

## Red de coautorías sobre fósiles colombianos

**Cristina Restrepo-Arango**

Universidad de Córdoba, División de Bibliotecas y Recursos Educativos, Montería,  
Córdoba, Colombia

[cristinarestrepo@correo.unicordoba.edu.co](mailto:cristinarestrepo@correo.unicordoba.edu.co)

**Andrés L. Cárdenas-Rozo**

Universidad Eafit, Escuela de Ciencias, Departamento de Ciencias de la Tierra, Bogotá,  
Colombia

[acarde17@eafit.edu.co](mailto:acarde17@eafit.edu.co)

DOI: <https://doi.org/10.26512/rici.v14.n1.2021.31187>

Recebido/Recibido/Received: 2020-04-25

Aceitado/Aceptado/Accepted: 2020-12-12

### ARTIGOS

**Resumen:** Este artículo determina la red de coautorías existente en los artículos científicos publicados sobre fósiles colombianos desde 1845 hasta diciembre de 2019, mediante la compilación de las referencias bibliográficas en una base de datos diseñada en EndNote que fue creada con las búsquedas de información en bases de datos, repositorios de acceso abierto y revistas especializadas. Los datos permitieron calcular el grado de colaboración y los cambios en la red de coautoría durante los períodos 1845 a 1959, 1845 a 1989 y 1845 a 2019. Además, se computaron las medidas topográficas de cada uno de los autores la red durante estos períodos (i.e., grado de centralidad, grado de cercanía, grado de intermediación y grado medio). Se encontraron 628 artículos publicados por 621 autores, de los cuales 50% fueron publicados en colaboración y los mayores índices de colaboración registrados desde la década del 80 del siglo XX. Específicamente, la red de coautorías durante el período de 1845 a 1959 es la más pequeña y compacta (i.e., cuatro autores). Luego, la red de coautores entre 1845 a 1989 tiene 15 autores y finalmente la red de coautorías de 1845 a 2019 está formada por 22 autores. Los autores con los mayores valores de centralidad, cercanía e intermediación son Hedberg, H. D. (período de 1845 a 1959), Villarroel, C. (período de 1845 a 1989) y Jaramillo, C. (período de 1845 a 2019). La evolución de la red de coautorías sobre fósiles colombianos tiende a ser más activa a lo largo del tiempo. Sin embargo, este análisis también muestra que el número de paleontólogos estudiando fósiles colombianos es muy bajo. Algo que llama la atención debido a que en estos fósiles yacen las respuestas para entender la respuesta biótica neotropical ante el calentamiento global y la sexta extinción en masa.

**Palabras clave:** Cienciometría. Colombia. Paleontología.

#### Rede de coautoria sobre fósseis colombianos

**Resumo:** Este artigo determina a rede de coautores existente nos artigos científicos publicados sobre fósseis colombianos de 1845 a dezembro de 2019, compilando as referências bibliográficas em um banco de dados desenhado em EndNote que foi criado a partir das buscas de informações em bancos de dados, repositórios de acesso aberto e periódicos especializados. Os dados permitiram calcular o grau de

colaboração e as mudanças na rede de coautoria durante os períodos 1845 a 1959, 1845 a 1989 e 1845 a 2019. Além disso, foram computadas as medidas topográficas de cada um dos autores da rede durante esses períodos (ou seja, grau de centralidade, grau de proximidade, grau de intermediação e grau médio). Foram encontrados 628 artigos publicados por 621 autores, dos quais 50% foram publicados em colaboração e os maiores índices de colaboração registrados desde a década de 80 do século XX. Especificamente, a rede de coautores durante o período de 1845 a 1959 é a menor e mais compacta (ou seja, quatro autores). Então, a rede de coautores entre 1845 a 1989 tem 15 autores e finalmente a rede de coautores de 1845 a 2019 é composta por 22 autores. Os autores com maiores valores de centralidade, proximidade e intermediação são Hedberg, H. D. (período de 1845 a 1959), Villarroel, C. (período de 1845 a 1989) e Jaramillo, C. (período de 1845 a 2019). A evolução da rede de coautores sobre fósseis colombianos tende a ser mais ativa com o tempo. No entanto, essa análise também mostra que o número de paleontólogos estudando fósseis colombianos é muito baixo. Algo que chama a atenção porque nesses fósseis estão as respostas para entender a resposta biótica neotropical ao aquecimento global e à sexta extinção em massa.

**Palavras-chave:** Cientometria. Colômbia. Paleontologia.

### **Colombian fossils coauthorship network**

**Abstract:** This research determines the Colombian fossils co-authorship network from 1845 until December 2019 by developing an EndNote reference database of articles searched in several databases, open access repositories, and specialized journals. Data allowed to compute the collaboration indexes and the co-authority network changes from 1845 to 1959, 1845 to 1989, and 1845 to 2019 intervals. Moreover, topographic measurements (i.e., centrality, neighboring, and intermediation) for each author of the network were estimated. The search found 628 papers issued by 621 authors. Furthermore, the collaboration between authors represents 50% of the entire network's documents. Besides, since 1980s the network reached its higher collaboration indexes. Specifically, from 1845 to 1959, the network has a lower size (i.e., four authors). Then, from 1845 to 1989, it has 15 authors, and finally, from 1845 to 2019, it reached 22 authors. The authors with higher values in centrality, neighboring, and intermediation are Hedberg, H.D. (1845 to 1959), Villarroel, C. (1845 to 1989), and Jaramillo, C. (1845 to 2019). Overall, the evolution of the Colombian fossils co-authorship network tends to increase through time. Nonetheless, this analysis showed that the number of paleontologists studying the Colombian fossil record is still deficient. Something that calls attention because these fossils are the key to understanding how Neotropical biomes will be facing both global warming and the sixth mass extinction.

**Keywords:** Scientometrics. Colombia. Paleontology.

## **1 Introducción**

El concepto de red social se refiere al conjunto de actores y relaciones que forman estructuras en las cuales se producen procesos de comunicación entre individuos. Este concepto puede tener sus inicios en las redes que se formaban por medio de la navegación oceánica que permitían construir relaciones comerciales, artísticas, políticas y sociales (AGUIRRE, 2011). Con base en este concepto de red social, en 1660 doce científicos en Londres fundaron 'Society' (la primera comunidad científica; que en 1662 pasó a ser llamada Royal Society) cuya función principal fue y sigue siendo la construcción de conocimiento a partir del intercambio de ideas acerca de los fenómenos naturales (BRYSON, 2010). Es así entonces, que una red de

colaboración científica está formada por investigadores que tienen vínculos específicos compartiendo preguntas acerca de un tema (AGUIRRE, 2011).

