

Aportación científica de cinco ingenieros mexicanos del siglo XIX a la geología nacional

*Saúl Armendáriz Sánchez**
*Ofelia Barrientos Bernabé***

Recibido: 2 de marzo de 2021
Dictaminado: 23 de abril de 2021
Aceptado: 24 de mayo de 2021

RESUMEN

El desarrollo de las ciencias geológicas en México en el siglo XIX es clave para entender la evolución científica nacional. En ese momento el país estaba en un proceso de adaptación civil y cultural después de un movimiento bélico de independencia en donde se requería de una identidad científica propia. El gobierno y los organismos académicos de la época dieron un fuerte impulso al desarrollo de las ciencias con fines más bien utilitarios; un ejemplo es el caso de las ciencias geológicas que emergen como parte de los proyectos de desarrollo económico del país, tales como la minería, y el conocimiento y estudio del territorio nacional a nivel geológico y geográfico. Durante este período surgen importantes hombres de ciencia cuya labor científica resulta de trascendencia

* Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México. Correo electrónico: asaul@atmosfera.unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5229-0642>

** Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México. Correo electrónico: ofbb@unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9825-0926>

para la evolución de la geología en México, abordando particularmente esta investigación el estudio de la producción científica de cinco ingenieros mexicanos, quienes aportaron elementos base para el desarrollo de esta ciencia en nuestro país; ellos son: Antonio del Castillo Patiño, Santiago Ramírez Palacios, Mariano Santiago de Jesús de la Bárcena Ramos, José Guadalupe Aguilera Serrano y Ezequiel Ordoñez Aguilar. El impacto y la visibilidad de su obra científica pueden ser constatados por medio del uso de indicadores bibliométricos-históricos en un análisis de las tendencias de la época, obra científica que aún es utilizada por investigadores para el análisis histórico de la geología. Para el caso se consultaron diversas fuentes para estudios métricos de la ciencia, además se buscó en Google Scholar las citas que han recibido los trabajos publicados por estos cinco ingenieros, con el objetivo de comprobar el impacto e influencia científica que ha tenido su producción escrita sobre las generaciones posteriores de especialistas en las ciencias geológicas.

Palabras clave: *Bibliometría, análisis histórico-bibliométrico, Geología, Producción científica, México, siglos XIX y XX.*

Scientific contribution of five Mexican engineers of the 19th century to the national geology

ABSTRACT

The development of geological sciences in Mexico in the 19th century is key to understanding the national scientific evolution. At that time, the country was in a process of civil and cultural adaptation after a warlike independence movement where it required its own scientific identity. The government and academic organizations of the time gave a strong impulse to the development of sciences with rather utilitarian purposes, an example being the case of geological sciences that emerged as part of the country's economic development projects, such as mining. and the knowledge and study of the national territory at a geological and geographical level. During this period, important men of science emerged whose scientific work is of importance for the evolution of geology in Mexico, this research particularly addressing the study of the scientific production of 5 Mexican engineers who contributed basic elements for the development of this science in our country. These are: Antonio del Castillo Patiño, Santiago Ramírez Palacios, Mariano Santiago de Jesús de la Bárcena Ramos, José Guadalupe Aguilera Serrano and Ezequiel Ordoñez Aguilar. The impact and visibility of his scientific work can be verified through the use of bibliometric-historical indicators in an analysis of the trends of the time, being also a scientific work that is still used by researchers for the historical analysis of geology. In this case, various sources were consulted for

metric studies of science, also carrying out a search in Google Scholar for the citations that the works published by these 5 engineers have received, with the aim of verifying what impact and scientific influence their production has had. written about later generations of geological scientists.

Key words: *Bibliometrics, historical-bibliometric analysis, Geology, Scientific production, Mexico, XIX and XX centuries.*

1. INTRODUCCIÓN

Alo largo del tiempo los estudios métricos de la ciencia basados en la bibliometría han sido definidos tomando en consideración diversos enfoques analíticos, pero en su forma más esencial se refiere a un análisis cuantitativo de publicaciones con el fin de indagar sobre fenómenos muy específicos y aplicándose principalmente en las disciplinas científicas y tecnológicas.¹ Pero es a finales del siglo XX cuando se destaca su dimensión histórica y, desde esa perspectiva, Gorbea Portal la enriquece aseverando que “la bibliometría debiera estar orientada a identificar patrones de comportamiento cuantitativo sobre la historia de la ciencia y los principales hechos que caracterizan el desarrollo científico de una época mediante el uso de las fuentes antiguas y de los indicadores históricos-bibliométricos que identifican sus principales regularidades”.² Desde finales de los años noventa y los primeros veinte años de este siglo surgen las primeras investigaciones histórico bibliométricas enfocadas a analizar la situación de la comunicación científica y las revistas especializadas en la región de América Latina; en estos estudios sobresalen Colombia y México.³ En las disciplinas geológicas se destacan como primeros antecedentes los trabajos realizados por Eva Medina y Carlos Mondragón en 2014 y por este último autor, otro estudio más en 2017, en los cuales se aborda el análisis bibliométrico de la literatura científica, específicamente de revistas en las ciencias geológicas, pero con objetivos y enfoques distintos y cubriendo dos períodos de años, el primero de 1850 a 1950 y el segundo de 1870 a 1903.⁴ Otro trabajo a destacar es el publicado en 2018 por un grupo de autores en su

¹ Hérubel, “Historical Bibliometrics: Its Purpose and Significance to the History of Disciplines”, p. 380.

² Gorbea Portal, “Una nueva perspectiva teórica de la bibliometría basada en su dimensión histórica y sus referentes temporales”, p. 14.

³ Hernández-Socha, “Estado del arte de la bibliometría histórica. Una aproximación a los casos de Colombia y México”, p. eRv3/3.

