

Diferencias y semejanzas entre grupos de investigación categoría B de Colciencias. Un estudio de caso con análisis de redes sociales

Differences and similarities among research groups classified as B by Colciencias. A Social Network Analysis case

Laura Hernández Puerto¹, Catherine Serrato Torres², Erika Esperanza Pérez Pérez³, Luisa Fernanda Rodríguez Martínez⁴, Adrián Felipe Cicery Moscoso⁵, Mario Andrés Lopera Vargas⁶, Juan Sebastián Arévalo Parra⁷, Óscar Eduardo Quintero Basto⁸, Jorge Enrique Mejía Quiroga⁹

Resumen

Las redes permiten estudiar la estructura social de personas y organizaciones. En los grupos de investigación de la Universidad Central se desconoce cómo se relacionan los investigadores al escribir, cuáles son los temas de especialidad y dónde publican. Para entender e identificar dichas interacciones, se recurrió al campo de investigación de análisis de redes sociales y se aplicaron algunas de sus métricas al conjunto de datos de cuatro grupos de investigación clasificados en B por Colciencias. El resultado es información sobre centralidades, cohesión y grafos. Se encontró que, a pesar de ser grupos con la misma clasificación, las estructuras de coautoría muestran patrones diferentes. En cuanto a redes temáticas, se descubrió que las de grupos del área social contienen una mayor cantidad de conceptos que las de grupos de ingeniería y administración y las redes de fuentes de publicación son altamente dependientes de la financiación

interna de la universidad en tres de los casos. En contraposición, el grupo de ingeniería ha buscado revistas externas para publicar sus resultados de investigación. Se concluye que la metodología arroja luces sobre la actividad investigativa de los grupos, permite

- 1 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: lhernandezp3@ucentral.edu.co.
- 2 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: cserratot@ucentral.edu.co.
- 3 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: eperezp2@ucentral.edu.co.
- 4 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: lrodriguez9@ucentral.edu.co.
- 5 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: acicerym@ucentral.edu.co.
- 6 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: mloperav@ucentral.edu.co.
- 7 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: jarevalop1@ucentral.edu.co.
- 8 Estudiante del Departamento de Ingeniería Industrial. Correo: oquinterob@ucentral.edu.co.
- 9 Profesor del Departamento de Ingeniería Industrial. Ph. D. en Ingeniería. Investigador del CIFI. Correo: jmejiaq@ucentral.edu.co.

su caracterización y no existe una sola forma para ser clasificado en la categoría B de Colciencias.

Palabras clave :Análisis de redes sociales, grupos de investigación, patrones.

Abstract

Networks are used to study social structure of people and organizations. We analyzed research groups from Universidad Central because it is unknown the way researchers are related when writing, what the preferred issues are and where their work is published. In order to understand and identify these relationships, we chose 4 groups classified as B from Colciencias database. Then we applied Social Network

Analysis to produce information in the form of graphs and centrality, cohesion measures. We found different patterns of the structures of coauthorship networks despite the identical group classification. Keywords networks from social groups are denser than those from administrative and engineering groups. Finally, 3 of the publishing networks are highly dependent in the university funding press. We concluded that methodology is suitable for uncovering research activities, allows to characterize the groups and they are not alike notwithstanding the same classification.

Keywords: Social Network Analysis, Research Groups, Patterns.

1. Introducción

Este estudio se hizo con el fin de responder tres preguntas sobre las características relacionales de grupos de investigación universitarios de categoría B de Colciencias. Estas preguntas fueron: ¿quién escribe con quién?, ¿sobre qué escriben?, y ¿dónde publican?

Para responder las preguntas, la presente investigación se realizó en el marco de un proyecto de investigación de aula del curso Análisis de redes sociales, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, durante el año 2016. El mismo fue desarrollado por cuatro grupos de trabajo y cada uno de estos seleccionó a un grupo de investigación de la Universidad Central categoría B de Colciencias (Colciencias, 2016). El trabajo se enmarcó en el Plan de Desarrollo Institucional (Universidad Central, 2016) y, en concreto, en la estrategia 1: integración del sistema de investigación de la Universidad Central y en sus líneas de acción: a) consolidación de los grupos de

investigación y b) fortalecimiento de la investigación formativa.

De otra parte, la revisión de la literatura concentró la atención en trabajos de investigación realizados en Latinoamérica, cuyo objeto de estudio fueron los grupos de investigación especialmente académicos.

En un principio, Bianco y Sutz (2005) confirmaron la escasez de estudios sobre los grupos de investigación y se preguntaron sobre la dificultad de abordar empíricamente estudios sistemáticos de grupos de investigación. Posteriormente, Londoño (2005) reflexionó sobre la manera como se conforman los grupos de investigación en Colombia y los elementos subyacentes en que se fundamenta este proceso. En esta misma línea de trabajo, Robledo (2007) analizó las estrategias de los grupos de investigación universitarios como factor determinante de su desempeño en calidad de agentes del sistema de innovación.

Una línea de trabajo diferente es la relacionada con las competencias de los grupos. En

esta dirección, Duarte Torres y Velho (2009) identificaron y analizaron las competencias de grupos de investigación de Colombia en un área compleja y multidisciplinar como la bioprospección.

Otro tipo de enfoques están relacionados con la medición. Por ejemplo, García et ál. (2010) elaboraron una herramienta que permite la simulación y proyección de los grupos de investigación acorde con el sistema de evaluación que aplica el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias. De forma similar, Ruiz et ál. (2010) propusieron un método que combina el análisis mediante Data Envelopment Analysis (DEA) con las redes bayesianas de la producción científica de los grupos de investigación colombianos. El resultado es una clasificación de los grupos mediante su eficiencia en lugar de la productividad, que es el análisis convencional.

