

ANÁLISIS DE REDES DE LA PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA COLOMBIANA EN MATEMÁTICAS REGISTRADA EN LA BASE WEB OF KNOWLEDGE EN EL PERIODO 2008-2012

Yeimy Andrea Castro Quintero,
Yolima Ayala Sánchez.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
Grupo de Investigación en Estadística GAMMA.
(Tunja, Colombia).

yeimy.castro@uptc.edu.co,
yolima.ayala@uptc.edu.co

Resumen

El presente documento describe algunas tendencias de publicación en Colombia en el área de matemáticas fundamentadas en el análisis de redes de conocimiento, teniendo en cuenta los registros de la base Web of Knowledge (WOK), tomando el periodo comprendido entre los años 2008-2012. Para tal caso, con base en un análisis gráfico y en la aplicación de medidas de centralización y densidad propuestas por Freeman (1977) fundamentadas en la teoría de grafos, se determinaron características principales de las redes considerando aspectos como los autores de los artículos, las universidades de afiliación, los países de publicación, área de investigación y el número de citas. De los resultados se puede destacar la amplia colaboración en la publicación de artículos con contenido matemático, de Colombia con Estados Unidos y España, además del protagonismo de las universidades: Nacional, Andes y de Antioquia. Las representaciones gráficas de las redes de colaboración se obtuvieron del programa no comercial de análisis y visualización de redes PAJEK.

Palabras clave: Análisis de redes, grafos, centralidad, producción bibliográfica.

Abstract

This document describes some publication tendencies in Colombia in the area of mathematics based in the analysis of networks of knowledge, with the webdata Web of Knowledge(WOK), taking the period among the years 2008-2012. For such a case, with a graphic analysis and the application of centrality measures and density proposed by Freeman (1977) based in the graph theory, we were determined characteristic main of the networks considering aspects like the authors of the articles, the affiliation universities, the publication countries, investigation area and the citations. Of the results it can stand out that the collaboration in the publication of articles with mathematical content of Colombia with Spain and United States overcomes to the collaboration with the other South American countries, it also is emphasized the role of universities Nacional, Andes and Antioquia. The networks graphics of collaboration were obtained of the noncommercial program of analysis and visualization of networks PAJEK.

Keywords: Network analysis, Graph Theory, centrality, bibliographic production.

I. INTRODUCCIÓN.

Dentro de las disciplinas que tratan la producción bibliográfica se encuentra: la bibliometría, la cienciometría y entre otras, la que relaciona el análisis de redes de conocimiento (ARC), cuya base conceptual la constituye el análisis de redes sociales, que a su vez se estructura en la teoría de grafos.

Con respecto al análisis de redes sociales, Scott (citado por Sánchez, M, 2002), afirma que existieron tres corrientes en la historia: el análisis Sociométrico, que tiene sus antecedentes con Jacob Moreno, inventor del Sociograma, correspondiente a “un diagrama bidimensional en el que los actores son representados mediante puntos, y las relaciones existentes entre ellos mediante líneas dibujadas entre pares de puntos con conexiones directas” (Sánchez, M, 2002, p. 12); la siguiente corriente la constituyen los investigadores de Harvard y por último los antropólogos de Manchester, en donde Barnes, en 1954, dio la primera definición del concepto de red social en sentido analítico: “...conjunto de puntos, algunos de los cuales están unidos por líneas. Los puntos de la imagen son personas o algunas veces grupos, y las líneas indican que las personas interactúan entre sí” (Barnes: 1954, 43, citado por Sánchez, M, 2002). En 1965, Harary y otros colaboradores aplicaron la Teoría de grafos en el análisis de redes sociales, “lo cual transformó de manera considerable los avances obtenidos hasta ese momento” (López, M. 2008, p. 78).

La teoría de grafos se ha aplicado en la representación de diferentes situaciones, Rosen, K. (2012) cita algunos ejemplos: redes sociales (relaciones de amistad, grafos de influencia, grafos de colaboración y de intereses), redes de comunicación (muchas veces de millones de individuos y de veces que se comunican, que hacen que el grafo sea muy denso), redes de información (un modelo que describa la Word Wide Web o la relación que se genera cuando los autores citan en sus publicaciones a otros autores relevantes para el mismo), diseño de software, entre otras.

