



ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y REDES DE COAUTORÍA EN LA ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES, ECONÓMICAS Y DE NEGOCIOS

Structural analysis and co-authorship networks in the school of administrative, accounting, economic and business sciences

Diego Fernando Molano Soto³⁹, Catherine Valencia Florez⁴⁰, John Harold Muñoz Rojas⁴¹

Cómo citar este capítulo: Molano-Soto, F., Valencia-Florez, C. y Muñoz-Rojas, J., (2024). Análisis estructural y redes de coautoría en la Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios. En: Avendaño M. y Mondragón S., (Comp.). *Interacciones entre el mundo físico y virtual en el desarrollo socioeconómico*. (319-343). Sello Editorial Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. <https://doi.org/10.22490/UNAD.9786287786202>

39. Economista, Magíster en Gobierno y Políticas Públicas, Universidad Externado. Candidato a Ph. D. en Modelado en Política y Gestión Pública, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Líder Nacional programa de Economía - Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

Correo electrónico: Diego.molano@unad.edu.co

40. Profesional en Negocios Internacionales. Especialista en Pedagogía. Magíster en Relaciones Internacionales, Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Correo electrónico: Catherine.valencia@unad.edu.co

41. Economista, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Finanzas Públicas, Escuela Superior de Administración Pública, ESAP. Magíster en Economía Universidad Santo Tomás. Docente del Politécnico Gran Colombiano.

Correo electrónico: jhamunoz@poligran.edu.co



Resumen

Este estudio destaca la importancia de utilizar indicadores relacionales en el análisis de la producción científica de grupos de investigación. Su objetivo principal es comprender las dinámicas de publicación a través del uso de diversos indicadores relacionados con la densidad, centralidad y tamaño de la red. Para lograrlo, se examinan las redes de coautoría de siete grupos de investigación afiliados a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), específicamente pertenecientes a la Escuela de Ciencias Administrativas, Económicas y de Negocios (ECACEN). En este análisis, se pone un enfoque especial en las redes de coautoría, y las publicaciones analizadas están vinculadas a los Grupos de Investigación y Desarrollo Tecnológico en las Ciencias Administrativas, Económicas y Contables (GrupLAC) de la Plataforma ScienTI de Colciencias. Se emplearon herramientas específicas para llevar a cabo este análisis: el programa UCINET v. 6.272 se utilizó para calcular indicadores estructurales de las redes de coautoría, mientras que el programa NetDraw v. 2.091 permitió visualizar estas redes. Los resultados del estudio indican una baja densidad en las redes, lo que señala una conectividad reducida entre los integrantes de cada grupo de investigación y entre los diversos grupos dentro de la misma escuela. Asimismo, en la mayoría de los grupos investigados, la cantidad de publicaciones durante el período de estudio fue relativamente reducida, lo que a su vez refleja una limitada densidad relacional. En vista de estos hallazgos, este punto resalta la importancia de promover la colaboración y cooperación tanto dentro de los grupos como entre ellos, con el objetivo de mejorar las calificaciones y alcanzar categorías más elevadas en el modelo de medición de Minciencias.

Palabras clave: redes complejas, redes libres de escala, generación de conocimiento, redes de coautoría.

Abstract

This study highlights the importance of using relational indicators in the analysis of the scientific production of research groups. Its main objective is to understand publication dynamics through the use of various indicators related to the density, centrality and size of the network. To achieve this, the co-authorship networks of seven research groups affiliated with the National Open and Distance University (UNAD) are examined, specifically belonging to the School of Administrative, Economic and Business Sciences (ECACEN). In this analysis, a special focus is placed on co-authorship networks, and the publications analyzed are linked to the Research



and Technological Development Groups in Administrative, Economic and Accounting Sciences (GrupLAC) of the ScienTI Platform of Colciencias. Specific tools were used to carry out this analysis: the UCINET v. 6.272 was used to calculate structural indicators of co-authorship networks, while the NetDraw v. 2,091 allowed these networks to be visualized. The results of the study indicate a low density in the networks, which indicates reduced connectivity between the members of each research group and between the various groups within the same school. Likewise, in most of the groups investigated, the number of publications during the study period was relatively small, which in turn reflects a limited relational density. In view of these findings, this point highlights the importance of promoting collaboration and cooperation both within and between groups, with the aim of improving qualifications and achieving higher categories in the measurement model of the Ministry of Science.

Keywords: complex networks, scale-free networks, knowledge generation, co-authorship networks.

Este estudio destaca la importancia de utilizar indicadores relacionales en el análisis de la producción científica de grupos de investigación. Su objetivo principal es comprender las dinámicas de publicación a través del uso de diversos indicadores relacionados con la densidad, centralidad y tamaño de la red.

Introducción

Según Gutiérrez y Gómez (2017), la producción científica en las universidades se ha convertido en una estrategia para gestionar el conocimiento al respaldar áreas de interés en programas académicos. Sin embargo, es importante destacar que numerosos estudios están basados en indicadores bibliométricos, los cuales ofrecen resultados cuantitativos, pero no proporcionan información sobre la interacción y dinámica de los grupos de investigación. Por otro lado, el análisis de redes de coautoría, desde la perspectiva del estudio de redes sociales y mediante la creación de matrices relacionales, permite identificar las relaciones existentes entre los miembros de los grupos de investigación y su participación y colaboración en el ámbito científico.

La importancia de la universidad del Siglo XXI reside en su capacidad para establecer conexiones con el sector empresarial y su habilidad para gestionar el conocimiento en beneficio de la sociedad, mediante el uso intensivo de TIC. Las redes de conocimiento se constituyen en el instrumento por excelencia para transmitir y difundir los conocimientos derivados de la producción intelectual de manera colectiva en los grupos de investigación. La gestión del conocimiento se concibe como establecer en práctica el conocimiento; por lo tanto, las redes y la gestión del conocimiento se convierten en recursos estratégicos cruciales para la universidad y las empresas, en beneficio de la sociedad en su conjunto.

Este análisis representa una contribución significativa desde la perspectiva de las redes complejas en el ámbito de la educación superior. Se centra en la recreación de redes a partir de las relaciones e interacciones que los investigadores establecen en sus actividades de investigación. En esencia, este artículo adopta un enfoque reticular y cuantitativo y se lleva a cabo dentro de la Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios (ECACEN) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

El trabajo está organizado en tres secciones distintas. La primera sección se dedica a una revisión exhaustiva de los principales fundamentos teóricos relacionados con el tema. En particular, se exploran las redes complejas, con un enfoque especial en las redes libres de escala. Esto se debe a que las redes de coautoría suelen mostrar una distribución que sigue la ley de Pareto, lo que refleja la complejidad del proceso de generación de conocimiento. En la segunda parte, se desarrollan indicadores de redes tanto a nivel micro, que se aplican a cada nodo individual, como a nivel macro, que se aplican al conjunto completo de la red. Finalmente, en la tercera sección, se extraen conclusiones valiosas relacionadas con las actividades de investigación en el contexto estudiado.

