



Universidad Nacional de Colombia

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA

ANALISIS DE REDES SOCIALES

TALLER 5: REDES DE COLABORACION ENTRE PROFESORES

Alejandro Urrego López - aurrego@unal.edu.co
Cesar Augusto Prieto Sarmiento - ceprieto@gmail.com

Mayo 2024

Introduccion

Para este estudio, se han utilizado los archivos proporcionados por el sistema HORUS, una plataforma avanzada diseñada para integrar y visualizar la información de productividad científica y tecnológica de los docentes. Nos enfocamos en los departamentos de Física, Estadística, Matemáticas, Química, Biología, Geociencias y Farmacia de la Facultad de Ciencias. El objetivo principal es identificar y analizar las redes de trabajo de los profesores en función de las temáticas en las que han colaborado, ya sea de manera conjunta o individual.

A partir de los datos extraídos de HORUS, se procesaron los archivos de cada departamento para construir una base de datos detallada de las publicaciones y colaboraciones de los docentes. Se aplicaron técnicas de análisis de redes para descubrir patrones de coautoría y temáticas comunes en las investigaciones. Este enfoque permite no solo visualizar las relaciones existentes entre los profesores, sino también detectar oportunidades para futuras colaboraciones y fortalecer las áreas de investigación conjunta.

El análisis se desarrolló en varias etapas. Primero, se extrajeron y limpiaron los datos de las publicaciones de cada departamento. A continuación, se analizaron estas redes para identificar clústeres de colaboración y áreas de investigación predominantes. Finalmente, se generaron visualizaciones que permiten interpretar y comunicar los resultados de manera efectiva.

Este estudio proporciona una visión comprensiva de las redes de trabajo académico dentro de la Facultad de Ciencias, destacando las sinergias existentes y ofreciendo una base sólida para futuras investigaciones colaborativas.

Tratamiento de datos

Para el tratamiento de datos, se utilizaron las librerías `jsonlite`, `dplyr`, `igraph`, `knitr` y `RColorBrewer` de R. Primero, se cargaron estas librerías esenciales para la manipulación y visualización de datos. Se estableció el directorio de trabajo y se definió la ruta de la carpeta que contenía los archivos JSON. A continuación, se listaron todos los archivos JSON en la carpeta especificada y se extrajeron los nombres de los departamentos de los nombres de archivo. Posteriormente, se crearon data frames para cada departamento, extrayendo los datos de los archivos JSON correspondientes.

Para facilitar la visualización, se definió una paleta de colores específica para cada departamento. Además, se creó una función para abreviar los nombres, lo cual resultó útil para las gráficas.

En el caso del departamento de Estadística, se procedió a filtrar los nodos eliminando aquellos de tipo *uab*. Asimismo, se filtraron los enlaces para eliminar aquellos cuyo origen o destino era un nodo específico. Se añadió una columna booleana *type bool* para identificar si un nodo era un *author*.

Luego, se unieron los enlaces con los nodos para obtener información detallada, filtrando las relaciones autor-tema. Se crearon tablas separadas para las relaciones autor-tema y se unieron en una sola. Además, se creó un data frame con IDs únicos para cada tema y se unieron las tablas de relaciones autor-tema con los IDs únicos de los temas.

Finalmente, se creó un vector de tipos para los nodos del grafo (autores y temas) y se generó el grafo a partir del data frame de relaciones, asignando los atributos 'type' a los vértices del grafo. Este proceso permitió completar el tratamiento de datos para el análisis de la matriz de proyección correspondiente a los profesores.

Análisis Departamento de Estadística

Gráfico de la red

GRAFO DE LA RED DE INTERACCION ENTRE PROFESORES DEL DEP DE ESTADISTICA

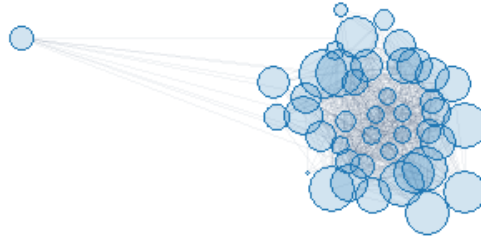


Figura 1: Red de profesores del Departamento de Estadística - sede Bogotá

Para la red de profesores del Departamento de Estadística - sede Bogotá, se puede observar que cuenta con 44 nodos y 706 enlaces. Además, al ser una red que proviene de la proyección de la matriz de adyacencia asociada a una red bipartita, esta red es ponderada. Los pesos representan el número de veces que dos profesores han coincidido con un tema en común al momento de publicar un artículo.

Caracterización de vértices

	Nombre Completo	Grado
1	Vanegas Penagos Luis Hernando	40
2	Gonzalez Garcia Luz Mery	39
3	Trujillo Oyola Leonardo	39
4	Rondon Poveda Luz Marina	39
5	Arunachalam Viswanathan	39

Tabla 1: Tabla de Grado del Departamento

	Nombre Completo	Fuerza
1	Trujillo Oyola Leonardo	301
2	Giraldo Henao Ramon	293
3	Cepeda Cuervo Edilberto	279
4	Melo Martinez Oscar Orlando	279
5	Pardo Turriago Campo Elias	279

Tabla 2: Tabla de Fuerza del Departamento

Al hacer las tablas del grado de cada profesor, es decir, el número de aristas que inciden en el nodo, y compararlo con la fuerza de cada profesor, es decir, la suma de los pesos de cada arista incidente con el nodo correspondiente, se puede observar que las posiciones cambian. El grado se puede ver como el número de profesores con los que se coincide en un tema trabajado en alguna publicación, y la fuerza como el número total de temas que coinciden en total en las publicaciones.

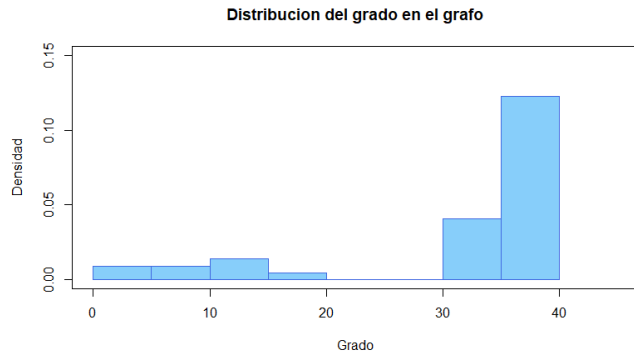


Figura 2: Distribución del Grado

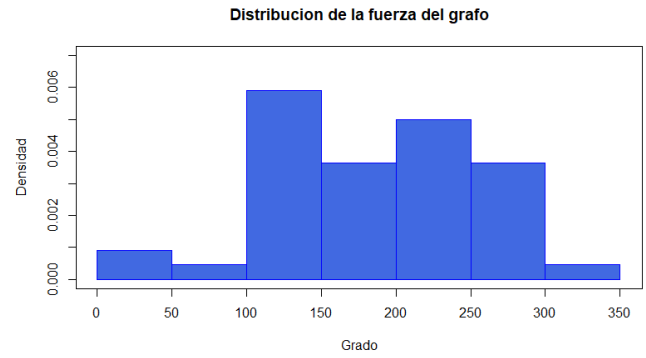


Figura 3: Distribución de la Fuerza

Al observar la distribución del grado, se puede notar que la mayoría de los profesores coinciden en los temas tratados en sus artículos con el mismo número de autores. Mientras que al analizar la distribución de la fuerza, se puede apreciar la gran cantidad de temas en común en total que tienen los profesores con todos los autores en la facultad.

