuadro 1
Fuerzas de aglomeración y concentración espacial

Conceptos	Aglomeración de actividad económica en general	Concentración espacial de empresas e industrias relacionadas
Transacción eficiente y flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Manufacturing belts</i> (Ullman; Paul Krugman) - <i>Metropolises</i> (Pred; Gunnar Myrdal, Hirschman) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas regionales de producción (Allen J. Scott; Michael Stopper) - Distritos industriales (Michael J. Piore; Charles F. Sabel)
Acumulación de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Regiones creativas (Andersson) - Regiones empresariales (Johannisson) 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Learning regions</i> (Annalee Saxenian) - Entorno innovador (<i>Innovative milieux</i>) (P Aydalot, Maillat) - <i>Clusters</i> industriales (Michael E. Porter)

Fuente: Malmberg, Solvell y Zander (1996).

De los enfoques que se presentan en la matriz, los de mayor desarrollo son: la Nueva Economía Geográfica (NGE), los Nuevos Distritos Industriales (NDI) y los *Clusters* representados por Paul Krugman, Allen Scott-Michael y Piore-Charles Sabel y Michael Porter, respectivamente. El rasgo común en los tres enfoques es la aglomeración espacial y su diferencia está en la explicación de por qué las empresas se aglomeran.

¹³ Algunos estudios han mostrado resultados que no soportan la existencia de economías de aglomeración. Por ejemplo, Appold (1995) encontró que la aglomeración disminuye el desempeño en el sector metalúrgico en los Estados Unidos, mientras que Chung (2001) encontró industrias en las cuales la inversión extranjera directa realizada lejos de las empresas existentes, ha llevado a aumentos en la productividad. Adicionalmente, Glaeser et ál. (1992), encontraron una asociación negativa entre aglomeración y el crecimiento de las industrias en 170 ciudades de Estados Unidos para el periodo 1956-1987 (Shaver, 2000: 1179).

A. El enfoque de la Nueva Geografía Económica (NGE)

El enfoque de la NGE sostiene la existencia de una lógica de causación circular o acumulativa hace que las concentraciones espaciales creen para sí mismas un ambiente económico favorable para soportar o continuar la concentración (Fujita, Krugman y Venables, 2001: 4); ocasionada por eventos fortuitos locales (Eng, 1999: 317). El proceso de causación acumulativa se basa en la noción de centro-periferia y en la existencia de encadenamientos hacia atrás y hacia delante de las empresas que conducen a una aglomeración de actividades (Moncayo, 2002: 12). Este enfoque también establece dos procesos para la aglomeración geográfica, uno basado en las economías de escala y el otro basado en las economías externas.

En el primer proceso las economías de escala derivadas de los retornos crecientes a escala, de los costos de transporte y de la competencia imperfecta, hacen que los productores prefieran localizarse en un región específica con el fin de tomar ventaja de las agrupaciones de trabajadores/consumidores y no para estar cerca de otras empresas como en la teoría marshalliana (Shepard, 2000: 101).

En el segundo, las economías externas de tipo marshalliano –mercado laboral, insumos y servicios especializados, y efectos derrame (*spillovers*)– se constituyen en fuerzas centrípetas que generan concentración geográfica¹⁴. Un ejemplo de éstas es la posibilidad que tienen las empresas de mejorar sus productos o procesos a un bajo costo cuando la aglomeración les permite acceder al conocimiento y a la tecnología de las otras empresas aglomeradas¹⁵.

B. El enfoque de los Nuevos Distritos Industriales (NDI)

La literatura de los distritos industriales busca explicar los éxitos económicos de distritos ubicados en Europa, Estados Unidos y en algunos países en vía de desarrollo; dentro de su línea de pensamiento se pueden identificar cuatro escuelas.

La primera de ellas se denomina la *escuela italiana* la cual surge como respuesta al fenómeno ocurrido en el norte y centro de Italia en los años setenta. La segunda es la llamada *escuela de California* que ha estudiado el rol de la desintegración vertical, las redes de comercio interindustrias y los mercados locales de trabajo como factores principales

¹⁴ Estos dos procesos guardan amplia relación con la descripción de Marshall de los distritos industriales como una secuencia de eventos que comienza con la localización inicial de las empresas, seguida por un proceso de economías externas, y concluye con el establecimiento; después de un tiempo, de las economías asociadas con mercados especializados de trabajo, acceso a información y otras (Phelps, 1992: 37).

¹⁵ Una crítica a este mecanismo de concentración, es que empresas más eficientes ganarán poco en tanto que las empresas menos eficientes ganarán más en el proceso de aglomeración. Este hecho plantea la posibilidad de que no todas las empresas estén interesadas en concentrarse geográficamente y que, posiblemente, algunas decidan ubicarse lejos de las otras empresas (Shaver, 2000).

de la aglomeración espacial sucedida al sur de California. La tercera escuela es una red de investigadores denominada *Groupe de Recherche Européen sur les Milieux Innovateurs* (GREMI); la cual ha favorecido la idea de que el crecimiento regional puede ser analizado en términos de las fuerzas innovadoras contenidas en las economías y sociedades locales. La cuarta escuela está representada por los inventores del concepto de *especialización flexible*, Piore y Sabel, quienes enfatizaron la idea de un nuevo paradigma tecno-organizacional en el estado posfordista de la industrialización (Scott, 2000: 29-30).

De acuerdo con Helmsing (2002) en general el enfoque de los NDI se caracteriza por los siguientes elementos:

- La especialización flexible se basó en la manufactura de productos con especificaciones de los clientes y con una maquinaria con tecnología de múltiples propósitos y métodos de producción flexibles, operados por trabajadores calificados. Mientras la producción fordista requiere de estabilidad y mercados masivos y homogéneos, la especialización flexible prospera en mercados cambiantes y nichos especializados.
- El agrupamiento de empresas permite a una determinada empresa optar por depender de otras especializadas en la manufactura de ciertos componentes o subprocesos, y capaces de producirlos con variadas especificaciones.
- El agrupamiento permite a las empresas generar servicios empresariales colectivos sin recurrir al mercado.

Igualmente, Helmsing (2002), al seguir a Humphrey (1995), establece que el enfoque de los NDI cuenta con tres problemas; primero, la mayoría de definiciones se restringieron a empresas pequeñas, lo cual oscureció el papel de las empresas grandes en los distritos industriales; segundo, el énfasis en las relaciones entre empresas desvió la atención de la dinámica y estructura interna de éstas; y tercero, se asumió cierto nivel de la competencia empresarial, la cual no necesariamente existe entre los empresarios de pymes.

C. El enfoque de *clusters*

Michael Porter le ha dado a los *clusters*¹⁶ un papel central al relacionarlos con la ventaja competitiva y con las estrategias de las empresas, pues éstos influyen en ellas en tres formas:

1. Incrementan la productividad de las empresas o industrias que los constituyen, hecho que se puede presentar gracias al acceso a materias primas especializadas, a empleados capacitados, a información y conocimiento, a instituciones y bienes públicos.

¹⁶ Los *clusters* son concentraciones geográficas de compañías interconectadas e instituciones asociadas vinculadas por atributos comunes y complementariedades.

2. Incrementan la capacidad para la innovación y así el crecimiento de la productividad, pues la posibilidad de acceder con mayor rapidez a los cambios tecnológicos, aprender y/o imitar los procesos exitosos de otras empresas o la posibilidad de determinar rápidamente qué están demandando los consumidores se constituye en un incentivo para la realización de innovaciones.
3. Estimulan la formación de nuevos negocios que soportan la innovación y los expanden.

De este modo, la localización afecta la ventaja competitiva y las estrategias a través de la productividad de la firma, y especialmente, el crecimiento de la productividad. En *The Competitive Advantage of Nations* (1990) Porter modeló el efecto de la localización sobre la competitividad usando cuatro determinantes interrelacionados: (1) condiciones de los factores de producción; (2) condiciones de demanda; (3) industrias relacionadas o de apoyo; (4) estrategias de las empresas y marco regulatorio de la competencia interna (Porter, 2000: 257-258).

Un aspecto fundamental en el enfoque de *cluster* es que la concentración de empresas requiere de la existencia de vínculos y cooperación entre ellas y las instituciones que lo conforman. De acuerdo con Porter (2000) el hecho de que la globalización de los mercados y la tecnología, junto con los bajos costos de transporte y de comunicación permitan a las empresas establecer nuevas redes y formas de vinculación, hace que el *cluster* sea el *locus* de la concentración empresarial, y de ese modo se redefine la economía de aglomeración.

IV. | Aglomeración geográfica e innovación

A. ¿Qué es la innovación?

Innovation has become the industrial religion of the late 20th century. Business sees it as the key to increasing profits and market share. Governments automatically reach for it when trying to fix the economy. Around the world, the rhetoric of innovation has re-placed the post-war language of welfare economics. It is the new theology that unites the left and the right of politics.

The Economist, Survey Innovation in Industry, 17 March 1999

Dentro de las ciencias sociales la innovación juega un papel importante en la explicación del crecimiento económico, en la evolución de las organizaciones, de las relaciones entre individuos-grupos-organizaciones (Nelson y Tushman 1990: 1). En los últimos treinta años la investigación sobre el papel de la innovación en el cambio económico y social ha proliferado, ello ha permitido la mejora ostensible del conocimiento sobre el proceso de innovación, sus determinantes y su impacto económico y social. (Fagerberg 2005: 1).

No obstante, dicha proliferación ha contribuido a deformar la definición de innovación debido a que este término se usa en variadas formas y dentro de diferentes contextos, muchos de los cuales se superponen o resultan contradictorios. El ejemplo más significativo de tal situación está en la confusión en torno a tres conceptos interrelacionados: cambio técnico, cambio tecnológico e innovación.