A nivel de estudios organizacionales, se encontró la mayor cantidad de trabajos. Inicialmente, el estudio de Hamui Sutton (2011) realizó una comparación teórico-empírica sobre la manera en la que opera la estructura de organización y las lógicas del cambio en un grupo exitoso de investigación científica de ciencias sociales (relaciones internacionales) que pertenece al sector público, a través de su trayectoria. A su vez, Mejía, Guerra, Pérez y Trujillo (2011) descubrieron cómo tres grupos universitarios de investigación colombianos se organizaron para producir, identificar, capturar o recuperar, validar, contextualizar, usar y transferir el conocimiento. De forma similar, la investigación de Sossa et ál. (2011) validó el estado actual de los grupos frente a la innovación, sus estrategias, estructuras de equipos de desarrollo y otros temas relevantes. Igualmente, para una institución universitaria, Osorio et ál. (2011, 2012) revisaron los modelos de

comunicación de la ciencia, la tecnología y la innovación que se originan en tres universidades reconocidas del país y los resultados de la revisión del modelo de comunicación de la innovación en la Universidad Tecnológica de Pereira. En seguida, Pérez et ál. (2012) se preguntaron cuáles son las dinámicas y frutos de la construcción colectiva de conocimiento. A su vez, Núñez y Cárdenas (2013) indagaron por cuáles son los insumos o recursos de información que se intercambian en el interior de un grupo de analistas de redes sociales, agrupados en una determinada estructura.

Más recientemente, Jaime et ál. (2016) indagaron sobre cómo los grupos de investigación manejan las brechas entre los requerimientos de sus prácticas y estrategias de investigación y las políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) implementadas a través de diversos instrumentos.

De esta manera, la revisión de la literatura nos permite confirmar varios asuntos investigativos. Primero, la escasa investigación sobre los grupos de investigación académicos, y segundo, los enfoques son muy variados. Unos tratan a los grupos como organizaciones y, por lo tanto, evalúan asuntos relativos a capacidades, resultados, dinámicas de trabajo, conformación; sin embargo, ninguna de las investigaciones consultadas indaga sobre las estructuras relacionales de los grupos. Por ese motivo, la presente investigación es descriptiva y busca realizar un reconocimiento inicial de los grupos al preguntarse quienes escriben entre sí, cuáles son las palabras clave de sus artículos y dónde les publican.

Finalmente, la organización del documento se inicia con la metodología que se llevó a cabo para el estudio; en seguida, con los resultados que constan de los grafos y el análisis de las cifras obtenidas con el *software* y, por último,

las conclusiones y recomendaciones generales del estudio mediante análisis de redes.

2. Metodología

La metodología del trabajo está enfocada en el análisis de redes sociales (Wasserman y Faust, 1994) y la *minería de datos* (Witten, 2005). Se tomó la decisión de comparar grupos de investigación de la Universidad Central que tuviesen la misma categoría en la última evaluación de grupos de Colciencias (Colciencias, 2016). De esta forma se seleccionaron grupos que lograron la clasificación B. Estos son: a) Comunicación-Educación, b) Maxwell (fusión de los grupos ESSOPTO-CIPO-GIAR-GIEE), c) Socialización y Violencia, y d) Gestión de Organizaciones (GIGO). El primer paso de la investigación consistió en realizar una búsqueda con los datos de las diferentes publicaciones de cada grupo de investigación disponible en

Colciencias (<http://www.colciencias.gov.co/scienti>). Los datos empleados corresponden a la última evaluación de grupos, según los términos de la Convocatoria 737 (Colciencias, 2015). Enseguida, se realizó una base de datos con los siguientes campos: título de la publicación, nombre de la revista, año de publicación, autores y palabras clave. Posteriormente, se procedió a realizar una minería de datos centrada especialmente en la limpieza de datos para garantizar la calidad de los datos registrados. Luego, se utilizó el *software* UCINET (Borgatti, Everett, y Freeman, 2002) para realizar la construcción de las redes de coautorías, palabras clave y revistas, o editorial. Por último, se analizó y comparó cada una de las redes, por medio de técnicas *análisis de redes sociales*, especialmente las medidas de centralidad (Freeman, 1977, 1979) y de cohesión.

En concreto las estadísticas usadas fueron las centralidades de grado, de intermediación, de cercanía, que se muestran enseguida:

$$C'_D(p_k) = \frac{\sum_{i=1}^n a(p_i, p_k)}{n-1} \quad (1): \text{Centralidad de grado}$$

$$C'_B(p_k) = \frac{2\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}(p_k)}{n^2 - 3n + 2} \quad (2): \text{Centralidad de intermediación}$$

$$C'_C(p_k) = \frac{n-1}{\sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)} \quad (3): \text{Centralidad de cercanía}$$

La cohesión fue analizada a partir de los conceptos de densidad, componentes, fragmentación, conectividad (Wasserman y Faust, 1994, pp. 101–108) y la idea de cohesión propuesta

por Colciencias (2015, p. 68), relacionada con la participación en las publicaciones por número de autores. Las mismas se expresan matemáticamente de la siguiente forma:

$$\Delta = \frac{2L}{n*(n-1)} \text{ Donde } N = \{p_1, p_2, \dots, p_n\} \text{ es el conjunto de tamaño } n$$

de nodos y $L = \{l_1, l_2, \dots, l_L\}$ es el conjunto de vínculos o relaciones (4): Densidad

$$\begin{aligned} \text{Fragmentación} &= \text{Proporción de pares de nodos inalcanzables} \\ &= 1 - \frac{\text{parejas inalcanzables}}{L} \end{aligned} \quad (5): \text{Fragmentación}$$

$$\text{Conectividad} = 1 - \text{Fragmentación} \quad (6): \text{Conectividad}$$

$$\text{Índice de cohesión} = IC = \frac{\text{Autores}}{\text{Productos}} - 1 \quad (7): \text{Índice de Cohesión}$$

3. Resultados

3.1 Redes de coautoría

La red de coautorías permite identificar en un grupo de investigación quién escribe con quién (figura 1). Con respecto al primer grupo, Comunicación Educación, Humberto Jesús Cubides Cipagauta es el coautor que más escribe con otras personas acerca del tema. En la red, dicho coautor demuestra un grado de 20, el más alto con respecto a los demás coautores. Asimismo, Rocío Rueda Ortiz –quien, por cierto, indica haber escrito con Humberto– es la segunda coautora con mayor grado, quien representa un valor de 8. Además, se analiza que el resto de coautores que participan en la red poseen valores

inferiores (de 7 a 1) en su grado. En resumen, de los 53 autores del grupo de investigación Comunicación-Educación de la Universidad Central, los profesores Cubides, Rueda, Rojas, Restrepo y Valderrama son quienes más escriben en conjunto con otros coautores. En cuanto a las medidas de cohesión (tabla 1), se encuentra que esta red tiene 7 componentes, conectividad de 62,9 % y densidad de 3,5 %, lo que la hace ser una red cohesionada, ya que, a menor número de componentes y a menor fragmentación de la red, mayor es su cohesión. Esto puede observarse en la red de coautorías.