⁴ *Ibid.*, p. eRv3/9.

mayoría pertenecientes al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México, el cual aborda la producción de conocimientos en la mineralogía en México durante 1795 a 1849. Éste utilizó un enfoque geohistoriométrico, es decir, emplea recursos conceptuales y metodológicos de la geografía, la historia y la cienciometría para analizar el fenómeno de estudio a través de múltiples variables.⁵

Este trabajo se presenta ante el reciente desarrollo de estudios con enfoque histórico-bibliométrico; en él se aborda el desarrollo de las ciencias geológicas en México a partir de su despegue en el siglo XIX hasta mediados del siglo XX. Una vez que la etapa de la Guerra de Independencia concluyó, era necesario impulsar al país para que se integrara a la modernización mundial y creciera científica y económicamente. Al ser México una nación con un extenso territorio y con importantes recursos minerales, se convirtió en un espacio idóneo para que ingenieros mineros, metalúrgicos y químicos pudieran realizar diversos estudios de exploración y generar conocimientos para difundirlos a nivel mundial, transformándose la geología en un área clave de desarrollo para los intereses nacionales. En este entorno se destacaron cinco ingenieros que motivaron esta investigación: Antonio del Castillo Patiño (1820-1895), creador del primer servicio geológico oficial en México y cuatro de sus principales discípulos: Santiago Ramírez Palacios (1836-1922), Mariano Santiago de Jesús de la Bárcena Ramos (1842-1899), José Guadalupe Aguilera Serrano (1857-1941) y Ezequiel Ordoñez Aguilar (1867-1950). Ellos formaron parte de un vasto grupo de científicos y especialistas nacionales y extranjeros dedicados a la investigación, exploración y enseñanza de la geología en México durante la segunda mitad del siglo XIX hasta la primera mitad del siglo XX. Su desempeño en las esferas empresarial y política, además de la científica y educativa, así como su extensa obra biblio-hemero-cartográfica⁶ fueron determinantes en el desarrollo, la institucionalización y la profesionalización de las ciencias geológicas en México.⁷

Podemos entender entonces que la aportación científica en el área de las ciencias geológicas es punto clave para el desarrollo del país por las líneas económicas y sociales en que se incursiona, demostrable a través de

⁵ Flores-Vargas, Xochitl et al., "Determinants of the emergence of modern scientific knowledge in mineralogy (Mexico, 1795-1849): A geohistoriometric approach", p. 1507.

⁶ El término "Biblio-hemero-cartografía" fue tomado del trabajo de Morelos Rodríguez, "La geología mexicana en el siglo XIX: una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo Santiago Ramírez y Mariano Bárcena", p. 277. Aunque se debe entender que es un término no oficial, pues es la abreviatura de la parte bibliográfica, hemerográfica y cartográfica relacionada a la producción científica de un investigador, más en el área de las ciencias geológicas en donde la generación de estos tres tipos de documentos son pieza clave.

⁷ Uribe Salas y Cortés Zavala, "Andrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX", p. 516.

la producción científica analizada bajo una línea bibliométrica de los cinco ingenieros ya referidos, estableciendo con ello su visibilidad e impacto en el trabajo científico de generaciones posteriores de especialistas, para lo cual se ha planteado el objetivo de identificar el comportamiento histórico-bibliométrico de dicha producción, mediante el análisis del contexto histórico en el cual ésta se manifiesta, los principales indicadores bibliométricos que la caracterizan y la identificación de indicadores relativos a las citas de sus trabajos a través de la consulta de herramientas métricas de la ciencia, como WoS, Scopus y Dimensions, y la utilización Google Scholar, elementos que nos sirven de base como hipótesis del trabajo.

Los resultados obtenidos se dividen en tres partes: la primera, centrada en el contexto histórico, como medio para su interpretación y análisis; la segunda, relativa a las características de la producción científica y en la última parte se presenta la caracterización de indicadores bibliométricos, orientados a la identificación y análisis de su impacto en el trabajo científico de especialistas de generaciones posteriores.

Es importante destacar que dentro del desarrollo del documento se estará mencionando de manera indistinta los términos de geología y de ciencias geológicas, tal y como otros autores de esta especialidad lo hacen en sus obras (debido también al período que se maneja), proponiendo la siguiente definición con el fin de clarificar su acepción:

La geología es la ciencia natural dedicada al estudio del planeta tierra. Su objetivo es comprender la composición física y la estructura interna y externa de nuestro planeta, así como los distintos procesos y dinámicas que han permitido su evolución desde su formación hasta nuestros tiempos. Su nombre proviene del griego Geo, “Tierra”, y logos, “palabra o saber”. A menudo se habla de la geología en plural, es decir, como ciencias geológicas, ya que engloba ramas especializadas en un solo aspecto de la Tierra, como pueden ser su clima, su exploración mineral, su dinámica tectónica, y un prolongado etcétera.⁸

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación histórico-bibliométrica con enfoque transdisciplinario y cuantitativo, se aplicó el método empírico-analítico empleando diversas herramientas y técnicas, en las que sobresalen: Un análisis documental para sustentar el contexto histórico político, económico y social en el cual vivieron y desarrollaron sus contribuciones científicas los cinco ingenieros estudiados. Se revisaron trabajos especialmente dedicados

⁸ Raffino, “Geología”, <https://concepto.de/geologia/> [consultado el 24 de abril de 2021].

a la historia de la geología en México en los siglos XIX y XX, incluyendo información biográfica de los ingenieros en cuestión, que han sido publicados por varios especialistas en ciencias geológicas y por estudiosos de la historia de la ciencia mexicana (consultar la Bibliografía al final del artículo). Para ello se utilizaron bases de datos especializadas y catálogos de bibliotecas (OPAC) para una mejor detección de la producción científica publicada.