Al comparar la definición de innovación que dio Joseph Schumpeter (1939): variación o cambio en la función de producción¹⁷, frente a dado por Solow (1957) de cambio técnico: cualquier clase de desplazamiento de la función de producción (Ruttan, 1959), resulta difícil establecer cuál es la diferencia en ambos procesos.

Así, la gran mayoría de artículos en economía sobre cambio técnico tratan este fenómeno como la introducción de nuevos métodos de producción que reducen los costos de elaborar un producto que no ha cambiado (Rosemberg, 1982: 3-4). Lo anterior corresponde a una visión estrecha del proceso de innovación debido a que, por ejemplo, muchas de las innovaciones que le permitieron a los Estados Unidos tener un rápido crecimiento durante la primera mitad del siglo XX estuvieron relacionadas con nuevas formas de organizar la producción y la distribución (Fagerberg, 2005: 7).

La no diferenciación entre el concepto de innovación y cambio técnico ha llevado a que se planteen dos problemas dentro de la teoría económica; el primero se relaciona con la tendencia a denominar el incremento de la Productividad Total de los Factores (PTF) como cambio tecnológico. Tal denominación no está justificada debido a la inexistencia de una teoría sobre la PTF; además, suele asociarse con otras concepciones diferentes a la tecnología como: externalidades, cambios en la composición sectorial de la producción, adopción de métodos de producción con bajos costos y arreglo institucional (Hulten, 2000; Prescott, 1997).

¹⁷ En su artículo de 1928 *La inestabilidad del capitalismo*, Schumpeter define la innovación como el uso de recursos productivos en usos no probados hasta ahora en la práctica, y su retiro de los usos a que han servido hasta ahora, normalmente este nuevo uso se da por la existencia de nuevas empresas, nuevos métodos y nuevos mercados.

El segundo problema está relacionado con la presencia de una paradoja; según Freeman (1994), consiste en considerar el cambio técnico (*innovación*) como el factor fundamental del crecimiento económico y que éste haya sido estudiado tanto por ingenieros como por científicos y no por los economistas¹⁸.

Elster (2000) ofrece una clara diferenciación entre los tres conceptos. Define la innovación como la producción de nuevo conocimiento tecnológico, el cual tiene tres aspectos: (1) *práctica*, que es una combinación particular de factores de producción utilizados en un proceso específico; (2) *técnica*, que es un conjunto de prácticas que permiten cierto grado de sustitución entre los factores productivos; y (3) *tecnología*, que es todas las técnicas conocidas.

Esta definición sugiere que debería distinguirse entre cambio técnico y cambio tecnológico, al entender el primero como una mejora de una técnica existente; y el segundo, como la introducción de una nueva técnica a la tecnología existente. No obstante, se debe notar que en la mayoría de la bibliografía no se diferencia entre ambos sentidos y, aún más, no se diferencia entre estos dos y el término innovación.

De otro lado, la gente usualmente piensa en la innovación como un nuevo producto, pero ella también puede ser: un nuevo proceso de producción; la sustitución por un insumo más barato en el proceso de producción; la reorganización de la producción, de las funciones internas, o redistribución de funciones; o bien, una mejora en los instrumentos o métodos para hacer la innovación.

Por ello, aquí se entenderá la innovación como el “(...) proceso económico que conduce a la reducción en el costo de producir los productos existentes y al desarrollo de nuevos productos y servicios” (Griliches, 1990: 1669). La primera parte de esta definición se conoce en los manuales de las encuestas sobre innovación como *innovación de procesos*, y la segunda parte es lo que se denomina *innovación de producto*¹⁹.

B. Aglomeración e innovación

Como se señaló anteriormente, antes un aspecto de las economías de la aglomeración –urbanización y localización– consiste en que el flujo de conocimiento, el cual permite intercambios de información y tecnología, es uno de los factores que refuerzan los

¹⁸ De acuerdo con Freeman (1990: 1), Jewkes, Sawers y Stillerman (1956) sugirieron tres razones por las cuales los economistas no han estudiado el cambio técnico: (1) los economistas no conocen el campo de la ciencia y la tecnología; (2) existen pocas estadísticas y; (3) desde la gran depresión de 1930 los economistas han estado preocupados por las fluctuaciones cíclicas y por el desempleo asociado a ellas.

¹⁹ La definición contenida en el Manual de Oslo para innovación es: “An innovation is the implementation of a new or significantly improved product (good or service), or process, a new marketing method, or a new organizational method in business practices, workplace organization or external relations” (OCDE-EUROSTAT, 2005: 46).

procesos de concentración geográfica. En este sentido, “la aglomeración en un lugar específico es una respuesta racional adoptada por las empresas para facilitar el intercambio de información y experiencia” (Paci y Usai, 2000:2).

Un aspecto importante que apoya la idea de la aglomeración a pesar de los desarrollos de las tecnologías de la información y la comunicación, lo costosa de la transferencia de conocimiento aún más si se trata de conocimiento tácito (Asheim y Gertler, 2005)²⁰. El conocimiento tácito determina tres clases de capacidad: la de las empresas de entender, dominar y adaptar las tecnologías adquiridas, la de adaptación de desarrollos tecnológicos futuros y la de generar innovaciones tecnológicas. Según Dosi et ál. (1988), la cercanía con competidores o proveedores puede incrementar y mejorar el acceso al conocimiento tácito. En tal sentido, el acceso al conocimiento tácito a un menor costo lleva a que las empresas se aglomeren geográficamente y ello genera, a su vez, que la innovación también se concentre.

Según Paci y Usai (2000), el estudio de la aglomeración de las actividades tecnológicas puede ser caracterizado por cuatro líneas de investigación:

1. La primera —representada por la literatura de las *redes espaciales de innovación* y los *entornos innovadores (innovative milieu)*—, se basa principalmente en estudios de caso de áreas específicas que permiten análisis detallados de las fuerzas formadoras del desarrollo de las regiones o unidades geográficas.
2. La segunda, evalúa la naturaleza y los efectos de las externalidades sobre el crecimiento económico de las regiones o unidades geográficas. Las aplicaciones empíricas se han desarrollado, principalmente sobre casos en Estados Unidos y han arrojado resultados diversos relacionados con la importancia relativa de las economías de aglomeración. Una fuerte debilidad de estos estudios está en que carecen de una variable específica para medir las actividades de innovación.
3. La tercera, investiga si la aglomeración espacial de la innovación en un sector específico depende de la distribución de la actividad manufacturera.
4. La cuarta —considerada como el punto de referencia para el análisis empírico de este artículo—, investiga la distribución espacial de las actividades innovadoras entre regiones o unidades geográficas y trata de identificar tendencias y modelos especiales de concentración de la innovación. Bajo esta línea se encuentran los estudios realizados en Estados Unidos por Jaffe (1989), Feldman y Florida (1994), Audretsch y Felmand (1996) y Anselin et ál. (1997)²¹.

²⁰ De acuerdo con Dalh (2001) el conocimiento es dividido en dos tipos: (1) *conocimiento codificado*: es el formalizado que puede ser almacenado, copiado y transmitido fácilmente; la información es conocimiento codificado que puede ser transferida a bajo costo. (2) *conocimiento tácito*: lo forman las habilidades, lo cual lo hace difícil de transferir de persona a persona; el conocimiento tácito es creado principalmente a través de la experiencia; y la transferencia de este tipo de conocimiento es solamente posible por medio de interacción social entre individuos.

²¹ Una amplia explicación de estos trabajos se encuentra en Baumert y Heijs (2002).

En estos modelos los desbordamientos de conocimiento se deben más a la cercanía geográfica que a la cercanía tecnológica, pues se originan gracias a la cercanía geográfica y se deben fundamentalmente tanto a la existencia de actividades económicas complementarias como a que el conocimiento es un *bien no rival*²². No obstante, en estos modelos el costo de transmitir conocimiento aumenta con la distancia; en consecuencia, los desbordamientos de conocimiento tienden a ser geográficamente acotados en las regiones. De ese modo, la distancia con respecto a las *fuentes de conocimiento*²³ mejora la habilidad para recibir desbordamientos de conocimiento y, por ende, la capacidad para innovar (Feldman, 2000).

Los estudios bajo dicha línea de investigación utilizan una función de producción la cual emplea alguna medida de la innovación como variable dependiente –por ejemplo: patentes, nuevos productos comerciales, creación de nuevas empresas, inversión en proyectos de investigación– contra un conjunto de variables independientes (Feldman, 2000). A tal función se le conoce como *de producción de conocimientos Griliches - Jaffe*²⁴.

Una dificultad que han enfrentado los estudios realizados bajo esa línea de investigación es la definición de la unidad de análisis. Normalmente, la unidad de análisis seleccionada han sido Estados/Provincias/Departamentos debido a la disponibilidad estadística, pero ésta no siempre resulta ser la más adecuada y puede generar resultados contradictorios entre países. Por último, vale anotar que los estudios empíricos han mostrado resultados discutibles sobre el efecto que tienen las economías de la aglomeración sobre la innovación; por ejemplo, Audretsch y Felmand (1996) encontraron que las economías de localización no incrementan la actividad innovadora (Feldman, 2000).

V. | Un modelo geográfico de la innovación

La hipótesis que se busca verificar es la existencia de una relación entre localización geográfica (aglomeración) e innovación. Para ello, se plantea un modelo geográfico de la innovación en el cual se considera la innovación como función de tres clases de factores: capacidades propias de la empresa, infraestructura tecnológica y economías de aglomeración.

²² De acuerdo con Romer (1990) al definir el conocimiento como un *bien no rival*, adquiere dos características: puede ser acumulado sin ningún límite y crea exclusión incompleta. Esta última característica permite que un conocimiento desarrollado para cualquier aplicación particular, pueda difundirse fácilmente y que un conocimiento se destinado a diferentes usos y aplicaciones.

²³ Por ejemplo: redes de empresas, *clusters*, parques tecnológicos, universidades y empresas con departamentos I&D; instituciones o sistemas de promoción de la investigación y redes de servicios a las empresas.