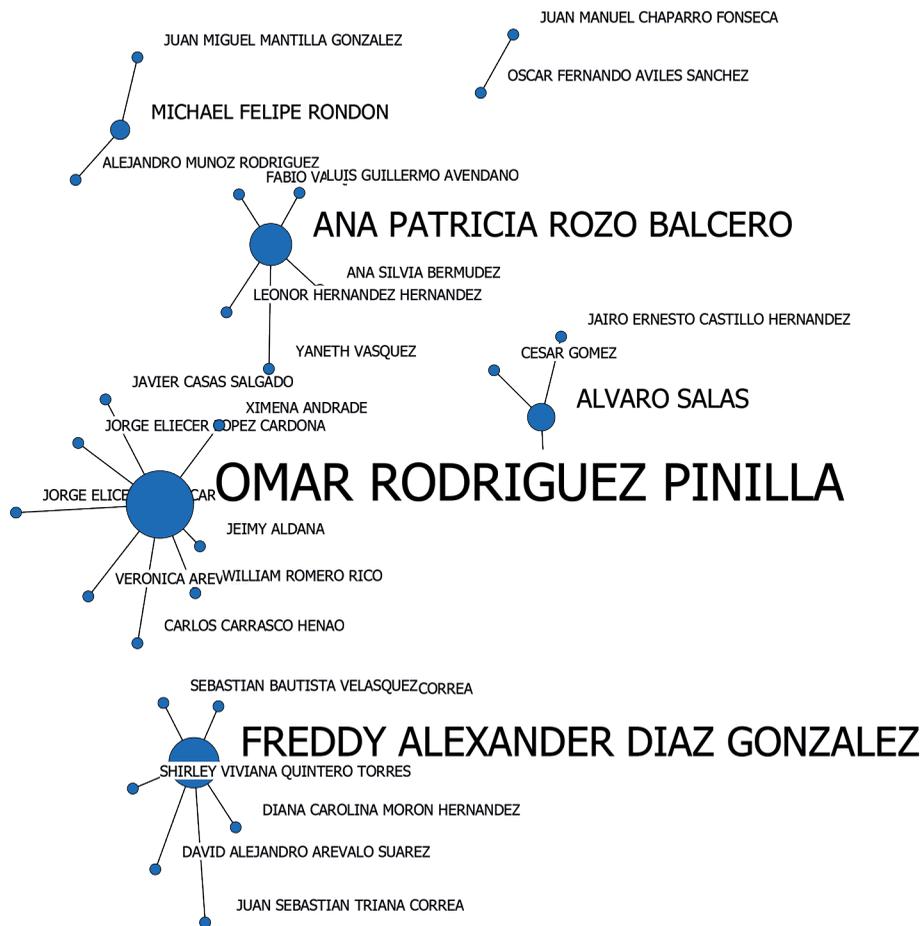


Figura 2. Red de coautoría del grupo de investigación Maxwell. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

El segundo grupo se aprecia en la figura 2. En la misma, se identifican 6 subgrupos de actores donde el autor con más relaciones de escritura con otros autores es el profesor Ómar Rodríguez Pinilla, que tiene 22 publicaciones entre artículos y libros. Escribiendo conjuntamente con 8 integrantes del grupo, lo sigue el autor Freddy Alexander Díaz González, con 3 publicaciones y en coautoría con 6 integrantes del grupo. Por último, se encuentra Ana Patricia Rozo Balceró, con 2 publicaciones,

y escribe en compañía de 5 integrantes más. Por su parte, Álvaro Salas, Michael Rondón y Juan Manuel Chaparro escriben, en su mayoría, de forma individual y en pocos casos, se relacionan con pocos integrantes del grupo para escribir. En resumen, se observa que los autores del grupo Maxwell, en el momento de escribir algún artículo, prefieren hacerlo en conjunto y demuestran mayor interés en el señor Ómar Rodríguez Pinilla por el amplio conocimiento en temas científicos. A nivel de

cohesión, se observa en la figura 2 que la red de coautorías tiene 6 componentes o subgrupos de personas que escriben conjuntamente. Se observa una densidad de 5,4 %; conectividad de 17,6 %; fragmentación de 0,824, y una

tasa de componentes de 16,7 %. Adicionalmente, el indicador a partir de la fórmula de índice de Cohesión de Colciencias es -0,65. Esto significa que hay, en promedio, menos de un autor por cada producto.

- DAIRO ANDRES SANCHEZ MOJICA
- MIGUEL ANGEL URREGO ARDILA
- MINERVA CAMPION
- OSCAR EFREN GUERRERO ANGEL
- SANDRO JIMENEZ OCAMPO
- STEPHEN MICHAEL ZEPKE

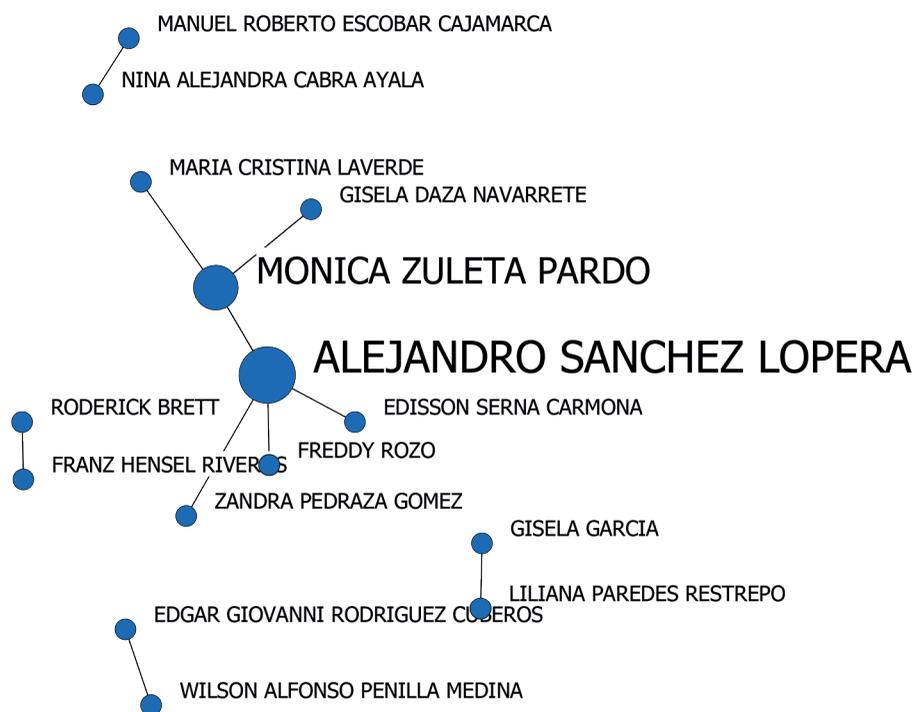


Figura 3. Red de coautoría del grupo de investigación Socialización y Violencia. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