Ese interés común se refleja en artículos (documentos que presentan unas pautas operativas: introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones) que cumplen el objetivo de difundir nuevas ideas. Cuando estos artículos son colaboraciones, se puede entonces determinar una red de coautoría. La cual representa la capacidad, horizonte de acción y acceso e influencia sobre los recursos e información que se distribuyen dentro de una red específica (AGUIRRE, 2011). Esa posición e influencia se analiza con medidas que permiten conocer la centralidad, la densidad y la intermediación que ayudan a caracterizar la estructura de una red y al grupo de autores que la conforman (AGUIRRE, 2011).

Para poder determinar el análisis de coautoría se requiere la construcción de un sociograma que es la representación gráfica de esas relaciones entre autores. Este gráfico representa la estructura de la red que está compuesto por un conjunto de líneas que se juntan en nodos. Cada nodo representa a un autor y cada línea una relación entre autores (DE NOOY; MRVAR; BATAGELJ, 2018). Es importante destacar que el sociograma permite distinguir entre las relaciones de coautoría continuas y las relaciones esporádicas. Adicionalmente, el sociograma también permite distinguir quiénes son los autores más destacados o visibles (i.e., los más centrales).

La ubicación de Colombia en el segmento norte de los Andes (RAMOS, 2009) y en la franja tropical hace que sus fósiles tengan un gran valor para entender (i) la evolución geológica de la parte norte de Sur América (i.e., los fósiles ayudan a determinar las distribuciones espaciales y temporales de los paquetes de roca donde se encuentran) (e.g., ETAYO-SERNA, 2019), (ii) la evolución biológica del neotrópico (i.e., el registro fósil colombiano contiene las claves para descifrar los procesos evolutivos que llevaron a la alta diversidad organismal de los neotrópicos actuales) (e.g. LUQUE *et al.*, 2019), (iii) las respuestas de los biomas tropicales ante el calentamiento global (e.g. JARAMILLO *et al.*, 2010) y (iv) las respuestas de los biomas tropicales ante las perturbaciones ecológicas producidas, debido a eventos de extinciones en masa (e.g. DE LA PARRA, 2009).

Por estas razones, los fósiles colombianos se vienen estudiando desde mediados del siglo XIX y con mayor intensidad durante estas dos décadas del siglo XXI. Sin embargo, hasta hoy no se ha producido ningún estudio cuantitativo de la literatura concerniente a los fósiles colombianos. Por lo tanto, esta investigación, utilizando las relaciones subyacentes de los investigadores de fósiles colombianos mediante la teoría de grafos y la teoría de matrices (URBIZAGÁSTEGUI Y RESTREPO-ARANGO; 2018), pretende representar y describir la red de

coautoría de artículos sobre fósiles colombianos para determinar la evolución de esta red de conocimiento dando respuesta a los siguientes interrogantes: ¿cuál ha sido y es la colaboración entre investigadores de fósiles colombianos? y ¿en qué momentos esta red ha evidenciado cambios?

## 2 Materiales y métodos

Para reunir la literatura publicada sobre fósiles en Colombia se hicieron búsquedas con las siguientes palabras clave (en inglés y español): paleontología, fósiles, Colombia, fósiles marinos, fósiles invertebrados, fósiles vertebrados, fósiles mamíferos, crustáceos fósiles, tortugas fósiles, fauna fósil, plantas fósiles, amonitas, polen fósil y paleoecología. Las mismas palabras fueron utilizadas también en inglés. Además, estas búsquedas se realizaron con operadores booleanos (e.g. paleontología AND fósiles AND Colombia, o bien, “fósiles marinos” AND Colombia).

Las búsquedas se hicieron en las bases de datos bibliográficas: Academic OneFile; Cambridge Journals; EbscoHost; Jstor; Hapi; Sage Journals; Science Direct; Scopus; Springer Journal; Web of Science y Wiley Online Library. También se hicieron búsquedas en repositorios de acceso abierto Redalyc y Scielo. Adicionalmente, se realizaron búsquedas en Google Académico y se revisaron las páginas web de las revistas colombianas con más de 30 artículos publicados (i.e., *Boletín de geología*, *Boletín geológico*, *Caldasía*, *Geología colombiana* y *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*), con el fin de verificar artículos sobre el tema que no fueron extraídos en las búsquedas realizadas.

Las referencias bibliográficas que se encontraron se exportaron a una base de datos bibliográfica diseñada en EndNote (Versión X8; Información Suplementaria). Cada documento que se encontró se leyó y revisó cuidadosamente para verificar que tratara sobre el tema de esta investigación, además se revisaron las referencias listadas en cada documento para identificar los trabajos que no se encontraron en las búsquedas realizadas. Estas referencias se agregaron a la base de datos, 153 de las referencias bibliográficas que se publicaron entre 1845 a 1959 se encontraron citadas en otros documentos. Luego, se normalizaron los nombres de los autores, las palabras clave y los títulos de las revistas, con el fin de eliminar las referencias bibliográficas duplicadas.

**1** Para medir la colaboración se usó el Grado de Colaboración (GC) propuesto por Subramanyam (1983), quien afirma que el grado de colaboración en una disciplina se define como la tasa del número de artículos de investigación en colaboración en relación con el número total de artículos de investigación

publicados en la disciplina durante un periodo determinado, puede ser expresado como:

$$GC = \frac{Nm}{Nm + Ns}$$

2

3 donde,

4 GC = Grado de colaboración.

5 Nm = El número de artículos de investigación de múltiples autores publicados durante determinado año.

6 Ns = El número de artículos de investigación de autores únicos publicados durante el mismo año.

Para analizar la red de coautores se usó el software BibExcel (PERSSON; DANELL; SCHNEIDER, 2009) para generar la matriz de coautorías y posteriormente se utilizó el software Pajek (BATAGELJ; MRVAR, 1998) para obtener el sociograma (representación gráfica de la estructura de la red de coautorías de la literatura publicada sobre fósiles colombianos). El sociograma permite la visualización de las redes sociales y cada autor (nodo) está representando por un vértice, cada arco (flecha) representa una elección, es decir, el autor A elige escribir un documento con el autor D y así sucesivamente (DE NOOY; MRVAR; BATAGELJ, 2018).

El análisis de coautorías se dividió en tres períodos de acuerdo con el crecimiento en la publicación de artículos. El primer período va desde 1845 a 1949 debido a que hasta 1949 se publicaron el 8% de los artículos. El segundo período va desde 1845 a 1989 está marcado por un incremento del 41% en la publicación de artículos desde la década del 50 del siglo XX hasta 1989. Durante el tercer período (1845 a 2019) se ve un incremento del 51% de artículos a partir de la década del 90 del siglo XX hasta 2019.