Marco teórico

El flujo de información y el conocimiento desempeñan un papel de vital importancia en el ámbito académico, cumpliendo una serie de funciones esenciales. Estos elementos se convierten en recursos invaluableles para la gestión y facilitan la toma de decisiones destinadas a abordar los desafíos relacionados con las funciones fundamentales de una institución educativa, a saber: la docencia, la gestión académica y la investigación. Mientras que las dos primeras funciones tienen un carácter operativo y se ven moldeadas a través de actividades académicas, la tercera función aspira a que las dos anteriores se nutran de la investigación, ya que esta última posibilita la creación de enfoques más sofisticados. En este sentido, es imperativo no solo generar conocimiento, sino también administrarlo de manera eficaz. Esto se convierte en una estrategia esencial para ganar ventaja en el mercado educativo, lograr reconocimiento y establecerse tanto a nivel nacional como internacional. Además, esta gestión del conocimiento contribuye al desarrollo de soluciones que benefician no solo a la institución educativa en sí, sino también a las empresas y a la sociedad en general (Silvio, 2010).

En este contexto, el capital humano se percibe como el recurso máspreciado en las organizaciones, ya que su contribución aumenta el valor de los activos tangibles. Por lo tanto, tanto las organizaciones como los individuos tienden a invertir más recursos en la producción, creación y aplicación del conocimiento disponible. Sin embargo, es importante destacar que las organizaciones difieren en sus niveles de información y en los ritmos de producción y uso del conocimiento. Por lo tanto, comprender cómo se configuran y gestionan las competencias y habilidades relacionadas con la generación de conocimiento se convierte en un factor crítico de competitividad y éxito en el mercado. En este sentido, la inversión más rentable es aquella que se enfoca en la generación, garantía y difusión del conocimiento, es decir, su gestión.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha categorizado el conocimiento de la siguiente manera:

- a. **Know-what:** se relaciona con el conocimiento de hechos y datos, esencialmente información.
- b. **Know-why:** se centra en el conocimiento científico, es decir, los principios y leyes que subyacen a la naturaleza. Este tipo de conocimiento sirve como fundamento para el desarrollo tecnológico y avances en productos y procesos industriales.
- c. **Know-how:** engloba las habilidades y capacidades necesarias para llevar a cabo acciones concretas. Este tipo de conocimiento se desarrolla y se mantiene principalmente dentro de los límites de una organización. Una razón clave para

establecer redes es la necesidad de compartir elementos de *know-how* entre organizaciones.

- d. Know-who:** se refiere a la información sobre quién posee qué conocimiento y quién sabe cómo realizar ciertas tareas. Implica la formación de relaciones sociales especiales que facilitan el acceso eficiente a expertos y la utilización de sus conocimientos. Se adquiere a través de prácticas sociales, especialmente en entornos educativos, y se puede transmitir fácilmente a través de canales formales de comunicación.

El *know-what* y el *know-why* se adquieren a través de fuentes como libros, informes y bases de datos, mientras que las otras dos formas de conocimiento: se desarrollan mediante la interacción entre actores sociales. En este caso, la interacción entre investigadores.

Parker (2007) sostiene que el conocimiento es un ente dinámico, caracterizado por movimientos continuos, intercambios y transformaciones que pueden ocurrir de manera consciente o inconsciente. Por su parte, Krogh, *et al.* (2001), observan que el conocimiento es un recurso valioso para la sociedad. Entienden que el conocimiento es intuitivo, existe dentro de las personas y se deriva inicialmente de la información. Más que individual, el conocimiento es público; es decir, pertenece al sistema social y depende de la interacción de los actores sociales en la organización. Por ello su gestión es decisiva para determinar qué acciones se deben tomar por parte de la gerencia. El conocimiento se encuentra implícitamente en el quehacer de los grupos de investigación que hacen parte de la universidad.

Según Silvio (2010), la gestión del conocimiento se define como un conjunto de prácticas discursivas que se materializan a través de publicaciones interconectadas en un contexto histórico y espacio específico. Cada práctica de gestión del conocimiento tiene un enfoque particular, un nivel de formalización y puede abarcar diversos procesos, como la planificación, ejecución, seguimiento y evaluación de una serie de acciones y decisiones destinadas a ofrecer soluciones a problemas relacionados con la adquisición (aprendizaje); transmisión (enseñanza-comunicación); conservación; recuperación; creación (investigación); aplicación (extensión, transferencia) y difusión de datos; información y conocimiento, valiosos y relevantes para la sociedad.

En consecuencia, para que una organización pueda competir eficazmente, debe aprender a generar, identificar, evaluar, compartir y gestionar los conocimientos adquiridos. La gestión del conocimiento se ha convertido en una prioridad gerencial, que implica en términos generales, la acumulación, procesamiento, almacenamiento, producción y difusión de conocimientos. Estos procesos desempeñan un papel fundamental en la producción, se basan en el uso intensivo de información y conocimiento útil. Por

lo tanto, uno de los desafíos más importantes para la universidad es la generación de conocimiento valioso para toda la sociedad (PEUL, 2015-2020).

Para profundizar en la comprensión de este tema, este trabajo se basa en el modelo de gestión del conocimiento propuesto por Nonaka y Takeuchi (1999). Es un modelo de creación de conocimiento de dos espirales de contenido epistemológico y ontológico. La siguiente tabla muestra cómo la combinación de conocimiento tácito y explícito y el conocimiento transitan por cada una de las siguientes etapas.

Tabla 1. *Conocimiento*

	Tácito	Explícito	
Tácito	Socialización Conocimiento armonizado	Exteriorización Conocimiento conceptual	Tácito
Explícito	Interiorización Conocimiento operacional	Combinación Conocimiento sistémico	Explícito

Nota. Modelo SECI de creación de conocimiento que incorpora combinaciones de formas de conocimiento tácito y explícito.

Fuente: Nonaka y Takeuchi, (1999).

La etapa de combinación del conocimiento implica la creación de conocimiento explícito a partir de diversas fuentes, que pueden incluir documentos escritos, artículos y comunicaciones por correo electrónico.

Por otro lado, la etapa de interiorización del conocimiento es el proceso mediante el cual el conocimiento explícito se convierte en conocimiento tácito. Esto implica analizar las experiencias adquiridas al poner en práctica nuevos conocimientos, los cuales se incorporan a la organización en forma de modelos mentales compartidos o prácticas de trabajo por parte de sus miembros. El valor añadido radica en la efectiva gestión del conocimiento, la cual implica identificar a los autores que tienen una mayor producción y centralidad en las redes. El propósito de esta identificación es establecer vínculos con aquellos que poseen menos experiencia y producción, con el fin de fortalecer y consolidar los grupos de investigación. En este contexto, la universidad desempeña un papel esencial como un agente significativo en la creación y difusión del conocimiento, contribuyendo a la solución de los grandes desafíos que enfrenta la sociedad.

En este sentido, en la teoría de grupos sociales existe un conjunto de enfoques relacionados con la definición de lo que constituye un grupo. Torres (2008) destaca tres

elementos clave para esta definición. En primer lugar, un grupo se caracteriza por la interdependencia de sus miembros. En segundo lugar, se define a través de la identidad que surge en relación con aspectos perceptivos y cognitivos. En tercer lugar, se destaca el conocimiento tácito que se adquiere a través de la experiencia, exposiciones orales, documentos y manuales. Esta dimensión es una forma crucial de enriquecer el acervo de conocimiento de la organización.

La exteriorización es el proceso de convertir el conocimiento tácito en conocimiento explícito, lo que implica hacerlo tangible y fusionarlo con la cultura organizacional.