En la red del grupo de Socialización y Violencia (figura 3), se puede observar claramente 5 componentes, sin contar los nodos aislados o autores que escriben de forma individual. Cuatro de ellas se componen de dos autores

que escriben tanto individual como conjuntamente, y la otra, más grande, una red centralizada, con diferentes actores que escriben conjuntamente.

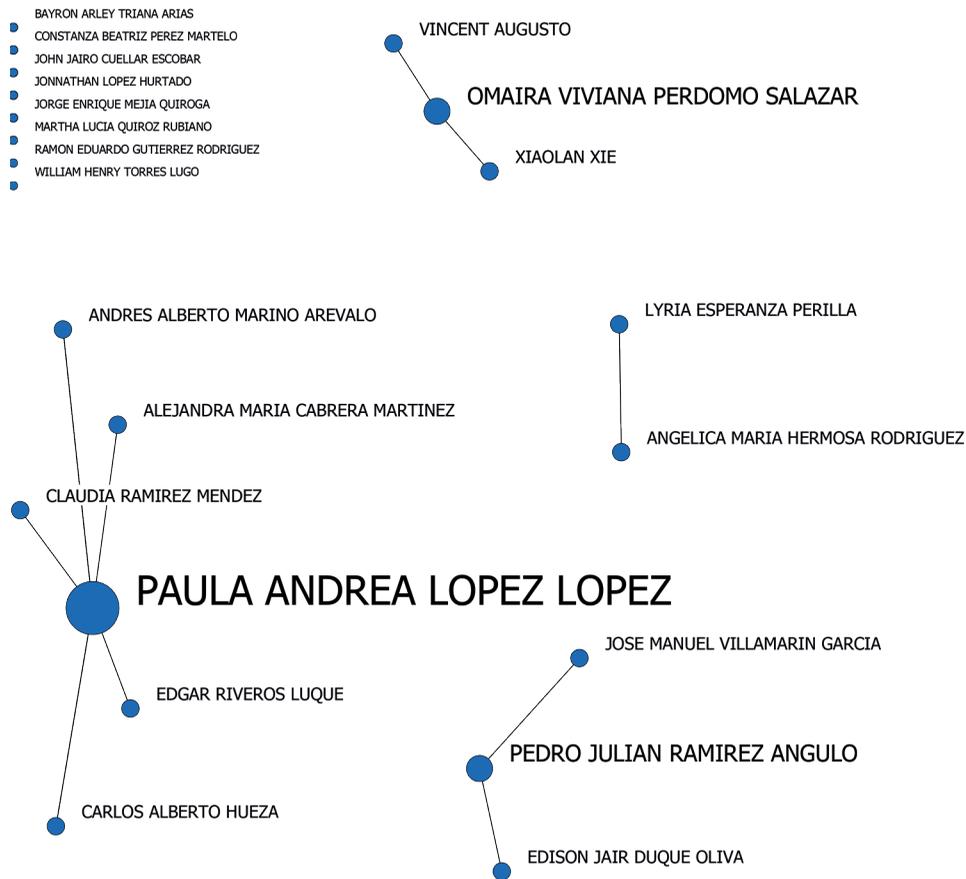


Figura 4. Red de coautoría del grupo de investigación GIGO. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

Las redes de coautoría del grupo de investigación GIGO (figura 4) tienen diversos tipos de cohesión dependiendo de con quien escriba cada autor. En el primer tipo de red, un solo autor cohesiona a todo el grupo y todos los demás autores dependen de él para conformar dicha red. El segundo tipo de red son los autores que tienden a escribir solos o máximo con dos coautores. Por último, el grupo de investigación GIGO está compuesto por cuatro componentes y esto, en términos de cohesión, demuestra fragilidad.

3.2 Redes de palabras clave

Mediante la red de palabras clave se puede saber acerca de qué escribe el grupo de investigación (figura 5). En el primer grupo, las palabras clave más destacadas, por su grado de centralidad, son: ‘educación’ (28), ‘Colombia’ (22), ‘política’ (12), ‘comunicación’ (7); les siguen ‘tecnología’, ‘ciudadanía’, ‘jóvenes’, ‘convivencia’. En conclusión, la palabra clave ‘educación’ es la más utilizada en las publicaciones por parte del grupo Comunicación-Educación de la Universidad Central.