Ahora al momento de caracterizar los nodos mas importantes de la red con las diferentes medidas de centralidad se encuentra que:

Caracterización de vértices

Nombre Completo	Centralidad por Cercanía
Gomez Torres Emilse	0.300
Guevara Gonzalez Ruben Dario	0.298
Ortiz Pinilla Jorge Eduardo	0.298
Zarate Solano Hector Manuel	0.298
Calderon Villanueva Sergio Alejandro	0.296

Tabla 3: Centralidad por Cercanía

Nombre Completo	Centralidad por Intermediación
Vanegas Penagos Luis Hernando	0.080
Arunachalam Viswanathan	0.073
Rondon Poveda Luz Marina	0.070
Martínez Martínez Sergio Daniel	0.059
Diaz Monroy Luis Guillermo	0.048

Tabla 4: Centralidad por Intermediación

Nombre Completo	Centralidad Propia
Trujillo Oyola Leonardo	1.000
Giraldo Henao Ramon	0.973
Pardo Turriago Campo Elias	0.937
Cepeda Cuervo Edilberto	0.937
Vargas Navas Jose Alberto	0.879

Tabla 5: Centralidad Propia

Bajo este contexto, la centralidad por cercanía se puede interpretar como una medida que representa si el profesor ha compartido varios temas en común con otros profesores al momento de publicar, o si las personas con las que comparte temas en común al publicar tienen conexiones con varias personas en la red. La centralidad por cercanía busca resaltar la importancia de un nodo si está cerca de muchos otros bajo la noción de distancia geodésica. Mientras tanto, la centralidad por intermediación se puede interpretar como la importancia del profesor al momento de conectar a dos profesores que no tengan un tema en común en algún artículo en la red de publicaciones, ya que resalta la importancia de los nodos que se encuentran entre varios pares de vértices. Por último, la centralidad propia se puede interpretar como una medida que muestra si los profesores con los que se tiene una conexión son centrales en la red.

Caracterización de conectividad

Para caracterizar la conectividad, en primer lugar se calculó el número de clan, que es el subgrupo de la red que es completo, es decir, todos los nodos están conectados. Así, el número de clanes es de 36, y dado que en la red hay 44 nodos, esto denota una alta conectividad. Ahora, al calcular la densidad de la red, que se define como la frecuencia relativa de las aristas observadas respecto al potencial de aristas, se obtiene un valor de 0.746, mostrando una alta propensión a formar enlaces en la red. Finalmente, al calcular la transitividad global, que caracteriza la propensión con la que las tríadas forman triángulos, se obtiene un valor de 0.925, lo que indica una propensión a tener temas en común con autores que también tienen temas en común.

Agrupamiento

Para realizar el agrupamiento, se tomó la componente gigante del grafo y se escogió el método que proporcionara una mayor modularidad. La modularidad indica qué tan buena es la división o qué tan separados están los diferentes tipos de vértices entre sí. De esta manera, se obtuvo un agrupamiento con 4 conglomerados, con una modularidad de 0.2767 mediante el método Louvain, aclarando un poco más el comportamiento de la publicación de artículos en el departamento de estadística.

SUBGRAFO CON AGRUPAMIENTO PARA EL DEP DE ESTADISTICA kc_louvain - Mod = 0.2767

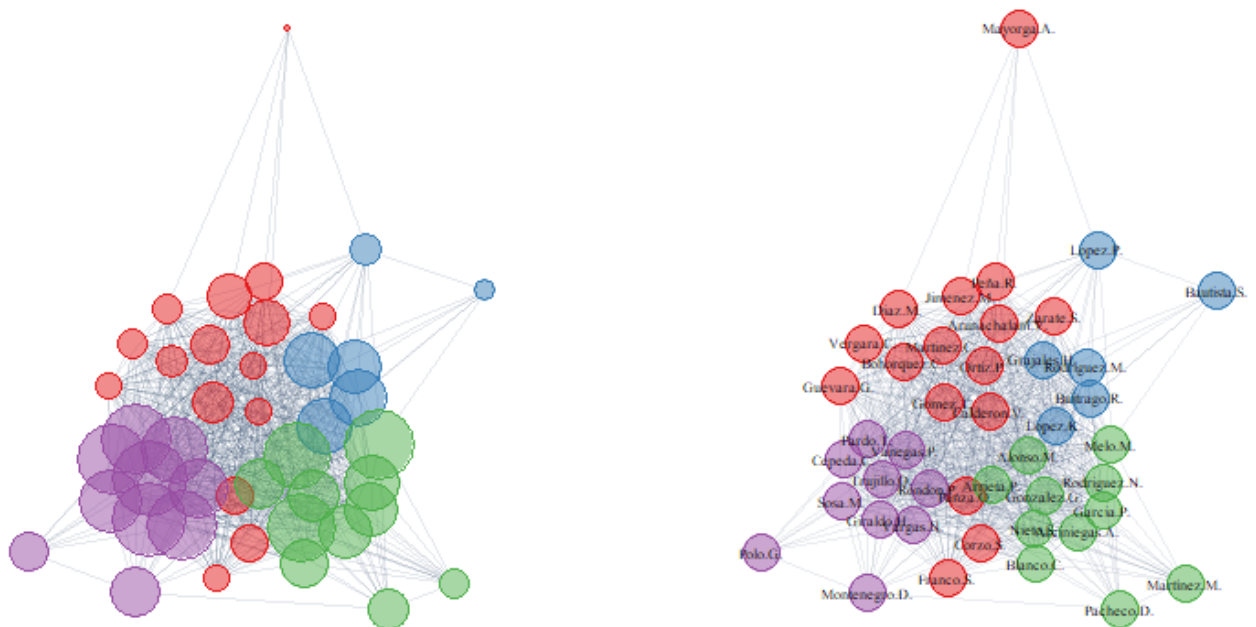


Figura 4: Agrupamiento profesores del Departamento de Estadística

Asortatividad

Finalmente, para caracterizar la asortatividad de la red, es decir, qué tan propensos son los nodos a crear vínculos con nodos con características similares, se obtuvo lo siguiente: respecto al grado y la fuerza de cada nodo, el coeficiente de asortatividad fue de -0.007 y -0.055 , respectivamente. Esto indica que los profesores tienen temas en común con otros profesores, independientemente de si estos tienen el mismo número de profesores o el número total de temas en común con todos los autores al momento de publicar.

1. Análisis de otros departamentos

1.1. Departamento de Física

Ahora, realizando el mismo desarrollo anterior para el departamento de Física de la facultad de ciencias de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia.

1.1.1. Gráfico de la red

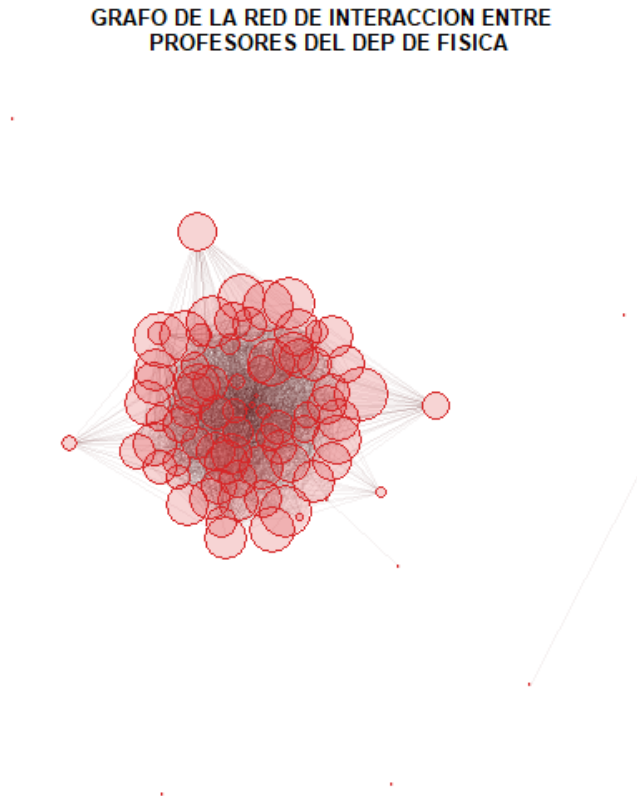


Figura 5: Red de profesores del Departamento de Física - sede Bogotá

Para la red de profesores del Departamento de Física, se puede observar que cuenta con 84 nodos y 2607 enlaces.

