

THE STRUCTURE OF INVESTMENT FOR TECHNOLOGICAL INNOVATION AND DEVELOPMENT ACTIVITIES IN THE COLOMBIAN MANUFACTURING INDUSTRY

ABSTRACT: The National Department of Statistics of Colombia (DANE for Departamento Administrativo Nacional de Estadística) published at 2010 the aggregated results for the Third Survey of Development and Technological Innovation in the Manufacture Industry-EDIT III, carried in 2007 for the years 2005 and 2006. It is presented a positional analysis supported in Social Network Analysis techniques for exploring the structure of Colombian manufacture industry system using the investment that firms, grouped in 61 industrial sectors as defined in the International Standard Industrial Classification of all Economic Activities-ISC Rev.3, made in innovation activities. For this purpose, the total amount of the investment made by the industrial sectors in innovation activities was mapped onto a relational representation that can be visualized in graphs. Global and local quantitative measurements defined in Social Network Analysis as centrality, structural equivalence and center/periphery were made and relational patterns associated with the strategies for innovating carried on by the companies of the industrial sectors were identified. The main results are the position of innovation and technological activities in the system and evidence of changes in the investment patterns between 2005 and 2006.

KEYWORDS: Innovation, manufacturing industry, social network analysis, structure.

STRUCTURE DE L'INVESTISSEMENT DE L'INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE COLOMBIENNE DANS LES ACTIVITÉS D'INNOVATION ET DE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE

RÉSUMÉ : Le Département Administratif National de Statistique de Colombie (DANE) a publié en 2010 les résultats agrégés de la troisième enquête de développement et d'innovation technologique de l'industrie manufacturière (EDIT III) effectuée en 2007 pour les années 2005 et 2006. Dans ce travail nous présentons une analyse positionnelle qui s'appuie sur l'Analyse de Réseaux Sociaux pour explorer la structure du système industriel manufacturier de Colombie selon l'investissement de leurs secteurs entrepreneuriaux dans des activités d'innovation et de développement technologique. Pour cela nous construisons une représentation relationnelle de l'investissement des 61 secteurs entrepreneuriaux de l'industrie manufacturière du pays, regroupés selon la Classification Internationale Industrielle Unifiée (CIIU Rev. 3) dans les dix activités d'innovation et de développement technologique définies dans l'EDIT III. Cette représentation permet de visualiser le système grâce à des graphiques et d'identifier des modèles relationnels qui montrent les stratégies suivies par les entreprises regroupées en secteurs industriels et d'appliquer des mesures de structure définies dans l'Analyse de Réseaux Sociaux, en appliquant celles de centralité, équivalence structurelle et centre/périphérie. Le principal résultat est la position de chaque activité d'innovation et de développement technologique dans le système et plusieurs exemples de changements dans les modèles d'investissement entre les années 2005 et 2006.

MOTS-CLÉS : Innovation, industrie manufacturière, analyse de réseaux sociaux, structure.

ESTRUTURA DO INVESTIMENTO DA INDÚSTRIA MANUFATUREIRA COLOMBIANA EM ATIVIDADES DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

RESUMO: O Departamento Administrativo Nacional de Estatística da Colômbia (DANE) publicou, no ano de 2010, os resultados agregados da terceira pesquisa de desenvolvimento e inovação tecnológica na indústria manufatureira (EDIT III) realizada em 2007 para os anos 2005 e 2006. Neste trabalho, é apresentada uma análise posicional suportada na análise de redes sociais para explorar a estrutura do sistema industrial manufatureiro da Colômbia, segundo o investimento dos seus setores empresariais em atividades de inovação e desenvolvimento tecnológico. Para isso, é construída uma representação relacional do investimento dos 61 setores empresariais da indústria manufatureira do país, agrupados segundo a classificação internacional industrial unificada (CIIU Rev. 3) nas dez atividades de inovação e desenvolvimento tecnológico definidas na EDIT III. Esta representação permite visualizar o sistema em função de grafos e identificar padrões relacionais que expressam as estratégias seguidas pelas empresas agrupadas em setores industriais e realizar medidas de estrutura definidas na análise de redes sociais, das quais são aplicadas as de centralidade, equivalência estrutural e centro/periferia. O principal resultado é a posição de cada atividade de inovação e desenvolvimento tecnológico no sistema e algumas evidências sobre mudanças nos padrões de investimento entre os anos 2005 e 2006.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação, indústria manufatureira, análise de redes sociais, estrutura.

CORRESPONDENCIA: Jorge Enrique Mejía; Carrera 5 No. 21-38, Facultad de Ingeniería. Universidad Central, Bogotá; Carrera 30 No. 45-03, Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

CITACIÓN: Hurtado, R. G. & Mejía, J. E. (2014). Estructura de la inversión de la industria manufacturera colombiana en actividades de innovación y desarrollo tecnológico. *Innovar*, vol. 24, Edición Especial 2014, 33-40.

CLASIFICACIÓN JEL: D85; O32; O54.

RECIBIDO: Enero de 2012, **APROBADO:** Agosto de 2013.