Así, la interacción de los miembros que configuran la estructura del grupo, esta última perspectiva se enmarca en la visión de las redes sociales. Para Molina (2001), la interacción de los miembros de un grupo es lo que da origen a su estructura interna y a través del tiempo configura un sistema que permite identificar roles, estatus, normas y valores, que constriñen el comportamiento de los actores, facilitan el estudio y análisis de los procesos que se generan en él.

En este sentido, Requena (2008) relaciona el concepto de grupo a la noción de redes sociales, al considerarlo un conjunto de personas vinculadas que configuran una red de relaciones. Por su parte Lozares (1996), identifica que redes tienen una forma y un contenido. El contenido se refiere a la sustancia relacional, es decir, lo que se intercambia, como, por ejemplo, información. Esta fluye a través de los actores mediante la interacción relacional. La forma de la red se expresa mediante las propiedades relacionales y estas configuran una parte o la totalidad de la red. En esta dirección, Wasserman y Faust (1994), observan que los lazos relacionales son vehículos de transferencias de recursos, tanto materiales como no materiales entre los actores y grupos. La importancia de las propiedades radica en que permiten describir las pautas relacionales y la estructura de la red en su totalidad.

Según Pérez (2008), se define un grupo de investigación como una asociación de individuos que se reúnen con la finalidad de realizar investigaciones en áreas específicas. Estos grupos definen uno o varios problemas de relevancia, trazan un plan de trabajo a mediano y largo plazo como dirección de sus esfuerzos, así como producen resultados específicos y comprobables. En el contexto universitario, la investigación se aborda desde la perspectiva de la producción académica generada por estos grupos de investigación. Por lo tanto, es fundamental comprender la dinámica y la multiplicidad de interacciones que caracterizan a estos grupos a través del análisis de su producción académica como un proceso complejo que da forma a redes de conocimiento.

Una red es una estructura topológica compuesta por actores interconectados que facilita la comunicación y el flujo de información entre grupos sociales, la estructura relacional y sus imbricaciones solapadas hacen posible la transmisión de información.

La red actúa como un vaso comunicante entre las disciplinas y movilizan ente los actores la información. La información articulada de diferentes disciplinas y especialidades heterogéneas favorecen la evolución del sistema, es decir, los individuos transmiten sus ideas, pensamientos, articulando canales de información en un gran todo transdisciplinar en donde emerge el nuevo conocimiento y una de sus formas de expresión son las redes conocimiento (Stagg, 2011).

De acuerdo con Barabási y Bonabeau (2003), las redes están presentes en una multitud de contextos. Estas redes abarcan desde el cerebro humano y la Internet hasta las sociedades humanas, donde los individuos están conectados por relaciones afectivas y lazos familiares o profesionales, así como en otros escenarios donde funcionan como enlaces que fluyen, como usuarios entre aeropuertos, redes de investigación y colaboración científica. A una escala más amplia, encontramos ejemplos en ecosistemas, cadenas tróficas, redes de proteínas y, de manera sorprendente, incluso el lenguaje utilizado para redactar este trabajo se puede considerar una red, compuesta por palabras interconectadas por relaciones sintácticas y semánticas.

En términos generales, las redes se pueden conceptualizar como conjuntos de nodos que interactúan entre sí. Estos nodos, también llamados vértices o elementos, se representan típicamente como v_1, v_2, v_3, v_N , donde N es el número total de nodos en la red. Cuando un nodo está conectado con otro nodo v_j , esta conexión se representa mediante una pareja ordenada (v_i, v_j) . En términos matemáticos, una red, conocida como grafo, se define de la siguiente manera: Una red R está conformada por un conjunto de nodos $V = \{v_1, v_2, v_3, v_N\}$ y un conjunto de parejas ordenadas $\epsilon = \{(v_i, v_j)\}$ que pertenecen a $V \times V$.

Cada pareja ordenada (v_i, v_j) , en la que un nodo v_i se conecta con un nodo v_j , se denomina conexión dirigida. Una red R se considera no dirigida si, para cada pareja $(v_i, v_j) \in \epsilon$, también existe la pareja $(v_j, v_i) \in \epsilon$.

Los nodos directamente conectados a un nodo v_i se denominan sus vecinos, y el número de vecinos se expresa como k_i .

Una red es una estructura topológica compuesta por actores interconectados que facilita la comunicación y el flujo de información entre grupos sociales, la estructura relacional y sus imbricaciones solapadas hacen posible la transmisión de información.

Tabla 2. *Diferentes tipos de redes*

Redes sociales	
Sexuales	Se considera que dos individuos están vinculados si han compartido una experiencia íntima en algún momento
Familiares	Se entiende que dos personas están interconectadas si tienen una relación de parentesco cercano.
Científicas	Dos científicos están vinculados si han colaborado como coautores en la redacción de al menos un artículo de investigación
Enfermedades	Dos individuos están interconectados si uno transmitió una enfermedad al otro
Redes informáticas	
Internet	Dos computadoras están enlazadas cuando existe un cable que las conecta físicamente
Www	Dos páginas web se consideran conectadas cuando una de ellas contiene un hipervínculo que dirige a los usuarios a la otra página.
Palabras	Dos palabras se consideran conectadas cuando son sinónimos o cuando una de las palabras aparece en la definición de la otra en un diccionario.
Redes tecnológicas	
Energía eléctrica	Dos centrales están conectadas si existe un cable que las conecta.
Petróleo/gas	Dos estaciones de petróleo o de gas están conectadas si existen oleoductos o gasoductos que los conecten.
Transporte	Dos localidades se consideran conectadas cuando existe una infraestructura de transporte que las enlaza, como carreteras o ferrocarriles que permiten la comunicación y movilidad entre ellas
Redes biológicas	
Proteicas	Dos proteínas se consideran conectadas cuando ambas participan en una reacción química común.
Genéticas	Se consideran conectados cuando uno de ellos regula la expresión del otro
Ecológicas	Dos especies se consideran conectadas si una es parte de la cadena alimentaria de la otra.
Neuronales	Dos neuronas están conectadas cuando existe una conexión sináptica que permite la transmisión de señales entre ellas.

Nota: se presentan diferentes tipos de redes y las conexiones que se establecen en cada una de ellas. Estos tipos de redes incluyen redes sociales, redes informáticas, redes tecnológicas, redes biológicas, entre otras.

Fuente: elaboración propia con base en Barabási y Bonabeau (2003).

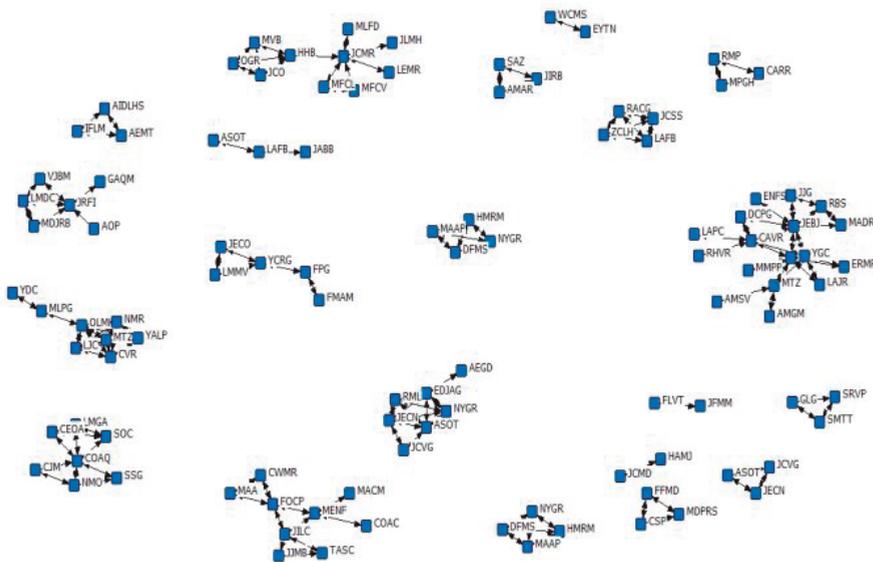
Aunque la definición rigurosa de una red es fundamental en el ámbito matemático y teórico, para los propósitos de este trabajo, es adecuado pensar en una red como un conjunto de nodos que se encuentran interconectados mediante enlaces o conexiones.