Caracterización de vértices

	Nombre Completo	Grado
1	Dussan Cuenca Anderson	76
2	Martinez Martinez Roberto Enrique	75
3	Barba Ortega José José	75
4	Lopez Carreño Luis Demetrio	75
5	Cardona Javier Fernando	74

Tabla 6: Tabla de Grado del Departamento

	Nombre Completo	Fuerza
1	Calderon Triana Clara Lilia	779
2	Cardona Cardona Ramiro	750
3	Landinez Tellez David Arsenio	740
4	Roa Rojas Jairo	740
5	Rodriguez Martinez Jairo Arbey	724

Tabla 7: Tabla de Fuerza del Departamento

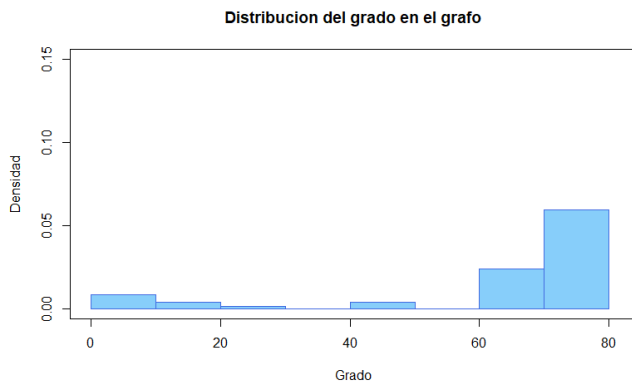


Figura 6: Distribución del Grado

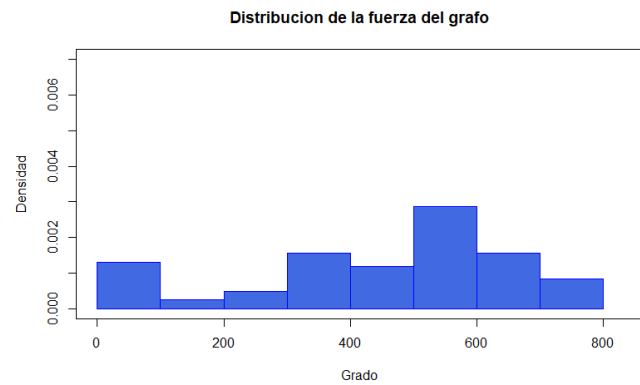


Figura 7: Distribución de la Fuerza

Al observar la distribución del grado, se puede notar que la mayoría de los profesores coinciden en los temas tratados en sus artículos con el mismo número de autores. Mientras que al analizar la distribución de la fuerza, se puede apreciar la gran cantidad de temas en común en total que tienen los profesores con todos los autores en la facultad.

Caracterización de vértices

Nombre Completo	Centralidad por Cercanía
Granes Sellares Jose	0.885
Amezquita Orozco Ricardo	0.837
Bautista Romero Edgar	0.802
Martinez Tamayo Gustavo	0.770
Viviescas Ramirez Carlos Leonardo	0.700

Tabla 8: Centralidad por Cercanía

Nombre Completo	Centralidad por Intermediación
Granes Sellares Jose	0.086
Amezquita Orozco Ricardo	0.075
Martinez Tamayo Gustavo	0.069
Bautista Romero Edgar	0.064
Viviescas Ramirez Carlos Leonardo	0.032

Tabla 9: Centralidad por Intermediación

Nombre Completo	Centralidad Propia
Calderon Triana Clara Lilia	1.000
Cardona Cardona Ramiro	0.968
Landinez Tellez David Arsenio	0.955
Roa Rojas Jairo	0.943
Rincon Joya Miryam	0.924

Tabla 10: Centralidad Propia

Caracterización de conectividad

El número de clan es de 69, y dado que en la red hay 84 nodos, esto denota una alta conectividad. Ahora, al calcular la densidad de la red, que se define como la frecuencia relativa de las aristas observadas respecto al potencial de aristas, se obtiene un valor de 0.747, mostrando una alta propensión a formar enlaces en la red. Finalmente, al calcular la transitividad global, que caracteriza la propensión con la que las tríadas forman triángulos, se obtiene un valor de 0.957. lo que indica una propensión a tener temas en común con autores que también tienen temas en común.

Agrupamiento

Para realizar el agrupamiento, se realizo de manera similar a la anterior. De esta manera, se obtuvo un agrupamiento con 4 conglomerados, con una modularidad de 0.2171 mediante el método Louvain, aclarando un poco más el comportamiento de la publicación de artículos en el departamento de Física.

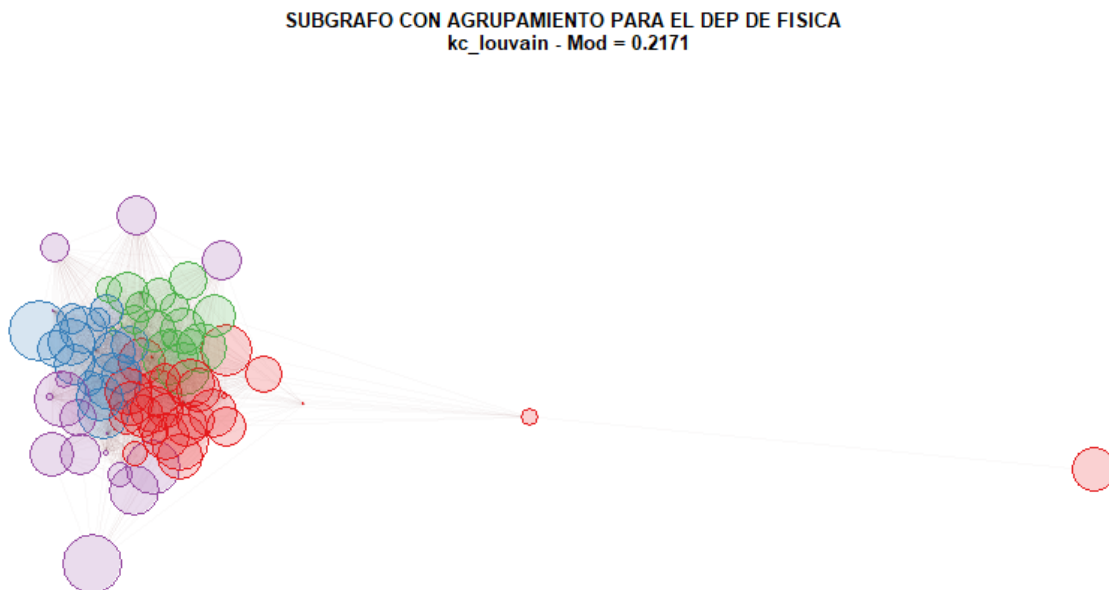


Figura 8: Agrupamiento profesores del Departamento de Física

Asortatividad

Finalmente, para caracterizar la asortatividad de la red, es decir, qué tan propensos son los nodos a crear vínculos con nodos con características similares, se obtuvo lo siguiente: respecto al grado y la fuerza de cada nodo, el coeficiente de asortatividad fue de 0.032 y -0.001, respectivamente. Esto indica que los profesores tienen temas en común con otros profesores, independientemente de si estos tienen el mismo número de profesores o el número total de temas en común con todos los autores al momento de publicar.

1.2. Departamento de Biología

Ahora, realizando el mismo desarrollo anterior para el departamento de Biología de la facultad de ciencias de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia.

1.2.1. Gráfico de la red

**GRAFO DE LA RED DE INTERACCION ENTRE
PROFESORES DEL DEP DE BIOLOGIA**

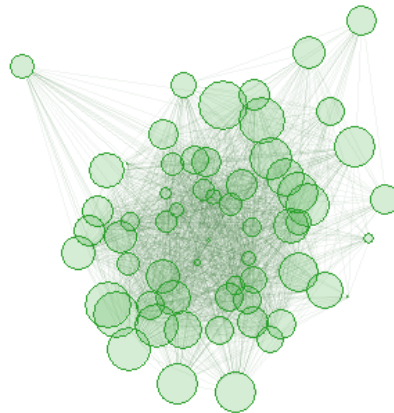


Figura 9: Red de profesores del Departamento de Biología - sede Bogotá

Para la red de profesores del Departamento de Biología, se puede observar que cuenta con 63 nodos y 1584 enlaces.