Además, con el software Pajek (BATAGELJ; MRVAR, 1998) se estableció el tamaño de la red (i.e., número de vértices, líneas y agrupaciones (clústeres) que componen el gráfico), la densidad de la red (i.e., intensidad de la cooperación en la red analizada), grado de centralidad (i.e., indica la cantidad de conexiones que tiene la red), grado de cercanía (i.e., mide la capacidad que tiene un autor de colaborar con los demás autores de la red), grado de intermediación (i.e., mide el grado en que un autor actúa como puente con otros autores de la red), diámetro de la red (i.e., determina qué tan compacta es la red), y el coeficiente de clusterización (i.e., determina las posibilidades de que dos autores que no hayan trabajado juntos pero que tengan un coautor en común colaboren en un futuro cercano).

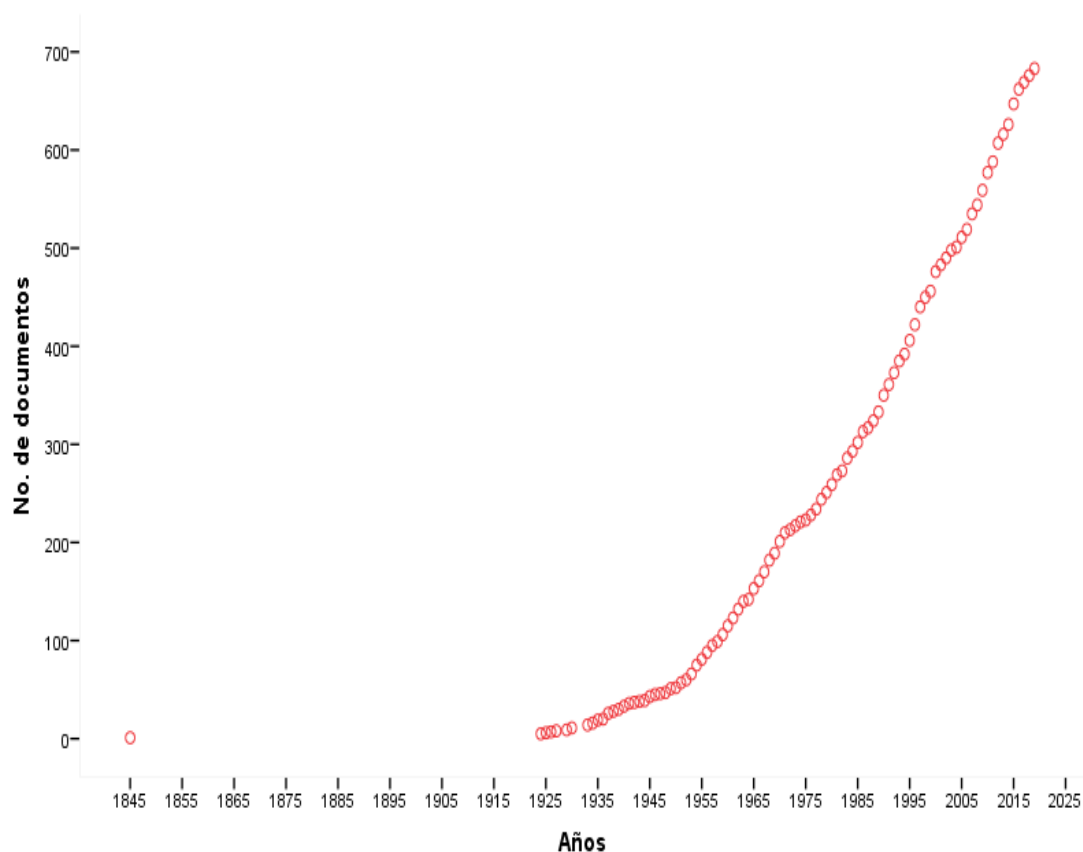
Finalmente, se calcularon el grado de centralidad (i.e., número de conexiones que tiene un autor), el grado de intermediación (i.e., medición de cómo un autor sirve como puente entre otros autores), el grado de cercanía (i.e., la capacidad que tiene un autor para colaborar con otros autores) y el grado medio (número de lazos que tienen los autores en la red) para cada uno los autores que conformaron la red de coautorías sobre fósiles colombianos en los períodos 1845 a 1949, 1845 a 1989 y 1845 a 2019.

### **3 Resultados**

#### **3.1 Generalidades de la red**

De acuerdo con la base de datos, en 1845 K. Forbes fue el primer autor en reportar en una revista científica fósiles colombianos. Esta publicación es titulada: 'Report on the fossils from Santa Fe de Bogotá' (Forbes, 1845). Luego de este artículo, la publicación científica relacionada a fósiles colombianos tiene un hiato de no divulgación de 79 años (Figura 1). Solamente hasta 1924 se vuelven a reportar fósiles de Colombia. Estos artículos son tres de la autoría de E. W. Berry: 'A fossil Celtis from Colombia' (BERRY, 1924); 'Fossil fruits from the Eastern Andes of Colombia' (BERRY, 1924) y 'New Tertiary species of Anacardium and Vantanea from Colombia' (BERRY, 1924) y uno de la autoría de L. W. Collet 'Sur quelques ammonites du Barrémien de Colombie' (COLLET, 1924) (Figura 1).

Figura 1 - Número de documentos publicado desde 1845 a 2019



Fuente: Autoría propia

A partir de ahí el reporte de artículos científicos sobre fósiles colombianos es continuo, aunque no existen reportes para los años 1928, 1931 y 1932 (Figura 1). Adicionalmente, nuestra base de datos muestra que hasta diciembre de 2019 se han difundido 678 artículos científicos con base en el registro fósil colombiano por 621 autores diferentes (Tabla 1).

Tabla 1 - Número de documentos por número de autores

Intervalo en años	Número de autores													Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	18	25		
1840-1850	1														1
1851-1860															
1871-1880															
1881-1980															
1891-1890															
1891-1900															
1901-1910															
1911-1920															
1921-1930	9	1													10
1931-1940	21	1													22

1941-1950	15	3					1							19
1951-1960	51	9												60
1961-1970	64	20	2											86
1971-1980	43	11	3		1									58
1981-1990	45	23	13	5	4		1							91
1991-2000	53	36	23	5	4	3				1				125
2001-2010	19	25	23	16	8	3	3	1	1			1	1	101
2011-2020	20	15	28	13	18	7	3				1			106
<b>Total</b>	<b>341</b>	<b>144</b>	<b>92</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>678</b>

Fuente: Autoría propia

Estos 678 artículos han sido publicados en inglés (58.17%) y español (36.38%), mientras que idiomas como: alemán, francés y japonés apenas alcanzan 5.30%. Adicionalmente, estos reportes científicos fueron publicados de manera equitativa entre esfuerzos individuales (50%) y colaborativos (50%). La mayoría de los trabajos en colaboración han sido publicados con dos firmas (21%), seguidos por los trabajos con 4 y hasta 25 autores (15%), pero sin mayor diferencia con respecto a los de tres firmas (14%; Tabla 2). Además, sobresalen, debido al número de artículos publicados, las siguientes revistas: *Journal of Paleontology* (33 artículos), *Review of Palaeobotany and Palynology* (21 artículos), *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology* (18 artículos), *Journal of Vertebrate Paleontology* (15 artículos), *American Journal of Physical Anthropology* (12 artículos), *Journal of South American Earth Sciences* (11 artículos), y *Micropaleontology* (10 artículos).