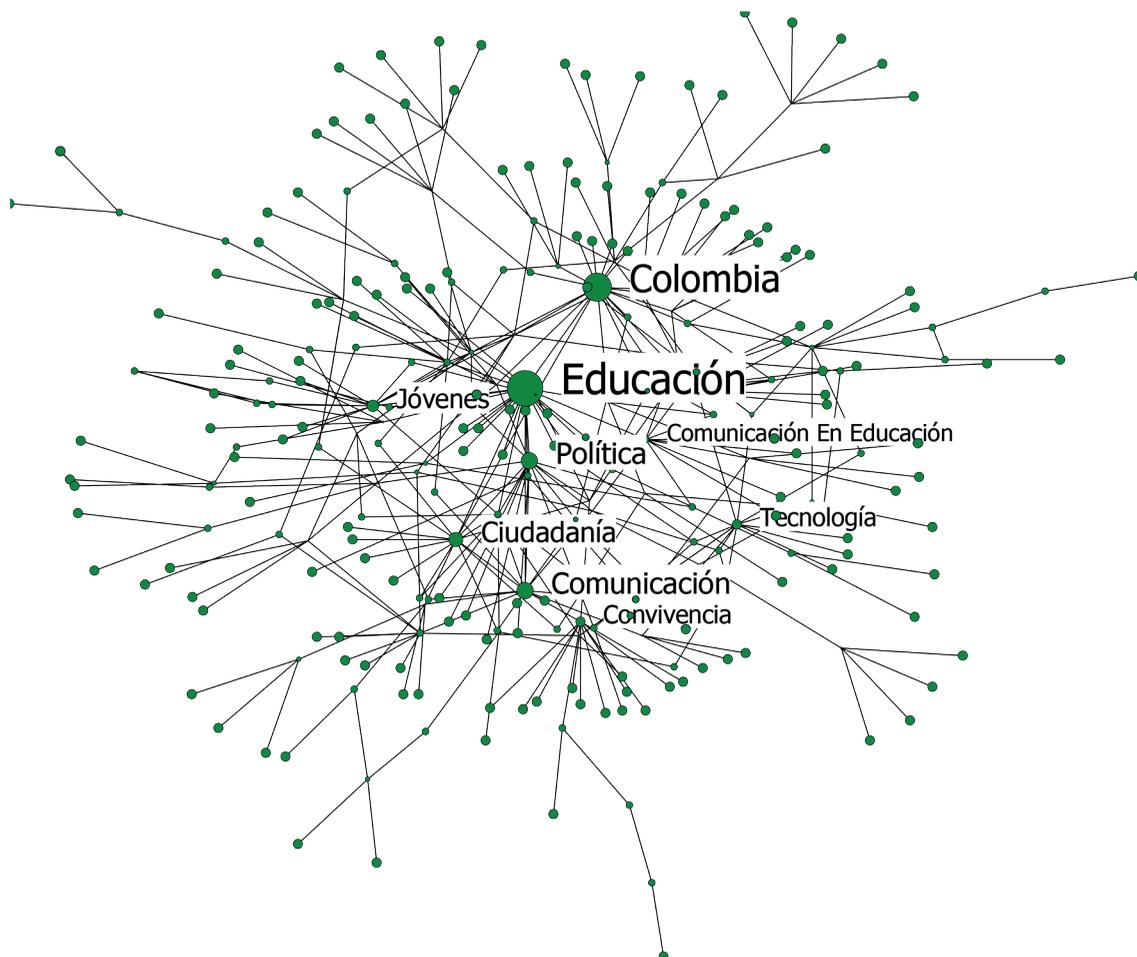


Figura 5. Red de palabras clave del grupo de investigación Comunicación-Educación. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

La red de palabras clave permite conocer sobre qué escriben los autores del grupo de investigación. En el segundo grupo (figura 7), se observan 6 subredes representativas con relación conjunta, lo cual evidencia los temas interrelacionados sobre los que más se escribe. Adicionalmente, se observa que las palabras clave más relevantes son 9 ('mezcla', 'efecto', 'densidad', 'humedad', 'conjuntos', 'design', 'simulation', 'experimental' y 'human'),

propiamente relacionadas con temas de física y química. Sin embargo, en la figura también se observan 4 subredes adicionales de temas relacionados con densidad, diseño, mediana y conjuntos. Asimismo, se concluye que el grupo Maxwell escribe en dos idiomas, español e inglés, principalmente sobre materiales, procesos físicos y químicos asociados al diseño y construcción de nuevos elementos.

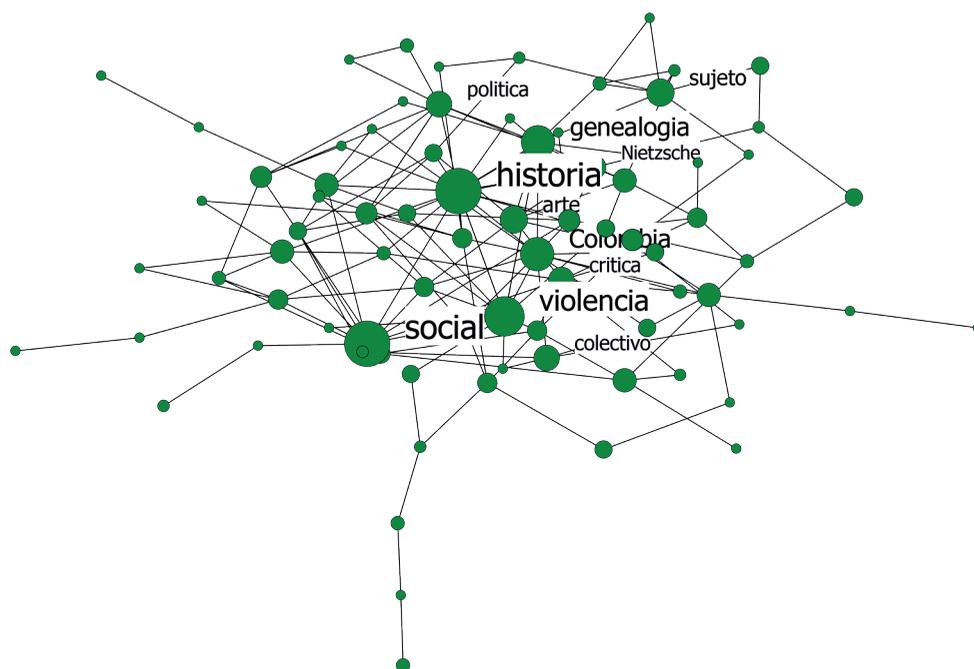


Figura 7. Red de palabras clave del grupo de investigación Socialización y Violencia. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

El grupo de investigación Socialización y Violencia escribe sobre ciencias y comportamientos sociales en cuanto a la violencia en Latinoamérica, y en especial en Colombia (figura 7). Los temas son muy variados; algunos de los más representativos son los relativos a la

historia, la genealogía, el sujeto, Nietzsche, el arte, la crítica, lo colectivo, lo social, la política y la crítica, principalmente en Colombia. La variedad de temas en esta ocasión se asocia con una red cohesionada.