Conforme a ello, el concepto de islas o subredes es esencial en el estudio de las redes. Como se mencionó previamente, la definición de red no establece que todos los nodos deban estar interconectados entre sí y algunos nodos pueden carecer de

conexiones. En otras palabras, la definición de una red puede entenderse como un conjunto compuesto por un número variable pero finito de nodos y la totalidad de los vínculos existentes entre ellos. Esto implica que pueden existir nodos aislados, que no están conectados a ningún otro nodo y también puede haber grupos de nodos que estén conectados entre sí pero que no mantengan conexiones con el resto de la red. Estos grupos de nodos interconectados se denominan islas o subredes dentro de la red más amplia.

En las redes las islas pueden tener diferentes tamaños, desde nodos que no está conectados con a nadie, pasando por diádas o tríadas, hasta el tamaño de toda la red en donde los nodos pueden estar conectados todos entre sí, es decir, la red no está determinada solo por las conexiones, sino también por los nodos que conforman el sistema, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 1. Red principal subredes



Fuente: elaboración propia.

A pesar de que esto puede no parecer intuitivo, es importante comprender desde una perspectiva matemática que todos los nodos en el sistema contribuyen a formar la red en su totalidad.

Redes complejas

El desarrollo de la teoría de grafos, que se originó a partir de los estudios de Leonhard Euler, ha revelado que la creación de grafos es esencial para investigar y comprender de manera más profunda el complejo mundo que nos rodea. Esto se debe a que incluso pequeñas alteraciones en la topología de un grafo, que afecten a solo unos pocos nodos o conexiones, pueden dar lugar a nuevas y sorprendentes posibilidades, como señalan Perianes *et al.* (2008).

El análisis de las redes complejas se aborda desde dos perspectivas diferentes pero complementarias: estructura y dinámica (Aldana, 2001).

Tabla 3. Características de las redes complejas

Característica de la Estructura de la Red	Dinámica de la Red
*Distribución de conexiones (De grado) *Coeficiente de agrupamiento *Longitud promedio	*Sincronización *Transición de fase Aprendizaje Procesos difusivos

Nota: Presenta las características de las redes complejas, abordando tanto la estructura de la red, que incluye la distribución de conexiones y el coeficiente de agrupamiento, como la dinámica de la red, que involucra procesos como la sincronización y la transición de fase.

Fuente: elaboración propia con base en Aldana (2011).

La perspectiva estructural y la perspectiva dinámica, que se constituyen en dos campos de análisis diferentes, pero complementarios. El estudio en general de las redes debe considerar, la estructura de la red, la topología y el patrón de crecimiento.

El análisis estructural y la topología de las redes se abordan desde sus principales propiedades:

- 1. Distribución de conexiones (Grados) o Vecinos ($P(k)$):** hace referencia a la probabilidad de que, al seleccionar un nodo de forma aleatoria en la red, este tenga exactamente k conexiones o vecinos. En otras palabras, nos ayuda a comprender cómo se distribuyen las conexiones entre los nodos en la red.
- 2. Coeficiente de Clustering (C o agregación):** mide la probabilidad de que dos nodos que están directamente conectados a un tercer nodo también estén conectados entre sí. Un coeficiente de *clustering* alto indica una mayor transitividad en la red, es decir, una mayor tendencia de los nodos a formar grupos interconectados.

3. **Longitud mínima (L_{ij}) entre nodos:** se refiere al número mínimo de pasos o brincos necesarios para ir desde un nodo v_i a otro nodo v_j en la red. Es una medida de la distancia entre nodos en la red.
4. **Longitud promedio de la red (L):** la longitud promedio de la red es el promedio de las longitudes mínimas L_{ij} entre todas las posibles parejas de nodos (v_i, v_j) en la red. Proporciona una medida de la distancia promedio en la red, lo que puede ayudar a comprender cuán eficiente es la comunicación entre nodos distantes.
5. **Tamaño de la isla más grande (S_{∞}):** representa el número de nodos en la isla más grande de la red. Esta propiedad está relacionada con la conectividad de la red.
6. **Heterogeneidad en el conexionado:** refleja la variabilidad en el número de conexiones de los nodos en la red. Indica que algunos nodos tienen pocas conexiones mientras que otros tienen muchas. No existe una conectividad uniforme en la red.
7. **Efecto *Small World* (mundo pequeño):** sugiere que, en una red, la distancia promedio entre cualquier par de nodos que no están directamente conectados es sorprendentemente pequeña. Esto significa que la red permite una transmisión eficiente de información a pesar de su tamaño.
8. **Alta modularidad:** algunas redes complejas presentan un modularidad significativo, lo que significa que los nodos se organizan en módulos o grupos muy interconectados con una baja interconexión entre los módulos. Esta propiedad refleja una estructura jerárquica en la red.

Además de analizar las propiedades estructurales de una red, es fundamental considerar las propiedades dinámicas, ya que las interacciones entre los nodos generan fenómenos dinámicos interesantes en la red.

Estructura de las redes complejas

En diversos sistemas complejos, se observa una propiedad común: la presencia de nodos altamente interconectados, a los que se les conoce como cubos o *hubs*, mientras que la mayoría de los nodos tienen solo unas pocas conexiones. Esta asimetría en la conectividad da como resultado una estructura de red que parece no tener una escala uniforme. Estas redes, conocidas como redes libres de escala, exhiben ciertas propiedades interesantes. Son resistentes ante fallos aleatorios pero susceptibles a ataques selectivos. Comprender estas características es fundamental en diversos campos.

Por ejemplo, en el ámbito de la informática, este conocimiento es crucial para desarrollar estrategias efectivas destinadas a prevenir la infiltración de virus en las redes

de internet. Además, en la investigación académica, se pueden establecer sinergias que fortalezcan la cooperación entre distintos campos de estudio y permitan abordar problemas de manera más eficiente.