La Tabla 2 - Grado de colaboración de la literatura sobre fósiles colombianos discriminada por décadas desde 1840 hasta 2020. Las décadas entre 1850 hasta 1920 no son reportadas debido a que no existen publicaciones en esos años.

Intervalo en años	No. total de publicaciones	No. publicaciones con autores únicos	No. total de publicaciones en colaboración	Grado de colaboración (GC)
1840-1850	1	1	0	0,00
1921-1930	10	9	1	0,10
1931-1940	22	21	1	0,05
1941-1950	19	15	4	0,21
1951-1960	60	51	9	0,15
1961-1970	86	64	22	0,26
1971-1980	58	43	15	0,26
1981-1990	91	45	46	0,51
1991-2000	125	53	72	0,58
2001-2010	101	19	82	0,81
2011-2020	105	20	85	0,81
<b>Total</b>	<b>678</b>	<b>341</b>	<b>337</b>	<b>0,50</b>

Fuente: Autoría propia



Entre 1845 y 2019, el grado de colaboración (GC) en publicaciones sobre fósiles colombianos ha incrementado. Sin embargo, este aumento en GC no ha sido constante y los saltos más representativos se han dado durante las décadas de los 40 (GC = 0.21) y 80 (GC = 0.51) del siglo XX y la primera década del siglo XXI (GC = 0.81; Tabla 2). Durante la década de los 40 este aumento se debe a que cuatro investigadores entraron a la red de conocimiento y empezaron a colaborar (i.e., trabajos colaborativos entre Hedberg, H.D. con los autores Cushman, J. A., Durham, J. W. y Dusenbury A. N. Jr. Y también entre Durham J. W. y Dusenbury, A. N. Jr.; Figura 2). Por otro lado, el salto de GC en la red de coautorías durante la década de los 80 puede ser explicado a 17 estudios colaborativos que se hicieron sobre los fósiles encontrados en el desierto de la Tatacoa (Huila). Finalmente, el aumento de la primera década del siglo XXI se debe a que fueron publicados 90 trabajos en colaboración, donde en 76 de ellos hubo coautores colombianos.

### 3.2 Medidas topográficas de la red durante los períodos 1845-1959, 1845-1989 y 1845-2019

Las medidas topográficas que se encontraron en la red de coautorías sobre artículos científicos de fósiles colombianos en los tres períodos en los que se dividió el análisis muestran que en el período de 1845 a 1959, la red de coautorías está compuesta por 4 autores con 10 lazos, mientras que en el período de 1845 a 1989, las coautorías se incrementaron a 15 autores y 34 lazos, y en el período de 1845 a 2019 se incrementó la coautoría a 22 autores y 59 lazos (Tabla 3). Lo cual explica que la densidad de la red en el primer período sea mayor (50%) con respecto al segundo (15%) y tercer período (14%). Es decir, que en el período de 1845 a 1959 la red es más compacta debido al bajo número de autores con coautorías y a la cantidad de sus lazos (Tabla 3).

Tabla 3 - Medidas topográficas de la red de coautorías

Medidas	1845-1959	1845-1989	1845-2020
Tamaño de la red	4-10	15-34	22-59
Densidad de la red	0.50	0.15	0.14
Grado de centralidad	0.67	0.31	0.30
Grado de cercanía	0.75	0	0.43
Intermediación	0.67	0.15	0.60
Diámetro	2	3	6
Coficiente de clusterización	0.60	0.63	0.59

Fuente: Autoría propia

La red del primer periodo de estudio (1845-1959) es la más pequeña y por eso es la más compacta, porque apenas se publicaron cuatro trabajos en coautoría, mientras que en la red del segundo periodo (1845-1989) se publicaron 83 artículos en coautoría, y finalmente en el tercer periodo (1845-2019) se publicaron 247 artículos en coautoría, es decir, se triplicó la coautoría en relación con el segundo periodo, por eso esa última red de coautoría es menos compacta, pues, está compuesta por un mayor número de autores y lazos.

En el período de 1845 a 1959 el 67% de los autores son centrales, sobresale Hedberg, H. D. (100%), quien es el autor con el mayor valor de centralidad, es decir, que puede relacionarse con los otros autores de manera directa. En el período de 1845 a 1989 la centralidad baja al 31%, puesto que ninguno de los 15 autores supera 50% de centralidad, solamente Villarroel, C. (42%) tiene el mayor valor y finalmente en el período de 1845 a 2019 la centralidad es del 30%, solamente Jaramillo Muñoz, C. A. supera ese porcentaje con 42%, mientras que los valores de centralidad de los 21 autores restantes oscilan entre 5% y 28% (Tabla 3).

El grado de cercanía, en el período de 1845 a 1959 es del 75%, es decir, los cuatro autores que forman esta red pueden intercambiar información entre ellos fácilmente, tanto así que Hedberg, H. D. es el autor con el mayor valor de cercanía (100%). En el período de 1845 a 1989 esta medición baja hasta 0%, ninguno de los 15 autores que forman esta red tienen un porcentaje superior al 50% para intercambiar información entre ellos, solamente Villarroel, C. supera 40%. Mientras que en el período de 1845 a 2019 se encontró una cercanía de 42% entre los autores, de los 22 autores que forman esta red, solo 6 autores tienen en promedio una cercanía del 40% (Tabla 3).

En el período de 1845 a 1959 el 66% de los nodos tiene potencial para comunicar (grado de intermediación), es decir, solamente Hedberg, H. D. es el autor que controla esa comunicación, mientras que en el período de 1845 a 1989 este porcentaje baja a 14%, debido a que 12 de los 15 autores no cuentan con ese potencial para ser intermediarios en la comunicación y en el período de 1845 a 2019 sube nuevamente hasta el 60%, ya que 12 de los 22 autores tienen potencial para comunicar, sobresale Jaramillo Muñoz, C. A. con 66% (Tabla 3).