Estructura de la inversión de la industria manufacturera colombiana en actividades de innovación y desarrollo tecnológico

Rafael Germán Hurtado

Ph. D. en Física Nuclear y Subnuclear (Universidad de Perugia, Italia). Profesor asistente, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia.
Correo electrónico: rghurtadoh@unal.edu.co

Jorge Enrique Mejía

Estudiante Doctorado Ingeniería (Universidad Javeriana). Profesor tiempo completo, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central, Bogotá (Colombia).
Correo electrónico: jmejiaq@javeriana.edu.co

RESUMEN: El Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE) publicó en el año 2010 los resultados agregados de la Tercera Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera (EDIT III) realizada en 2007 para los años 2005 y 2006. En este trabajo se presenta un análisis posicional soportado en el Análisis de Redes Sociales, para explorar la estructura del sistema industrial manufacturero de Colombia, según la inversión de sus sectores empresariales en actividades de innovación y desarrollo tecnológico. Para ello se construye una representación relacional de la inversión de los 61 sectores empresariales de la industria manufacturera del país, agrupados según la Clasificación Internacional Industrial Unificada (CIIU Rev. 3) en las diez actividades de innovación y desarrollo tecnológico definidas en la EDIT III. Esta representación permite visualizar el sistema en función de grafos e identificar patrones relacionales que expresan las estrategias seguidas por las empresas agrupadas en sectores industriales y realizar medidas de estructura definidas en el Análisis de Redes Sociales, de las cuales se aplican las de centralidad, equivalencia estructural y centro/periferia. El principal resultado es la posición de cada actividad de innovación y desarrollo tecnológico en el sistema y algunas evidencias sobre cambios en los patrones de inversión entre los años 2005 y 2006.

PALABRAS CLAVE: innovación, industria manufacturera, análisis de redes sociales, estructura.

Introducción

En este trabajo se presenta un análisis posicional, soportado en el Análisis de Redes Sociales (ARS), para explorar la estructura del sistema industrial manufacturero de Colombia, según la inversión que realizan sus distintos sectores empresariales en actividades de innovación y desarrollo tecnológico. Se parte de la definición de innovación como la introducción de una novedad o mejora significativa de un producto, proceso, método de comercialización o forma de organización en las prácticas internas de la empresa (OCDE, 2006), la cual emerge en redes sociales que la empresa construye y que incluyen tanto elementos humanos como no humanos y sus múltiples relaciones (Callon, 1991; Etkowitz y Leydesdorff, 2000; Leydesdorff y Meyer, 2003; Lundvall, 1985, 1988).

En Colombia el DANE, apoyado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Departamento Nacional de Ciencia y Tecnología (Colciencias), produce de manera periódica información sobre la innovación en la industria manufacturera. El DANE publicó en 2007 los resultados de la EDIT III para los años 2005 y 2006 (DANE, 2010a). Esta encuesta se aplicó a 6.080 de las 6.957 empresas del directorio de la Encuesta Anual Manufacturera e incluye variables sobre las inversiones que realizan las empresas en actividades de innovación y desarrollo tecnológico.

Para este estudio se tomaron los datos de la EDIT III (DANE, 2010d), y con el fin de identificar patrones de estructura asociados a las estrategias seguidas por las empresas para realizar sus propósitos de innovación, se construyó una representación relacional de la información sobre la inversión de las empresas, agrupadas en sectores empresariales según la CIU Rev. 3 en actividades de innovación y desarrollo tecnológico. Como método, para construir esta representación relacional se utilizaron herramientas analíticas y conceptuales del ARS. Los resultados incluyen medidas de centralidad y de equivalencia estructural utilizadas por lo general en análisis posicional (Brandes y Erlebach, 2005; Wasserman y Faust, 1994).

Vale la pena señalar que este tipo de análisis de estructura es en esencia distinto de los análisis de frecuencia y los complementa (Freeman, 2004; Wasserman y Faust, 1994). Por último, el alcance de este trabajo presenta evidencia empírica sobre la estructura del sistema industrial manufacturero de Colombia, según la inversión que realizan en actividades de innovación y desarrollo tecnológico las empresas agrupadas en sectores empresariales. Esta evidencia se puede utilizar tanto para tomar decisiones como para realizar estudios enmarcados en vertientes teóricas específicas, como puede ser la sociología del conocimiento, o en economía.