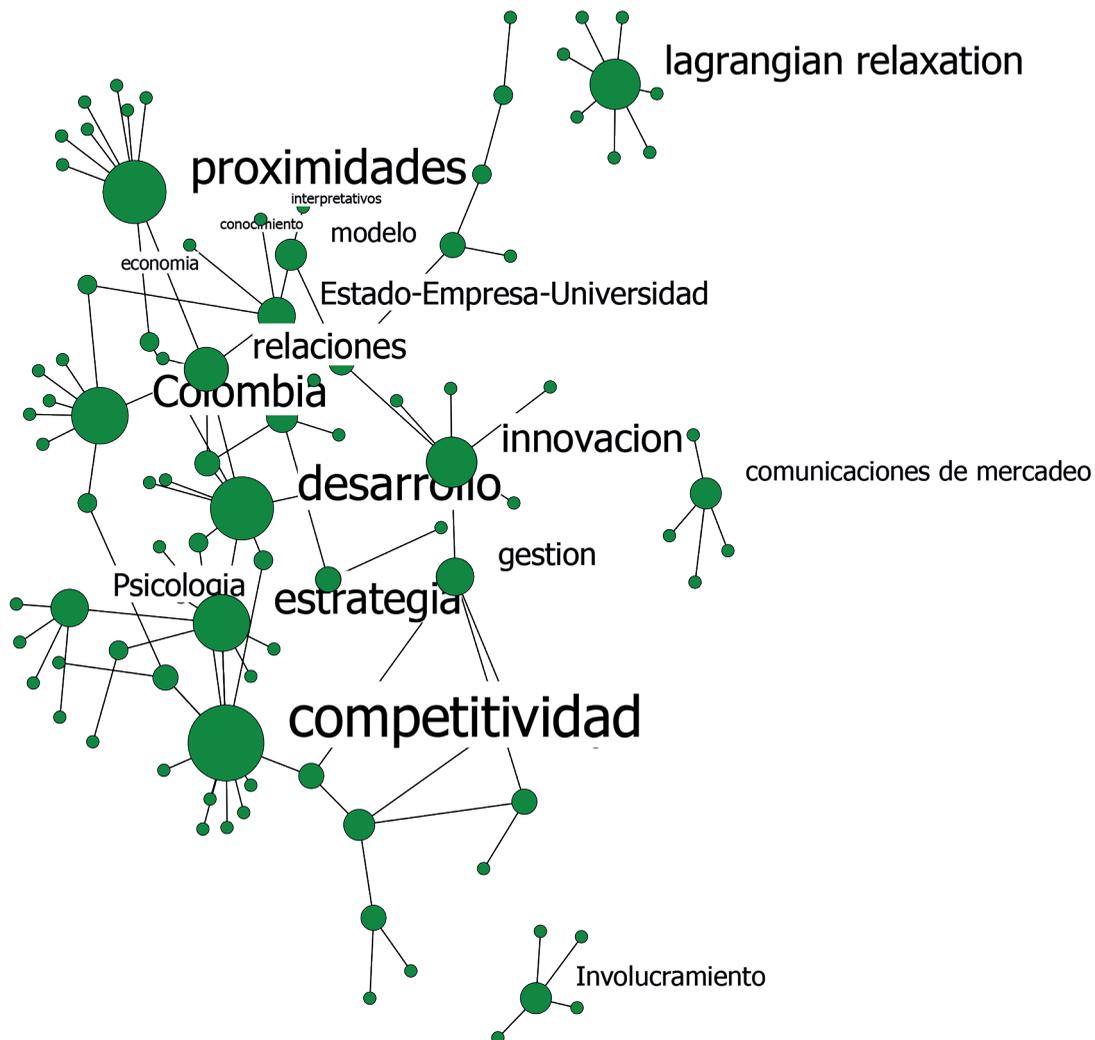


Figura 8. Red de palabras clave del grupo de investigación GIGO. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, para GIGO la red de palabras clave de los artículos presenta alguno de los conceptos más relevantes del campo de investigación de administración de empresas (figura 8). El primer grupo son las publicaciones que se realizan con respecto a temas de *competitividad*, *estrategia* e *innovación*. El segundo grupo, son las publicaciones que se

realizan en términos de *gestión* y *organización*. Por último, encontramos redes que no están articuladas con las dos anteriores. Estas redes pueden representar nuevas apuestas temáticas. Finalmente, se demuestra que, con las redes de palabras clave de los artículos, se identifican los temas más importantes tratados por el grupo de investigación GIGO.

3.3 Redes de revistas

Con la red de revistas se puede saber dónde son publicados los artículos, libros y capítulos de libros del grupo de investigación. Como se puede observar en el grafo (figura 9), la revista *Nómadas* es la que más publica textos del grupo Comunicación-Educación de la Universidad Central. Igualmente, se analiza que es el nodo más grande y con mayor grado (el cual es 41) en comparación con las otras revistas y editoriales. En segundo lugar,

Siglo del Hombre Editores, de la Universidad Central, muestra que también es importante en términos de publicaciones en relación con el tema, indicando un valor de 18 en su grado. Por lo demás, las otras revistas y editoriales analizadas registran grados de nodo significativamente inferiores. Por tanto, se concluye que en *Nómadas* y en *Siglo del Hombre Editores* es donde el grupo Comunicación-Educación de la Universidad Central más ha publicado.