Caracterización de vértices

	Nombre Completo	Grado
1	Caro Quintero Alejandro	60
2	Muñoz Duran Joao Victor	60
3	Melgarejo Muñoz Luz Marina	60
4	Zerda Ordoñez Enrique De Jesus	58
5	Armenteras Pascual Dolors	58

Tabla 11: Tabla de Grado del Departamento

	Nombre Completo	Fuerza
1	Bonilla Gómez María Argenis	550
2	Zerda Ordoñez Enrique De Jesus	518
3	Armenteras Pascual Dolors	518
4	Romero Angulo Hernan Mauricio	514
5	Muñoz Duran Joao Victor	491

Tabla 12: Tabla de Fuerza del Departamento

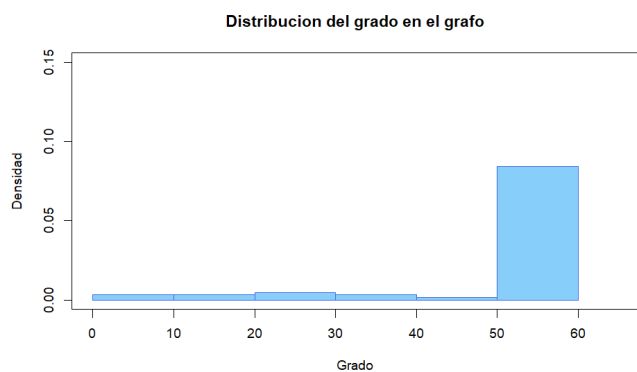


Figura 10: Distribución del Grado

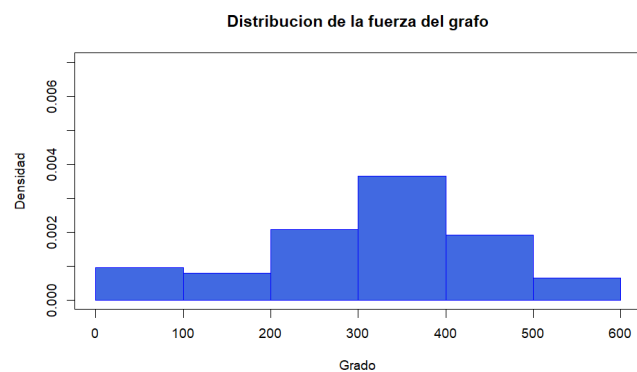


Figura 11: Distribución de la Fuerza

Al observar la distribución del grado, se puede notar que la mayoría de los profesores coinciden en los temas tratados en sus artículos con el mismo número de autores. Mientras que al analizar la distribución de la fuerza, se puede apreciar la gran cantidad de temas en común en total que tienen los profesores con todos los autores en la facultad.

Caracterización de vértices

Nombre Completo	Centralidad por Cercanía
Marquez Calle German Eugenio	0.870
Chaib De Mares Maryam	0.750
Spinel Gomez Clara Matilde	0.723
Montenegro Ruiz Luis Carlos	0.723
Galvis Vergara German	0.714

Tabla 13: Centralidad por Cercanía

Nombre Completo	Centralidad por Intermediación
Marquez Calle German Eugenio	0.060
Spinel Gomez Clara Matilde	0.039
Reyes Blandon Carmen	0.039
Matta Camacho Nubia Estela	0.029
Chaib De Mares Maryam	0.027

Tabla 14: Centralidad por Intermediación

Nombre Completo	Centralidad Propia
Bonilla Gómez María Argenis	1.000
Zerda Ordoñez Enrique De Jesus	0.966
Armenteras Pascual Dolors	0.966
Muñoz Duran Joao Victor	0.930
Garcia Conde Mary Ruth	0.909

Tabla 15: Centralidad Propia

Caracterización de conectividad

El número clan es de 53, y dado que en la red hay 63 nodos, esto denota una alta conectividad. Ahora, al calcular la densidad de la red, que se define como la frecuencia relativa de las aristas observadas respecto al potencial de aristas, se obtiene un valor de 0.811, mostrando una alta propensión a formar enlaces en la red. Finalmente, al calcular la transitividad global, que caracteriza la propensión con la que las tríadas forman triángulos, se obtiene un valor de 0.936, lo que indica una propensión a tener temas en común con autores que también tienen temas en común.

Agrupamiento

Para realizar el agrupamiento, se realizó de manera similar a la anterior. De esta manera, se obtuvo un agrupamiento con 3 conglomerados, con una modularidad de 0.2743 mediante el método Leading Eigen, aclarando un poco más el comportamiento de la publicación de artículos en el departamento de Biología.

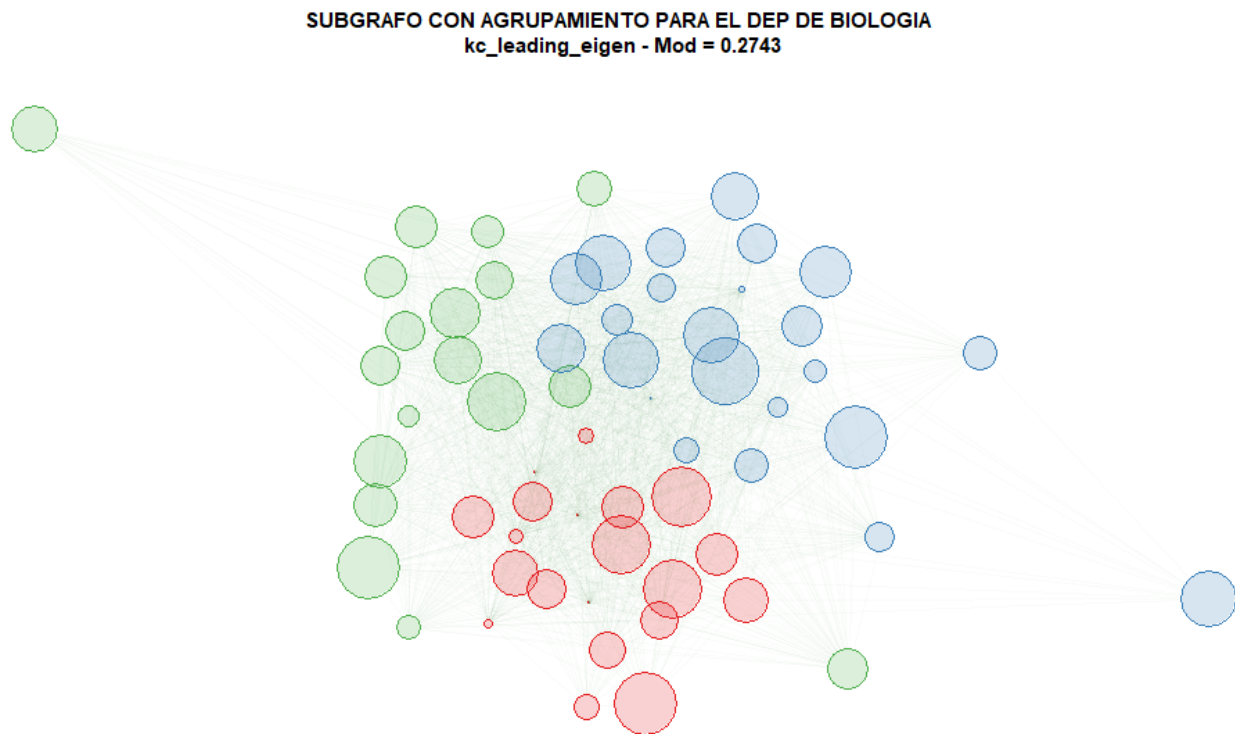


Figura 12: Agrupamiento profesores del Departamento de Biología

Asortatividad

Finalmente, para caracterizar la asortatividad de la red, es decir, qué tan propensos son los nodos a crear vínculos con nodos con características similares, se obtuvo lo siguiente: respecto al grado y la fuerza de cada nodo, el coeficiente de asortatividad fue de -0.026 y -0.029, respectivamente. Esto indica que los profesores tienen temas en común con otros profesores, independientemente de si estos tienen el mismo número de profesores o el número total de temas en común con todos los autores al momento de publicar.

1.3. Departamento de Matemáticas

Ahora, realizando el mismo desarrollo anterior para el departamento de Matemáticas de la facultad de ciencias de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia.