²⁴ Esta función fue originalmente planteada por Zvi Griliches (1979) y fue luego modificada por A. Jaffe (1989); también se puede ver Baumert y Heijs (2002).

$$INN_{ij} = F(X_{ij}, W_j, Z_j) \quad (1)$$

Donde el subíndice i indica los sectores industriales de acuerdo con la Clasificación Internacional Industrial Uniforme Revisión 3 adaptada para Colombia (CIIU Rev. 3 A.C.) a cuatro dígitos ($i = 1, \dots, 167$) y j indica los departamentos ($j = 1, \dots, 22$).

La variable dependiente (INN_{ij}) corresponde al número de innovaciones de producto y proceso realizados por el sector i en el departamento j . El vector capacidades propias de la empresa (X_{ij}) contiene las variables: gasto interno en I&D ($GAID_{ij}$), gasto en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ($GATICS_{ij}$), gasto en transferencia o adquisición de tecnología ($GATT_{ij}$), personal ocupado en el área de I&D ($POID_{ij}$) y personal ocupado en las áreas de diseño, ingeniería, y calidad, pruebas y ensayos ($PODIC_{ij}$). Las cinco variables indican un indicador del esfuerzo que realiza la empresa para obtener innovaciones.

El vector infraestructura tecnológica (W_j) contiene las variables: infraestructura soporte para la innovación (ISI_j), número de grupos de investigación (NGI_j) y años promedio de educación de la población ($APEP_j$). La infraestructura tecnológica representa todos los elementos del departamento considerados como insumos de la innovación. Este artículo se concentra específicamente en insumos relacionados con el acervo de capital humano y con instituciones generadoras de conocimiento.

El vector economías de aglomeración contiene las variables: índice de especialización de Krugman (IEK_j) y el indicador de aglomeración empresarial (IAE_j). Las economías de aglomeración que tratamos de identificar son las de urbanización. Lo anterior significa que se supone que la concentración de diferentes actividades económicas en los departamentos crea complementariedades al dentro de la industria manufacturera y con empresas e instituciones de otros sectores.

La especificación econométrica sigue una transformación log-log, por lo que el modelo por estimar es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Log}(INN_{ij}) = & \beta_1 VIND_i + \beta_2 GAID_{ij} + \beta_3 GATICS_{ij} + \beta_4 GATT_{ij} + \beta_5 POID_{ij} + \\ & \beta_6 PODIC_{ij} + \beta_7 ISI_j + \beta_8 NGI_j + \beta_9 APEP_j + \beta_{10} IEK_j + \beta_{11} IAE_j \end{aligned} \quad (2)$$

Esta especificación incluye las ventas industriales ($VIND$) para controlar las diferencias entre sectores de la industria.

*Cuadro 2***VARIABLES MODELO: Resumen de estadísticas básicas**

VARIABLES	Número de observaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
INN _{ij}	990	5,78	13,29	-	180
VIND _i . (miles de pesos)	990	56.300.000	161.000.000	46.098	1.860.000.000
GAI _{ij} (miles de pesos)	990	22.520	156.487	-	2.641.640
GAT _{ij} (miles de pesos)	990	69.212	407.148	-	8.149,947
GATICS _{ij} (miles de pesos)	990	86.278	400.857	-	5.523.649
POID _{ij}	990	4,82	45,25	-	1,309
PODIC _{ij}	990	19,91	67,40	-	1.275
NGI _j	22	42	207	2	951
ISL _j	22	5	20	1	95
APE _j	22	7,0	0,9	5,9	10,2
IEK _j	22	1,6	0,3	0,9	2,0
IAE _j	22	0,8	0,2	0,2	1,0

A. Fuente de información

La información utilizada en este artículo proviene de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) realizada en el año 2005 por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), COLCIENCIAS y el DANE. La EDIT fue enviada a las 6.670 empresas, que contestaron la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) en el año 2003; de éstas se obtuvo información para 6.172 empresas, las cuales representaron el 88% de la producción en 2003 y 2004 (DNP/COLCIENCIAS/DANE, 2006).

Dado que la EDIT se aplicó al censo industrial tiene representatividad por tamaño de empresa, por sector, por tipo de propiedad y por ubicación geográfica. Al igual que la EAM, la EDIT ofrece información para 21 de los 32 departamentos y para Bogotá. Como el análisis que se realiza, usa como unidad geográfica el departamento, no se tomó en cuenta la información de las empresas que tienen sus establecimientos en más de uno de uno de ellos, es decir, 126 empresas. De este modo, la base con la cual se trabajó cuenta con información para 6.046 empresas que representan el 61% de la producción industrial en 2003 y 2004.

B. La variable independiente

En la literatura de la innovación normalmente se utilizan dos medidas como *proxies* para identificar el resultado de las actividades de innovación: número de patentes²⁵ y número de empleados con alto grado de calificación (Felmand y Florida, 1994: 212). De ella la más ampliamente usada es el número de patentes debido a que es una variable disponible, es un buen índice de la actividad inventiva y está basada en un estándar objetivo (Griliches, 1990: 1661).

No obstante, hay tres problemas al usar patentes para el análisis económico: no todas las invenciones son patentadas, la clasificación de las patentes y la variabilidad intrínseca. El primer problema no requiere mayor explicación. El segundo problema consiste en que las patentes se clasifican de acuerdo con principios funcionales y tecnológicos y no según a nociones económicas como productos o industrias²⁶. El tercer problema es que la mayoría de las patentes reflejan mejoras de poco valor económico, mientras que algunas de ellas son extremadamente valiosas; infortunadamente raramente se sabe cuál es cuál (Griliches, 1990: 1666).

Al tomar en cuenta estos problemas y las dificultades econométricas que implica utilizar una variable de poca variabilidad, solamente 113 empresas tienen al menos una patente obtenida (cuadro 3), se decidió usar la información contenida en el capítulo III de la EDIT.

²⁵ La EDIT tiene información sobre el número de patentes solicitadas por la empresa entre 1996-2004 de acuerdo con el estado del trámite –obtenida, en proceso o negada–. Una patente es un título de propiedad otorgado por el gobierno de un país, que da a su titular el derecho a impedir temporalmente a otros la fabricación, venta y/o uso comercial de la invención protegida (www.sic.gov.co). Según el Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio (ADPIC), las patentes podrán obtenerse por todas las invenciones, sean de productos o de procedimientos, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, entrañen una actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial.

²⁶ Por ejemplo, en el momento de clasificar una patente por industria el investigador tiene que decidir si asignar la patente a la industria en la cual fue desarrollada, a la industria que producirá el producto o proceso asociado a la patente, o a la industria que usará el producto o proceso resultante de la patente.

Cuadro 3
**Número de empresas industriales que obtuvieron patentes,
 según departamento, 1996 - 2004**

Departamento	Número de empresas	Número de patentes obtenidas
Bogotá, D.C.	60	146
Antioquia	27	54
Valle del Cauca	10	41
Santander	1	8
Atlántico	2	6
Risaralda	4	5
Caldas	1	3
Cundinamarca	3	3
Bolívar	2	2
Cauca	1	1
Meta	1	1
Tolima	1	1
Total	113	271

Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

Ese capítulo III relaciona 44 objetivos con siete categorías de resultados: bien o servicio nuevo o mejorado significativamente para la empresa; bien o servicio nuevo o mejorado significativamente para el mercado nacional; bien o servicio nuevo o mejorado significativamente para el mercado internacional; nuevo proceso productivo o mejorado significativamente para la línea de producción principal; nuevo proceso productivo o mejorado significativamente para las líneas complementarias; nueva organización o mejora significativa en ella y nuevas formas de comercialización o mejora significativa de ellas²⁷.

Inicialmente, para determinar el número de innovaciones de producto y proceso realizadas por las empresas manufactureras se tomó la información de las cinco primeras categorías y se contabilizaron el número de obtenidos; el total ascendió a 36.275. Al comparar ese resultado con las 4.476 innovaciones de producto contabilizadas para Estados Unidos en 1982 por Feldman y Florida (1994) y las 5.780 innovaciones introducidas al mercado reportadas por España en el año 2004, se concluye que los datos requieren ser revisados detalladamente.

²⁷ Cada una de estas categorías es calificada por cuatro criterios: obtenido, abandonado, en proceso y no aplica.

Un aspecto importante para empezar la revisión consiste en que a varios objetivos se puede asociar un único resultado lo que indica doble contabilización. Esta situación no debe considerarse como un resultado ilógico si tiene en cuenta que, por ejemplo, la contabilización de patentes puede sobreestimarse debido a una doble contabilización. Otro caso similar: a mediados de los años setenta la Oficina de Patentes de Estados Unidos realizó una correlativa entre las clases y subclases de patentes y la clasificación industrial (SIC); al efectuar este ejercicio una patente podía ser asignada a diferentes sectores industriales, lo que llevó a dobles contabilizaciones (Griliches, 1990: 1667).

Como método de cálculo de los *obtenidos* por empresa se utilizó la moda. Si la moda para una empresa era *obtenido* se contabilizaba como una innovación. Este ejercicio arrojó un total de 3.596 innovaciones de producto para las categorías empresa, mercado nacional e internacional; y 2.131 innovaciones de proceso. La variable dependiente corresponde, así, a la suma de las innovaciones de producto y proceso. Al igual que sucede con otros indicadores de resultado para la innovación, la variable de resultado diseñada aquí no ofrece información sobre el grado de novedad o el impacto de la innovación²⁸.

Una comparación de la variable dependiente diseñada (INN_{ij}) con los resultados obtenidos por la EDIT para las patentes y otros derechos de propiedad intelectual mediante una matriz de correlaciones, muestra la existencia de una relación entre este tipo de variables, y señala así la posibilidad de utilizar INN_{ij} como una medida de la innovación.