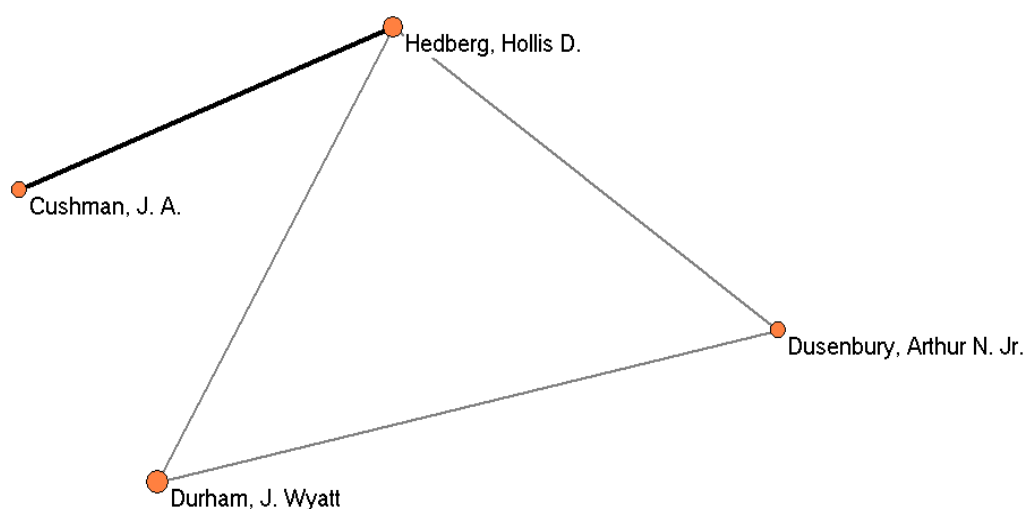
El diámetro de esta red presenta el valor más bajo en el período entre 1845 a 1959 (2), luego entre 1845 a 1989 tiene un valor de 3 y finalmente en el período entre 1845 a 2019 tiene un valor de 6 (Tabla 3). En el período de 1845 a 1959, la distancia más larga es entre los vértices de Cushman, J. A. a Dusenbury, A. N. Jr. (Figura 2). En el período de 1845 a 1989, la distancia más larga es entre los vértices de Setoguchi, T. a Kay, R. F. (Figura 3). En el período de 1845 a 2019, la distancia más larga es entre los vértices de Takai, M. hasta Huertas, G. (Figura 4).

Finalmente, el coeficiente de clusterización es del 60% para el período 1845 a 1959, 63% para el período 1845 a 1989 y de 59% para el período 1845 a 2019. Lo que quiere decir que las posibilidades de colaboración entre dos autores que tengan un colaborador en común son muy similares a lo largo de los diferentes períodos de la red de coautorías.

### 3.3 Medidas topográficas de coautoría en la red durante los períodos 1845-1959, 1845-1989 y 1845-2019

Durante el período de 1845 a 1959 la red de coautorías de publicaciones sobre fósiles colombianos está compuesta por 4 autores que publicaron 10 artículos en colaboración y con una topografía de un solo componente (Figura 2).

Figura 2 - Red de coautorías de los autores del periodo de 1842 a 1959



Fuente: Autoría propia

Para las medidas de centralidad, cercanía e intermediación Hedberg, H. D. es el autor con los mayores valores (Tabla 4), es decir, es el autor más visible de esta red, el más cercano para comunicarse e intercambiar información con los otros autores. De este periodo Hedberg, H. D. es el autor más representativo sobre esta temática.

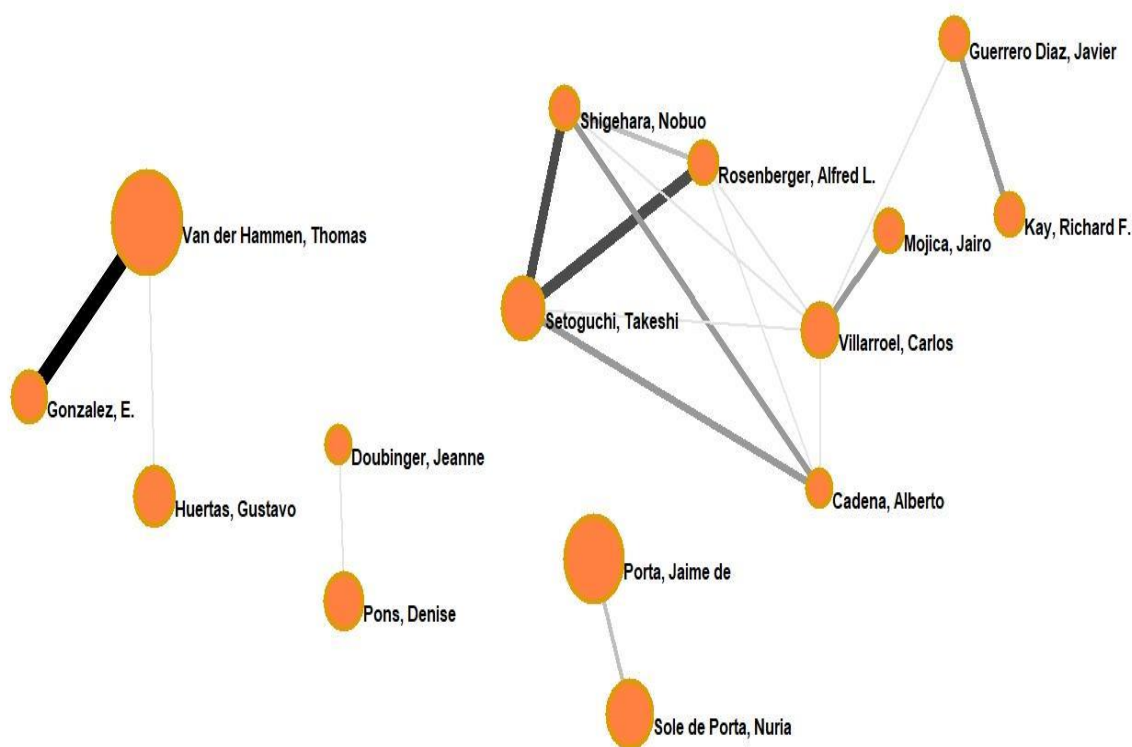
Tabla 4 - Medidas de centralidad, cercanía e intermediación de 1845 a 1959

<b>Autores</b>	<b>Centralidad</b>	<b>Cercanía</b>	<b>Intermediación</b>	<b>Grado</b>
Cushman, J. A.	0.333333	0.600000	0.000000	1
Hedberg, H. D.	1.000000	1.000000	0.666667	3
Dusenbury, A. N. Jr.	0.666667	0.750000	0.000000	2

Fuente: Autoría propia

Por otro lado, durante el período de 1845 a 1989 la red de coautoría está representada por 15 autores que publicaron 34 artículos en colaboración y con un patrón topográfico de 4 componentes (Figura 3). Estos componentes están caracterizados por un grupo de 8 autores, un grupo de 3 autores y dos grupos de 2 autores (Figura 3).