Se presentan algunas redes de producción bibliográfica colombiana específicamente en el área de matemáticas, del periodo comprendido entre 2008 y 2012, teniendo en cuenta características como: autor(es), afiliación (país y, universidad o instituto), número de citas de los artículos estudiados y áreas de investigación; ello con el propósito de indagar acerca de las dinámicas y lineamientos de producción científica en el área de matemáticas.

El presente trabajo es un reporte de investigación enmarcado en el desarrollo del proyecto titulado Estudio de la producción bibliográfica colombiana de ciencias representada en las bases Web of Knowledge y Scopus (periodo 2001 – 2012), del grupo de investigación en estadística GAMMA.

Yeimy Andrea Castro Quintero,
Yolima Ayala Sánchez.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
Grupo de Investigación en Estadística GAMMA.
(Tunja, Colombia).

yeimy.castro@uptc.edu.co,
yolima.ayala@uptc.edu.co

ANÁLISIS DE REDES DE LA PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA COLOMBIANA EN MATEMÁTICAS REGISTRADA EN LA BASE WEB OF KNOWLEDGE EN EL PERIODO 2008-2012

2. CONCEPTOS GENERALES.

Rosen, K. (2012) define un grafo como un par $G = (V, E)$, el cual consta de un conjunto no vacío de vértices o nodos V , y un conjunto de aristas o arcos E . Por otra parte, Boeris, C. (2010), afirma que: "En un grafo cada actor es representado como un nodo y cada relación como un enlace entre ellos", denominando dichos enlaces como episodios, eventos o sucesos, además añade que "en el caso de dos autores que escriben juntos un artículo, ese trabajo en común (ese enlace) constituirá un episodio de relación social".

Los grafos llevan a considerar a los nodos y las aristas, en conjunto, como una red, en donde los nodos son los individuos u organizaciones y las aristas las relaciones entre ellos, lo cual muestra el análisis de redes sociales como "un instrumento analítico que permite medir interacciones sociales y se caracteriza por ser un análisis sistémico" (López, M. 2008, p.75), donde el objeto de estudio son las personas, grupos, organizaciones, etc. y las relaciones entre estos individuos. En particular, el ARC se puede considerar como un instrumento analítico que mide interacciones académicas, teniendo como objeto de estudio los autores, las revistas, las instituciones como nodos y como aristas las afiliaciones, las citas entre otros.

Para el análisis de redes es posible encontrar ciertas características o tendencias, fundamentadas no solo en la parte gráfica, sino también en algunas medidas que describan de forma particular un nodo o de forma general, la estructura de una red. Freeman (1977) propone un conjunto de medidas alternativas de centralidad basadas en intermediación (Betweenness), teniendo en cuenta aportes de Bavelas (1948) y otros autores, las cuales se describen a continuación.

2.1 MEDIDAS DE CENTRALIZACIÓN

Para una red constituida por N nodos, de la que se denota al i -ésimo nodo como n_i , y a la cantidad de relaciones (aristas) del i -ésimo nodo como g_i para $i = 1, 2, 3, \dots, N$, se tienen las siguientes medidas de centralización:

Centralización de grado. Se puede definir como la desviación de la centralidad de grado con respecto al máximo grado en una red sobre la máxima desviación de grado; la expresión matemática (1) representa esta medida.

$$C_g = \frac{\sum_{i=1}^N [\max(g_i) - g_i]}{\max[\max(g_i) - g_i]} \quad (1)$$

Partiendo del máximo grado en una red y teniendo en cuenta a Freeman, L. (2000) se propone la expresión (2), la cual determina la centralización relativa de grado.

$$C'_g = \frac{\sum_{i=1}^N [\max(g_i) - g_i]}{(N-1)(N-2)} \quad (2)$$

En concordancia con lo escrito por Williner A., et al. (2012), se puede decir que una centralización de grado relativa cercana a 1 implica la existencia de un nodo enlazado con la mayoría de los demás nodos.

Centralización de intermediación. Nooy, W., et al. (2005) afirman que esta medida "es la variación de la centralidad de intermediación de los vértices de la red dividida por la máxima variación posible en la centralidad de intermediación en una red del mismo tamaño". La expresión matemática (3) determina la centralización de intermediación.

$$C_i = \frac{2 \sum_{i=1}^N [\max(C_i(n_i)) - C_i(n_i)]}{(N-1)^2(N-2)} \quad (3)$$

Centralización de cercanía. La centralización de cercanía de una red se relaciona en Freeman, L. (2000), como "cierto tipo de indicador de la homogeneidad de las distancias" está dada por la expresión (4):

$$C_c = \frac{(2N-3)}{(N-2)(N-1)} \sum_{i=1}^N [\max(C'_c(n_i)) - C'_c(n_i)] \quad (4)$$