En este contexto, una de las características más destacadas de las redes complejas es su distribución de grado, que representa la probabilidad de que un nodo seleccionado al azar tenga exactamente k conexiones o vecinos. Esta distribución puede dividirse en tres categorías principales:

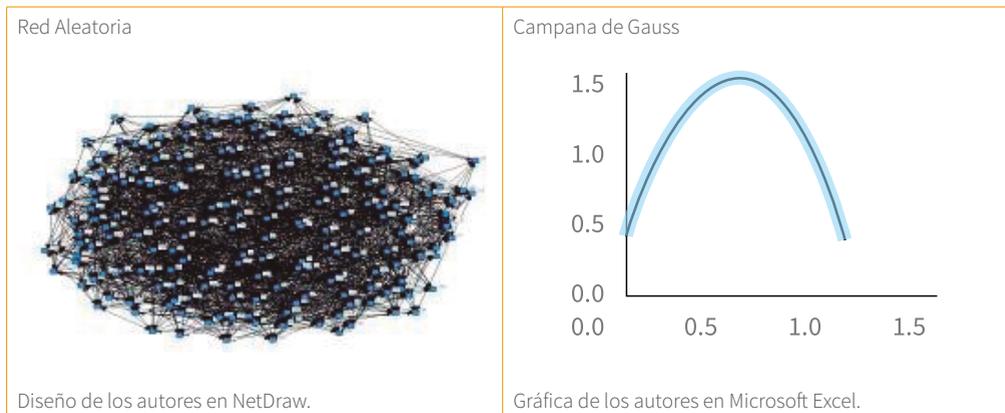
- I. Topología de Poisson:** en esta topología, la distribución de grado sigue un patrón similar a una distribución de Poisson, lo que implica que la mayoría de los nodos tienen un número de conexiones similar, sin nodos altamente conectados.
- II. Topología exponencial:** en la topología exponencial, la distribución de grado sigue una distribución exponencial, lo que significa que la mayoría de los nodos tienen un número bajo de conexiones, pero algunos nodos son altamente conectados.
- III. Topología libre de escala:** en la topología libre de escala, la distribución de grado no sigue una distribución normal, sino que muestra una variabilidad significativa. Algunos nodos tienen un número extremadamente alto de conexiones, mientras que la mayoría de los nodos tienen pocas conexiones. Esta es una característica distintiva de las redes complejas.

El estudio de estas estructuras topológicas es esencial para comprender cómo se comportan y cómo se pueden aprovechar o proteger en diversos contextos.

Red aleatoria

Las redes aleatorias se asemejan a una red de vías como se muestra en la Figura 3, presentan una distribución acampanada como se observa en el gráfico, consta de nodos interconectados al azar. En estos sistemas, la representación gráfica de la distribución de vínculos es acampanada (curva de la izquierda) y la mayoría de los nodos cuentan con similar número de enlaces.

...una de las características más destacadas de las redes complejas es su distribución de grado, que representa la probabilidad de que un nodo seleccionado al azar tenga exactamente k conexiones o vecinos.

Figura 3. Red aleatoria

Fuente: elaboración propia.

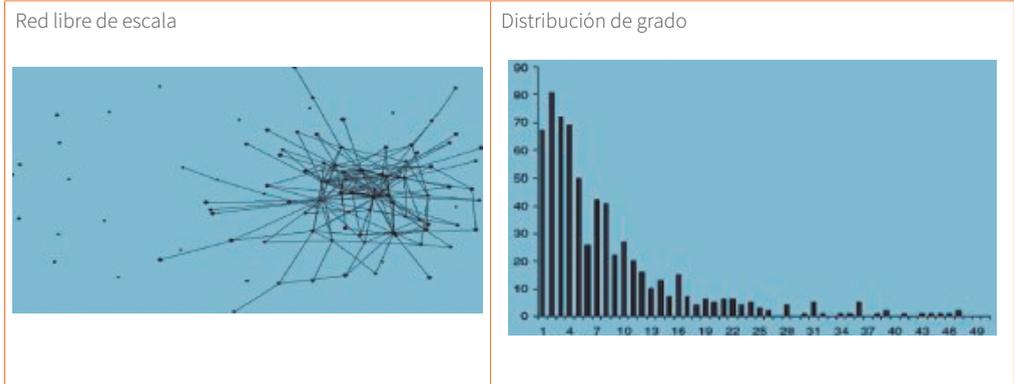
Red libre de escala

Como se mencionó anteriormente una característica común de las redes aleatorias distribución de vínculos (distribución de grado) es homogénea. Por su parte las redes libres de escala su distribución de grado sigue una ley de potencias.

Las redes sin escala, en cambio, se asemejan a un sistema de líneas aéreas, contiene cubos (*hubs*), es decir, nodos con un gran número de enlaces. En ellas, la distribución de enlaces internodales se rige por una ley de potencia. Las organizaciones deben reconocer la importancia de las capacidades de las personas como un sistema de líneas aéreas, conteniendo cubos (*hubs*), es decir, nodos con un gran número de enlaces.

La figura 4 grafica el número de coautorías que pocos autores tienen. Esta distribución es una distribución libre de escala.

Las redes sin escala, en cambio, se asemejan a un sistema de líneas aéreas, contiene cubos (*hubs*), es decir, nodos con un gran número de enlaces. En ellas, la distribución de enlaces internodales se rige por una ley de potencia.

Figura 4. Red libre de escala

Fuente: Reynoso (2008).

Problema

Las organizaciones en general y en particular las de educación superior, han desarrollado e implementado diversas técnicas con el objetivo de mejorar la capacidad de respuesta frente a los cambios del mercado en una economía global; entre ellas, la reingeniería, la gestión de la calidad total, y la delegación de tareas. A menudo, han resultado limitados y fugaces. Por ello las redes son un recurso clave para obtener y mantener ventajas competitivas. En este sentido Gibbons *et al.* (1994) considera que el conocimiento es el principal motor de desarrollo organizacional. Su producción involucra diferentes actores que pertenecen a diversas esferas institucionales: el gobierno, la industria y la universidad, siendo ésta uno de los principales productores de conocimiento.

Klaus y Rivas (2008) señalan que la principal función de la universidad es la investigación. Este aspecto se ha constituido en uno de los principales quehaceres de la vida universitaria. Consideran que las investigaciones permiten crear valor, ofrece soluciones oportunas, facilita la adaptación a los cambios tecnológicos con menores riesgos y costos; desarrolla habilidades, destrezas además de aprendizajes continuos. Es por ello que la investigación en uno de los mayores desafíos de las organizaciones educativas.

La universidad consciente de que, mediante la generación de conocimiento, su aseguramiento, la combinación, la transferencia y la difusión, es el único camino el conocimiento, que le permite aumentar su productividad, calidad y competitividad, ofreciendo soluciones a las necesidades presentes y futuras de la sociedad.

En este contexto, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es la estructura de las redes de conocimiento generado en los grupos de investigación ECACEN? ¿Cuál es el modelo de gestión del conocimiento más apropiado para darle mayor visibilidad?

Materiales y métodos

El trabajo parte del enfoque de redes sociales; como aporte metodológico, varios autores consideran que es la más apropiada evaluar y analizar la producción, así como el rendimiento académico de los grupos de investigación (García-Hernández, 2010). Esta permite identificar, evaluar, visualizar; analizar la transmisión, difusión y hacer seguimiento de la generación de redes de conocimiento. Para ello se utiliza el *software* Ucinet v. 6.497, desarrollado por Borgatti *et al.* (2002). La descripción gráfica y numérica incluye análisis de densidad, centralidad y formación de cliques (Freeman, 1979; Wasserman y Faust, 1994; Hanneman, 2005), para corroborar las hipótesis de trabajo.

Para abordar estas preguntas de investigación, el método ampliamente utilizado son las redes de conocimiento. En particular, la colaboración científica mediante la coautoría en publicaciones. La coautoría es considerada un tipo especial de red social que puede contener información importante sobre los patrones de colaboración entre autores (García-Hernández, 2010). Para entender la estructura de la red se pueden utilizar diferentes técnicas y métodos. Alcaide y Ferri (2014) presentan dos perspectivas y diversas metodologías de investigación para analizar las redes de colaboración científicas.