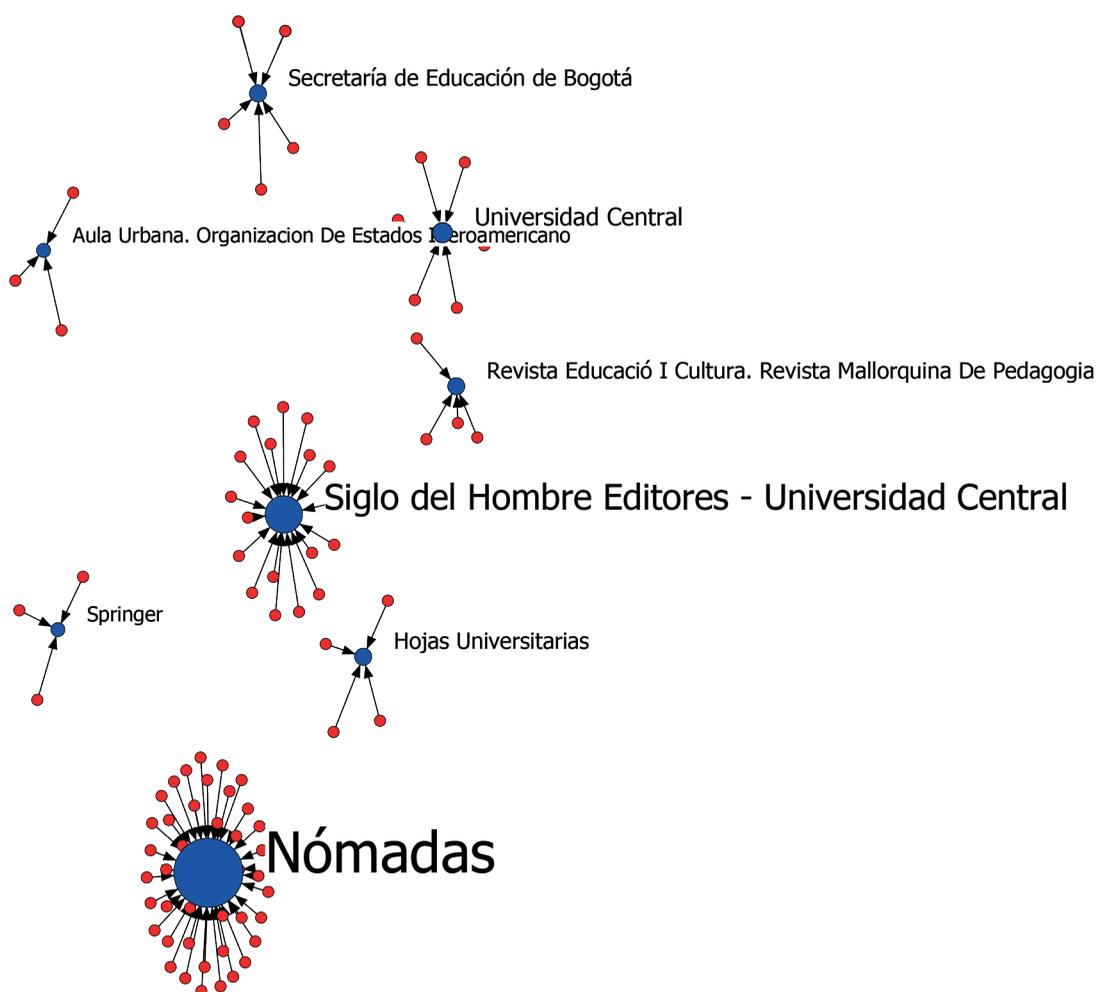


Figura 9. Red de revistas del grupo de investigación Comunicación-Educación.

El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado.

Fuente: elaboración propia.

La red de revistas del grupo de investigación Maxwell (figura 10) pretende mostrar en dónde los autores pueden publicar sus artículos, con el fin de establecer cuáles de las revistas tienen mayor influencia. En la gráfica de red de revistas, se puede ver que existen 6 revistas que publican más de un artículo, las cuales son: *Ensayos de ciencias exactas y naturales*, *Revista de la Fundación Universidad Autónoma*, *Hojas universitarias*, *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* y *el Internacional*

Journal of Applied Engineering Research. También se pueden observar 13 revistas en las que se encuentra publicado solamente un artículo del grupo y 5 libros que, por su publicación a través de una editorial, no tienen relación con ninguna revista. En resumen, el grupo Maxwell adquiere mayor nivel a través de publicaciones en revistas de ciencia a nivel mundial; de dicho grupo se resalta, además, la participación con artículos en inglés en la revista *Internacional Journal*.



Figura 10. Red de revistas del grupo de investigación Maxwell. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

Los tipos de revistas o editoriales en las cuales se publican los artículos o libros del grupo de investigación GIGO son de naturaleza muy diversa (figura 12). En primer lugar, se destaca el papel de la editorial de la Fundación Universidad Central como órgano de difusión más usado por este grupo. El segundo grupo corresponde a aquellas revistas en las cuales se

han publicado entre 2 y 4 artículos. Se trata de la *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas* de la Universidad Militar Nueva Granada y la revista *Innovar*, con clasificación A2 y A1 respectivamente, según Colciencias. Por último, se encuentran las revistas en que solo se ha publicado una sola vez.

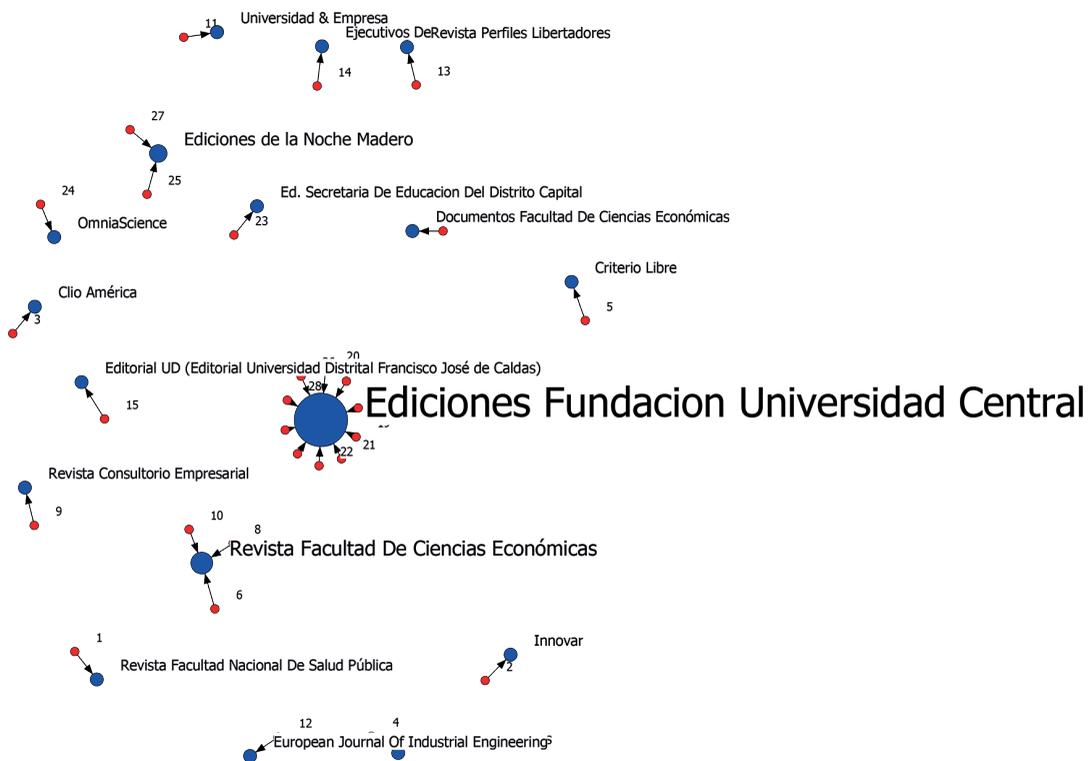


Figura 12. Red de revistas del grupo de investigación GIGO. El tamaño de los nodos está determinado por la centralidad de grado. Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

Por medio del presente trabajo se lograron diversos aportes y contribuciones. En primer término, se pudo comprobar la utilidad de la metodología de *análisis de redes sociales* para descubrir patrones ocultos de las relaciones en el interior de los grupos de investigación. Las

redes de coautoría permitieron descubrir a los autores más prestigiosos y a aquellos que poseen alta capacidad para producir conocimiento de manera grupal. Se identificó, además, que no existe una forma estándar de relacionarse. Por su parte, hubo grupos que se soportan en la

producción de unos pocos miembros, mientras que otros producen de forma más equilibrada.