2.2 DENSIDAD

Esta medida se da desde la teoría de grafos y relaciona los vínculos existentes dentro de una red. El máximo valor de densidad se tendrá si todos los entes participan en la red tienen conexión directa con todos. La densidad de una red se define como la proporción de relaciones existentes con respecto a las relaciones posibles $N(N-1)/2$. Teniendo en cuenta una red, en este caso como un grafo no dirigido, se tiene la expresión (5) para la densidad.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N g_i}{N(N-1)} \quad (5)$$

ANÁLISIS DE REDES DE LA PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA COLOMBIANA EN MATEMÁTICAS REGISTRADA EN LA BASE WEB OF KNOWLEDGE EN EL PERIODO 2008-2012

Yeimy Andrea Castro Quintero,
Yolima Ayala Sánchez.

2. RESULTADOS.

En el presente análisis de redes de producción bibliográfica se incluye información registrada durante los años 2008 a 2012 en la base de datos Web of Knowledge (WOK) que relaciona el área de matemáticas, de autores con alguna afiliación colombiana. Se tuvieron en cuenta los 592 artículos registrados, de donde se puede destacar que aproximadamente el 93.6% de los artículos fueron escritos en inglés y los demás en español. Los autores involucrados en estos registros suman 1045, que pertenecen a 381 universidades y/o institutos o centros de investigación, pertenecientes a 46 países.

La redes de conocimiento presentadas en este documento, muestran las características más sobresalientes de los nodos (autores, universidades o instituciones, países) y de las aristas (colaboraciones), teniendo en cuenta que el tamaño de cada nodo relaciona el número de publicaciones que tiene cada autor o centro de investigación o país, el grosor de las aristas relaciona el número de artículos en común que tienen dos nodos (a mayor grosor de la línea, mayor colaboración entre instituciones, autores o países). En el software Pajek* se ingresan los archivos .net para ser representados gráficamente por medio de redes, teniendo en cuenta una partición de los nodos de acuerdo al continente al cual pertenecen.

Inicialmente se analiza la producción bibliográfica de los autores de acuerdo al país de afiliación, resaltando por colores el continente al cual pertenecen y mostrando las relaciones existentes entre estos; en la tabla 1 se muestra la frecuencia de países por continentes y su respectivo color, se destaca que la mayor cantidad de países que publican con Colombia pertenecen a Europa (43,4783%); dicha red de colaboración se presenta en la figura 1.

Tabla 1. Resumen de frecuencias de cada uno de los continentes y su respectivo color.

Continente	Nº de países	%	Color
América	10	21,7391	Verde
Europa	20	43,4783	Azul
Asia	10	21,7391	Naranja
África	4	8,6957	Fucsia
Oceania	2	4,3478	Marrón
Total	46	100	

Se identificó la colaboración de Colombia con 45 países de diferentes partes del mundo. Por el diámetro de los nodos y los enlaces (Figura 1), se determina que éste tiene mayor conexión con Estados Unidos, España, Inglaterra y Brasil; las líneas más oscuras demuestran más fuerza en la relación, es decir, más artículos escritos entre los países relacionados, Colombia y Estados Unidos, y Colombia y España. Estados Unidos y España, son las países de más publicaciones con Colombia, 71 y 73 artículos, respectivamente, que corresponden al 25% de todos los artículos registrados.

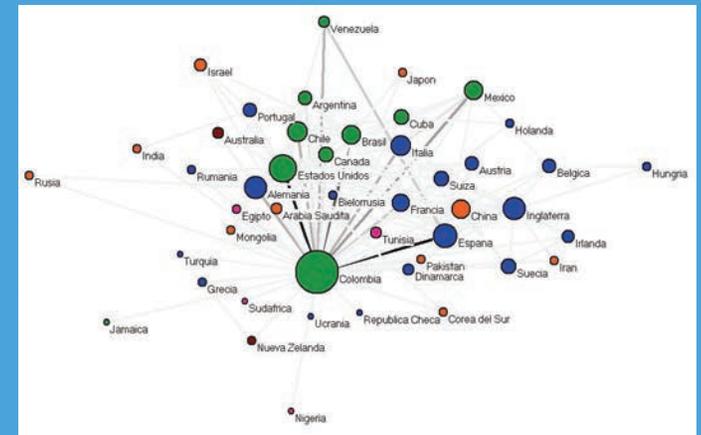


Figura 1. Red de colaboración entre países de la producción bibliográfica colombiana en matemáticas representada en la WOK (periodo 2008-2012)