Klaus y Rivas (2008) señalan que la principal función de la universidad es la investigación. Este aspecto se ha constituido en uno de los principales quehaceres de la vida universitaria. Consideran que las investigaciones permiten crear valor, ofrece soluciones oportunas, facilita la adaptación a los cambios tecnológicos con menores riesgos y costos.

Tabla. 4. *Perspectivas, dimensiones y metodologías de investigación para el análisis de redes de colaboración científicas*

Perspectivas	Dimensiones o niveles de estudio	Metodología de investigación empleadas
Perspectiva estructural	Eje horizontal Disciplinas y áreas de conocimiento	Indicadores bibliométricos Análisis estadísticos Análisis de redes sociales Encuestas
	Eje vertical La organización y estructura de las instituciones (como grupos y departamentos), así como los factores personales y profesionales de los investigadores, pueden tener un impacto significativo en la dinámica de la colaboración científica. Además, factores externos como el género, la edad y la nacionalidad también pueden influir en esta dinámica.	
	Eje mixto Las características de los sistemas científico-tecnológicos pueden variar significativamente según los rasgos culturales y los niveles de desarrollo económico de una región o país. Estos factores influyen en la forma en que se lleva a cabo la investigación y la innovación.	
Perspectiva procesual	Eje longitudinal Características previas para la colaboración. Factores causales y motivacionales de los investigadores para la colaboración. Dinámicas y desarrollo del proceso. Efectos y resultados.	Entrevistas Encuestas Observación histórica

Nota: Se presentan las perspectivas, dimensiones o niveles de estudio, y las metodologías de investigación empleadas para el análisis de redes de colaboración científicas.

Fuente: elaboración propia con base en Alcaide y Gómez, 2014.

Desde la perspectiva estructural y la perspectiva procesual, abordar la investigación en la Facultad de Ciencias Administrativas y Contables implica explorar múltiples dimensiones relacionadas con la producción, transferencia y difusión del conocimiento. Más allá de analizar únicamente aspectos cuantitativos, es esencial adentrarse en los elementos cualitativos. Esto significa profundizar en las motivaciones que impulsan a los investigadores y comprender los pormenores del proceso de investigación, así como también entender el contexto histórico y los factores psicológicos, antropológicos, sociológicos y éticos que influyen en este proceso. En este sentido, no es suficiente enfocarse únicamente en los resultados tangibles, como las publicaciones científicas.

Siguiendo la perspectiva de Hanneman y Riddle (2005), el análisis de redes sociales emplea un lenguaje especializado para describir tanto la estructura como los contenidos de los conjuntos de observaciones bajo escrutinio. Este enfoque es fundamental para investigar la composición y las características de las redes, así como sus elementos individuales. El análisis de indicadores de redes es una herramienta valiosa en este proceso, ya que permite evaluar tanto aspectos horizontales como verticales, así como también combinaciones de ambos. En la dimensión horizontal, se incluyen

disciplinas y áreas de conocimiento, junto con diferentes sectores (académico e industrial), proporcionando un espacio donde investigadores de diversas formaciones pueden converger. En la dimensión sectorial, predominan los grupos académicos, aunque también pueden surgir conexiones con otros sectores.

La perspectiva procesual, que se complementa con la perspectiva estructural, subraya la naturaleza continua y dinámica de la colaboración científica en redes. En este proceso, se comparten y se obtienen recursos de diversas naturalezas, como recursos intelectuales, materiales y simbólicos. Estos recursos son esenciales para el desarrollo de investigaciones conjuntas que aborden temas y problemas relevantes tanto para los investigadores como para la sociedad en general.

El análisis de redes desempeña un papel fundamental en esta dinámica, ya que permite identificar a los investigadores y grupos que comparten intereses comunes de manera directa e indirecta. Este enfoque no solo se enfoca en la estructura estática de la red, sino que también captura la evolución y el flujo de recursos y conocimientos a lo largo del tiempo, lo que facilita una comprensión más completa de la colaboración científica en curso.

Métodos

Existen indicadores que pueden dar cuenta de cada investigador en la red y de manera conjunta.

Tabla 5. *Indicadores Básicos de Redes*

Tipo de indicador	Nodo (Investigador)	Red Completa	Descripción
Densidad	Sí	Sí	La densidad de una red se expresa como un porcentaje y proporciona información sobre la conectividad en términos relativos.
Centralidad	Sí	NO	El grado de centralidad es una medida que cuantifica cuántos otros actores (en este caso, investigadores) están directamente conectados a un actor específico en una red. Es una forma de evaluar la importancia o influencia de ese actor en la red.
Centralización	NO	Sí	Cuando un actor en una red tiene un alto grado de centralidad, significa que está altamente conectado en la red y, por lo tanto, ejerce un papel central o importante en esa red.
Intermediación	Sí	Sí	Se refiere a la capacidad de un actor (en este caso, un investigador) para actuar como intermediario o puente entre otros investigadores en la red.

Tipo de indicador	Nodo (Investigador)	Red Completa	Descripción
Cercanía	Sí	Sí	se refiere a la capacidad de un nodo, en este caso, un investigador, para alcanzar o acceder a otros nodos (investigadores) en la red de la manera más rápida o directa posible.

Nota: Se presentan los indicadores básicos de redes, incluyendo información sobre la densidad de la red, la centralidad, la centralización, la intermediación y la cercanía.

Fuente: elaboración propia con base en Molina, 2001.

Esta perspectiva considera que la información y el conocimiento ha marcado la diferencia entre las organizaciones. El conocimiento organizativo, el saber hacer, se constituye en el capital más valioso, la generación, el intercambio y difusión de conocimientos útiles para la toma de decisiones, desde este nuevo planteamiento, La habilidad para llevar a cabo una gestión estratégica del conocimiento se posiciona como la principal fuente de ventaja competitiva en el entorno empresarial actual. Tanto el mundo empresarial como el académico, se ha interesado por la gestión del conocimiento (GC). No ha sido fácil delimitar la GC, en parte a la dificultad que reside en la naturaleza intrínseca del conocimiento, ya que definir el conocimiento no es tarea fácil. aunque existen varias tipologías de conocimiento, para Nonaka y Takeuchi, existen dos grandes tipologías: el tácito y el explícito (Barnes, 2002).

La Universidad Abierta y a Distancia — UNAD reconoce la importancia de convertirse en un líder en la producción de conocimiento científico y tecnológico, con el objetivo de contribuir al desarrollo del país. Para lograr este objetivo, la universidad ha implementado políticas y estrategias destinadas a fortalecer la investigación. Se busca que la universidad no solo sea un lugar de aprendizaje, sino también un centro de investigación activo y comprometido con la generación de conocimiento pertinente y con impacto social que pueda transformar la sociedad.

Dentro de la estructura de la universidad, la Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios (ECACEN) cuenta con siete grupos de investigación. Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo y descriptivo, y utiliza la información disponible en el GrupLAC de la Plataforma ScienTI de Colciencias. El análisis se realiza a nivel de grupo y de sus investigadores, permitiendo una comprensión más profunda de la investigación en ECACEN.