Cuadro 4
Matriz de correlación entre variables *proxies* de la innovación

Conceptos	Patentes	Patentes, propiedad industrial y derechos de autor	Innovaciones de producto y proceso (INN_{ij})
Patentes	1,0000		
Patentes, propiedad industrial y derechos de autor	0,5743	1,0000	
Innovaciones de Producto y Proceso (INN_{ij})	0,4011	0,6012	1,0000

Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

Finalmente, un aspecto por tomar en cuenta para estimar la ecuación (2) es que la variable dependiente contiene observaciones iguales a cero, ello implica un problema en el momento de calcular el logaritmo natural de dicha variable. Para superar ese problema se modifica la variable dependiente mediante la siguiente transformación

²⁸ Como lo muestran Kline y Rosenberg (1986), el impacto de una innovación tecnológica puede afectar diferentes industrias lo que dificulta su medición.; por ejemplo, en las últimas décadas la mayoría de los sectores de la economía han sido afectados por la introducción de los computadores y su capacidad para el procesamiento de información.

lineal: $[10*(1 + INN_{it})]$, la cual preserva el orden de las observaciones y elimina los ceros (Feldman y Florida, 1994: 223).

C. La distribución geográfica de la innovación en Colombia

En el cuadro 5 se muestran los resultados para las innovaciones de producto y proceso en 2004 por departamento; allí se puede ver que Bogotá, Antioquia Valle del Cauca, Atlántico y Cundinamarca concentran el 82% de las innovaciones de producto y de proceso. Esos mismos departamentos agrupan el 83% de las innovaciones de producto, en tanto que en el caso de las innovaciones de proceso el 81% se localizan en Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico y Santander. Estos datos sugieren una alta concentración de la innovación en la zona central del país.

Cuadro 5
**Distribución de la innovación de producto y proceso,
por departamentos, 2004**

Departamento	Innovaciones de producto		Innovaciones de proceso		Innovaciones de producto y proceso	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Bogotá, D.C.	1.411	37,9	788	35,8	2,199	37,1
Antioquia	812	21,8	439	19,9	1.251	21,1
Valle del Cauca	484	13,0	257	11,7	741	12,5
Atlántico	253	6,8	172	7,8	425	7,2
Cundinamarca	142	3,8	71	3,2	213	3,6
Santander	52	1,4	121	5,5	173	2,9
Risaralda	99	2,7	52	2,4	151	2,5
Norte de Santander	115	3,1	35	1,6	150	2,5
Tolima	75	2,0	34	1,5	109	1,8
Bolívar	67	1,8	29	1,3	96	1,6
Cauca	56	1,5	38	1,7	94	1,6
Caldas	30	0,8	54	2,5	84	1,4
Nariño	37	1,0	28	1,3	65	1,1
Magdalena	25	0,7	27	1,2	52	0,9
Huila	25	0,7	16	0,7	41	0,7
Quindío	18	0,5	12	0,5	30	0,5
Meta	3	0,1	14	0,6	17	0,3
Córdoba	11	0,3	1	0,0	12	0,2
Boyacá	5	0,1	6	0,3	11	0,2
Cesar	-	0,0	6	0,3	6	0,1
La Guajira	2	0,1	1	0,0	3	0,1
Sucre	2	0,1	-	0,0	2	0,0
Total nacional	3.724	100,0	2.201	100,0	5.925	100,0

Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

D. Las variables independientes

Las variables independientes son indicadores de las capacidades propias de la empresa, de la infraestructura tecnológica de los departamentos y de la concentración geográfica.

1. Las variables de gasto: gasto interno en I&D (GAIDij), gasto en TIC (GATICij) y gasto en transferencia o adquisición de tecnología (GATTij)

Según Jaramillo, Lugones y Salazar (2001: 38) las actividades para la innovación y el desarrollo tecnológico son “todas aquellas acciones llevadas a cabo por la firma tendientes a poner en práctica conceptos, ideas y métodos necesarios para la adquisición, asimilación e incorporación de nuevos conocimientos”. De acuerdo con dicha definición en este artículo se han identificado tres tipos de gastos relacionados con la adquisición, asimilación e incorporación de nuevos conocimientos.

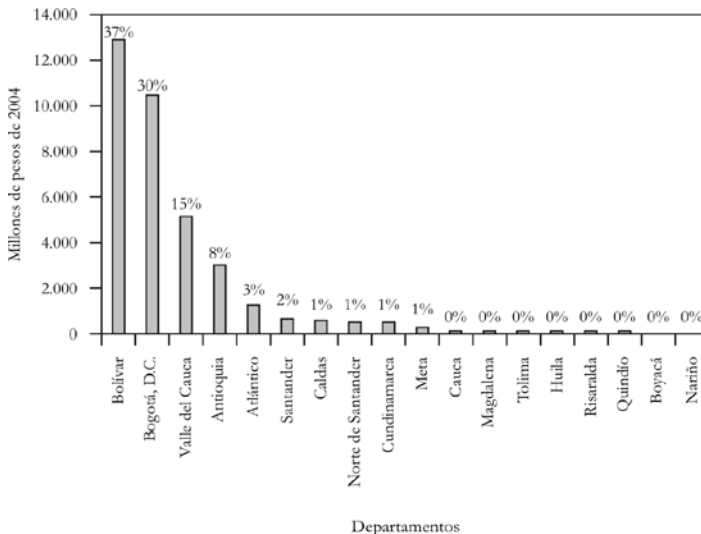
En primer lugar está el gasto interno en I&D, el cual recoge la inversión de la empresa en proyectos de innovación y desarrollo. El segundo es el gasto en transferencia o adquisición de tecnología; éste agrupa las inversiones en adquisición de patentes, licencias, paquetes tecnológicos, publicaciones técnicas, códigos, manuales y normas técnicas. Y el tercero es el gasto en TIC el cual reúne las inversiones realizadas por la empresa en *software* para producción de bienes y servicios, *software* para administración, tecnologías de comercialización, páginas Web y acceso a Internet.

Como se espera que la realización de estas actividades produzca como resultado algún tipo de innovación, su efecto sobre la variable independiente es positivo. Los tres tipos de gastos se obtuvieron del capítulo I de la EDIT y corresponden a la inversión promedio entre 2003 y 2004. Para su cálculo los valores de inversión por empresa fueron deflactados y colocados a precios de 2004 con el implícito del PIB departamental y luego se calculó el valor promedio entre 2003 y 2004.

El gráfico 1 muestra los niveles del gasto interno en I&D por departamento, allí se puede ver que el 91% de este tipo de gasto se concentra en cinco departamentos: Bogotá, Valle del Cauca, Antioquia, Atlántico y Santander. El 92% del gasto en transferencia o adquisición de tecnología se realizó en cinco departamentos: Bogotá, Valle del Cauca, Antioquia, Cundinamarca y Cauca (gráfico 2). Como los dos anteriores tipos, el gasto en TIC se concentra principalmente en Bogotá con el 45%, seguido por Antioquia y Valle del Cauca con el 34% (gráfico 3).

Gráfico 1

Gasto interno en I&D por departamento (promedio 2003-2004)*

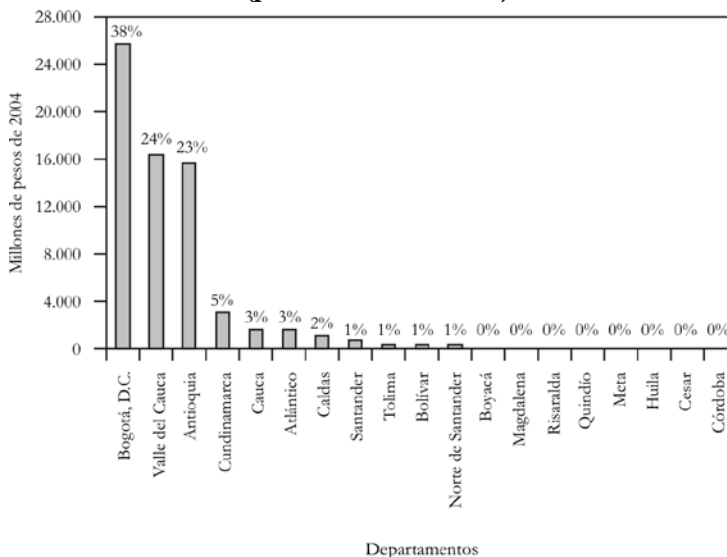


Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

* El porcentaje indica la participación en el total nacional.

Gráfico 2

Gasto en transferencia o adquisición de tecnología por departamento (promedio 2003-2004)*

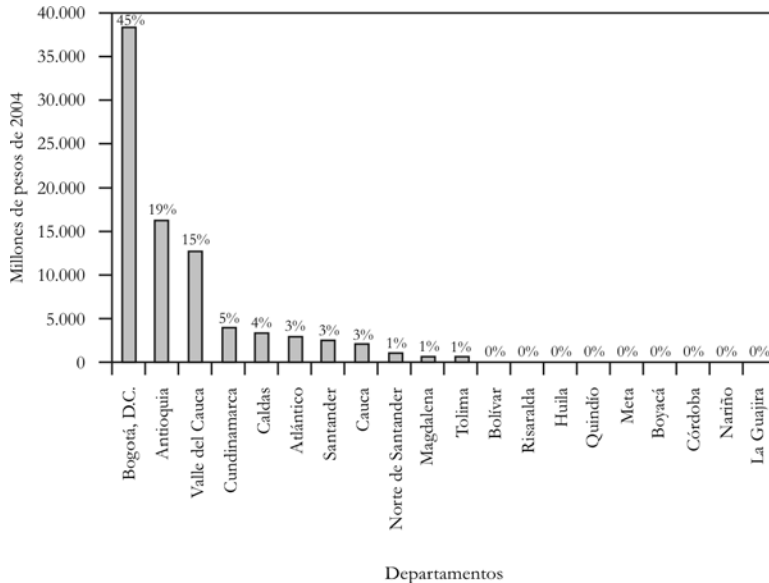


Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

* El porcentaje indica la participación en el total nacional.