Figura 3 - Red de coautorías de los autores del período de 1845 a 1989



Fuente: Autoría propia

Adicionalmente, en esta red los autores con el mayor valor de centralidad son: Villarroel, C., Cadena, A., Rosenberger, A. L., Setoguchi, T. y Shigehara, N. (Tabla 5). Los autores con mayores índices de cercanía son: Villarroel, C., Cadena, A., Setogushi, T., Shigehara, N., y Guerrero Díaz, J. (Tabla 5). Los autores con mayores valores de intermediación son Villarroel, C., van der Hammen, T. y Guerrero Díaz, J. (Tabla 5).

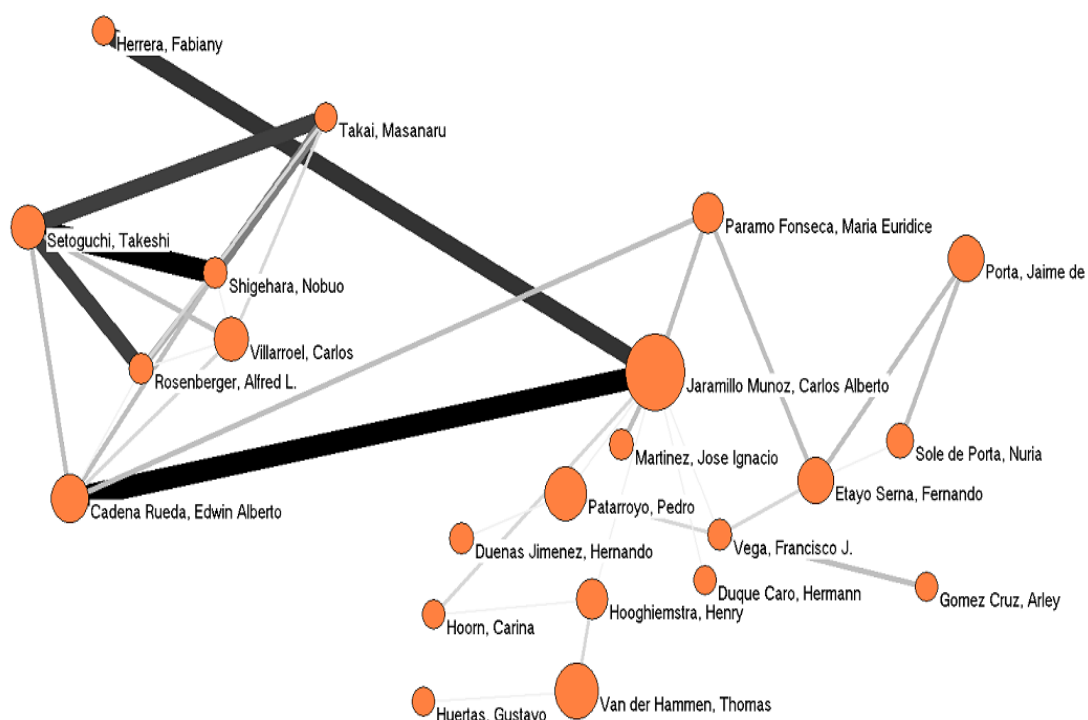
Tabla 5 - Medidas de centralidad, cercanía e intermediación de 1845 a 1989

<b>Autores</b>	<b>Centralidad</b>	<b>Cercanía</b>	<b>Intermediación</b>	<b>Grado</b>
González, E.	0.071429	0.133333	0.000000	1
Van der Hammen, T.	0.142857	0.200000	0.010989	2
Setoguchi, T.	0.285714	0.339394	0.000000	4
Shigehara, N.	0.285714	0.339394	0.000000	4
Rosenberger, A. L.	0.285714	0.339394	0.000000	4
Guerrero Diaz, J.	0.142857	0.311111	0.065934	2
Kay, Richard F.	0.071429	0.207407	0.000000	1
Mojica, J.	0.071429	0.266667	0.000000	1
Villarroel, C.	0.428571	0.466667	0.153846	6
Cadena, A.	0.285714	0.339394	0.000000	4
de Porta, J.	0.071429	0.133333	0.000000	1
Sole de Porta, N.	0.071429	0.133333	0.000000	1
Doubinger, J.	0.071429	0.133333	0.000000	1
Pons, D.	0.071429	0.133333	0.000000	1
Huertas, G.	0.071429	0.133333	0.000000	1

Fuente: Autoría propia

En este periodo el autor más visible y central, con la menor distancia y con el mayor potencial para comunicarse con otros autores es Villarroel, C. Finalmente, durante el período de 1845 a 2019 la red de autores está representada por 22 autores que publicaron 59 artículos en colaboración y con un patrón de red dispuesto por un solo componente (Figura 4).

Figura 4 - Red de coautorías de los autores del período de 1845 a 2019



Fuente: Autoría propia

Adicionalmente, los autores con el mayor valor de centralidad son: Jaramillo, C., Cadena Rueda, E. A., Setoguchi, T.; Shigehara, N.; Rosenberger, A. L.; y Villaruel, C. (Tabla 6). Los autores con mayor índice de cercanía son: Jaramillo, C., Cadena Rueda, E. A., Páramo Fonseca, M. E., Vega, F. J. y Patarroyo, P. (Tabla 6). Finalmente, los autores con los mayores valores de intermediación son: Jaramillo, C., Cadena Rueda, E. A., Etayo Serna, F., Hooghiemstra, H. y Vega, F. J. (Tabla 6). En este periodo el autor más visible y central, con la menor distancia y con el mayor potencial para comunicarse con otros autores es Jaramillo, C.