A su vez se realizó un análisis bibliométrico a partir de la obtención de la relación completa de los trabajos de los cinco ingenieros, con base en las fuentes de estudio biográfico y de recopilación biblio-hemero-cartográfica de Morelos Rodríguez⁹ para la recuperación de los trabajos de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena; el trabajo de Rubinovich Kogan¹⁰ para la obtención de los trabajos de José Guadalupe Aguilera y, finalmente, Martínez Portillo¹¹ para recuperar los trabajos de Ezequiel Ordoñez. El objetivo fue seleccionar y analizar en forma global los principales indicadores de la producción científica reunida, a partir de sus datos bibliográficos. Para el registro y análisis de los indicadores cuantitativos obtenidos, así como para la construcción de tablas y gráficos, se utilizó el programa de Excel (Microsoft).¹² Los indicadores a analizarse fueron la cantidad de trabajos y años de publicación, temáticas abordadas, tipo de publicaciones, su publicación en fuentes nacionales o extranjeras, idioma de las contribuciones y sus coautorías.

Finalmente se realizó un análisis bibliométrico a partir de los indicadores de impacto relativos a las citas recibidas sobre los trabajos¹³ de cada uno de los cinco ingenieros estudiados y que se localizaron a través del buscador especializado Google Scholar (GS)¹⁴ hasta diciembre de 2018. Posteriormente se llevó a cabo el análisis en conjunto de trabajos y citas de todos los autores, considerando los siguientes indicadores:

- Total de citas a los trabajos y períodos de años en que fueron realizadas
- Temáticas de los trabajos con su número de citas
- Contribuciones con su número de citas en orden decreciente
- Tipo de fuentes citantes con su número de citas
- Títulos de revistas citantes con el mayor número de citas
- Títulos de revistas internacionales citantes

⁹ Morelos Rodríguez “La geología mexicana en el siglo XIX: una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo Santiago Ramírez y Mariano Bárcena”, pp. 277-305.

¹⁰ Rubinovich, “José Guadalupe Aguilera Serrano: 1857-1941: datos biográficos y bibliografía anotada”, p. 23-116.

¹¹ Martínez, “Bibliografía del Ing. D. Ezequiel Ordoñez”, pp. 419-428.

¹² Microsoft, Microsoft Office Excel para Windows 2010.

¹³ Sancho, “Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología, revisión bibliográfica”, p. 843.

¹⁴ Google, “Google Scholar” [consultado en enero de 2019].

- Títulos de revistas mexicanas citantes.

Así mismo, se consultó y organizó para su identificación el número de trabajos y citas que cada uno de los cinco autores presentaba en las siguientes herramientas bibliométricas: la plataforma Web of Science, Science Citation Index Expanded¹⁵ con cobertura de años a partir de 1900; en Scopus¹⁶ con cobertura a partir del año 1960 y en Dimensions¹⁷ con cobertura de inicio en 2018.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Contexto histórico de los ingenieros estudiados

En principio se puede afirmar que la vida científica y la labor administrativa más activa y productiva de estos hombres de ciencia, Antonio del Castillo, Santiago Ramírez, Mariano Bárcena, José G. Aguilera y Ezequiel Ordoñez, se dio principalmente a lo largo del Porfiriato (1876-1910) y se extendió hasta cerca de la primera mitad del siglo XX, en los casos de José G. Aguilera y Ezequiel Ordoñez. Después del fallecimiento de su maestro Antonio del Castillo en 1895, los dos continuaron con la labor iniciada por su tutor, en el recién constituido Instituto Geológico Nacional a finales del siglo XIX, además de realizar en los siguientes años, cada uno por su cuenta, otras actividades en el ámbito científico, empresarial, político y educativo, lo cual influyó para consolidar la geología como una ciencia teórico-práctica hacia principios del siglo pasado.

Antonio del Castillo fue el precursor del resto de los ingenieros estudiados. Fue también en su momento el sucesor del mineralogista Andrés Manuel del Río (1764-1849) a través de la impartición de cátedra en el Colegio de Minería (1821). Este Colegio se convirtió después en la Escuela Nacional de Ingenieros (1867), pero cuando se inauguró, en 1792, fue el Real Seminario de Minería.¹⁸ Su labor en el ámbito educativo abarcó cerca de 50 años, a la par que se desempeñó en diferentes cargos en el mismo Colegio y en otras instituciones de enseñanza. Se caracterizó por trabajar a favor de la formación integral teórico-práctica de los ingenieros de minas e independientemente de sus aportaciones en los ámbitos de la mineralogía y la paleontología, contribuyó al

¹⁵ Clarivate Analytics, “Web of Science WoS. Science Citation Index Expanded” [consultado en enero de 2019].

¹⁶ Elsevier, “Scopus” [consultado en enero 2019].

¹⁷ Digital Science, “Dimensions” [consultado en enero de 2019].

¹⁸ Morelos Rodríguez y Moncada Maya, “Orígenes y fundación del Instituto Geológico de México”, p. 3.

estudio de la meteorítica, tal como queda asentado en la investigación realizada por Vega y Ortega.¹⁹ Antonio del Castillo también participó en la fundación del Instituto Geológico Nacional no sólo al haber sido nombrado el primer director del mismo en 1888, sino por haber concebido su existencia varios años antes, como lo deja expresado Lucero Morelos de la siguiente manera: a una “malograda iniciativa de 1882 que hiciera Del Castillo, le siguió otra cuatro años más tarde cuando el secretario de Fomento, General Pacheco presentó ante el Congreso de la Unión el 26 de mayo de 1886 una petición para fundar el Instituto Geológico. En su lugar se le concedió la formación de una Comisión Geológica Mexicana, de carácter temporal”²⁰ cuya instauración y puesta en marcha se vio materializada entre 1888 y 1891, con lo que la geología en México alcanzó un estatus científico plenamente reconocido en el desarrollo de la ciencia universal.²¹

Antonio del Castillo, formado y titulado como ingeniero en 1845 en el Colegio de Minería, fue profesor de varias generaciones de ingenieros en los siguientes años. Santiago Ramírez y Mariano Bárcena pertenecieron al grupo de sus primeros discípulos, mientras que José Guadalupe Aguilera y Ezequiel Ordoñez lo fueron de unas generaciones más tarde. A lo largo del gobierno del presidente Porfirio Díaz (1876-1919) se convirtieron en pares, al confluir como profesores en las distintas instituciones educativas en diferentes períodos de su vida y al participar en puestos claves o tener cargos públicos en organismos y sociedades científicas, congresos, comisiones especiales y de exploración y demás eventos relativos a sus actividades de investigación y estudio, siempre estrechamente vinculados con el sector empresarial y el gobierno.

El Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio que había iniciado funciones desde 1853, fue un organismo fundamental en el desarrollo científico durante la segunda mitad del siglo XIX e impulsor en el desarrollo del reconocimiento del territorio mexicano a través de una serie de dependencias adscritas a él, como el Observatorio Astronómico Nacional (OAN), creado en 1876; la Comisión Geográfico-Exploradora (CGE) que quedó a cargo del General Agustín Díaz y que levantaría la carta geológica de la República y las cartas particulares en los estados y el Observatorio Meteorológico Central (OMC), ambos establecidos en 1877; así como la Dirección de Estadística fundada en 1883.²² Con respecto a la generación de publicaciones, aun cuando

¹⁹ Vega y Ortega, “La Meteorítica a través de la prensa de la ciudad de México, 1863-1876”, p. 173.

²⁰ Morelos Rodríguez y Moncada Maya, “Orígenes y fundación del Instituto Geológico de México”, p. 10.

²¹ Uribe Salas y Cortés Zavala, “Andrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX”, p. 505.

²² Blanco Martínez y Moncada Maya, El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y el

un año después de creado el Ministerio se inició la publicación de los *Anales del Ministerio de Fomento*, se suspendió ese mismo año y, en resumen, hasta antes de 1877, dada la inestabilidad política de la época, sólo se publicaron de manera no periódica nueve informes y cinco memorias que daban cuenta de la labor de Fomento hasta esa fecha. Sin embargo, a partir de 1877 se expidió un decreto para que el Ministerio publicara mensualmente los *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*.²³

Los cinco ingenieros aquí tratados fueron fundadores, miembros honorarios, socios, presidentes, vicepresidentes, secretarios o contaron con algunos otros cargos en las sociedades científicas mexicanas en las que estuvieron involucrados. También participaron como editores o publicando trabajos e investigaciones en los diferentes órganos de difusión que generaron estas sociedades, por ejemplo: *El Minero Mexicano*, *La Naturaleza de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, *Memorias y Revista de la Sociedad Científica Antonio Álzate*, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, *El Propagador Industrial* y el *Boletín del Instituto Geológico de México*. Entre las sociedades de las que formaron parte se encuentran: la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, establecida en 1833, que constituye la sociedad geográfica más antigua de América y la tercera del mundo;²⁴ la Academia Imperial de Ciencias y Literatura, fundada en 1865; la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, que se estableció en 1867; la Sociedad Mexicana de Historia Natural, creada en 1868; la Sociedad Minera Mexicana, surgida en 1873; El Ateneo de Ciencias y Artes de México y la Sociedad Mexicana de Minería, constituidas en 1882; la Sociedad Científica Antonio Álzate, fundada en 1884; la Academia Mexicana de Ciencias Exactas, Física y Naturales, que se creó en 1895, y la Sociedad Geológica Mexicana, fundada en 1904.

Por otro lado, México siempre contó con representación en el extranjero gracias a estos hombres de ciencia en diversos eventos que se llevaron a cabo, como fueron los Congresos Geológicos Internacionales y las Exposiciones Universales, con lo cual paulatinamente se fue logrando el reconocimiento de los progresos realizados en los estudios y descubrimientos geológicos nacionales, el establecimiento de contactos e intercambios de objetos e información con científicos extranjeros, la promoción de la industrialización del país y la ampliación de los mercados y el intercambio comercial. De hecho, “para 1903 México había adquirido tal prestigio internacional que le fue concedida la sede del X Congreso Internacional de Geología que se efectuaría en 1906”.²⁵

reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)”, p. 77.

²³ *Ibid.*, p. 78.

²⁴ Cserna, “La evolución de la geología en México (1500-1929)”, p. 7.

²⁵ Azuela, “La geología en México en el siglo XIX: entre las aplicaciones prácticas y la

Con respecto a las Exposiciones Universales, Antonio del Castillo y Mariano Bárcena asistieron a la de Filadelfia en 1876; a la de Nuevo Orleans, llevada a cabo en 1884, y a la cual también asistió José G. Aguilera presentando una valiosa colección de ejemplares fósiles, rocas y minerales de México.²⁶ La Exposición de París en 1889 resultó especialmente importante dado que se encontraba recién constituida la Comisión Geológica Mexicana y fue allí donde se presentaron varios trabajos entre los que destacaron la primera carta geológica de México y el primer catálogo de meteoritos de México, escrito en francés y editado en París por Antonio del Castillo.²⁷

El presidente Porfirio Díaz emitió el 17 de diciembre de 1888 el decreto de fundación del Instituto Geológico Nacional. Entre sus fundadores, además de Antonio del Castillo, primer director, figuraban sus discípulos Ordoñez y Aguilera. Fue este último quien se convirtió en el sucesor de Antonio del Castillo al asumir en 1895 el cargo de director en el Instituto Geológico, y debido a sus gestiones se obtuvieron fondos del gobierno federal para la construcción de un edificio que albergara al Instituto Geológico,²⁸ el cual fue inaugurado en 1906 frente a la Alameda de Santa María La Ribera en la Ciudad de México, en donde estuvo funcionando los 50 años siguientes. En noviembre de 1929 se incorporó a la UNAM, pero fue hasta 1956 cuando se trasladó a Ciudad Universitaria. El edificio de Santa María La Ribera se convirtió entonces en lo que hoy se conoce como Museo de Geología.²⁹

En abril de 1904, México participó junto con otros países en una reunión llevada a cabo en Francia con el fin de crear la Asociación Sismológica Internacional. Como consecuencia de esta participación, el 5 de septiembre de 1910, fue creado por decreto presidencial el Servicio Sismológico Nacional o SSN,³⁰ el cual quedó a cargo del Instituto Geológico Nacional y de su director, José G. Aguilera.