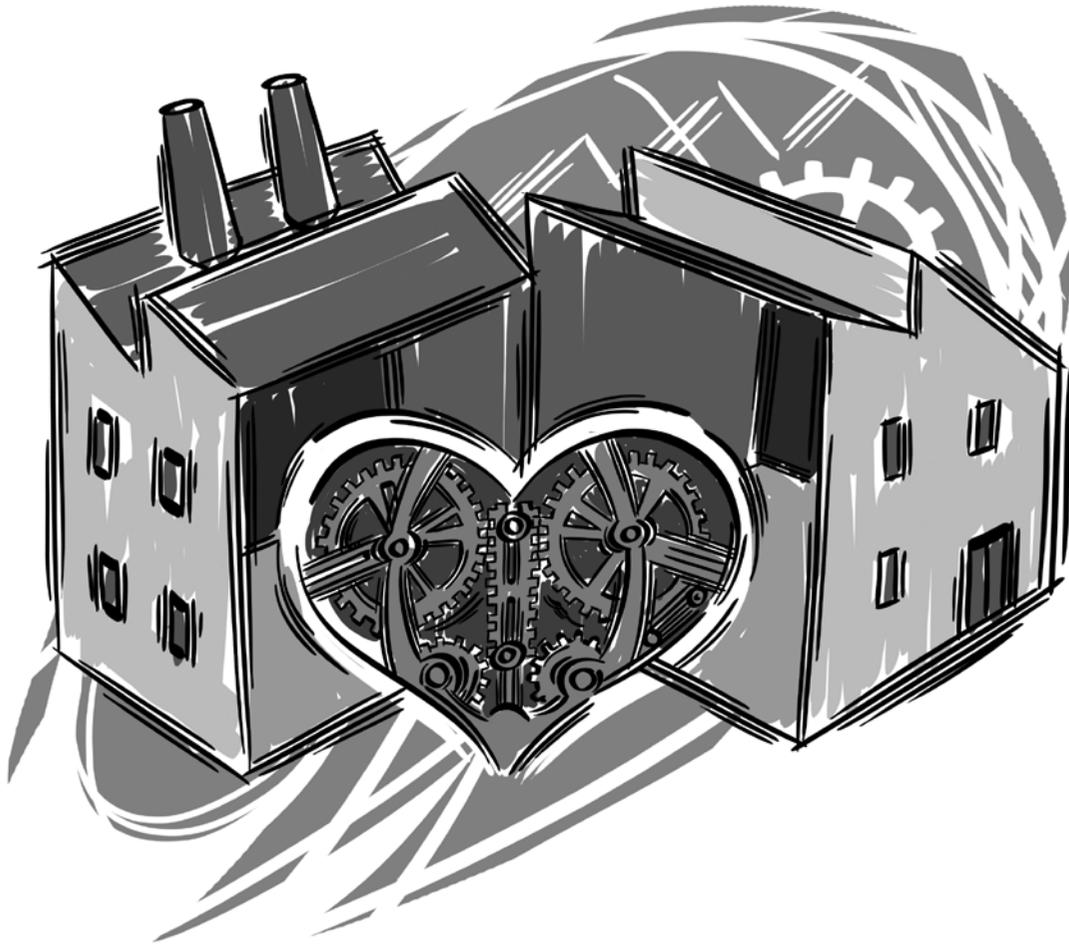
Marco teórico

La noción de red es un concepto central en la definición de los sistemas que involucran procesos de innovación (Callon, 2001; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Leydesdorff y Meyer, 2003; Lundvall, 1985, 1988). Esta noción abarca desde la organización en la empresa y sus interacciones con el entorno hasta los sistemas nacionales de innovación caracterizados por la diversidad y la complejidad de sus elementos, relaciones y patrones de estructura. Permite entender la innovación como una emergencia de la red social, producto de múltiples interacciones que portan lo que fluye en la red. Diversos marcos teóricos y modelos definen interacciones y flujos en la red para describir los

procesos de innovación; un ejemplo son las redes tecnológicas irreversibles (Callon, 2001) en el marco de la teoría del actor red, en las cuales fluye recurso humano, conocimiento codificado, dispositivos tecnológicos y dinero entre los polos científico y tecnológico. En estos marcos teóricos, la inversión expresa flujos de recursos en la red y, según el modelo de análisis, puede relacionarse con los propósitos, estrategias y aspectos organizativos, tecnológicos o de la producción. En este trabajo se toma la inversión que realizan los sectores empresariales en actividades de innovación y desarrollo tecnológico, como la variable para sondear la estructura del sistema industrial manufacturero colombiano, en cuanto a sus esfuerzos y estrategias para innovar. La idea central de este análisis indica que los patrones de inversión de los 61 sectores industriales manufactureros, en las diez actividades de innovación y desarrollo tecnológico, reflejan la dinámica de los sectores en cuanto a cómo abordan y resuelven sus propósitos de innovación.

El ARS, enmarcado en el Estructuralismo (Freeman, 2004; Wasserman y Faust, 1994), apoya sus técnicas de análisis, sobre todo en la teoría de grafos y en la estadística. Su aplicación permite estudiar propiedades microscópicas y macroscópicas de muchos sistemas sociales y tomar medidas detalladas de estructura. Este marco teórico define a los individuos o grupos de estos como actores y estudia las relaciones entre ellos o con elementos humanos y no humanos y los flujos en la red. Estas relaciones pueden ser directas o indirectas, como cuando están mediadas por las afiliaciones de los actores, dirigidas o no dirigidas, binarias (1/0) o valuadas y, eventualmente, signadas (+/-) (Wasserman y Faust, 1994).