Gráfico 3

Gasto en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) por departamento (promedio 2003-2004)*



Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

* El porcentaje indica la participación en el total nacional.

2. Personal ocupado en el área de I&D ($POID_{ij}$)

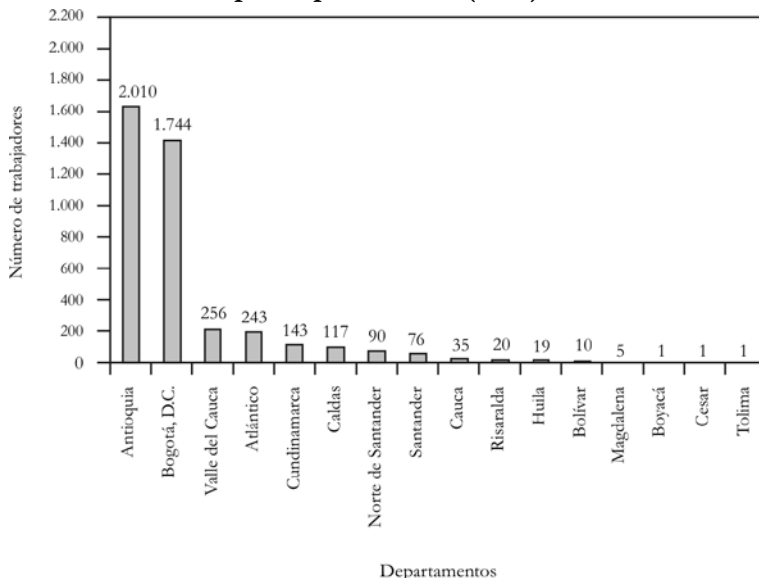
Esta variable corresponde al personal que realiza actividades de I&D²⁹. Dentro del modelo lineal de la innovación el personal ocupado y el gasto en tales áreas, se consideran un insumo importante para la obtención de innovaciones. El $POID_{ij}$ ha sido ampliamente utilizado en el estudio de la innovación debido a que en muchos países, las estadísticas de I&D forman parte de las estadísticas económicas generales (OCDE, 2003: 12).

Se espera que la existencia de personal ocupado en I&D tenga un efecto positivo sobre la innovación. La variable $POID_{ij}$ se obtuvo del capítulo II de la EDIT. En el gráfico 4 se presentan los resultados obtenidos para ella por departamento; de los 22 departamentos, seis no cuentan con personal en el área de innovación y desarrollo: Córdoba, La Guajira, Meta, Nariño, Quindío y Sucre.

²⁹ Los proyectos de I&D comprenden el trabajo creativo emprendido sistemáticamente para incrementar el acervo de conocimientos, y el uso de este conocimiento para concebir nuevas aplicaciones; pueden incluir el desarrollo de prototipos y plantas piloto. Un proyecto de I&D puede ser de investigación básica, aplicada o de desarrollo experimental (DANE/DNP/COLCIENCIAS, 2005: 35).

Gráfico 4

Personal ocupado en el área de investigación y Desarrollo por departamento (2004)



Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

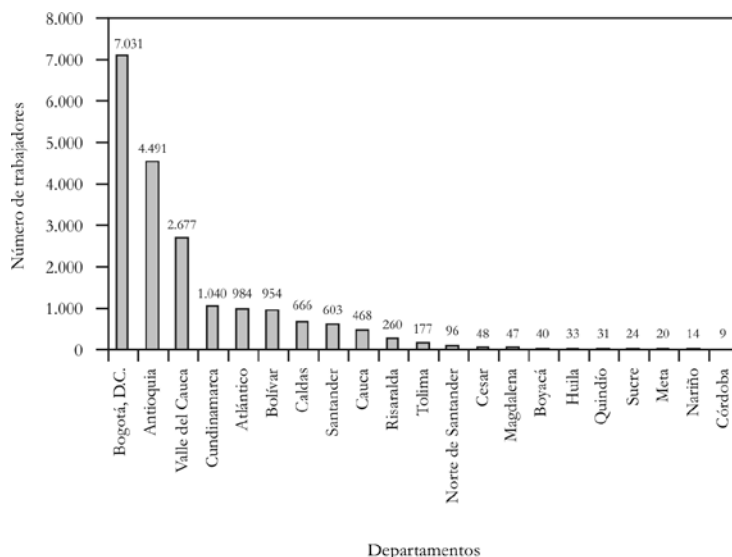
3. Personal ocupado en las áreas de diseño, ingeniería y calidad, pruebas y ensayos (PODIC_{ij})

La observación de que muchas empresas obtienen innovaciones sin realizar actividades de I&D contribuye a disminuir la importancia que se le daba a este tipo de actividades dentro del modelo lineal de la innovación. Por ello muchos estudios han señalado la importancia de tomar en cuenta otras variables que afectan el proceso de innovación y que no se encuentran directamente relacionadas con las actividades de I&D. Adicionalmente, el hecho de que el proceso de la innovación a menudo requiere el manejo de información relacionada directamente con el proceso productivo ha contribuido a resaltar el papel jugado por actividades como el diseño y la ingeniería.

Con el fin de captar el efecto de los conocimientos no relacionados con las actividades de I&D se ha construido la variable PODIC_{ij}, la cual es el personal ocupado en tres áreas consideradas fundamentales para el proceso de la innovación: diseño, ingeniería, y calidad; pruebas y ensayos. Así como la variable POID_{ij}, la PODIC_{ij} se obtuvo a partir de la información contenida en el capítulo II de la EDIT. En el gráfico 5 se presentan los resultados de esta variable por departamento; solamente La Guajira no cuenta personal ocupado en esas tres áreas.

Gráfico 5

Personal ocupado en las áreas de diseño, ingeniería, y calidad, pruebas y ensayos, por departamentos (2004)



Fuente: DANE - DNP - COLCIENCIAS. EDIT, 2005. Cálculos del autor.

4. Infraestructura soporte para la innovación (ISI.)

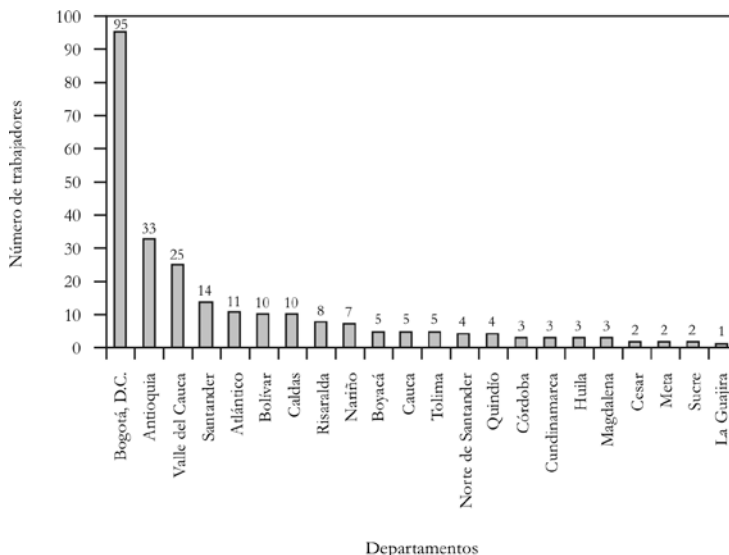
De acuerdo con la Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, la infraestructura de soporte para la innovación es el conjunto de entidades de muy diversa utilidad concebidas para facilitar la actividad innovadora de las empresas, proporcionándoles medios materiales y humanos para su I&D, –tanto propios como de terceros–, expertos de tecnología, soluciones a problemas técnicos, y de gestión, así como información y toda una gran variedad de servicios de naturaleza tecnológica (Martínez, 2002: 23).

Para construir esta variable se tomó la clasificación de entidades colombianas que realizan o financian actividades de ciencia, tecnología e innovación enlistadas en el anexo 3 de la consultoría desarrollada por Mónica Salazar para el Ministerio de Hacienda y Crédito Público denominada: *Estudio para el diseño de una metodología para el cálculo de gasto público en ciencia, tecnología e innovación*.

De esa forma, la variable ISI_j contiene el número de centros de desarrollo tecnológico, centros de productividad, incubadoras de empresas, parques tecnológicos, organismos públicos de investigación, universidades públicas y privadas por departamento. Se espera que la existencia de un mayor número de este tipo de entidades produzca un efecto

Gráfico 6

Infraestructura soporte para la innovación por departamento



Fuente: DNP. Cálculos del autor.

positivo sobre la innovación. Los datos obtenidos muestran que el 60% de la ISI se localiza en tres departamentos: Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca (gráfico 6).

5. Número de grupos de investigación (NGI.)

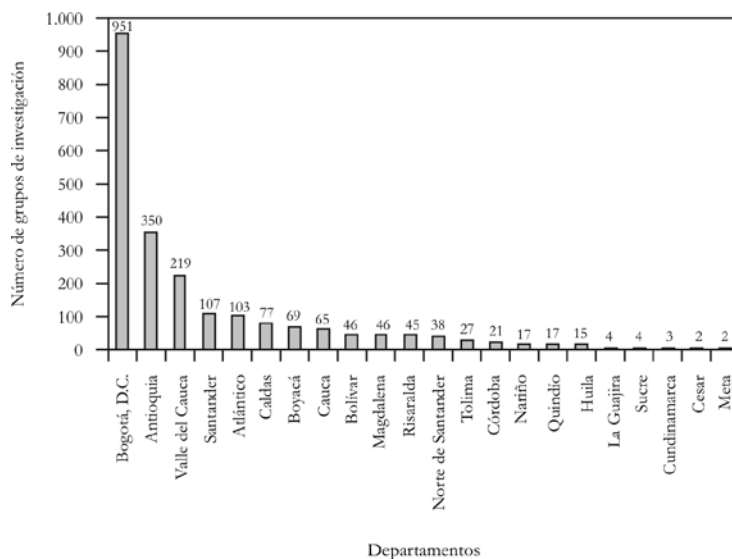
El número de grupos de investigación es un indicador diseñado para evaluar la capacidad del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCYT) para asimilar, transformar, desarrollar, usar, generar y distribuir conocimientos (OCYT, 2006: 61). En tal sentido, en la medida en que los investigadores en forma colectiva logren una verdadera articulación a través del SNCyT habrá una mayor oferta de conocimientos disponible para las empresas y mayor probabilidad de obtener innovaciones.