1.3.1. Gráfico de la red

**GRAFO DE LA RED DE INTERACCION ENTRE
PROFESORES DEL DEP DE MATEMATICAS**

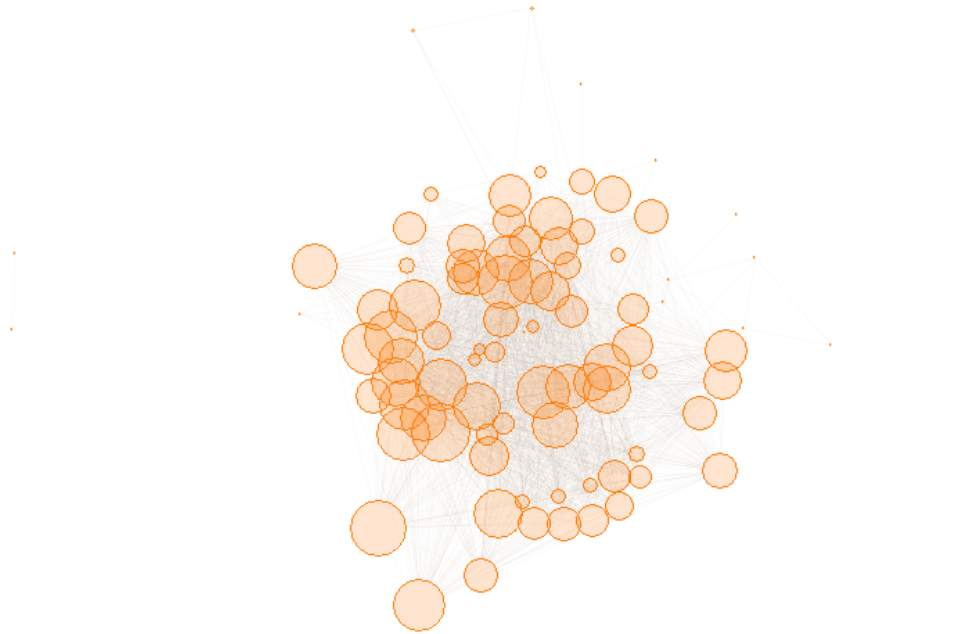


Figura 13: Red de profesores del Departamento de Matematicas - sede Bogotá

Para la red de profesores del Departamento de Matematicas, se puede observar que cuenta con 88 nodos y 2148 enlaces.

Caracterización de vértices

	Nombre Completo	Grado
1	Núñez Alarcon Daniel	71
2	Rojas Santana Edixon Manuel	71
3	Acosta Gempeler Lorenzo Maria	71
4	Bogoya Lopez Mauricio	70
5	Serrano Rodriguez Diana Marcela	69

Tabla 16: Tabla de Grado del Departamento de Matemáticas

	Nombre Completo	Fuerza
1	Estrada Bustos Hernan	627
2	Rendon Arbelaez Leonardo	600
3	Núñez Alarcon Daniel	574
4	Sarria Zapata Humberto	571
5	Pinzon Cortes Natalia Camila	570

Tabla 17: Tabla de Fuerza del Departamento de Matemáticas

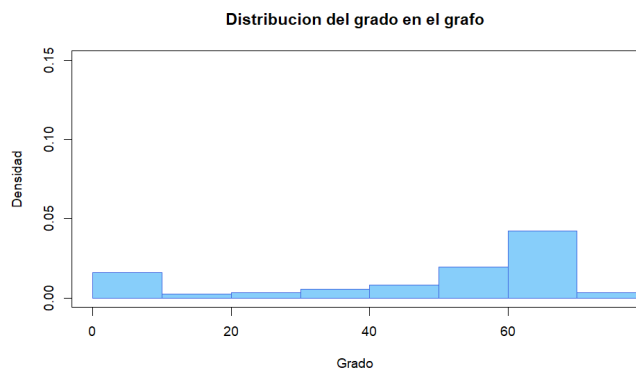


Figura 14: Distribución del Grado

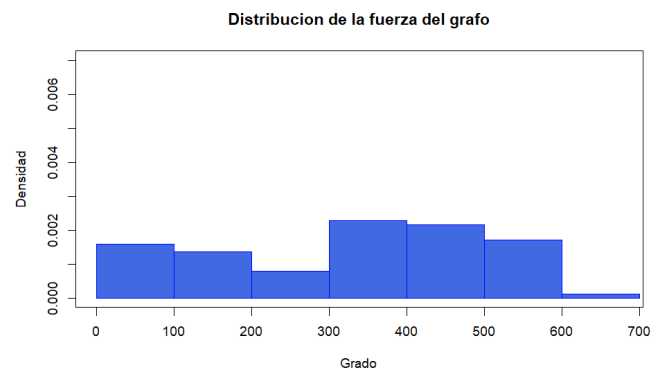


Figura 15: Distribución de la Fuerza

Al observar la distribución del grado, se puede notar que la mayoría de los profesores coinciden en los temas tratados en sus artículos con el mismo número de autores. Mientras que al analizar la distribución de la fuerza, se puede apreciar la gran cantidad de temas en común en total que tienen los profesores con todos los autores en la facultad.

Caracterización de vértices

Nombre Completo	Centralidad por Cercanía
Guarin Lopez Alexander	1.000
Ramos Vargas Juan De La Rosa	1.000
Berenstein Opscholtens Alexander Jonathan	0.515
Gaitan Orjuela Hernando	0.503
Moreno Penagos Martha Cecilia	0.491

Tabla 18: Centralidad por Cercanía

Nombre Completo	Centralidad por Intermediación
Huerfano Belisamon Ruth Stella	0.212
Berenstein Opscholtens Alexander Jonathan	0.167
Moreno Penagos Martha Cecilia	0.157
Gaitan Orjuela Hernando	0.128
Velasco Muñoz Antonio	0.062

Tabla 19: Centralidad por Intermediación

Nombre Completo	Centralidad Propia
Estrada Bustos Hernan	1.000
Sarria Zapata Humberto	0.929
Pinzon Cortes Natalia Camila	0.891
Rendon Arbelaez Leonardo	0.884
Núñez Alarcon Daniel	0.875

Tabla 20: Centralidad Propia

Caracterización de conectividad

El número clan es de 56, y dado que en la red hay 88 nodos, esto denota una alta conectividad. Ahora, al calcular la densidad de la red, que se define como la frecuencia relativa de las aristas observadas respecto al potencial de aristas, se obtiene un valor de 0.561, mostrando una alta propensión a formar enlaces en la red. Finalmente, al calcular la transitividad global, que caracteriza la propensión con la que las tríadas forman triángulos, se obtiene un valor de 0.872. lo que indica una propensión a tener temas en común con autores que también tienen temas en común.

Agrupamiento

Para realizar el agrupamiento, se realizó de manera similar a la anterior. De esta manera, se obtuvo un agrupamiento con 6 conglomerados, con una modularidad de 0.2603 mediante el método Louvain, aclarando un poco más el comportamiento de la publicación de artículos en el departamento de Matemáticas.

SUBGRAFO CON AGRUPAMIENTO PARA EL DEP DE MATEMATICAS kc_louvain - Mod = 0.2603

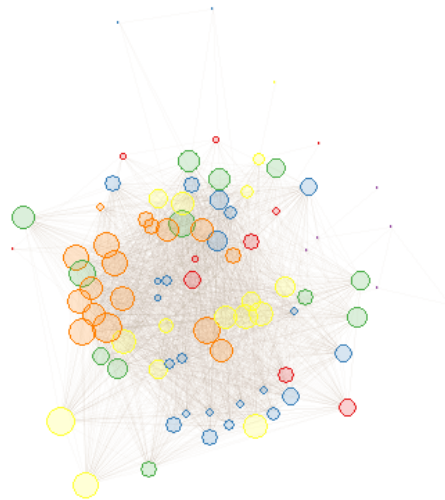


Figura 16: Agrupamiento profesores del Departamento de Matemáticas

Asortatividad

Finalmente, para caracterizar la asortatividad de la red, es decir, qué tan propensos son los nodos a crear vínculos con nodos con características similares, se obtuvo lo siguiente: respecto al grado y la fuerza de cada nodo, el coeficiente de asortatividad fue de 0.077 y 0, respectivamente. Esto indica que los profesores tienen temas en común con otros profesores, independientemente de si estos tienen el mismo número de profesores o el número total de temas en común con todos los autores al momento de publicar.

1.4. Departamento de Farmacia

Ahora, realizando el mismo desarrollo anterior para el departamento de Farmacia de la facultad de ciencias de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia.