En este trabajo se utilizan tres medidas de centralidad provenientes del ARS, que en varios sistemas sociales pueden entenderse como medidas de poder, influencia o prestigio de los actores, a saber: 1) centralidad de grado, que está dada por la cantidad de vínculos que tiene un nodo, 2) intermediación, dada por el número de geodésicas de la red que pasan por el nodo y 3) cercanía, asociada al inverso de las distancias de un nodo a los demás en la red (Borgatti, Everett y Freeman, 2002; Freeman, 1979; Wasserman y Faust, 1994). Además, se toman del ARS conceptos asociados al análisis posicional y sus medidas de estructura (Wasserman y Faust, 1994). La posición de un nodo se refiere a su patrón de relación con otros nodos de la red y permite clasificarlos según la similitud entre dichos patrones; aquí se toma la equivalencia estructural entre los nodos utilizando medidas de correlación concurrente (Concor) (Borgatti *et al.*, 2002; Wasserman y Faust, 1994).



Metodología

La EDIT III define diez actividades de innovación y desarrollo tecnológico en las cuales invierten las empresas: adquisición de maquinaria y equipo; adquisición de *hardware*; tecnologías de gestión; introducción de innovaciones en el mercado; transferencia de tecnología y consultoría; tecnologías de la información y comunicaciones (TIC); biotecnología; ingeniería y diseño industrial; investigación y desarrollo tecnológico (I + D) y formación y capacitación (DANE, 2009). La clasificación de las actividades de innovación y desarrollo tecnológico utilizada en la EDIT III (DANE, 2009) apoya su método en una serie de manuales que formalizan un conjunto de conceptos sobre la innovación y dan directrices para construir indicadores y realizar mediciones comparables para distintos países o sistemas. El Manual de Oslo (OCDE, 2006) se centra en la innovación, el de Frascati (OCDE, 2002) en la I + D, el de Cambera (OCDE, 1995) en los recursos humanos dedicados a actividades de ciencia y tecnología y el de Bogotá (Jaramillo, Lugones y Salazar, 2001) contiene aspectos metodológicos específicos para medir las actividades de ciencia y tecnología en Latinoamérica y el Caribe.

En este análisis se toman los montos de inversión de 6.080 empresas industriales manufactureras de Colombia agrupadas en 61 sectores, según la clasificación CIIU Rev. 3, en las diez actividades de innovación y desarrollo tecnológico definidas en la EDIT III, y se construye una representación relacional que soporta el análisis de estructura según las propiedades de los grafos, el cual permite encontrar la posición de las distintas actividades de innovación y desarrollo tecnológico.

El modelo de análisis para construir la representación relacional se motiva en darles la misma importancia a todos los sectores empresariales, sin que importen los montos de sus inversiones, y en la necesidad de normalizarlos a causa de su alta varianza. Este modelo toma un sector como vinculado a una actividad si invierte en ella más del 1% de su inversión total. El motivo para tomar esta cifra es que en promedio la inversión de los sectores en maquinaria y equipo y en *hardware* es del 80% para ambos años; así, el 1% es la veinteava parte de la inversión restante. Los análisis también se realizaron para umbrales del 0,1% y 2% con resultados similares. A partir de esta relación se establecen correlaciones entre las actividades según la coocurrencia

de inversiones de los sectores. El valor de un vínculo entre dos actividades es el número de sectores que invierten más del 1% en cada una de ellas.

Por último, para establecer la posición de las actividades de innovación se identifican los patrones de inversión utilizando grafos (Borgatti, 2002) y conceptos del análisis de redes (Brandes y Erlebach, 2005; Wasserman y Faust, 1994), incluso medidas de centralidad, equivalencia estructural y de centro/periferia (Borgatti, 2000; Borgatti y Everett, 1999; Borgatti *et al.*, 2002).

Este análisis utiliza la Tabla 4 del Anexo de la encuesta publicada por el DANE (DANE, 2010d) a escalas de sector y de subsector.

Resultados

Se presentan en tres partes: en la primera se encuentran los generales o descriptivos, provenientes, sobre todo, de conteos de frecuencia y de los análisis realizados por el DANE; en la segunda se encuentran los grafos y las medidas de centralidad, y en la última parte están las medidas de equivalencia estructural.