Esta variable ha sido construida por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) a partir del número de grupos de investigación activos registrados en Grupo Latinoamérica y el Caribe (GrupLAC)³⁰. De los 2.253 grupos de investigación

³⁰ El GrupLAC es un *software* originalmente desarrollado por el Grupo Stela de la Universidad Federal de Santa Catarina y modificado por el Grupo Académico CT&S-UN de la Universidad Nacional de Colombia; contiene información sobre los grupos de investigación, instituciones e investigadores, que participan activamente en el desarrollo de nuevas estrategias en el ámbito de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Ver <http://pamplonita.colciencias.gov.co:8081/scienti/jsp/gruplac.jsp>.

Gráfico 7

Número de grupos de investigación, por departamentos, 2002



Fuente: OCyT. *Indicadores de Ciencia y Tecnología, Colombia 2005*. Cálculos del autor.

activos en enero de 2005, 2.228 se encuentran en los 22 departamentos sobre los cuales se realiza este trabajo y 1.520 se localizan, principalmente, en tres departamentos: Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca.

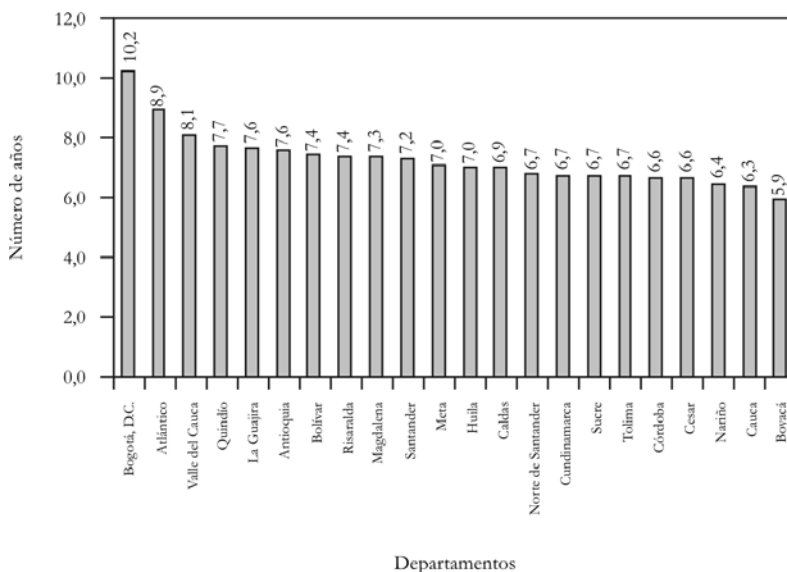
6. Años promedio de educación de la población (APEP_j)

De acuerdo con Sarmiento, Cifuentes y Becker (2004: 31) –los años promedio de educación muestran el efecto acumulado de formación en el país y son una medida de la capacidad competitiva de las regiones–. La importancia de variable, en relación con la innovación, está en que la transferencia de tecnología impone cada vez más la demanda de personal con un mínimo de educación de secundaria. En tal sentido, contar con una población con mayor número de años promedio de educación debe generar un efecto positivo sobre la obtención de innovaciones.

La variable APEP_j corresponde al promedio de años de educación, contados los años de educación superior. Como se observa en el gráfico 8, Bogotá cuenta con el mayor número de años educación promedio seguida de cerca por Atlántico y Valle del Cauca. Los otros 19 departamentos se encuentran en el rango 6 a 8 años de educación; ello indica que no hay mayor diferencia entre esos departamentos.

Gráfico 8

Años promedio de educación, por departamentos, 2004



Fuente: MEN. Cálculos del autor.

7. Índice de especialización de Krugman (IEK.)

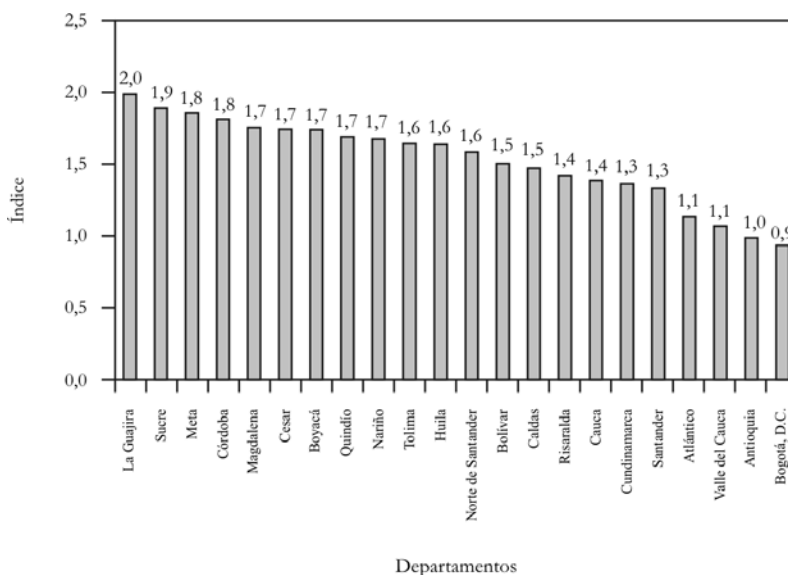
El índice de especialización de Krugman analiza las diferencias entre las estructuras económicas de los departamentos. Este indicador se define como sigue:

$$IEK = \sum |K_{ij} - K * ij| \quad (4)$$

Donde K_{ij} es la participación de la industria i en el total de la producción industrial del departamento j . $Y K_{ij}^*$ es la participación de la misma industria i en la producción total del resto del resto de los departamentos.

Si IEK es cercano o igual a dos, implica la existencia de una especialización del departamento en ciertas industrias. Si IEK es cercano o igual a cero, implica que no existe una especialización del departamento en ciertas industrias. Dado que aquí el interés radica en evaluar las economías de urbanización, se asumirá que un IEK cercano a cero aumenta la probabilidad de obtener innovaciones en un departamento. Por lo tanto, en departamentos donde existe una amplia especialización de sectorial —como La Guajira, Sucre, Meta y Córdoba—, la probabilidad de obtener innovaciones es menor.

Gráfico 9
Índice de especialización de Krugman, por departamentos



Fuente: DANE - EAM. Cálculos del autor.

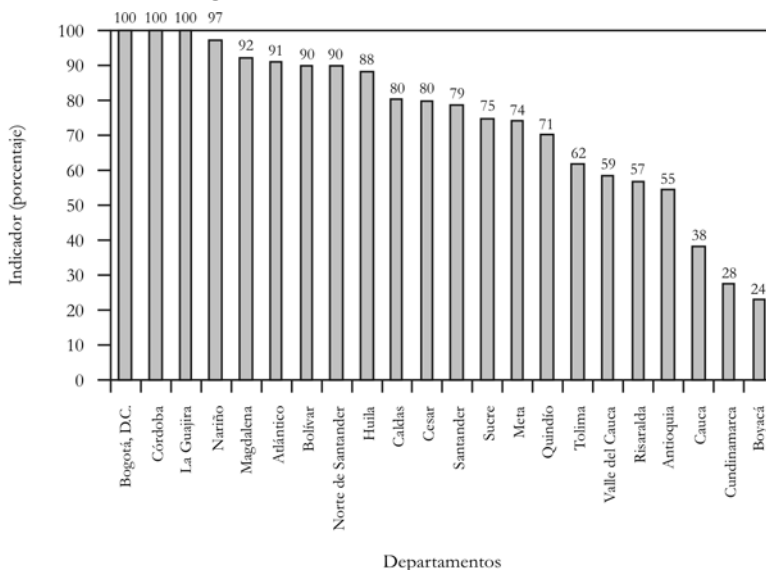
8. Indicador de aglomeración empresarial (IAE.)

El indicador de aglomeración empresarial mide el número de empresas ubicadas en las capitales de los departamentos frente al total de empresas por departamento. Como se expuso, la teoría de la aglomeración afirma que la concentración de empresas en una unidad geográfica determinada crea externalidades que benefician a todas las empresas. Así pues, en el gráfico 10 se puede observar que solamente tres departamentos tienen menos del 50% de sus empresas en la ciudad capital; ellos son: Cauca, Cundinamarca³¹ y Boyacá. Ese resultado señala que en la mayoría de los departamentos del país se presenta una considerable concentración de empresas que probablemente favorece la obtención de innovaciones.

³¹ Para Cundinamarca se eligió a Soacha como ciudad capital por ser la que contaba con el mayor porcentaje de empresas.

Gráfico 10

Indicador de aglomeración empresarial por departamento



Fuente: DANE - EAM. Cálculos del autor.

VI. | Resultados empíricos

El modelo econométrico de la ecuación (2) fue estimado mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios, utilizando una metodología de estimación secuencial, motivo por el cual se presentan cinco modelos; el primero evalúa las capacidades propias de la empresa para generar innovaciones; los dos siguientes evalúan el papel de los factores externos a las empresas pero que son específicos a los departamentos; y los dos últimos, evalúan el efecto de los indicadores de economías de aglomeración.