José Guadalupe Aguilera se mantuvo en la dirección del Instituto Geológico desde 1895 hasta 1912 y en un segundo período de 1914 a 1915.³¹ En 1937 la

investigación básica”, p. 108.

²⁶ Uribe Salas y Cortés Zavala, “Andrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX”, p. 512.

²⁷ Rubínovich, “José Guadalupe Aguilera Serrano: 1857-1941: datos biográficos y bibliografía anotada”, p. 7.

²⁸ *Ibid.*, p. 10.

²⁹ UNAM. Instituto de Geología, “Instituto de Geología, origen e historia” [consultado el 15 de febrero de 2019].

³⁰ Montalvo, León y Valdés, “LNIG: Nueva estación sísmica digital en el noreste de México” p. 18.

³¹ Morelos Rodríguez y Moncada Maya, “Orígenes y fundación del Instituto Geológico de México”, p. 12.

UNAM le otorga el grado de Doctor Honoris Causa, y desde 1909 hasta el final de su existencia se dedicó a la impartición de clases en diferentes instituciones educativas públicas. Por su parte, Ezequiel Ordoñez llegó a ocupar la Dirección del Instituto Geológico de 1916 a 1918 y después en 1945 por un año más. Fue nombrado Investigador emérito y director honorario del Instituto de Geología en 1946.³²

3.2 Características de la producción científica de los cinco ingenieros analizados

Después de llevar a cabo un proceso de revisión de la producción científica de los cinco ingenieros fundadores de la geología en México, tomando como base las recopilaciones bibliográficas realizadas por los autores Morelos Rodríguez,³³ Martínez Portillo³⁴ y Rubinovich Kogan y otros,³⁵ se detecta que su producción biblio-hemero-cartográfica en conjunto asciende aproximadamente a 720 trabajos, atribuyéndole a tres de ellos más de 150 contribuciones cada uno. Cabe aclarar que dentro de esta gran cantidad de aportaciones estarían consideradas no únicamente las contribuciones científicas y de conocimientos técnico-prácticos, sino también otro tipo de publicaciones, como los discursos, informes, proyectos de ley, catálogos sobre colecciones de rocas, minerales o fósiles que los mismos autores iban conformando, guías de excursiones, memorias de congresos y biografías o notas necrológicas de personajes importantes de su época.

La producción científica de estos ingenieros estuvo principalmente dedicada a la geología, la mineralogía, la minería aplicada, la metalurgia, la paleontología y la sismología, así como al registro de rocas y fósiles únicos en el país. También realizaron trabajos en áreas como la antropología, la arqueología, la geografía, la litología, la petrografía y la cartografía geológica. Antonio del Castillo hizo también grandes aportaciones al estudio de los meteoritos, mientras que Santiago Ramírez fue un autor muy prolífico en la publicación de trabajos biográficos y necrológicas, así como de escritos en los ámbitos legislativo y minero; Mariano Bárcena publicó en Botánica y Meteorología; José Guadalupe Aguilera realizó estudios en Meteorítica, y como historiador de las ciencias geológicas escribió el primer trabajo en tratar de forma pormenorizada el desarrollo de la historia de la geología mexicana.³⁶ Ezequiel Ordoñez destacó con sus contribuciones en aspectos petroleros tanto a nivel nacional como mundial por lo que puede

³² Ordoñez, *Vida y Obra*, p. 288.

³³ Morelos Rodríguez “La geología mexicana en el siglo XIX: una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo Santiago Ramírez y Mariano Bárcena”, pp. 277-305.

³⁴ Martínez, “Bibliografía del Ing. D. Ezequiel Ordoñez”, pp. 419-428.

³⁵ Rubinovich *et al.*, “José Guadalupe Aguilera Serrano: 1857-1941: datos biográficos y bibliografía anotada”, pp. 23-116.

³⁶ Rubinovich, “José Guadalupe Aguilera Serrano: 1857-1941: datos biográficos y bibliografía anotada”, p. 21.

ser reconocido como el creador de la geología petrolera mexicana,³⁷ además de haber publicado importantes estudios en vulcanología, los cuales junto con las aportaciones de Mariano Bárcena y José G. Aguilera, los sitúan como los iniciadores en este campo de estudio a nivel nacional.³⁸

La gran cantidad de contribuciones publicadas por estos cinco ingenieros a lo largo de su vida académicamente activa se inscribe en un período que va de 1843 a 1947 (Figura 1), es decir, sus contribuciones cubrieron un siglo de la evolución de la ciencia geológica en México bajo el apoyo del gobierno Porfirista (1876-1911), aunque el período de publicación de mayor auge fue entre 1870 y 1916, descendiendo en años posteriores debido al movimiento revolucionario que además de mermar la realización y preparación de trabajos geológicos, provocó la disminución en la actividad editorial. Debemos entender en este sentido que su gran producción son los inicios de las ciencias geológicas de nuestro país y, por ello, su aportación ha contado con gran impacto nacional e internacional hasta nuestros días, sobre todo en la conformación de colecciones de especímenes de rocas y fósiles y la descripción del territorio nacional.