Generales

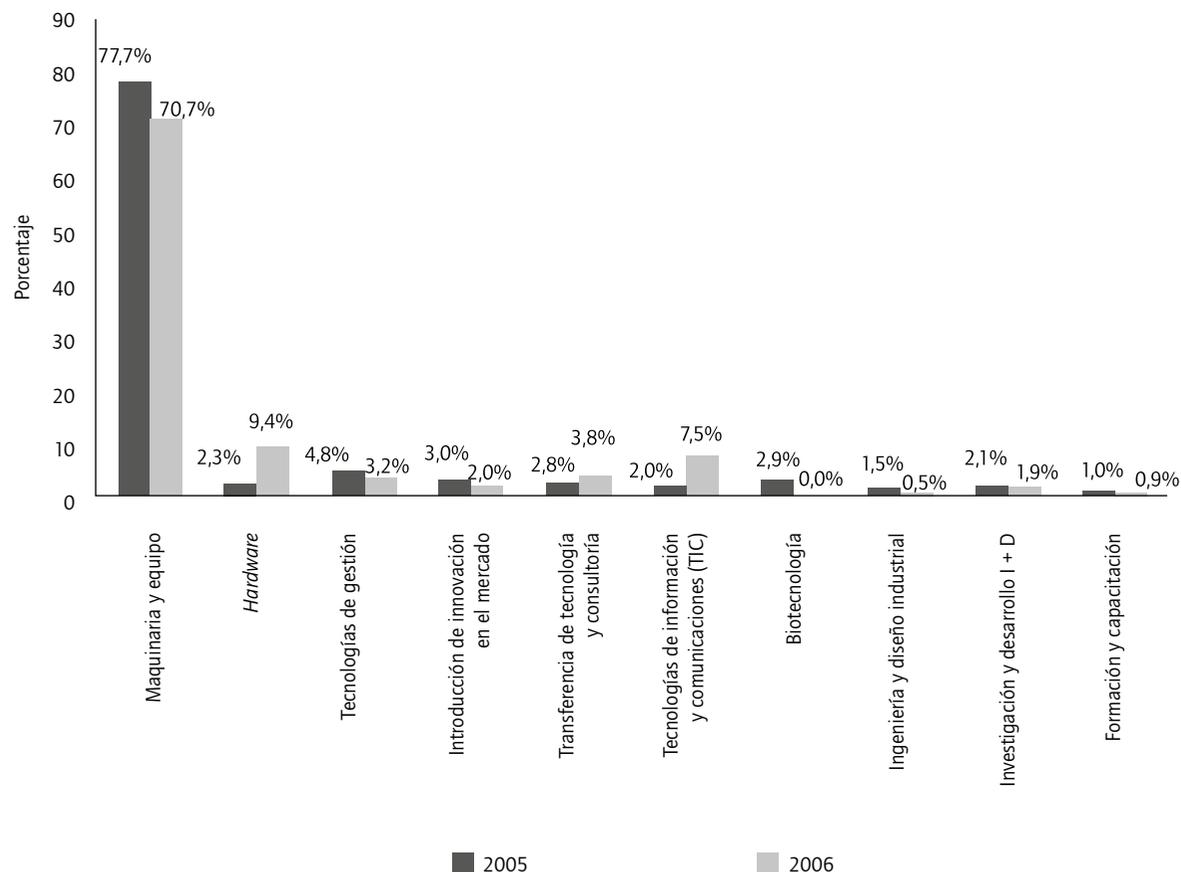
El DANE (2010a, b, c) clasificó a 11,8% de las empresas industriales manufactureras de Colombia como innovadoras en sentido estricto, 21,9% como innovadoras en sentido amplio, 9,2% como potencialmente innovadoras y 57,1% como no innovadoras. A precios corrientes, en promedio cada empresa industrial invirtió para innovar \$ 326 millones en 2005 y \$ 399 millones en 2006. En 2005, los sectores industriales que registraron la mayor inversión para innovar fueron ingenios, refinerías de azúcar y trapiches, con una participación de 17,6%, y papel, cartón y productos de papel y cartón, con 11,0%. En 2006 fueron el grupo de industrias básicas de hierro y acero, con 17,7%, y el de sustancias químicas básicas, con 9,2%. Durante el período 2005-2006 las empresas encuestadas reportaron un total de 46 patentes, 2 modelos de utilidad, 52 certificados de diseño industrial y 903 registros de signos distintivos y marcas (DANE, 2010a, 2010b).

Los resultados de la EDIT III dan 2.030 y 2.620 empresas que invirtieron en 2005 y 2006 en una o más de las actividades de innovación y desarrollo tecnológico. El monto total invertido alcanzó \$ 1,9 y \$ 2,4 billones de pesos en cada año. Estas empresas se encuentran agrupadas en 61 sectores, según la CIIU Rev. 3 (DANE, 2010d). La inversión promedio por empresa, tomando solo las que invirtieron en actividades de innovación y desarrollo tecnológico, fue

de \$ 976 millones en 2005 y de \$ 926 millones en 2006. La inversión realizada por los sectores industriales manufactureros fue, sobre todo, en adquisición de maquinaria y equipo. Esta componente corresponde a la "incorporación a la empresa de conceptos, ideas y métodos, a través de la compra de maquinaria y equipo con desempeño tecnológico mejorado (incluso *software* integrado), vinculado con las innovaciones" (DANE, 2009, p. 48) y forma parte del cambio técnico en la empresa. En 2005 las empresas industriales dedicaron el 77,7% y en 2006 el 70,7% a esta actividad (Figura 1). En 2005 el 48% de los sectores realizó más del 80% de su inversión en maquinaria y equipo, y en 2006 fue el 56% de aquellos.

La Figura 1 muestra que las únicas actividades que tuvieron inversiones estables para 2005 y 2006 fueron formación y capacitación, con el 1% y el 0,9% para esos años, e I + D, que pasó de 2,1% a 1,9%. La inversión en las demás actividades tuvo variaciones superiores al 1% de la inversión total. Dos ejemplos notorios son biotecnología, que pasó de 2,9% a menos del 0,1% de la inversión, y *hardware*, que pasó de 2,3% a 9,4%.