El 29,3% de todas las posibles relaciones están representadas en la red, ($D = 0,293$) lo que significa que las colaboraciones entre los países son muy pocas en comparación con las posibles, dada la relación establecida en la expresión (5). A pesar de ello, la red tiene una capacidad de colaboración del 91,31% con cada uno de los países involucrados ($C'_G = 0,9131$). Además, el 74,41% de los países son enlaces para la publicación de artículos en matemáticas y el 95,12% que corresponde a la centralización de cercanía ($C'_C = 0,9512$), indica que la mayoría de los países tienen la capacidad de publicar con otros; esto se puede asegurar debido a que en el presente análisis centra la atención en las publicaciones de Colombia con los demás países y es evidente que todos publican con este.

ANÁLISIS DE REDES DE LA PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA COLOMBIANA EN MATEMÁTICAS REGISTRADA EN LA BASE WEB OF KNOWLEDGE EN EL PERIODO 2008-2012

Yeimy Andrea Castro Quintero,
Yolima Ayala Sánchez.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
Grupo de Investigación en Estadística GAMMA.
(Tunja, Colombia).

yeimy.castro@uptc.edu.co,
yolima.ayala@uptc.edu.co

Con respecto a las colaboraciones entre instituciones se tiene la figura 2, de la cual se puede destacar que el 53,8% de los artículos tienen afiliación americana, el 33,85% europea, el 7,34% asiática, el 2,88% africana y el 2,09% tienen afiliación de oceanía. Del total de 381 instituciones, 66 son instituciones colombianas, identificadas con el color amarillo, lo que corresponde a un 17,3%, además las principales instituciones colombianas, en términos de publicación, son la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de los Andes y la Universidad de Antioquia, con un total de colaboraciones de 264, 154 y 65, respectivamente, lo que se evidencia en la visualización de la red por el tamaño de los nodos de cada universidad. A la vez se identifica una relación fuerte (varios artículos publicados), denotada por la línea de color más oscuro, entre la Universidad de Córdoba (Colombia), la Universidad Politécnica de Valencia (España) y la Universidad de los Andes (Venezuela).

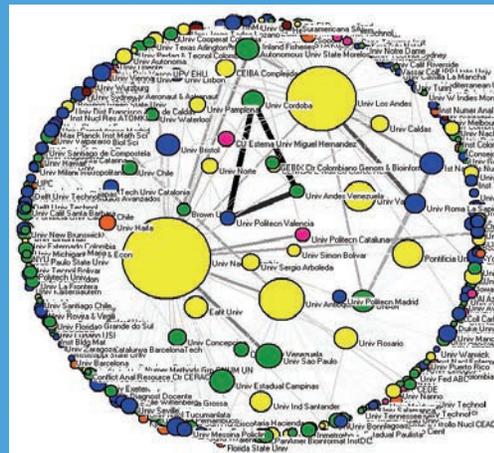


Figura 2. Red de colaboración entre instituciones de la producción bibliográfica colombiana en matemáticas representada en la WOK (periodo 2008-2012)

La red de autores con artículos publicados que han sido citados 15 o más veces en la WOK, teniendo en cuenta su país de afiliación se presenta en la figura 3, resaltando de color amarillo a Colombia por ser el centro del presente estudio. Se destaca que de los 47 artículos tomados, a América le corresponde el 70,21% seguido de Asia con 17,02%, Europa 10,63% y África con 2,12%, Oceanía no presenta los artículos con la característica mencionada.

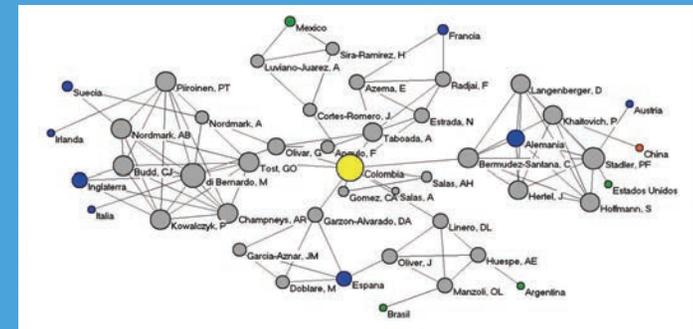


Figura 3. Red de colaboración entre autores que han sido citados 15 veces o más.