Resultados

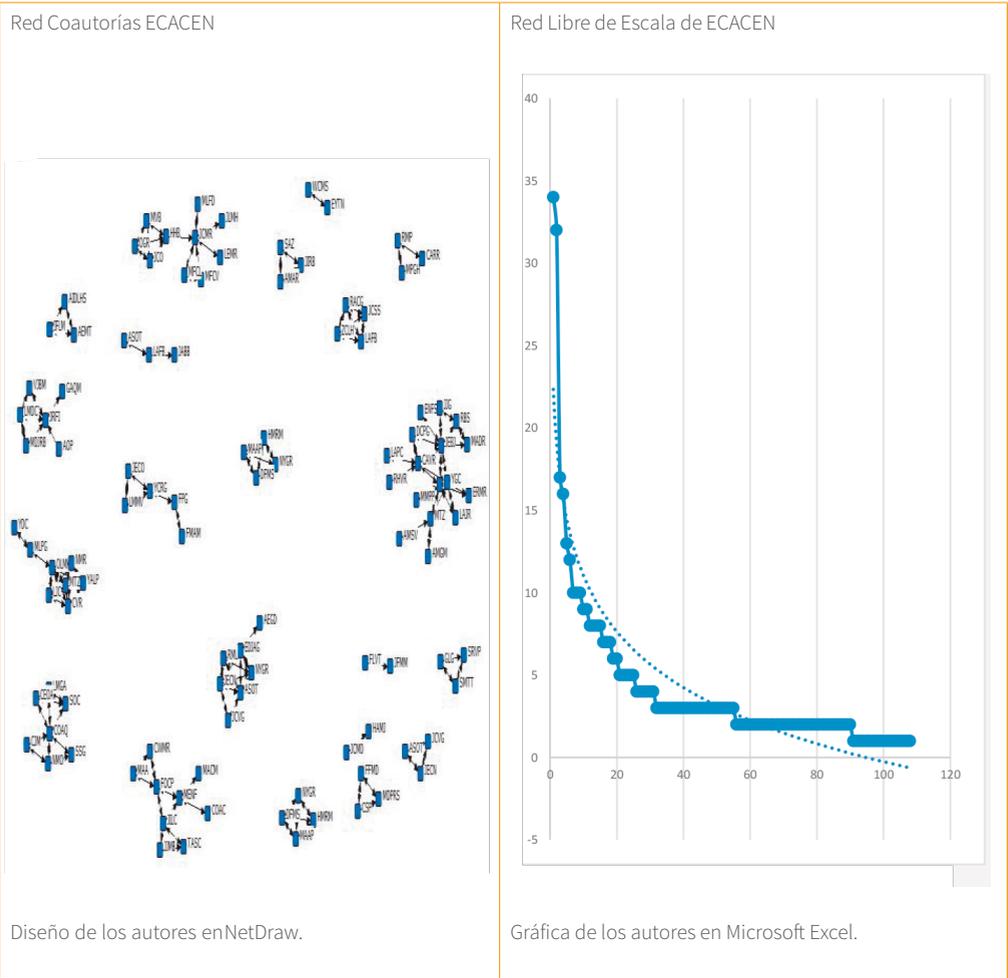
Las redes de coautoría al ser redes libres de escala cumplen dos leyes fundamentales:

1. Crecimiento lineal: se observa un crecimiento lineal de la red, a medida que pasa el tiempo, nuevos nodos se van agregando a la red. Es decir, nuevos nodos (pro-

fesores) se van agregando a la red de producción académica de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios.

2. Enlace preferencial: cuando se incorpora un nuevo nodo (por ejemplo, un profesor) a la red, tiende a establecer conexiones preferentemente con los nodos que ya tienen un alto número de enlaces (por ejemplo, coautorías). Esto implica que es más probable que un nodo emergente (como un nuevo profesor) se convierta en parte del núcleo central de la red en lugar de permanecer en la periferia o aislado.