Un aspecto importante es que unas pocas compañías realizaron inversiones altas en varios sectores en un año, pero bastante inferiores o menos diversificadas en el otro. En 2005, dos sectores, ingenios, refinerías de azúcar y trapiches y fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón realizaron inversiones individuales superiores en cada caso al 10% de la inversión total, para un total de ambos del 28,6%. Siete sectores (ingenios, refinerías de azúcar y trapiches; fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón; fabricación de sustancias químicas básicas; fabricación de otros productos químicos; fabricación de productos de caucho; fabricación de productos de plástico; industrias básicas de hierro y de acero), con más del 5% de la inversión total cada uno, suman el 60,5% de la inversión total. En 2006, cuatro sectores (fabricación de sustancias químicas básicas; fabricación de otros productos químicos; fabricación de productos de plástico; industrias básicas de hierro y de acero) superan el 5,0% de la inversión total con 9,2%, 8,4%, 7,8% y 17,7%, respectivamente, y en conjunto el 43,1%. Los montos de inversión evidencian el enorme peso de estos siete sectores y de su cambio entre 2005 y 2006, como en el caso del sector ingenios, refinerías de azúcar y trapiches, que invirtió en 2005 \$ 227.720 millones en maquinaria y equipo, el 14,8% de la inversión total en esa actividad, \$ 57.296 millones en biotecnología, que es el 99,1%, y \$ 11.869 millones en ingeniería y diseño industrial, que representa el 40,8%. En 2006 el sector de ingenios, refinerías de azúcar y trapiches invirtió \$ 132.477 millones, \$ 0 y \$ 30.000

FIGURA 1. Porcentaje de inversión de los sectores industriales en actividades de innovación y desarrollo tecnológico


Fuente: Elaboración propia. Datos: anexos EDIT III, DANE (2010d).

millones en maquinaria y equipo, biotecnología e ingeniería y diseño industrial, respectivamente.

Representación relacional del sistema

Las Figuras 2 y 3 representan en grafos la relación definida entre sectores y actividades a partir de los montos de inversión para 2005 y 2006, respectivamente. En ellas se observa que las actividades de ingeniería y diseño industrial, introducción de innovación en mercado y biotecnología están menos vinculadas a la red que las demás actividades y que existe un núcleo que contiene varias de ellas. El tamaño de los nodos en los grafos de las Figuras 2 y 3 está dado por la centralidad de grado de cada nodo (Tabla 1). Esta medida confirma que las inversiones en biotecnología, introducción de innovación en el mercado e ingeniería y diseño industrial son marginales. En ambos años las inversiones en maquinaria y equipo, *hardware*, tecnologías de información y comunicaciones (TIC), transferencia de tecnología y consultoría y tecnologías de gestión son las más centrales.

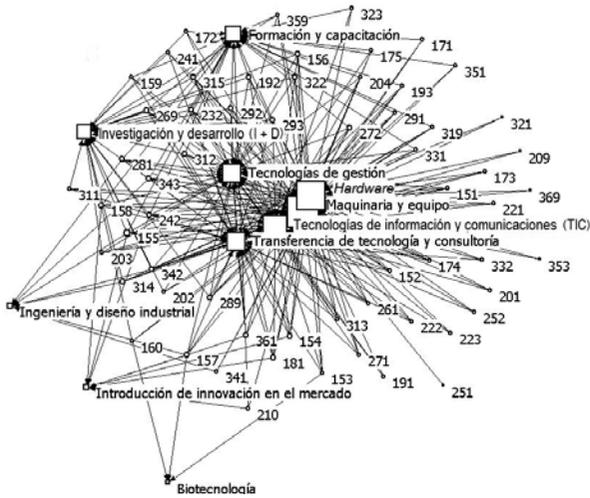
TABLA 1. Medidas de centralidad de grado, cercanía e intermediación para las diez actividades de innovación y desarrollo tecnológico

CENTRALIDAD	Grado		Cercanía		Intermediación	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Maquinaria y equipo	0,98	0,98	0,98	1,00	0,33	0,31
Hardware	0,87	0,90	0,83	0,89	0,22	0,23
Tecnologías de información y comunicaciones (TIC)	0,72	0,72	0,70	0,71	0,13	0,13
Tecnologías de gestión	0,56	0,54	0,59	0,59	0,06	0,06
Transferencia de tecnología y consultoría	0,52	0,52	0,58	0,59	0,06	0,06
Formación y capacitación	0,46	0,48	0,54	0,56	0,05	0,05
Investigación y desarrollo (I + D)	0,39	0,34	0,52	0,50	0,03	0,02
Introducción de innovación en el mercado	0,13	0,20	0,43	0,45	0,00	0,01
Ingeniería y diseño industrial	0,11	0,15	0,42	0,44	0,00	0,00
Biotecnología	0,05	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00

Normalización: El valor máximo posible es 1,00.