Tabla 6 - Medidas de centralidad, cercanía e intermediación de 1845 a 2019

<b>Autores</b>	<b>Centralidad</b>	<b>Cercanía</b>	<b>Intermediación</b>	<b>Grado</b>
Setoguchi, T.	0.238095	0.362069	0.020238	5
Shigehara, N.	0.238095	0.362069	0.020238	5
Cadena Rueda, E. A.	0.285714	0.488372	0.380952	6
Jaramillo Muñoz, C. A.	0.428571	0.567568	0.666667	9
Herrera, F.	0.047619	0.368421	0.000000	1
Rosenberger, A. L.	0.238095	0.362069	0.020238	5
Takai, M.	0.190476	0.280000	0.000000	4
Gómez Cruz, A.	0.047619	0.313433	0.000000	1

Vega, F. J.	0.190476	0.446809	0.180952	1
Martínez, J. I.	0.047619	0.368421	0.000000	1
Porta, J.	0.095238	0.283784	0.000000	2
Sole de Porta, N.	0.095238	0.283784	0.000000	2
Paramo Fonseca, M. E.	0.142857	0.466667	0.142857	3
Villarroel, C.	0.238095	0.362069	0.020238	5
Etayo Serna, F.	0.190476	0.381818	0.185714	4
Patarroyo, P.	0.142857	0.420000	0.095238	3
Hooghiemstra, H.	0.142857	0.403846	0.180952	3
Van der Hammen, T.	0.095238	0.300000	0.095238	2
Hoorn, C.	0.095238	0.388889	0.000000	2
Dueñas Jiménez, H.	0.047619	0.300000	0.000000	1
Duque Caro, H.	0.047619	0.368421	0.000000	1
Huertas, G.	0.047619	0.233333	0.000000	1

Fuente: Autoría propia

#### 4 Discusión

De los resultados obtenidos se destaca que la colaboración en la red de coautorías de fósiles colombianos ha tenido un incremento en GC a lo largo de su historia, alcanzando el mayor índice durante la primera década del siglo XXI (0.81). Entonces es pertinente preguntarse ¿a qué se debe el incremento de la colaboración en la literatura sobre fósiles colombianos? Quizá, la respuesta pueda estar relacionada con el aprovechamiento de recursos humanos y económicos, la generación de masa crítica en paleontología en Colombia y la misma evolución del conocimiento paleontológico.

La primera, se puede explicar debido a que la colaboración permite reducir los costos de las campañas de campo al integrar a varios colaboradores e implementar una toma de datos más efectiva (i.e. varios especialistas aprovechando el mismo campo para tomar datos de diferentes grupos fósiles). Con respecto a la generación de masa crítica, la obtención de título de maestría o doctorado facilita la formación o la creación de redes académicas lo que posibilita la elaboración de publicaciones en colaboración. También a este factor se puede añadir la necesidad de publicación para poder escalar posiciones en la carrera académica, o bien, para poder participar en convocatorias de investigación o de profesor universitario. Es así como la publicación en colaboración se impone en donde los indicadores se convierten en requisitos obligatorios en cualquier carrera académica. Por último, la evolución del conocimiento paleontológico en Colombia que empezó viendo los fósiles como una característica de la roca para hacer estratigrafía y cuyo paradigma ha cambiado desde las últimas décadas del siglo XX,

tomando una mayor relevancia en el uso de los datos fósiles como organismos que alguna vez estuvieron vivos y que son útiles para desarrollar hipótesis relacionadas con las interacciones biosfera - geosfera (e.g. paleobiogeografía, paleoclima, paleoecología, morfología evolutiva, sistemática evolutiva, etc.) las cuáles son críticas para la solución de los dos problemas fundamentales contemporáneos: i) calentamiento global y ii) sexta extinción en masa.

El grado de centralidad representa a los autores más visibles, ya que son los que tienen el mayor número de relaciones directas. En este caso los autores más representativos por cada uno de los periodos que se estudiaron fueron Hedberg, H. D. (1845-1949), Villarroel, C. (1845-1989) y Jaramillo, C. (1845-2019). Cada uno de estos autores representa intereses temáticos y relaciones de coautoría diferentes. Hedberg, H. D. fue un científico relacionado con la industria del petróleo y sus intereses eran puramente bioestratigráficos. Villarroel, C. quién fue profesor universitario, ha publicado 24 artículos en colaboración y es un paleontólogo de un espectro más amplio con descripciones de fósiles en diferentes intervalos de tiempo y con objetivos bioestratigráficos y paleobiogeográficos. Finalmente, Jaramillo C. es el autor más prolífico con 68 artículos en colaboración. Es un paleobotánico con intereses muy abiertos que van desde la bioestratigrafía hasta la morfología evolutiva y funcional. Su alta productividad en el Museo Smithsonian le ha permitido asesorar varios estudiantes de pregrado y posgrado (maestría, doctorado y posdoctorado) alcanzado los mayores niveles de colaboración en la red de coautorías.

La centralidad de cercanía mide la distancia mínima entre dos autores (nodos), es decir, “cuanto más central es un nodo, menor es su distancia total a todos los demás nodos” (DONGLEI, 2005, p. 15). La cercanía mide el tiempo que se tomará un autor (nodo) para difundir la información a los otros autores (nodos). Es decir, cuanto más cerca esté un nodo de todos los demás nodos, más fácil será la información que alcance, por ende, mayor será su centralidad de cercanía. La cercanía está ligada con el grado de centralidad, pues, se espera que aquellos autores más centrales, también son los más cercanos y en el caso de los artículos publicados sobre fósiles colombianos se encontró que los autores con los mayores valores de centralidad también son los que tienen mayores valores de cercanía.

La centralidad de intermediación mide el “número de veces que un nodo actúa como un puente a lo largo del camino más corto con otros nodos” (DONGLEI, 2005, p. 17). También se interpreta como el potencial que tiene un nodo para comunicar e informar a los otros nodos “que no se comunican directamente” (LOZARES et al., 2013, p. 85). Los nodos que están más cerca se consideran centrales, ya que controlan la comunicación y el flujo de información en una red. Los nodos que tienen valores de centralidad cero, no pueden actuar como intermediarios



en la red. En las tres redes de coautoría en total 25 autores (61%) no tienen la capacidad de comunicar e informar a otros autores, es decir, que el autor A se comunica con el autor B y el autor B con el autor C, pero este último no genera una nueva relación.

En general, Hedberg, H. D. (período 1845-1959), Villarroel, C. (período 1845-1989) y Jaramillo, C. (período 1845-2019), quienes son los autores con los mayores valores de centralidad, cercanía e intermediación también son los representantes de tres épocas diferentes que están marcadas por un nivel de competencia diferente. En el primer período el conjunto de competidores es menor, pero en los dos últimos períodos esa competencia y acumulación de conocimiento se incrementa, más aún con las evaluaciones a las que son sometidos los investigadores para escalar posiciones en una carrera académica, en las cuales la publicación en revistas científicas son un componente esencial para permanecer, mantenerse y ascender en el campo académico.

## **5 Conclusiones**

En esta investigación se encontró que la difusión de la literatura publicada sobre fósiles colombianos el idioma predominante es el inglés (58.32%) y que el español ocupa un segundo lugar con 36.38%. Estos datos confirman que los fósiles colombianos son un asunto de importancia global, no sólo local.

La colaboración ha tenido un incremento importante desde la década de los años 80 y esto se materializa con que 337 documentos sobre fósiles han sido publicados en colaboración y 341 documentos han sido publicados por un único autor.