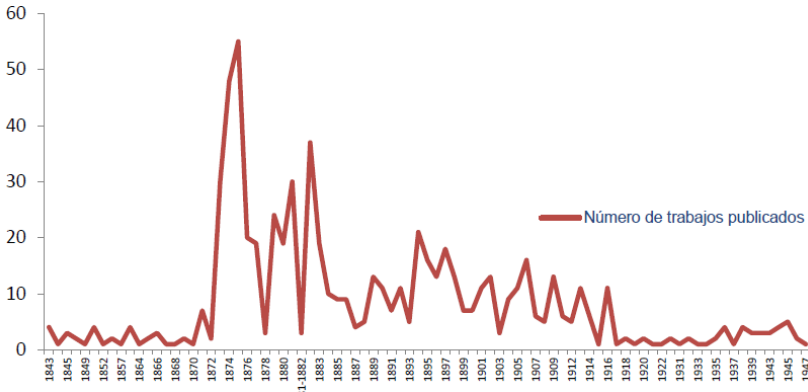


Figura 1. Gráfica que muestra el número de trabajos publicados por los cinco ingenieros mexicanos en un período de 1843 a 1947. Elaboración propia con base en la información de las bibliografías recopiladas por Morelos Rodríguez (2012), Rubinovich Kogan (1991) y Martínez Portillo (1950).

Sus contribuciones se difundieron principalmente en revistas científicas, anales o boletines (Tabla 1), cuya gran mayoría, y conforme a la época, estaban editadas por sociedades científicas: También publicaron en otros medios:

³⁷ Castillo Tejero, “Ezequiel Ordoñez (1867-1950)”, p. 418.

³⁸ *Op. cit.*, p. 8.

folletería, almanaques, periódicos y semanarios de la época, sin olvidar los trabajos cartográficos, como planos, cortes, croquis y cartas generados como parte de sus investigaciones. En la misma Tabla 1, se muestra cuáles fueron las publicaciones científicas en las que contribuyeron estos cinco hombres de ciencia con mayor frecuencia, encontrando en ella el total de trabajos publicados por título.

Tabla 1. Relación de Publicaciones científicas en las que los cinco ingenieros estudiados contribuyeron con mayor frecuencia publicando trabajos

<i>Revista/Publicación</i>	<i>Autores (mencionados en orden decreciente de acuerdo con la cantidad de colaboraciones en cada publicación)</i>	<i>Total de trabajos</i>
<i>Minero Mexicano</i>	S. Ramírez	167
	M. Bárcena	
	A. del Castillo	
	J.G. Aguilera	
	E. Ordoñez	
<i>La Naturaleza (Sociedad Mexicana de Historia Natural)</i>	M. Bárcena	57
	A. del Castillo	
	E. Ordoñez	
	S. Ramírez	
	J. G. Aguilera	
<i>Memorias y Revista de la Sociedad Científica Antonio Álzate</i>	E. Ordoñez	43
	S. Ramírez	
	J. G. Aguilera	
	M. Bárcena	
<i>Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (inició su publicación en 1839)</i>	S. Ramírez	33
	M. Bárcena	
	A. del Castillo	
	E. Ordoñez	
<i>El Propagador Industrial</i>	M. Bárcena	28
	A. del Castillo	
	S. Ramírez	
<i>Boletín del Instituto Geológico de México</i>	J. G. Aguilera	20
	E. Ordoñez	

Continuación Tabla 1

<i>Revista/Publicación</i>	<i>Autores (mencionados en orden decreciente de acuerdo con la cantidad de colaboraciones en cada publicación)</i>	<i>Total de trabajos</i>
<i>Memoria de la Secretaría de Fomento</i>	J. G. Aguilera E. Ordoñez	18
<i>Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana</i>	E. Ordoñez J. G. Aguilera	17
<i>Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana</i>	M. Bárcena S. Ramírez J. G. Aguilera	16
<i>Anuario de la Academia Mexicana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales correspondiente de la Real de Madrid (después cambió a Anales)</i>	M. Bárcena J. G. Aguilera S. Ramírez	12
<i>Boletín de Agricultura, Minería e Industrias</i>	J. G. Aguilera E. Ordoñez A. del Castillo M. Bárcena	12
<i>Revista Científica Mexicana</i>	M. Bárcena	10
<i>Boletín Minero</i>	E. Ordoñez J. G. Aguilera A. del Castillo	9
<i>Boletín del Ministerio de Fomento</i>	M. Bárcena S. Ramírez A. del Castillo	8
<i>Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura</i>	E. Ordoñez	8
<i>Parergones del Instituto Geológico de México</i>	E. Ordoñez J. G. Aguilera	7
<i>Explorador Minero</i>	M. Bárcena S. Ramírez	5
<i>Boletín de la Secretaría de Fomento</i>	E. Ordoñez J. G. Aguilera	5
<i>Anales del Museo Nacional</i>	M. Bárcena	4

Continuación Tabla 1

<i>Revista/Publicación</i>	<i>Autores (mencionados en orden decreciente de acuerdo con la cantidad de colaboraciones en cada publicación)</i>	<i>Total de trabajos</i>
<i>El Museo Mexicano</i>	A. del Castillo	4
<i>Boletín Mensual del Observatorio Meteorológico Magnético Central de México</i>	M. Bárcena	4
<i>Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México</i>	E. Ordoñez	4
	M. Bárcena	
	J. G. Aguilera	
<i>Boletín de la Sociedad Michoacana de Geografía y Estadística</i>	E. Ordoñez	3
<i>Revista Científica</i>	M. Bárcena	3
<i>Boletín de la Comisión Geológica de México</i>	J. G. Aguilera	2
	A. del Castillo	
<i>Anales. Academia Mexicana de Ciencias Exactas y Naturales</i>	J. G. Aguilera	2
<i>Anuario del Colegio de Minería</i>	A. del Castillo	2
<i>Petróleo</i>	E. Ordoñez	2
<i>El Arte y la Ciencia</i>	J. G. Aguilera	2

Fuente: elaboración propia con base en la información de las bibliografías recopiladas en los trabajos de Morelos Rodríguez (2012), Rubinovich Kogan (1991) y Martínez Portillo (1950).