A nivel temático, los patrones son más definidos. Los grupos del área social están asociados a redes de palabras clave que incluyen una gran variedad de conceptos mucho mayor que las de grupos de administración o ingeniería. Dichos grupos se especializan en temas muy concretos y la dispersión es menor.

Finalmente, la última tipología de redes evidenció una característica común en tres de los cuatro grupos: la dependencia de las publicaciones institucionales para publicar. La

universidad ha logrado, a lo largo de su historia, consolidar la revista *Nómadas*. Este es un órgano de difusión que se encuentra muy bien clasificado en Colciencias y, por este motivo, los grupos de investigación aspiran a publicar allí. Esto último ha sido posible para tres de los cuatro grupos, porque la revista tiene un foco en temas sociales, mientras que el otro grupo estudiado no pertenece a estas áreas, razón por la cual publica en otras revistas. En resumen, los grupos presentan una alta dependencia de las revistas de la propia institución para poder publicar sus resultados de investigación.

Referencias

- Bianco, M., y Sutz, J. (2005). Las formas colectivas de la investigación universitaria. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, 2(6), 25–44.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., y Freeman, L. (2002). UCINET 6 for Windows: software for Social Network Analysis (Version 6.379). Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Colciencias. (2015). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación*. Disponible en <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/mediciondegrupos-actene2015.pdf>
- Colciencias. (2016). *Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación* (p. 345). Bogotá: Colciencias.
- Duarte Torres, O., y Velho, L. (2009). Capacidades científicas y tecnológicas de Colombia para adelantar prácticas de bioprospección. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, 4(12), 55–68.
- Freeman, L. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40, 35–41.
- Freeman, L. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. doi: 10.1016/0378-8733(78)90021-7
- García Gutiérrez, L. A., y Pérez Corredor, M. P. (2010). Diseño y construcción de una herramienta de simulación y proyección del modelo de evaluación de la Investigación en Colombia SCIENTICOL. *Revista Umbral Científico*, (17), 48–54.
- Hamui Sutton, M. (2011). Estructura organizativa y trayectoria de un grupo de investigación científica de relaciones internacionales. *Perfiles Educativos*, 33(133), 51–67.
- Jaime, A., Pérez Martelo, C., Herrera, B., Ordóñez, G., y Vinck, D. (2016). *How do research groups cope with Science, Technology and Innovation Policy gaps in Colombia? The case of nanotechnologies*. Paris.

- Londoño, F. (2005). Un análisis sobre la dinámica de los grupos de investigación en Colombia, de su conformación a su supervivencia. *Investigación y Desarrollo*, 13(1), 184–203.
- Mejía, J., Guerra, F., Perez, C., y Trujillo, A. (2011). Meta-Networks of Academic Scientific Research Groups: Three Colombian Study Cases. *XIV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica-altec*. Lima, Perú.
- Núñez, J. F., y Cárdenas, E. (2013). Identificación de asociaciones y complicidades, vía *e-mail*, de un grupo de analistas de redes sociales: ¿Qué intercambian los rederos? *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 24(1), 27–52.
- Osorio Guzmán, J., Sánchez Castro, J. J., y Botero Girón, C. A. (2011). Revisión del modelo de comunicación de la innovación en la universidad tecnológica de pereira articulado con el de otras universidades reconocidas de colombia. *Scientia et Technica*, 1(47), 65–70.
- Osorio Guzmán, J., Sánchez Castro, J. J., y Botero Girón, C. A. (2012). Algunos aspectos de la difusión de la innovación en la Universidad Tecnológica de Pereira. *Scientia et Technica*, 1(51), 81–86.
- Robledo, J. (2007). De los grupos consolidados de investigación a los sistemas dinámicos de innovación: el desafío actual del desarrollo científico y tecnológico colombiano. *Dyna*, 74(152), 01–07.
- Ruiz, C. F., Bonilla, R., Chavarro, D., Orozco, L. A., Zarama, R., y Polanco, X. (2010). Efficiency measurement of research groups using Data Envelopment Analysis and Bayesian networks. *Scientometrics*, 83(3), 711–721. doi: 10.1007/s11192-009-0122-y
- Sossa, Z., Wilder, J., Orozco Mendoza, G. L., Vergara Sornoza, J. I., y Martínez, D. J. (2011). Diagnóstico de estrategia de innovación en grupos de investigación. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6(3), 196–207.
- Universidad Central. (2016). *PDI - Plan de Desarrollo Institucional 2016-2025. Resumen ejecutivo*.

Anexo 1. Estadísticas del análisis de redes sociales.

Resumen comparativo análisis de redes Redes de coautoría									
Grupo de investigación	<k>	GC	Δ	C	R	Co	# Autores	# Productos	IC
Comunicación y Educación	1,811	36,3 %	3,5 %	7	11,5 %	62,9%	53	138	- 0,616
Maxwell	1,613	22,8 %	5,4 %	6	16,7 %	17,6%	29	30	- 0,033
Socialización y Violencia	0,571	18,9 %	2,9 %	6	90,0 %	5,2 %	21	60	- 0,650
GIG0	0,545	23,3 %	2,6 %	5	90,5 %	4,5 %	22	29	- 0,241

<K>: Grado promedio, GC: Grado centralización, Δ : Densidad, C: Componentes,
R: Razón de componentes, Co: Conectividad, IC: Índice de cohesión de Colciencias.
Fuente: elaboración propia