A partir de los datos obtenidos sobre colaboración basados en el análisis de redes de coautorías se pudo estudiar la red en tres períodos (1842 a 1949, 1842 a 1989 y 1842 a 2019). La red del período de 1842 a 1949 está formada por un componente, es la red más pequeña, compuesta en su totalidad por autores extranjeros. La red del período de 1842 a 1989 está formada por cuatro componentes, donde hay presencia de autores colombianos y extranjeros en colaboración. Finalmente, la red del período de 1842 a 2019 está formada por un único componente que está interconectado y muestra que hay un alto grado de colaboración liderado por los autores colombianos Jaramillo, C. y Cadena Rueda, E. A. y los autores internacionales Villarroel, C. y Vega, F.

Los autores con los índices de colaboración más altos de la red durante toda su historia son: Hedberg, H. D. (período 1845-1959), Villarroel, C. (período 1845-1989) y Jaramillo C. (período 1845-2019). En consecuencia, estos son los autores que han propiciado el mayor flujo de comunicación dentro de la red de coautorías sobre fósiles colombianos.

Finalmente, cabe resaltar que la red de coautorías sobre fósiles de Colombia aún está en evolución y se espera tenga un número de investigadores y colaboraciones mucho mayor en las próximas décadas debido a la importancia crítica de los fósiles colombianos en el entendimiento del cambio climático actual y de la respuesta biológica tropical durante períodos de extinciones en masa.

### Agradecimientos

Andrés L. Cárdenas-Rozo agradece al Semillero de Paleontología de la Universidad EAFIT.

### Referencias

AGUIRRE, J. L. *Introducción al análisis de redes sociales*. Documentos de Trabajo del Centro Interdisciplinario para el Estudio de Políticas Públicas, 8, 1-59, 2011. Disponible en: <<https://www.ciepp.org.ar/images/ciepp/docstrabajo/doc%2082.pdf>> Acceso en: 30 sep. 2020.

BERRY, E. W. A fossil *Celtis* from Colombia. *Torreya*, n.24, p. 44-46, 1924.

BERRY, E. W. Fossil fruits from the Eastern Andes of Colombia. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, n. 51, p.61-67, 1924.

BERRY, E. W. New Tertiary Species of *Anacardium* and *Vantanea* from Colombia. *Pan-American Geologist*, v. 42, n. 911, p. 259-262, 1924.

COLLET, L. W. Sur quelques ammonites du Barrémien de Colombie. *Eclogae Geologicae Helveticae*, v. 18, n. 4, p. 485-493, 1924.

BATAGELJ, V., MRVAR, A. Pajek-program for large network analysis. *Connections*, v. 21, n. 2, p. 47-57, 1988.

BRYSON, B. *Seeing Further*. London: Harper Press, 2010.

DE LA PARRA, F. *Palynological changes across the Cretaceous-Tertiary boundary in Colombia, South America*, 2009. Tesis (Maestría) - University of Florida]. Disponible en: <[http://etd.fcla.edu/UF/UFE0024565/dela\\_parra\\_g.pdf](http://etd.fcla.edu/UF/UFE0024565/dela_parra_g.pdf)> Acceso en: 30 sep. 2020.

DE NOOY, W., MRVAR, A., BATAGELJ, V. *Exploratory social network analysis with Pajek: Revised and expanded edition for updated software*. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

DONGLEI, D. *Social network analysis: centrality measures* [Presentación en Power Point]. Faculty of Business Administration, University of New Brunswick, NB Canada Fredericton E3B 9Y2, 2005. Disponible en: <[http://www2.unb.ca/~ddu/6634/Lecture\\_notes/Lecture\\_4\\_centrality\\_measure.pdf](http://www2.unb.ca/~ddu/6634/Lecture_notes/Lecture_4_centrality_measure.pdf)> Acceso en: 30 sep. 2020.

ETAYO-SERNA, F. Basin development and tectonic history of the Middle Magdalena Valley. En: *Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano, 2019.

FORBES, K. Report on the fossils from Santa Fe de Bogota, presented to the Geological Society by Evan Hopkins. *Quarterly Journal of the Geological Society*, n. 1, p. 174-179, 1845.

LOZARES, C., LÓPEZ-ROLDÁN, P., BOLÍVAR, M., MUNTANYOLA, D. La centralidad en las redes sociales: medición, correlación y aplicación. *Metodología de encuestas*, v. 15, p. 77-97, 2013.

LUQUE, J., FELDMANN, R. M., VERNYGORA, O., SCHWEITZER, C. E., CAMERON, C. B., KERR, K. A., VEGA, F. J., DUQUE, A., STRANGE, M., PLAMER, A. R., JARAMILLO, C. Exceptional preservation of mid-Cretaceous marine arthropods and the evolution of novel forms via heterochrony. *Science Advances*, n. 5, p. 1-14, 2019. DOI: <10.1126/sciadv.aav3875>

JARAMILLO, C., OCHOA, D., CONTRERAS, L., PAGANI, M., CARVAJAL-ORTÍZ, H., PRATT, L.M., KRISHNAN, S., CARDONA, A., ROMERO, M., QUIROZ, L., RODRÍGUEZ, G., RUEDA, M. J., DE LA PARRA, F., MORÓN, S., GREEN, W., BAYONA, G., MONTES, M., QUINTERO, O., RAMÍREZ, R., MORA, G., SCHOUTEN, S., BERMÚDEZ, H., NAVARRETE, R., PARRA, F., ALVARÁN, M., OSORNO, J., CROWLEY, J. L., VALENCIA, V., VERVOORT, J. . Effects of rapid global warming at the Paleocene-Eocene boundary on Neotropical vegetation. *Science*, n. 330, p. 957-961, 2010. DOI: <10.1126/science.1193833>

PERSSON, O., DANELL, R., SCHNEIDER, J. W. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. In: ÅSTRÖM, F. et. al. *Celebrating scholarly communication studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday*. International Society for Scientometrics and Informetrics, 2009. p. 9-24. Disponible en: <<https://portal.research.lu.se/ws/files/5414075/1459003.pdf#page=12>> Acceso en: 31 oct. 2020.

RAMOS, V. A. (2009). Anatomy and global context of the Andes: main geologic features and the Andean orogenic cycle. In: *Backbone of the Americas: shallow subduction, Palateau Uplift, and Ridge and Terrane collision*. Boulder: Colorado: Geological Society of America, 2009. p.31-65.

SUBRAMANYAM, K. Bibliometric studies of research collaboration: a review. *Journal of Information Science*, v. 6, n. 33, p. 33-38, 1983.

URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, R., RESTREPO-ARANGO, C. La red de co-autores en la bibliometría mexicana. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, v. 23, n. 51, p. 74-94, 2018.