Hubo otras publicaciones de la época en las que también colaboraron con al menos una contribución, así por ejemplo tenemos que Antonio del Castillo publicó en la *Revista Minera Industrial*; M. Bárcena colaboró en los *Anales de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria*; José G. Aguilera publicó en *Revista Científica Industrial* y Ezequiel Ordoñez colaboró en *Revista Geográfica* del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, *Irrigación en México* y *Boletín del Petróleo*. Podemos señalar que el mayor porcentaje de las contribuciones de cada uno de estos ingenieros quedó registrada básicamente en publicaciones científicas nacionales y varias extranjeras, y algunos de sus trabajos fueron reseñados en otros idiomas, reimpresos o publicados como edición facsimilar en años posteriores. Gracias a su interés por publicar su

aportación queda como legado para la formación de nuevas generaciones en las ciencias geológicas y además permitieron que a nivel mundial se conociera el trabajo que se realizaba en México por su participación en congresos en donde asistían los especialistas del momento.

En cuanto al idioma, el 90% de los trabajos fueron escritos en español, pero también hubo varios publicados o reseñados en inglés, francés y en menor grado en alemán. De todos ellos fue Ezequiel Ordoñez quien publicó mayor cantidad de trabajos en revistas extranjeras y en otros idiomas, seguido por José Guadalupe Aguilera, Antonio del Castillo y Mariano Bárcena. En contraste, Santiago Ramírez fue el único que publicó toda su obra en español y en publicaciones nacionales, lo que no le dio una mayor internacionalización y es hasta años después de su muerte que su obra es conocida gracias a la indización de la misma en las bases de datos y catálogos en línea.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, varias de las revistas en las que publicaron sus contribuciones los ingenieros aquí estudiados son de Estados Unidos, esto por la cercanía con ese país y el interés que existía en esa época por conocer lo que sucedía en naciones vecinas después de vivir eventos históricos de corte político, económico y social. Son publicaciones que surgieron entre el siglo XIX y principios del XX, y varias continúan publicándose incluso en versiones electrónicas y con destacados factores de impacto, de acuerdo con la Plataforma InCites Journal Citation Reports.³⁹ Hoy en día muchos de sus fascículos más antiguos pueden recuperarse en texto completo a través de diferentes sitios web como *Internet Archive*⁴⁰ y el repositorio Biodiversity Heritage Library.⁴¹

Tabla 2. Listado de publicaciones científicas extranjeras en las cuales colaboraron los cinco ingenieros mexicanos estudiados

<i>Autores</i>	<i>Revistas extranjeras en las que colaboraron</i>
E. Ordoñez	<i>Bulletin de la Société Géologique de France</i>
J. G. Aguilera	<i>Bulletin of the Seismological Society of America</i>
	<i>Engineering and Mining Journal</i>
	<i>Mining World</i>
	<i>Transactions of the American Institute of Mining Engineers</i>

³⁹ Clarivate Analytics, "InCites Journal Citation Reports. Science edition" [consultado el 20 de febrero de 2019].

⁴⁰ Internet Archive [consultado el 15 de febrero de 2019].

⁴¹ BHL Consortium, "Biodiversity Heritage Library" [consultado el 15 de febrero de 2019].

Continuación Tabla 2

<i>Autores</i>	<i>Revistas extranjeras en las que colaboraron</i>
E. Ordoñez	<i>Annales de Geographie</i>
	<i>Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists</i>
	<i>Bulletin of the American Institute of Mining Engineers</i>
	<i>-Bulletin of the Geological Society of America</i>
	<i>Cahiers de la IFAL</i>
	<i>Canadian Mining Journal</i>
	<i>Ciel et Terre</i>
	<i>Mining and Engineering World</i>
E. Ordoñez A. del Castillo	<i>Mining and Metallurgy</i>
	<i>Mining and Scientific Press</i>
A. del Castillo	<i>Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie</i>
	<i>Zeitschrift für das Bergbauwesen und Salinenwesen im Preussischen Staate</i>
	<i>Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft</i>
M. Bárcena	<i>Proceedings of the Academy Natural Sciences of Philadelphia</i>
M. Bárcena A. del Castillo	<i>American Journal of Science</i>

Fuente: elaboración propia con base en la información de las bibliografías recopiladas en los trabajos de Morelos Rodríguez (2012), Rubinovich Kogan (1991) y Martínez Portillo (1950).

Una característica que se puede destacar con respecto a la producción documental de estos científicos es que en la mayor parte de sus trabajos son autores únicos, algo común en la época. El número de trabajos publicados en coautoría es muy bajo (Tabla 3) si se toma en consideración la cantidad global de sus contribuciones. Un punto que debemos analizar aquí es que en la época del estudio la mayoría de autores trabajaba de forma individual debido a que existían pocos especialistas de los temas tratados y las líneas de investigación contaban con una gran diversidad, así como las áreas geográficas no estudiadas alcanzaban grandes extensiones.

Tabla 3. Relación de los cinco ingenieros mexicanos y el número de trabajos que publicaron en coautoría, durante su vida académica

<i>Autores</i>	<i>En coautoría con:</i>	<i>Núm. de trabajos publicados</i>
E. Ordoñez	J. G. Aguilera*	4
	V. M. Braschi	2
	E. Bosé	1
	F. Prado y Tapia	1
	A.M. Lazo	1
	F. Roel	1
	H. Larios	1
	J. G. Aguilera* y E. Bosé	1
J. G. Aguilera	E. Ordoñez*	11
	A. del Castillo	1
S. Ramírez	J. N. Cuatáparo	3
	Joaquín M. Ramos	2
	M. Bárcena	1
	José María Gómez	1
	Gumersindo Mendoza	1
	Vicente Reyes	1
	M. Bárcena, V. Alcerreca y E. B. Boguslawski	1
	M. Orozco y Berra, J. N. Cuatáparo y Vicente E. Manero	1
A. del Castillo	M. Bárcena	4
	J. G. Aguilera	1
	E. Ordoñez**	1
	Manuel Payno	1
	L. Cabañas	1
	L. Cabañas y E. Ordoñez	1
	Miguel Bustamante, José María Lozano y Benigno Payró	1

Continuación Tabla 3

<i>Autores</i>	<i>En coautoría con:</i>	<i>Núm. de trabajos publicados</i>
M. Bárcena	A. Castillo	4
	Juan Ignacio Matute y Miguel Iglesias	2
	S. Ramírez	1
	S. Ramírez, V. Alcerreca y E. B. Boguslawski	1
	Miguel Pérez, M. Urbina, José Ramírez y José C. Segura	1

Fuente: elaboración propia con base en la información de las bibliografías recopiladas en los trabajos de Morelos Rodríguez (2012), Rubinovich Kogan (1991) y Martínez Portillo (1950). De acuerdo con las fuentes consultadas aparecieron algunas discrepancias en la cantidad de trabajos enlistados en coautoría entre (J. G. Aguilera y E. Ordoñez)*.