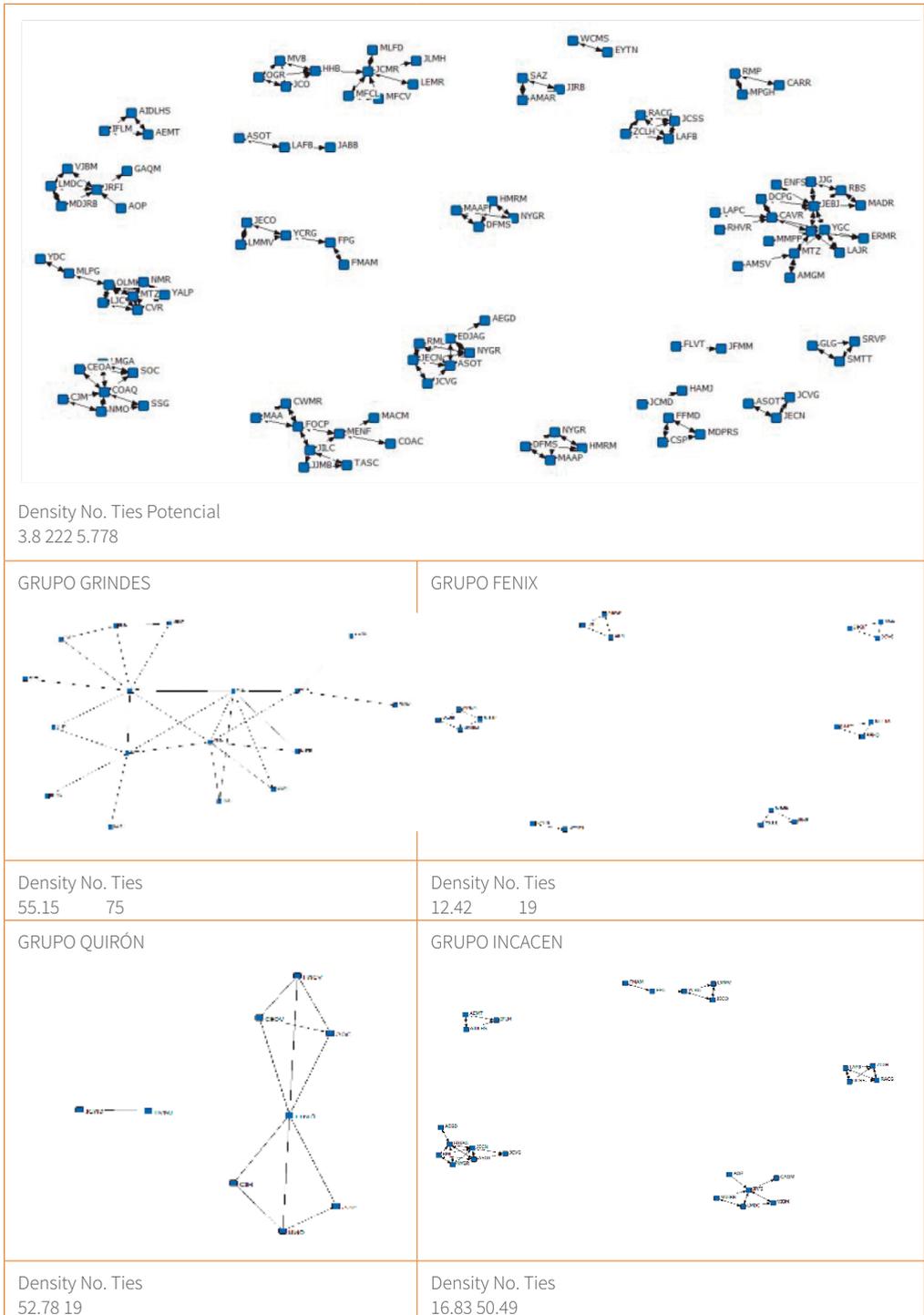
Figura 5. Red libre de escala ECACEN

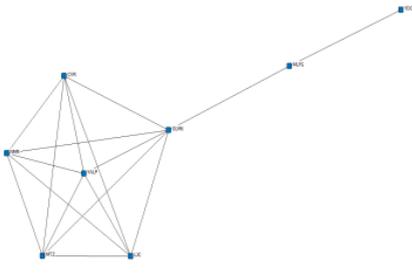
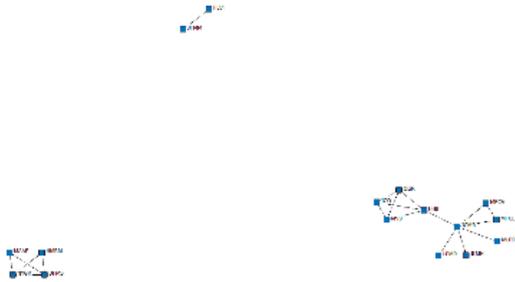
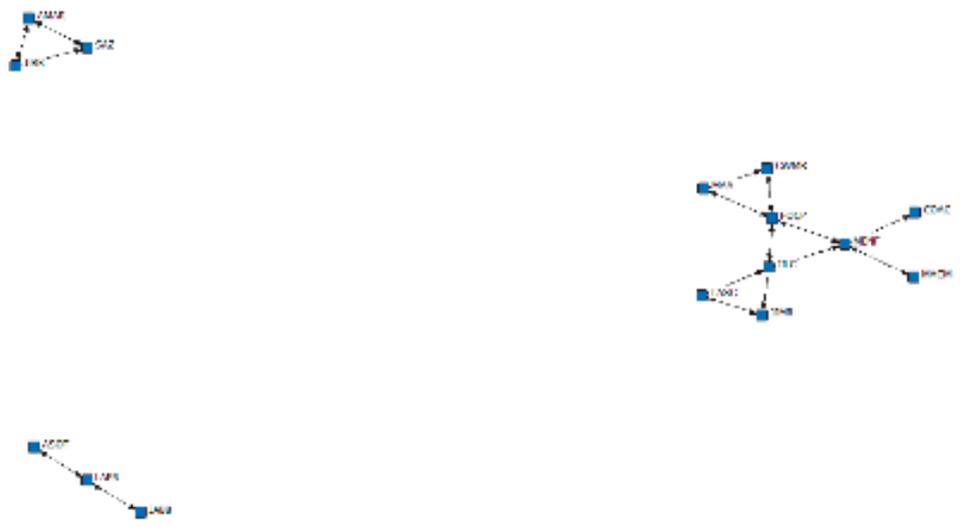


Fuente: elaboración propia.

En este sentido el estudio de los posibles flujos de la red ofrece varias posibilidades de mejoramiento (Troyano, *et al.*, 2005).

Figura 6. Redes de Coautoría grupos de Investigación de Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios – ECACEN



<p>GRUPO IDEAS EN ACCIÓN</p> 	<p>GRUPO GIEPE</p> 
<p>Density No. of Ties 14.42 30</p>	<p>Density No. Ties 17.62 19</p>
<p>GRUPO ILAMA</p> 	
<p>Density No. Ties 17.50 21</p>	

Fuente: elaboración propia.

- a. **Desde periféricos a emergentes:** una oportunidad de mejora radica en fomentar la interacción entre actores periféricos y otros grupos, con el fin de incrementar tanto la cantidad como la calidad de su trabajo.
- b. **Desde periféricos a distanciados:** actores periféricos que han fortalecido sus lazos con otros miembros en la misma periferia de su grupo.

- c. **Desde emergentes a núcleo:** actores cuyas contribuciones se han consolidado en la red al colaborar en proyectos con otros académicos y construir un grupo cohesionado.
- d. **Desde distanciados a núcleo:** actores distanciados que han reforzado sus relaciones de trabajo con investigadores externos a su grupo, estableciendo conexiones entre diversos grupos de investigación.
- e. **Desde núcleo a distanciados:** en ocasiones, a corto plazo, y en menor medida a mediano y largo plazo, algunos actores se desvinculan de sus grupos y publicaciones por diversas razones, lo que resulta en su salida de la red.

Conclusiones

Una de las principales propiedades de la red es la densidad. Consiste en la cantidad de vínculos (co- autorías), observadas por la cantidad total de relaciones (coautorías) posibles; es decir, indica la alta o baja conectividad de la red. Llama la atención que la densidad de la red de ECACEN es demasiado baja con tan solo un 3.8%. Es decir, existen tan solo 220 coautorías de 5.778 posibles, lo que significa escaso dialogo intergrupar. Por su parte, una mirada al interior de los grupos muestra que la densidad de los grupos oscila entre el 12% y el 55%, señalando que son pocos los grupos que existe mayor cohesión entre sus investigadores. Algunos grupos presentan una gran cohesión cercana al 50%. Lo anterior, como resultado de una buena cohesión en términos a los temas homogéneos que adelanta este grupo significa una menor dispersión.

Finalmente, para contribuir al mejoramiento de la investigación en ECACEN, se motive e incentive que los actores periféricos y distanciados y desde emergente a núcleo es necesario intensificar sus relaciones, no solo al interior de cada grupo de investigación, sino entre los mismos grupos, además de empezar a definir posibles alianzas con grupos externos de la Facultad, para configurar redes externas.

Referencias

- Barabási, A. L. y Bonabeau, E. (2003). Redes sin escala. *Investigación y Ciencia*, (322), 58-67.
- Carballo, R. (2006). *Innovación y gestión del conocimiento*. Ediciones Díaz de Santos.
- Hanneman, R. y Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods*. University of California. <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>.

- Carlos, R. (2008). Hacia la complejidad por la vía de las redes. Nuevas lecciones epistemológicas. *Desacatos*, (28), 17-40.
- García-Hernández, A. (2013). Caracterización de las redes de colaboración científica de los grupos de investigación académicos. En González, G., Gómez, J y Agulló, V. (Coords.). *La colaboración científica: una aproximación multidisciplinar*, 281-300. Naullibres.
- González, G.; Gómez, J. (2014). La colaboración científica: principales líneas de investigación y retos de futuro. *Revista española de Documentación Científica*, 37(4): e062. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/redc.2014.4.1186>
- Lara, J. (2015). *Redes y Gestión del Conocimiento en la Universidad del Siglo XXI* [Ponencia]. Encuentro Internacional de Educación superior (20-24 de julio de 2005). UNAM. <https://recursos.educoas.org/sites/default/files/2005-03-29250PonenciaLara.pdf>
- Molina, J. L. (2001). *El análisis de redes sociales: una introducción*. Ediciones Ballesteria.
- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1999) *La organización creadora de conocimiento*. Oxford University Press.
- Pérez, C. (2008). Una aproximación sociotécnica del grupo de investigación en el ámbito universitario. En Torres, L. (ed.) *Redes y emergencia social*. Grupo Complexus. Universidad Nacional de Colombia.
- Stagg, M. (2011). Redes y difusión del conocimiento: ¿Es posible reinsertar a la economía dentro de las ciencias humanas, a través del paradigma de la complejidad? *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 8 (1), 71-79.
- Troyano, F., Martínez, R., González, L., y Velasco, F. (2005). Análisis de redes sociales mediante diagramas estructurales. *REDES. Revista Hispana para el análisis de redes sociales*, 8(2), 1-33.