El primer modelo introduce solamente las variables del vector X_{ij} y la variable de control (columna 1); recoge la hipótesis lineal y resulta así un punto de partida óptimo. La variable de control tiene el signo esperado, ello significa que un mayor nivel de ventas de la industria i en el departamento j aumenta la probabilidad de obtener innovaciones.

Las cinco variables de X_{ij} presentan coeficientes positivos y son significativas, de éstas la que mayor incidencia tiene es el personal ocupado en I&D. Así, un incremento del 1% en el personal ocupado en I&D, si se supone que las otras variables no cambian, incrementará el número de innovaciones en el 0,17%. Se observa que el personal ocupado en las áreas de diseño, ingeniería y calidad tienen un mayor efecto que los gastos realizados por las empresas en I&D, TIC y en transferencia o adquisición de tecnología, aunque ninguna de estas variables tiene un efecto importante.

El segundo modelo introduce las variables del vector W_j . Al observar los coeficientes estimados, es evidente que la variable infraestructura soporte para innovación tiene un signo contrario al esperado. La variable número de grupos de investigación tiene el signo esperado pero no es significativa, por lo que esta variable tampoco explica la innovación. La variable años promedio de educación tiene el signo esperado y es significativa, por ello, un aumento del 1% en el promedio de años de una región, aumentará el número de innovaciones en el 0,92%, un efecto prácticamente proporcional.

Estos resultados indican –en contraposición con los estudios realizados en Estados Unidos por Jaffe (1989), Feldman y Florida (1994), Audretsch y Felmand (1996) y Anselin et ál. (1997)–, que las diferencias en cuanto a infraestructura tecnológica entre departamentos no tienen efectos sobre la obtención de innovaciones. No obstante, se debe notar que el capital humano resultó ser un factor que crea diferencias en la obtención de innovaciones entre los departamentos.

Cuadro 6
Resultados de la estimación econométrica

Variable dependiente: innovaciones de producto y proceso					
Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Ventas industriales (VIND _{ij})	0,10 (0,000)*	0,10 (0,000)*	0,10 (0,000)*	0,10 (0,000)*	0,10 (0,001)*
Gasto en interno en I&D (GAID _{ij})	0,03 (0,000)*	0,02 (0,006)*	0,02 (0,006)*	0,02 (0,001)*	0,02 (0,001)*
Gasto en transferencia o adquisición de tecnología (GATT _{ij})	0,04 (0,000)*	0,04 (0,000)*	0,04 (0,000)*	0,04 (0,000)*	0,04 (0,000)*
Gasto en tecnologías de la información y la comunicación (GATICS _{ij})	0,04 (0,000)*	0,03 (0,000)*	0,03 (0,000)*	0,03 (0,000)*	0,03 (0,000)*
Personal ocupado en I&D (POID _{ij})	0,17 (0,000)*	0,16 (0,000)*	0,16 (0,000)*	0,16 (0,000)*	0,16 (0,000)*
Personal ocupado en diseño, ingeniería y calidad (PODIC _{ij})	0,08 (0,003)*	0,07 (0,011)*	0,07 (0,011)*	0,07 (0,012)*	0,07 (0,011)*

Cuadro 6 (continuación)
Resultados de la estimación econométrica

Variable dependiente: innovaciones de producto y proceso					
Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Infraestructura soporte para la innovación (ISL _i)	-0-	-0,02 (0,725)*	-0-	-0-	-0-
Número de grupos de investigación (NGL _i)	-0-	0,02 (0,630)*	-0-	-0-	-0-
Años promedios de educación (APE _i)	-0-	0,92 (0,001)*	0,93 (0,000)*	0,18 (0,612)*	-0-
Índice de especialización de Krugman (IEK _i)	-0-	-0-	-0-	0,39 (0,59)*	-0,47 (0,000)*
Indicador de aglomeración empresarial (IAE _i)	-0-	-0-	-0-	0,21 (0,023)*	0,24 (0,000)*
Constante	0,38 (0,080)*	-1,33 (0,013)*	1,30 (0,001)	0,36 (0,659)*	0,76 (0,001)*
Número de observaciones	990	990	990	990	990
Prob >F =	0	0	0	0	0
R-cuadrado =	0,5162	0,5308	0,5307	0,5334	0,5333
Criterio de Información de Akaike (AIC)	2.234,2	2.209,9	2.206,187	2.204,4	2.202,6

* Coeficientes y nivel de significancia al 95%.

El tercer modelo contiene las variables del vector X_{ij} y la variable años promedio de educación. De acuerdo con el criterio de información de Akaike (AIC), este modelo tiene un mayor poder explicativo con respecto al modelo 1. Además, el valor de los coeficientes de las variables gasto interno en I&D, gasto en transferencia o adquisición de tecnología, gasto en tecnologías de la información y la comunicación, personal ocupado en I&D y personal ocupado en diseño, ingeniería y calidad, no muestran ningún cambio.

El cuarto modelo introduce las variables del vector Z_j . La inclusión de las variables índice de especialización de Krugman e indicador de aglomeración empresarial hace que la variable años promedio de educación no sea significativa. El coeficiente obtenido para la variable índice de especialización de Krugman tiene signo negativo, ello indica que estructuras productivas en las cuales no existe un amplio número de sectores afectan negativamente la innovación. El signo del coeficiente de la variable indicador de aglomeración empresarial es positivo, ello significa que los departamentos donde un amplio porcentaje de las empresas se ubican en la ciudad capital tienen un mayor número de innovaciones.

Los resultados arrojados por el cuarto modelo establecen dos aspectos de la innovación a escala regional. El primero es la existencia de economías de aglomeración es más importante para la innovación que la educación, esto se debe a que la aglomeración permite los desbordamientos de conocimiento, lo que, a su vez, mejora la capacidad para innovar de las empresas.

El segundo, que las economías de urbanización tienen un efecto positivo y significativo sobre la innovación. Este resultado provoca importantes consecuencias en términos de las políticas dirigidas hacia la innovación, debido a que las orientadas a desarrollar sectores especializados en una región geográfica tendrán poco efecto sobre la capacidad para innovar, en tanto que políticas orientadas a identificar y fortalecer las complementariedades entre las empresas suscitarán un mayor efecto en la capacidad para innovar.

El quinto modelo recoge las variables que fueron significativas en los precedentes modelos. Al realizar la estimación se observa como los coeficientes de las variables del modelo 1 no cambian de manera importante y continúan siendo significativas. Una situación similar se observa con las variables de las economías de aglomeración. Adicionalmente, el criterio AIC presenta el menor valor entre los modelos estimados, ello indica que este último modelo posee el mayor poder explicativo. Al realizar la prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad de los residuos de este mismo modelo, se obtuvo un *p-valor* mayor que 0,05, por lo cual no es posible rechazar la hipótesis nula de que los residuos se distribuyen normalmente.

Cuadro 7
Prueba de normalidad: Shapiro-Wilk

Conceptos	Valores
Variable	Residuos
Observaciones	990
W	0,99735
V	1,659
Z	1,253
Prob>z	0,10504

El modelo 5, que es una primera aproximación al análisis de la relación entre localización geográfica e innovación, permite establecer cuatro importantes conclusiones: (1) que existe una relación positiva entre aglomeración e innovación; (2) que las economías de aglomeración a escala regional tienen mayor importancia en la obtención de innovaciones que la educación gracias a los desbordamientos de conocimiento; (3) que también a escala regional las complementariedades entre empresas de diferentes sectores –economías de urbanización– son más importantes que las relaciones especializadas entre un grupo específico de empresas –economías de localización–. y (4) que para la obtención de innovaciones las economías de aglomeración, al igual que el personal ocupado en I&D, juegan un papel fundamental.

VII. | Conclusiones y futuras investigaciones

En este artículo se ha planteado como materia de estudio la relación entre localización geográfica e innovación. De acuerdo con lo expuesto en la segunda sección, este tema no ha sido estudiado en Colombia debido a que la investigación sobre la innovación se ha centrado principalmente en evaluar los efectos de las características de la empresa –tamaño, estructura legal de la propiedad– y del sector en la actividad innovadora. Igualmente, se planteó que el análisis de la innovación a escala regional se ha enmarcado en la relación de las empresas con los agentes regionales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología o del Sistema Nacional de Innovación. No obstante, un resultado de gran importancia es el de la observación empírica de que la innovación se concentra en ciertas regiones del país.

A su vez, la revisión de la literatura de la teoría de la aglomeración permitió comprender que el costo de intercambiar conocimiento –experiencia y tecnología– varía

con la distancia geográfica, razón por la cual la aglomeración geográfica favorece los desbordamientos de conocimiento.

Con el objetivo de evaluar las anteriores conclusiones se planteó un modelo basado en la función de producción de conocimientos de Griliches - Jaffe, en el cual se considera la innovación como función de tres clases de factores: capacidades propias de la empresa, infraestructura tecnológica y economías de aglomeración. Para la evaluación de este modelo fue necesario construir una *proxie* de la innovación a partir de la información contenida en el capítulo III de la EDIT; su análisis empírico mostró que existe una alta concentración de la innovación en la zona central del país.

La estimación econométrica de este modelo permitió concluir que: (1) las diferencias entre departamento en cuanto a infraestructura tecnológica no afectan la obtención de innovaciones; (2) existe una relación positiva entre aglomeración e innovación; (3) las economías de aglomeración a escala regional tienen mayor importancia en la obtención de innovaciones que la educación, gracias a los desbordamientos de conocimiento; (4) cuando no se toma en cuenta el efecto de las economías de aglomeración, la educación es un insumo que crea diferencias entre los departamentos en la obtención de innovaciones; (5) para la obtención de innovaciones las economías de aglomeración al igual que el personal ocupado en I&D, juegan un papel fundamental; y (6) en el ámbito regional las complementariedades entre empresas de diferentes sectores –economías de urbanización– son más importantes que las relaciones especializadas entre un grupo específico de empresas –economías de localización–. Esta última conclusión tiene importantes consecuencias en términos de las políticas dirigidas hacia la innovación, debido a que las orientadas a desarrollar sectores especializados no contribuirían al aumento de la capacidad para innovar de las regiones.