1.4.1. Gráfico de la red

**GRAFO DE LA RED DE INTERACCION ENTRE
PROFESORES DEL DEP DE FARMACIA**

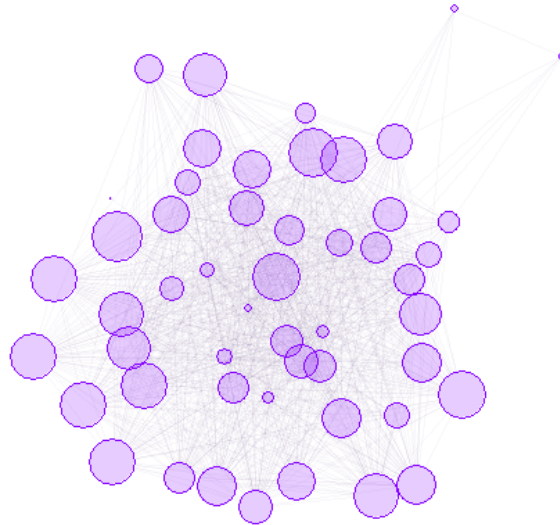


Figura 17: Red de profesores del Departamento de Farmacia - sede Bogotá

Para la red de profesores del Departamento de Farmacia, se puede observar que cuenta con 51 nodos y 1031 enlaces.

Caracterización de vértices

	Nombre Completo	Grado
1	Ospina Giraldo Luis Fernando	47
2	Pinzon Serrano Roberto	47
3	Rincon Velandia Javier	47
4	Guerrero Pabon Mario Francisco	47
5	Marin Loaiza Juan Camilo	47

Tabla 21: Tabla de Grado del Departamento de Farmacia

	Nombre Completo	Fuerza
1	Aragon Novoa Diana Marcela	539
2	Gomez Alegria Claudio Jaime	526
3	Ospina Giraldo Luis Fernando	523
4	Garavito Cardenas Giovanni	513
5	Suesca Quintero Edward Baudilio	506

Tabla 22: Tabla de Fuerza del Departamento de Farmacia

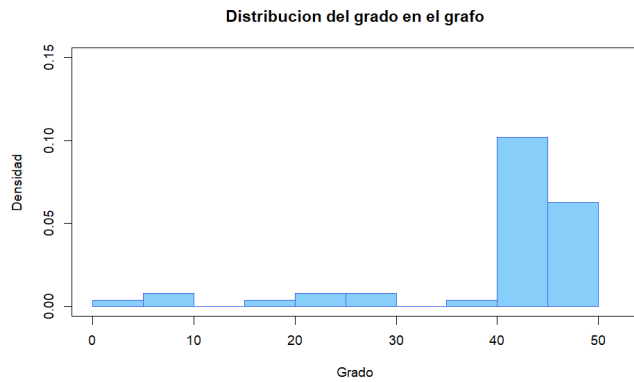


Figura 18: Distribución del Grado

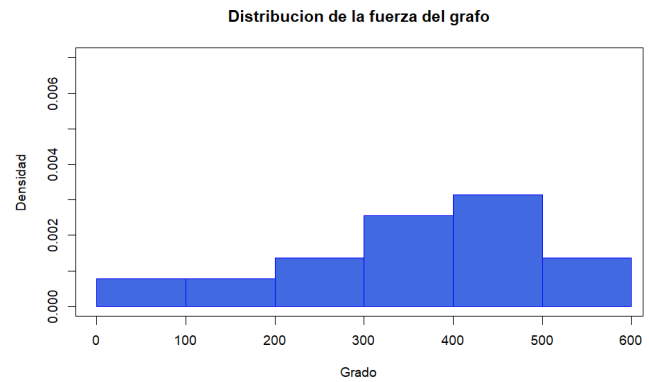


Figura 19: Distribución de la Fuerza

Al observar la distribución del grado, se puede notar que la mayoría de los profesores coinciden en los temas tratados en sus artículos con el mismo número de autores. Mientras que al analizar la distribución de la fuerza, se puede apreciar la gran cantidad de temas en común en total que tienen los profesores con todos los autores en la facultad.

Caracterización de vértices

Nombre Completo	Centralidad por Cercanía
Plazas Bonilla Clara Eugenia	0.431
Vallejo Diaz Bibiana Margarita Rosa	0.379
Becerra Camargo Jesus	0.376
Ospina Sanchez Sonia Amparo	0.370
Martinez Rodriguez Fleming	0.370

Tabla 23: Centralidad por Cercanía

Nombre Completo	Centralidad por Intermediación
Plazas Bonilla Clara Eugenia	0.145
Vallejo Diaz Bibiana Margarita Rosa	0.106
Silva Gomez Edelberto	0.076
Becerra Camargo Jesus	0.075
Martinez Rodriguez Fleming	0.074

Tabla 24: Centralidad por Intermediación

Nombre Completo	Centralidad Propia
Aragon Novoa Diana Marcela	1.000
Gomez Alegria Claudio Jaime	0.979
Ospina Giraldo Luis Fernando	0.973
Garavito Cardenas Giovanni	0.934
Melendez Mejia Adelina Del Pilar	0.927

Tabla 25: Centralidad Propia

Caracterización de conectividad

El número clan es de 42, y dado que en la red hay 84 nodos, esto denota una alta conectividad. Ahora, al calcular la densidad de la red, que se define como la frecuencia relativa de las aristas observadas respecto al potencial de aristas, se obtiene un valor de 0.808, mostrando una alta propensión a formar enlaces en la red. Finalmente, al calcular la transitividad global, que caracteriza la propensión con la que las tríadas forman triángulos, se obtiene un valor de 0.930, lo que indica una propensión a tener temas en común con autores que también tienen temas en común.

Agrupamiento

Para realizar el agrupamiento, se realizó de manera similar a la anterior. De esta manera, se obtuvo un agrupamiento con 4 conglomerados, con una modularidad de 0.2328 mediante el método Louvain, aclarando un poco más el comportamiento de la publicación de artículos en el departamento de Farmacia.

SUBGRAFO CON AGRUPAMIENTO PARA EL DEP DE FARMACIA **kc_louvain - Mod = 0.2328**



Figura 20: Agrupamiento profesores del Departamento de Farmacia

Asortatividad

Finalmente, para caracterizar la asortatividad de la red, es decir, qué tan propensos son los nodos a crear vínculos con nodos con características similares, se obtuvo lo siguiente: respecto al grado y la fuerza de cada nodo, el coeficiente de asortatividad fue de -0.025 y 0, respectivamente. Esto indica que los profesores tienen temas en común con otros profesores, independientemente de si estos tienen el mismo número de profesores o el número total de temas en común con todos los autores al momento de publicar.

1.5. Departamento de Geociencias

Ahora, realizando el mismo desarrollo anterior para el departamento de Geociencias de la facultad de ciencias de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia.

1.5.1. Gráfico de la red

**GRAFO DE LA RED DE INTERACCION ENTRE
PROFESORES DEL DEP DE GEOCIENCIAS**



Figura 21: Red de profesores del Departamento de Geociencias - sede Bogotá

Para la red de profesores del Departamento de Geociencias, se puede observar que cuenta con 42 nodos y 510 enlaces.

Caracterización de vértices

	Nombre Completo	Grado
1	Sarmiento Perez Gustavo Adolfo	36
2	Hernandez Pardo Orlando	34
3	Sanchez Quiñonez Carlos Alberto	34
4	Tchegliakova Nadejda	34
5	Molano Mendoza Juan Carlos	34

Tabla 26: Tabla de Grado del Departamento de Geociencias

	Nombre Completo	Fuerza
1	Gómez González Clemencia	381
2	Zuluaga Castrillon Carlos Augusto	375
3	Concha Perdomo Ana Elena	369
4	Pardo Villaveces Natalia	365
5	Guerrero Diaz Javier	362

Tabla 27: Tabla de Fuerza del Departamento de Geociencias

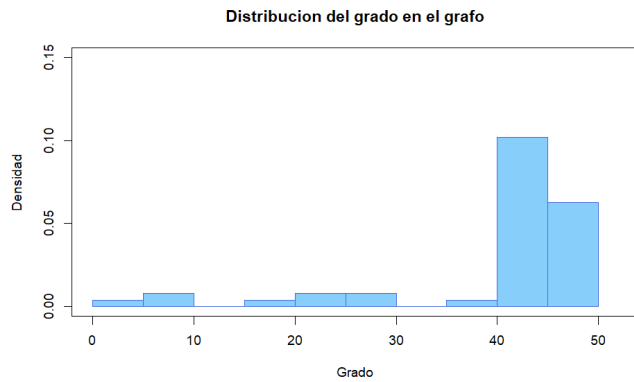


Figura 22: Distribución del Grado

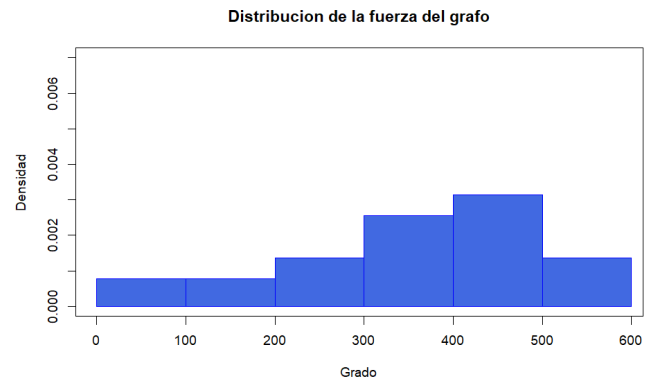


Figura 23: Distribución de la Fuerza

Al observar la distribución del grado, se puede notar que la mayoría de los profesores coinciden en los temas tratados en sus artículos con el mismo número de autores. Mientras que al analizar la distribución de la fuerza, se puede apreciar la gran cantidad de temas en común en total que tienen los profesores con todos los autores en la facultad.