4. CONCLUSIONES.

Se destaca la colaboración, en las publicaciones, de autores de diversos países con universidades y/o instituciones colombianas, en mayor proporción con España, Estados Unidos, Inglaterra y Brasil. A nivel local, se evidencia que la producción colombiana es centralizada en algunas universidades del país, como lo es la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Los Andes y la Universidad de Antioquia en menor grado; lo cual puede llevar a considerar que en estas instituciones se presenta mayor cultura de producción científica o mejores capacidades económicas para el fomento de la investigación y la posterior publicación.

La red construida, a partir de las relaciones entre autores con artículos de más de 15 citaciones, evidencia que Colombia no tiene muchos artículos con esta característica, lo que lleva a cuestionar la difusión de los mismos a nivel nacional y/o internacional, o la calidad de los mismos; además tampoco muestra un actor representativo de la red.

El 53% de las publicaciones relacionan como área de investigación a matemáticas, seguida de la física, las ciencias de la computación y la ingeniería.

ANÁLISIS DE REDES DE LA PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA COLOMBIANA EN MATEMÁTICAS REGISTRADA EN LA BASE WEB OF KNOWLEDGE EN EL PERIODO 2008-2012

Yeimy Andrea Castro Quintero,
Yolima Ayala Sánchez.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
Grupo de Investigación en Estadística GAMMA.
(Tunja, Colombia).

yeimy.castro@uptc.edu.co,
yolima.ayala@uptc.edu.co

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Albornoz, M. & Alfaraz, C. (Ed). (2008). Redes de conocimiento: Construcción, dinámica y gestión. Recuperado de: http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/21/83/97/PDF/XP_Analisis_de_redes_2006.pdf

Batagelj, V. & Mrvar, A. (2011). Pajek. Program for Analysis and Visualization of Large Networks. Reference Manual. List of commands with short explanation. University of Ljubljana, Slovenia.

Boeris, C. (2010). *Aplicación de métodos bibliométricos a la evaluación de colecciones: el caso de la Biblioteca del Instituto Argentino de Radioastronomía*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Borgatti, S. (2005). *Centrality and network flow*. *Social Networks*, 27, 55-71.

Canales, H. & Mesa, M., (2002). *Bibliometría, Informetría, Ciencimetría: Su Etimología y Alcance Conceptual*. Consultado el 23 de Julio de 2013 en: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/index/assoc/HASH0160.dir/doc.pdf>.

Date C.J. (2001). *Introducción a los sistemas de Bases de Datos*. Bogotá: Pearson.

FECYT. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Web of Knowledge. BBDD de referencias bibliográficas. Recuperado de <http://www.accesowok.fecyt.es>

Freeman, L. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *American Sociological Association*, 40 (1),35-41.

Freeman, L. (2000). La centralidad en las redes sociales. Clarificación conceptual. (Reyes Herrero, trad.). *Política y Sociedad*, 33, 131-148.

López, M. (2008). El análisis de redes sociales. Una herramienta explicativa para la comprensión de las relaciones internacionales. *Revista de relaciones de Internacionales de la UNAM*, (101-102), 73-98.

Monsalve, M. (11 de Diciembre del 2008). *Análisis de redes sociales: un tutorial*. Recuperado de: homepage.cs.uiowa.edu/~mmonsalv/bio/SNA.pdf.

Nooy, W., Mrvar, A. & Batagelj, V. (2005). *Exploratory Social Network Analysis with Pajek. Structural Analysis in the Social Sciences*. Cambridge University Press: United States of América.

Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25 (4), 348-349.

Rosen, K. (2012). *Discrete Mathematics and Its Applications*. New York: McGraw-Hill Education

Sánchez, M. (2002). *Análisis de redes sociales e historia, una metodología para el estudio de redes clientelares* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

SPINAK, E. (1998). Indicadores cienciométricos. Seminario sobre evaluación de la producción científica. Seminario llevado a cabo en São Paulo por el Proyecto SciELO. Encontrado en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol9_s_01/sci07200.htm;10 (Enero 2006)

Williner, A., Sandoval, C., Frías, M. & Pérez, J. (2012). Redes y pactos sociales territoriales en América Latina y el Caribe: Sugerencias metodológicas para su construcción. *CEPAL- Serie de Desarrollo territorial, Naciones Unidas*, (11), 1-67.