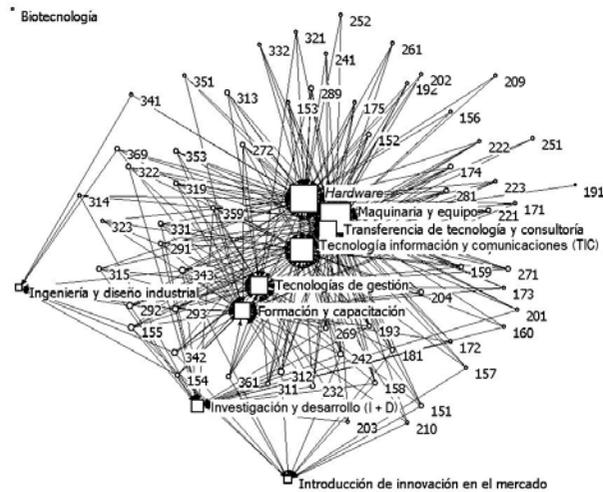
Fuente: Elaboración propia. Datos: anexos EDIT III, DANE (2010d).

FIGURA 2. Grafo de la relación entre sectores y actividades de innovación y desarrollo tecnológico dada por los patrones de inversión, año 2005



Círculos: Sectores.
 Cuadros: Actividades de innovación y desarrollo tecnológico.
 Tamaño de los nodos según la centralidad de grado.
 Fuente: Elaboración propia. Datos: anexos EDIT III, DANE (2010d).

FIGURA 3. Grafo de la relación entre sectores y actividades de innovación y desarrollo tecnológico dada por los patrones de inversión, año 2006



Círculos: Sectores.
 Cuadros: Actividades de innovación y desarrollo tecnológico.
 Tamaño de los nodos según la centralidad de grado.
 Fuente: Elaboración propia. Datos: anexos EDIT III, DANE (2010d).

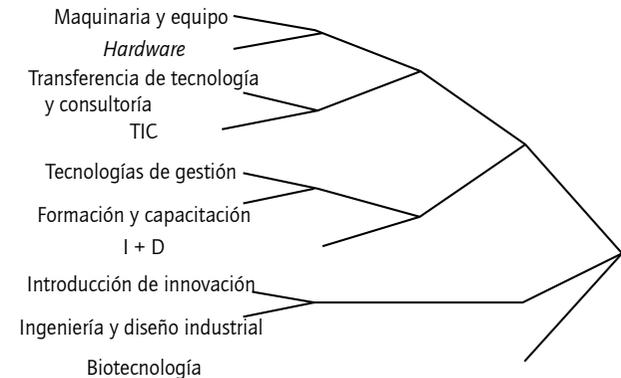
Para establecer la localización de las actividades según sean centrales o periféricas, se toma la correlación entre actividades de innovación y desarrollo tecnológico debida a la coocurrencia de inversiones en dos actividades por un mismo sector. El análisis centro/periferia (Borgatti, 2000;

Borgatti y Everett, 1999) sitúa en el centro de la red las actividades maquinaria y equipo, *hardware*, TIC, transferencia de tecnología y consultoría y Tecnologías de gestión; las demás actividades se localizan en la periferia. El coeficiente de determinación R^2 del análisis es de 0,90 en 2005 y 0,92 en 2006.

Posición de las actividades según su equivalencia estructural

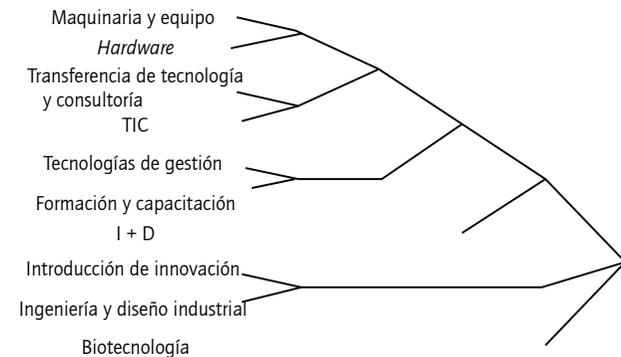
Esta parte del análisis toma las correlaciones concurrentes entre los patrones de inversión normalizados de los sectores. La lectura de los diagramas de clusterización jerárquica por equivalencia estructural (Figuras 4 y 5) es de derecha a izquierda, con el nivel o grado de equivalencia en aumento hacia la izquierda. Para 2005 el coeficiente de determinación R^2 es 0,96 y para 2006 es 0,94.

FIGURA 4. Clusterización jerárquica según la equivalencia estructural por correlaciones concurrentes para la relación entre actividades de innovación y desarrollo tecnológico dada por la coocurrencia en patrones de inversión, año 2005



Fuente: Elaboración propia. Datos: anexos EDIT III, DANE (2010d).

FIGURA 5. Clusterización jerárquica según la equivalencia estructural por correlaciones concurrentes para la relación entre actividades de innovación y desarrollo tecnológico dada por la coocurrencia en patrones de inversión, año 2006



Fuente: Elaboración propia. Datos: anexos EDIT III, DANE (2010d).