Caracterización de vértices

Nombre Completo	Centralidad por Cercanía
Etayo Serna Fernando	0.623
Vergara Streinesberger Luis Eduardo	0.623
Moreno Murillo Juan Manuel	0.576
Ochoa Gutierrez Luis Hernan	0.543
Paramo Fonseca Maria Euridice	0.535

Tabla 28: Centralidad por Cercanía

Nombre Completo	Centralidad por Intermediación
Moreno Murillo Juan Manuel	0.141
Etayo Serna Fernando	0.107
Vergara Streinesberger Luis Eduardo	0.107
Cadena Sanchez Ariel Oswaldo	0.081
Leon Aristizabal Gloria Esperanza	0.073

Tabla 29: Centralidad por Intermediación

Nombre Completo	Centralidad Propia
Zuluaga Castrillon Carlos Augusto	1.000
Gómez González Clemencia	0.989
Pardo Villaveces Natalia	0.971
Concha Perdomo Ana Elena	0.963
Guerrero Diaz Javier	0.954

Tabla 30: Centralidad Propia

Caracterización de conectividad

El número clan es de 25, y dado que en la red hay 84 nodos, esto denota una alta conectividad. Ahora, al calcular la densidad de la red, que se define como la frecuencia relativa de las aristas observadas respecto al potencial de aristas, se obtiene un valor de 0.592, mostrando una alta propensión a formar enlaces en la red. Finalmente, al calcular la transitividad global, que caracteriza la propensión con la que las tríadas forman triángulos, se obtiene un valor de 0.862, lo que indica una propensión a tener temas en común con autores que también tienen temas en común.

Agrupamiento

Para realizar el agrupamiento, se realizó de manera similar a la anterior. De esta manera, se obtuvo un agrupamiento con 4 conglomerados, con una modularidad de 0.1976 mediante el método Louvain, aclarando un poco más el comportamiento de la publicación de artículos en el departamento de Geociencias.

SUBGRAFO CON AGRUPAMIENTO PARA EL DEP DE GEOCIENCIAS kc_louvain - Mod = 0.1976

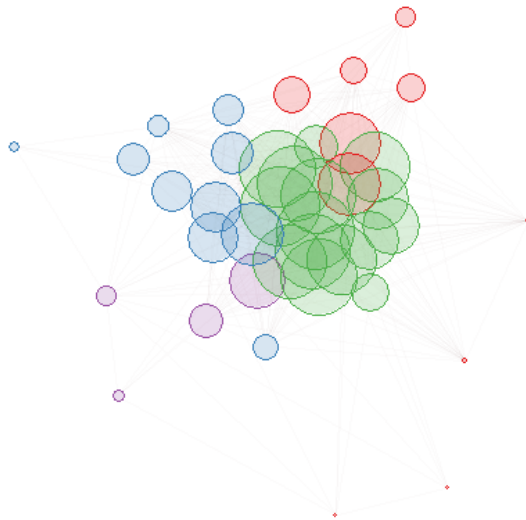


Figura 24: Agrupamiento profesores del Departamento de Geociencias

Asortatividad

Finalmente, para caracterizar la assortatividad de la red, es decir, qué tan propensos son los nodos a crear vínculos con nodos con características similares, se obtuvo lo siguiente: respecto al grado y la fuerza de cada nodo, el coeficiente de assortatividad fue de 0.022 y 0, respectivamente. Esto indica que los profesores tienen temas en común con otros profesores, independientemente de si estos tienen el mismo número de profesores o el número total de temas en común con todos los autores al momento de publicar.

1.6. Departamento de Química

Ahora, realizando el mismo desarrollo anterior para el departamento de Química de la facultad de ciencias de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia.

1.6.1. Gráfico de la red

GRAFO DE LA RED DE INTERACCION ENTRE PROFESORES DEL DEP DE QUIMICA

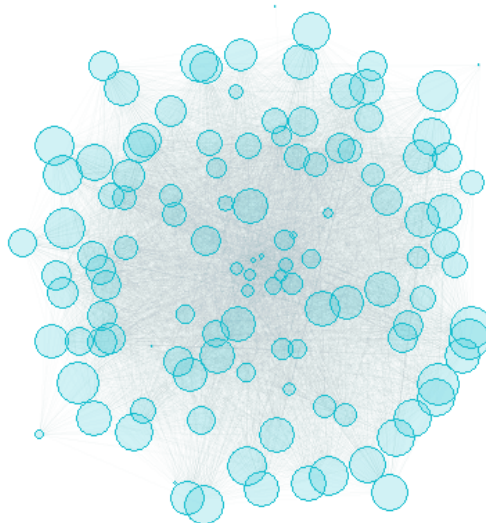


Figura 25: Red de profesores del Departamento de Química - sede Bogotá

Para la red de profesores del Departamento de Química, se puede observar que cuenta con 119 nodos y 6237 enlaces.

Caracterización de vértices

	Nombre Completo	Grado
1	Alí Torres Jorge Isaac	115
2	Avila Murillo Monica Constanza	114
3	Rojas Araque Jose Leopoldo	114
4	Rodriguez Angulo Ricaurte	114
5	Moreno Guaqueta Sonia	114

Tabla 31: Tabla de Grado del Departamento de Química

	Nombre Completo	Fuerza
1	Cuca Suarez Luis Enrique	1445
2	Velasquez Marquez León Mauricio	1437
3	Maldonado Villamil Mauricio	1436
4	Fierro Medina Ricardo	1428
5	Daza Velasquez Carlos Enrique	1420

Tabla 32: Tabla de Fuerza del Departamento de Química

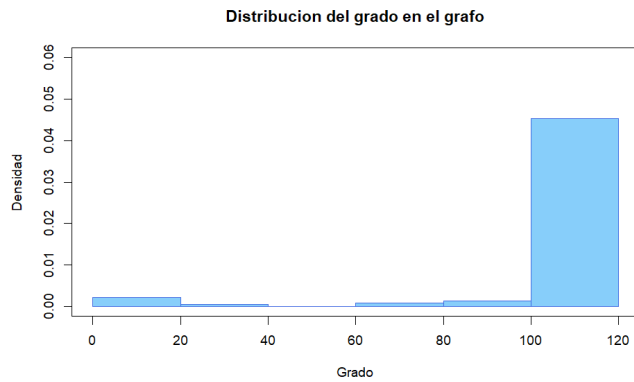


Figura 26: Distribución del Grado

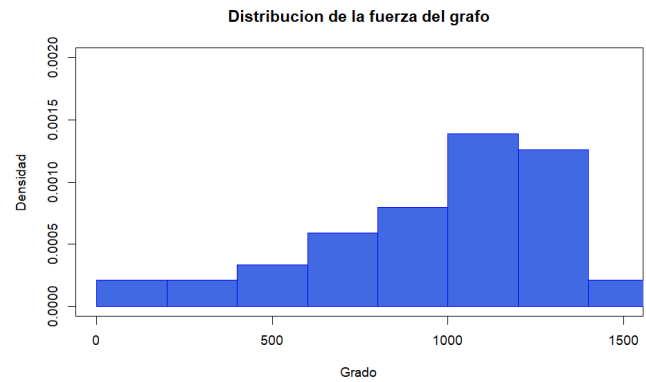


Figura 27: Distribución de la Fuerza

Al observar la distribución del grado, se puede notar que la mayoría de los profesores coinciden en los temas tratados en sus artículos con el mismo número de autores. Mientras que al analizar la distribución de la fuerza, se puede apreciar la gran cantidad de temas en común en total que tienen los profesores con todos los autores en la facultad.