Debido a que este artículo contiene la primera aproximación al estudio de la relación entre localización e innovación, futuros desarrollos de éste deben considerar aspectos relacionados con: (1) la definición de ciudad como unidad geográfica; (2) la construcción de un amplio número de variables e indicadores que midan los desbordamientos de conocimiento y las externalidades que proveen las economías de aglomeración; (3) el uso de técnicas econométricas alternativas, como por ejemplo el modelo de Poisson y el uso de econometría espacial.

Bibliografía

Alvarado, A. (2000, septiembre) *Dinámica de la estrategia de innovación: el caso de Colombia*. En: Coyuntura Económica Vol. XXX, Núm. 3. Bogotá, D.C.: Fedesarrollo.

Audretsch, D. y Feldman, M. (1996) *R&D spillovers and the geography of innovation and production*. The American Economic Review, Volumen 86 Num. 3. Nashville (Tennessee): American Economic Association.

Asheim, B. y Gertler, M. S. (2005) "The geography of innovation: Regional innovation systems". En: Fagerberg, J.; Mowery, D. y Nelson, R. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.

Baumert, T.; y Heijs J. (2002) *Los determinantes de la capacidad innovadora regional: Una aproximación econométrica al caso español. Recopilación de estudios y primeros resultados*. Documento de Trabajo Núm. 33. Madrid: Universidad Complutense - Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

Dalh, M. S. (2001) *What is the essence of geographic clustering?* Trabajo preparado para la DRUID Nelson and Winter Conference.

Departamento Nacional de Planeación. (1997) *Panorama de la innovación tecnológica en Colombia*. Bogotá, D.C.: DNP - División de Desarrollo Tecnológico.

Departamento Nacional de Planeación; Departamento Administrativo Nacional de Estadística y COLCIENCIAS (2005, marzo) *Manual de Diligenciamiento. Segunda Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica 2005* (mimeo). Bogotá, D.C.: DNP - DANE - COLCIENCIAS.

Departamento Nacional de Planeación; Departamento Administrativo Nacional de Estadística y COLCIENCIAS (2006) *Innovación y Desarrollo Tecnológico en la Industria Manufacturera en Colombia, 2003-2004*. Bogota, D.C.: . DNP - DANE - COLCIENCIAS.

Dosi, G.; et ál. (Editores) (1988) *Technical change and economic theory*. (S.I.): Pinter Publishers Limited.

Durán, X. et ál. (1998, enero - marzo). *La innovación tecnológica en Colombia. Características por tamaño y tipo de empresa*. En: Revista Planeación y Desarrollo Vol. XXIX, Núm. 1. Bogotá, D.C.: Departamento Nacional de Planeación.

Durán, X. et, ál. (2000) *La innovación tecnológica en Colombia. Características por sector industrial y región geográfica*. Bogotá, D.C.: DNP - COLCIENCIAS - OCYT.

- Elster, J. (2000) *El cambio tecnológico. Investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social*. Barcelona (España): Editorial GEDISA.
- Eng, I. (1999) *Agglomeration and the local state: The tobacco economy of Yunnan, China*. En: New Series Vol. 24, Núm. 3. Londres: Transactions of the Institute of British Geographers.
- Fagerberg, J. (2005) "Innovation: A guide to the literature". En: Fagerberg, J.; Mowery, D. y Nelson, R. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Feldman, M. (2000) "Location and innovation: The new economic geography of innovation, spillovers, and agglomeration". En: Clark, G.; Feldman, M. y Gertler, M. *The Oxford Handbook of Economic Geography*. Oxford: Oxford University Press.
- Feldman, M.; Florida, R. (1994) *The geographic sources of innovations: technological infrastructure and product innovation in the United States*. En: Annals Vol. 84, Núm. 2. Washington, D.C.: Association of American Geographers.
- Freeman, C. (1994) *The economics of technical change*. En: Cambridge Journal of Economics, Vol. 18, Núm. 5. Oxford: Oxford University Press.
- Fujita, M.; Krugman, P. y Venables, A. (2001) *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*. Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
- Griliches, Z. (1990, December) *Patent statistics as economic indicators: A survey*. Journal of Economic Literature, Vol. XXVIII. Nashville (Tennessee): American Economic Association.
- Harrison, B.; Kelley, M. y Gant, J. (1996) *Innovative firm behavior and local milieu: exploring the intersection of agglomeration, firms effects, and technological change*. En: Economic Geography, Vol. 72, Núm. 3. Worcester (Massachusetts): Clark University.
- Hernández, I. (2002) *Institutions and innovation in the manufacturing industry of Colombia*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Hulten, C. R., (2000) *Total factor productivity: short biography*. En: Working Papers núm. 7471. Washington, D.C.: NBER.
- Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual - Banco Interamericano de Desarrollo (2004). *Normativa sobre Propiedad Intelectual*. Quito: IEPI.
- Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M. (2001) *Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe. Manual de Bogotá*. Bogotá, D.C.: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología –Iberoamericana e Interamericana– (RICYT) - Organización

de Estados Americanos (OEA) Programa CyTED - -COLCIENCIAS - Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).

Kline J. y Rosenberg, N. (1986) "An Overview of Innovation". En: Landau, R.; Rosenberg, N. (editores) *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: The National Academies Press.

Malaver, F. y Vargas, M. y Zerda, Á. (editores) (2003) *La innovación tecnológica en la industria colombiana: un estudio en dos cadenas industriales*. Bogotá, D.C.: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Malaver, F. y Vargas, M. (2006) *Capacidades tecnológicas, innovación y competitividad de la industria de Bogotá y Cundinamarca. Resultados de una encuesta de innovación*. Bogotá, D.C.: Cámara de Comercio de Bogotá - Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Martínez, M. (2002) *Recursos y resultados de los sistemas de innovación: elaboración de una tipología de sistemas regionales de innovación en España*. En: Documento de Trabajo Núm. 34. Madrid: Instituto de Análisis Industrial y Financiero de la Universidad Complutense.

Malmberg, A.; Solvell, O. y Zander, I. (1996) *Spatial clustering, Local Accumulation of Knowledge and firm competitiveness*. En: Geografiska Annaler. Series B, Human Geography, Vol. 78, Núm. 2. Estocolmo: Swedish Society for Anthropology and Geography (SSAG).

Moncayo, E. (2002) *Nuevos enfoques teóricos, evolución de las políticas regionales e impacto territorial de la globalización*. En: Serie Gestión Pública Núm. 27. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).

Nelson, R. y Winter, S. (2000) *En busca de una teoría útil de la innovación*. En: Cuadernos de Economía Vol. XIX, Núm. 32. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2006). *Indicadores de Ciencia y Tecnología, Colombia 2005*. Bogotá, D.C.: OCYT.

OCDE. (2003). *Manual de Frascati 2002. Medición de las actividades científicas y tecnológicas. Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo - EUROSTAT (2005). *Oslo Manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data* Third edition. Paris: OCDE - EUROSTAT.

Paci, R. y Usai, S. (1999, diciembre) *Externalities, knowledge spillovers and the spatial distribution of innovation*. En: GeoJournal Vol. 49, Núm. 4, pp. 381-390. (S.I.): Springer Netherlands.

- Phelps, N. A. (1992) *External economies, agglomeration and flexible accumulation*. En: New Series Vol. 17, Núm. 1. Londres: Transactions of the Institute of British Geographers.
- Porter, M. (2000) *Locations, clusters, and company strategy*. En: Clark, G.; Feldman, M. y Gertler, M. *The Oxford Handbook of Economic Geography*. Oxford: Oxford University Press.
- Prescott, E. C. (1997, December). *Needed: A Theory of Total Factor Productivity*. En: Research Department Staff Report 242. Minneapolis (Minnesota): Federal Reserve Bank of Minneapolis and University of Minnesota.
- Romer, P.M. (1990) “*Endogenous Technological Change*”. En: The Journal of Political Economy Vol. 98, Núm. 5, Part 2: The Problem of Development: A Conference of the Institute for the Study of Free Enterprise Systems, pp. S71-S102.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ruttan, V. (1959) “Usher y Schumpeter en la invención, la innovación y el cambio tecnológico”. En: Rosenberg, N. (1979). *Economía del cambio tecnológico*. (S.l.): Fondo de Cultura Económica.
- Sachs, J. D. y McArthur, J. W. (2001) *Institutions and Geography: Comment on Acemoglu, Johnson and Robinson (2000)*. Working Paper 8114. Washington, D.C.: National Bureau of Economic Research.
- Sarmiento G. A.; Cifuentes N., A. y Becker, Al. (Editores). (2004). *Las regiones colombianas frente a los objetivos del milenio*. Bogotá, D.C.: DNP - PNUD - Agencia Colombiana de Cooperación Internacional - Federación Colombiana de Municipios - Cooperación Técnica Alemana GTZ.
- Shaver, J. M. y Flyer, F. (2000) *Agglomeration economies, firm heterogeneity, and foreign direct investment in the United States*. En: Strategic Management Journal, Vol. 21, Núm. 12. (S.l.): (s.e.).
- Shepard, E. (2000) *Geography or economics? Conceptions of space, time, interdependence, and agency*. En: Clark, G.; Feldman, M. y Gertler, M. *The Oxford Handbook of Economic Geography*. Oxford: Oxford University Press.
- Schumpeter, J. (1928) “La inestabilidad del capitalismo. En: Rosenberg, N. (1979). *Economía del cambio tecnológico*. (S.l.): Fondo de Cultura Económica.
- Tushman, M. y Nelson, R. (1990) *Introduction: technology, organizations, and innovations*. En: Administrative Science Quarterly, Vol. 35, Núm. 1. Ithaca (New York): The Johnson School at Cornell University.