En 2005 y 2006 la estructura jerárquica de las actividades de investigación y desarrollo, dada por su grado de equivalencia estructural, muestra que la mayor equivalencia es para: 1) maquinaria y equipo y *hardware* y 2) TIC y transferencia de tecnología y consultoría. La inversión en estas actividades forma parte de las estrategias dominantes entre los sectores industriales (Figuras 4 y 5). El siguiente nivel de equivalencia estructural es para: 1) el conjunto de las cuatro actividades anteriores y 2) tecnologías de gestión y formación y capacitación. En 2005 la actividad I + D aparece con un menor nivel de equivalencia estructural con las actividades anteriores, mientras que en 2006 esta posición la ocupa introducción de innovación en el mercado. Para ambos años, las actividades biotecnología e ingeniería y diseño industrial aparecen como desacopladas de las principales actividades, lo que indica que la inversión en ellas no sigue patrones regulares con respecto a los de la inversión en las demás actividades.

Conclusiones

Las actividades de innovación y desarrollo tecnológico en las cuales invierten las empresas industriales manufactureras de Colombia, según la información agregada de 61 sectores empresariales recolectada por el DANE en la EDIT III, tienen posiciones diferentes en cuanto a las estrategias que utilizan para realizar sus propósitos de innovación y desarrollo tecnológico. En las posiciones más centrales se encuentran la inversión en maquinaria y equipo, *hardware* y tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), en las más periféricas se encuentran biotecnología, ingeniería y diseño industrial e introducción de innovación en el mercado. Según la estructura asociada a los patrones de inversión, las estrategias más regulares incluyen inversiones en maquinaria y equipo y en *hardware* e inversiones en TIC y en transferencia de tecnología y consultoría. Estas cuatro actividades están en el corazón de las estrategias de innovación y desarrollo del sistema. El principal soporte para tales estrategias son las actividades de formación y capacitación y las tecnologías de gestión. En seguida, I + D e Introducción de innovación en el mercado aparecen como soportes inestables de las estrategias dominantes, en el primer caso perdiendo participación entre 2005 y 2006 y en el segundo ganándola. Biotecnología e ingeniería y diseño industrial aparecen como actividades desarticuladas de las estrategias de inversión.

Los resultados de este estudio son de interés práctico para formular políticas públicas y privadas para la innovación, y pueden interpretarse desde los sectores productivos o en estudios académicos. Por último, y como recomendación

para el diseño de encuestas como la EDIT III, la agregación de actividades de innovación y desarrollo tecnológico debe ser menor para la adquisición de maquinaria y equipo con el fin de tener mayor detalle sobre esta actividad que domina la dinámica del sistema.

Referencias bibliográficas

- Borgatti, S. P. (2000). Models of core/periphery structures. *Social Networks*, 21(4), 375-395. doi:10.1016/S0378-8733(99)00019-2.
- Borgatti, S. P. (2002). NetDraw Graph Visualization Software (Version 2.119). Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Borgatti, S. P., & Everett, M. G. (1999). The centrality of groups and classes. *The Journal of Mathematical Sociology*, 23(3), 181-201.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. (2002). UCINET 6 For Windows: Software for Social Network Analysis (Version 6.379). Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Brandes, U., & Erlebach, T. (Eds.) (2005). *Network analysis: Methodological foundations*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Callon, M. (2001). Redes tecnoeconómicas e irreversibilidad. *Redes Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, 8(17), 85-126.
- DANE. (2009). Metodología Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera-EDIT III 2005-2006, disponible en <http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/EDIT.pdf> (consultado el 19 de noviembre de 2010).
- DANE. (2010a). Boletín de prensa, disponible en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera.pdf (consultado el 19 de noviembre de 2010).
- DANE. (2010b). Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera, EDIT III 2005-2006, disponible en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera.pdf (consultado el 19 de noviembre de 2010).
- DANE. (2010c). Comunicado de prensa del DANE, disponible en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/cp_EDIT_Manufacturera.pdf (consultado el 19 de noviembre de 2010).
- DANE. (2010d). Anexos EDIT III, 2005-2006, disponible en http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=104&Itemid=61 (consultado el 19 de noviembre de 2010).
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and «Mode 2» to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123.
- Freeman, L. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- Freeman, L. (2004). *The development of social network analysis: A study in the sociology of science*. Vancouver BC-North Charleston S. C.: Empirical Press-BookSurge.
- Jaramillo, H., Lugones, G., & Salazar, M. (2001). *Manual de Bogotá. Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe*. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas (Colciencias).
- Leydesdorff, L., & Meyer, L. (2003). The triple helix model and the knowledge-based-economy. *Scientometrics*, 58(2), 191-203.

- Lundvall, B. A. (1985). Product innovation and user-producer interaction. *Industrial Development Research Series*, 31, 39.
- Lundvall, B. A. (1988). Innovation as an inter-active process; from user-producer interaction to the national system of innovation. In G. Dosi *et al.*, *Technical change and economic theory* (5th ed). Londres: Pinter.
- OECD/Eurostat. (1995). *Measurement of Scientific and Technological Activities: Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T - Canberra Manual*. OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264065581-en.
- OECD. (2002). *Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific and Technological Activities*. OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264199040-en.
- OECD/Eurostat. (2007). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (3ª edición). Tragsa. doi: 10.1787/9789264065659-es.
- OECD. (2006). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación: la medida de las actividades científicas y tecnológicas* (3ª ed.). Madrid: Grupo Tragsa.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.