Caracterización de vértices

Nombre Completo	Centralidad por Cercanía
Farias Camero Diana Maria	0.483
Moreno Dominguez Fausto Camilo	0.483
Torres Rodriguez Angela Graciela	0.445
Suarez Mendieta Margoth	0.445
Avellaneda Torres Lizeth Manuela	0.438

Tabla 33: Centralidad por Cercanía

Nombre Completo	Centralidad por Intermediación
Osorno Reyes Oscar Eduardo	0.127
Farias Camero Diana Maria	0.078
Moreno Dominguez Fausto Camilo	0.078
Trujillo Carlos Alexander	0.075
Suarez Mendieta Margoth	0.060

Tabla 34: Centralidad por Intermediación

Nombre Completo	Centralidad Propia
Cuca Suarez Luis Enrique	1.000
Maldonado Villamil Mauricio	0.999
Velasquez Marquez León Mauricio	0.995
Daza Velasquez Carlos Enrique	0.994
Fierro Medina Ricardo	0.985

Tabla 35: Centralidad Propia

Caracterización de conectividad

El número clan es de 106, y dado que en la red hay 119 nodos, esto denota una alta conectividad. Ahora, al calcular la densidad de la red, que se define como la frecuencia relativa de las aristas observadas respecto al potencial de aristas, se obtiene un valor de 0.888, mostrando una alta propensión a formar enlaces en la red. Finalmente, al calcular la transitividad global, que caracteriza la propensión con la que las tríadas forman triángulos, se obtiene un valor de 0.972, lo que indica una propensión a tener temas en común con autores que también tienen temas en común.

Agrupamiento

Para realizar el agrupamiento, se realizó de manera similar a la anterior. De esta manera, se obtuvo un agrupamiento con 3 conglomerados, con una modularidad de 0.1681 mediante el método Louvain, aclarando un poco más el comportamiento de la publicación de artículos en el departamento de Química.

SUBGRAFO CON AGRUPAMIENTO PARA EL DEP DE QUIMICA kc_louvain - Mod = 0.1681

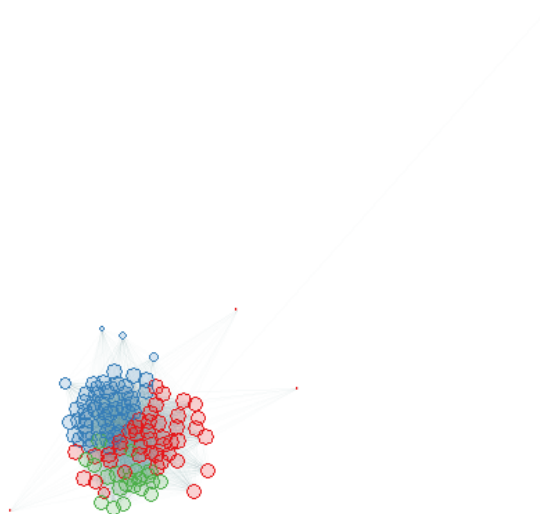


Figura 28: Agrupamiento profesores del Departamento de Química

Asortatividad

Finalmente, para caracterizar la asortatividad de la red, es decir, qué tan propensos son los nodos a crear vínculos con nodos con características similares, se obtuvo lo siguiente: respecto al grado y la fuerza de cada nodo, el coeficiente de asortatividad fue de -0.027 y 0, respectivamente. Esto indica que los profesores tienen temas en común con otros profesores, independientemente de si estos tienen el mismo número de profesores o el número total de temas en común con todos los autores al momento de publicar.

2. Comparativa entre Departamentos

Para comprender mejor las dinámicas de colaboración en la Facultad de Ciencias, se ha realizado una comparación entre los departamentos de Física, Estadística, Química, Biología, Matemáticas, Farmacia y Geociencias.

A continuación, se presentan las principales diferencias y similitudes observadas en los análisis de redes de cada departamento.

2.1. Estructura de la Red

Departamento	Nodos	Enlaces	Densidad
Estadística	44	706	0.746
Física	84	2607	0.747
Química	119	6237	0.888
Biología	63	1584	0.811
Matemáticas	88	2148	0.561
Farmacia	51	1031	0.808
Geociencias	42	510	0.592

Tabla 36: Comparación de la estructura de la red

La red del departamento de Química muestra una mayor densidad comparada con los demás departamentos, indicando una mayor frecuencia relativa de conexiones entre profesores. Esto sugiere una colaboración más estrecha en Química.

2.2. Caracterización de Vértices

En términos de grado y fuerza de los vértices, las tablas comparativas muestran que:

Departamento	Máximo Grado	Máxima Fuerza
Estadística	40	301
Física	76	779
Química	115	1445
Biología	60	550
Matemáticas	71	627
Farmacia	47	539
Geociencias	36	381

Tabla 37: Comparación de grado y fuerza

Los profesores de Química no solo tienen temas en común con mayor frecuencia (máximo grado), sino que también tienen un mayor número total de temas en común (máxima fuerza), lo cual resalta su intensa actividad colaborativa.

2.3. Centralidad

Las medidas de centralidad destacan cómo se distribuyen las colaboraciones dentro de los departamentos:

Departamento	Cercanía (máxima)	Intermediación (máxima)	Propia (máxima)
Estadística	0.300	0.080	1.000
Física	0.885	0.086	1.000
Química	0.483	0.127	1.000
Biología	0.870	0.060	1.000
Matemáticas	1.000	0.212	1.000
Farmacia	0.431	0.145	1.000
Geociencias	0.623	0.141	1.000

Tabla 38: Comparación de centralidades

La centralidad por cercanía es mayor en Matemáticas y Física, indicando que los profesores están mejor conectados a través de caminos cortos, facilitando la rápida difusión de información. Por otro lado, la centralidad por interme-

diación es mayor en Matemáticas y Química, sugiriendo que algunos profesores actúan como puentes cruciales en la red.

2.4. Conectividad y Agrupamiento

Departamento	Número de clanes	Densidad	Modularidad
Estadística	36	0.746	0.2767
Física	69	0.747	0.2171
Química	106	0.888	0.1681
Biología	53	0.811	0.2743
Matemáticas	56	0.561	0.2603
Farmacia	42	0.808	0.2328
Geociencias	25	0.592	0.1976

Tabla 39: Comparación de conectividad y agrupamiento

Química presenta el número clan mayor, lo que denota una alta conectividad. Sin embargo, su modularidad es la más baja, indicando que sus subgrupos no están tan bien separados como en otros departamentos. Estadística y Biología muestran una estructura más modular, permitiendo una clara identificación de subgrupos colaborativos.

2.5. Asortatividad

Departamento	Grado	Fuerza
Estadística	-0.007	-0.055
Física	0.032	-0.001
Química	-0.027	0.000
Biología	-0.026	-0.029
Matemáticas	0.077	0.000
Farmacia	-0.025	0.000
Geociencias	0.022	0.000

Tabla 40: Comparación de asortatividad

La asortatividad muestra cómo los nodos tienden a conectar con nodos similares. Matemáticas presenta una ligera tendencia positiva en cuanto al grado, sugiriendo que los profesores con un número similar de conexiones tienden a colaborar entre sí. En contraste, Estadística, Biología y Química muestran tendencias negativas o neutras, indicando que la colaboración no depende del número de conexiones.

3. Conclusiones Comparativas

La comparación revela diferencias significativas en las redes de colaboración de los departamentos estudiados. Química destaca por su alta densidad y fuerte interconexión, mientras que Matemáticas y Física muestran redes más cohesivas con alta cercanía entre nodos. Estadística y Biología, aunque con menor densidad, tienen estructuras más modulares que permiten una clara identificación de subgrupos colaborativos. Estas diferencias ofrecen una visión integral de cómo las dinámicas de colaboración varían entre disciplinas, proporcionando una base para futuras estrategias de fortalecimiento de redes académicas.