** Hace referencia a un plano Geológico y petrográfico de la Cuenca de México, publicado por A. del Castillo y E. Ordoñez en 1893 (Morelos Rodríguez, 2012).

Son pocos los trabajos que publicaron en coautoría entre los mismos autores aquí abordados, pero puede establecerse que los que más aportaciones realizaron en conjunto fueron, por un lado, Antonio del Castillo con Mariano Bárcena, y Ezequiel Ordoñez con José Guadalupe Aguilera durante la última década del siglo XIX, por otro.

3.3 Difusión y presencia académica de los autores y sus publicaciones

Un punto importante en la bibliometría es establecer la visibilidad de los autores y su obra científica bajo comparativas. Este aspecto toma mayor relevancia en la presente investigación bajo la consideración de que las contribuciones aquí estudiadas tienen más de un siglo y medio de haberse producido, por lo cual debe ser distinta a la de los autores de hace tres décadas, por ejemplo, más aún cuando dicha obra publicada en su momento no era indizada en sistemas o bases de datos y, en muchos casos, ni siquiera registrada en fuentes convencionales, como catálogos de bibliotecas.

Actualmente, para un investigador es muy importante la presencia y permanencia académica entre la comunidad científica de su especialidad. En el caso de los científicos analizados en este trabajo, su desempeño estaba centrado en un campo del conocimiento nuevo para ser explotado al máximo,

pero al ser incipiente la cantidad de especialistas en esa época, no era factible abarcar exhaustivamente las diversas áreas de investigación de las ciencias geológicas, pues estos hombres de ciencia también cumplían con funciones políticas, administrativas y de docencia.

Sobre la difusión y presencia académica de los ingenieros y su producción científica se puede decir que:

- 1) La producción escrita de estos cinco hombres de ciencia, publicada hacia finales del siglo XIX, específicamente a partir de 1873, fue muy fructífera en su conjunto (Antonio del Castillo comenzó a publicar en 1843, Santiago Ramírez en 1866, Mariano Bárcena en 1871, J. G. Aguilera en 1888 y E. Ordoñez en 1889), y el impacto de su obra fue inmediato por su aplicación útil a la sociedad y en las esferas empresarial e industrial, aunque a principios del siglo XX se viera afectada por los movimientos sociales y políticos de la etapa revolucionaria que hicieron que la ciencia pasara temporalmente a un segundo término.
- 2) Los contenidos temáticos abordados en las obras científicas de estos cinco ingenieros, junto con su variada cobertura en ámbitos regionales específicos, promovió el interés científico e industrial-comercial por parte de Estados Unidos y por los países europeos.
- 3) Al ser pioneros en las ciencias geológicas de México, y dada su presencia en las esferas educativa, política y social, estos autores contaron con el apoyo del gobierno y de la iniciativa empresarial privada para dirigir o generar valiosos estudios de diversas regiones o zonas del territorio mexicano, que paulatinamente fueron acrecentando el bagaje documental de interés e importancia propiamente nacional en contrapeso con el uso imperante de obras extranjeras validadas en el contexto del conocimiento universal, pero alejadas de las problemáticas regionales.
- 4) Por ser catedráticos de las escuelas y al existir poco material publicado sobre México en su momento, sus alumnos debían consultar sus trabajos con lo cual lograban tener presencia académica ante ellos, además de resultar de gran utilidad para las generaciones inmediatas posteriores de ingenieros del país, pues sus trabajos se convirtieron en lecturas obligadas en apoyo a la profesionalización de la enseñanza de la geología y en la capacidad de las instituciones y de sus profesores para enriquecer sus acervos bibliográficos.⁴²
- 5) La difusión internacional de la producción científica de estos cinco ingenieros se debió a su publicación en otros idiomas, principalmente en inglés, en distintas fuentes científicas de reconocido prestigio de la época.

⁴² Uribe Salas y Cortés Zavala, “Andrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX”, p. 508.

La participación en proyectos e investigaciones en diversas regiones de México y la colaboración en asociaciones y sociedades científicas de otros países le ofreció a este grupo de ingenieros la oportunidad de que sus colegas contemporáneos extranjeros accedieran a sus contribuciones y alcanzaran validez, consenso y reconocimiento en el ámbito científico internacional.

3.4. Comportamiento bibliométrico de su producción científica

A continuación, se analizan los resultados obtenidos de las búsquedas de los trabajos y las citas incluidas en las herramientas Google Scholar (GS), Web of Science, Scopus y Dimensions, de cada uno de los cinco hombres de ciencias aquí tratados. Con ello es posible demostrar el impacto y la visibilidad de su producción científica en aquel momento y en la actualidad; así es posible mostrar el valor, en cierta forma, de la aportación que hicieron a la Geología Mexicana y a las ciencias geológicas del mundo.

Antonio del Castillo (1820-1895)

- 21 trabajos indizados en GS, 20 trabajos con citas y 124 citas en total
- 5% de los trabajos publicados cuentan con citas
- 5.9 citas por trabajo publicado en su historia*
- 60 citas como máximo a un solo trabajo
- 7 trabajos con 12 citas indizadas en Web of Science
- 1 trabajo sin ninguna cita en Scopus
- No cuenta con trabajos indizados en Dimensions

Santiago Ramírez (1836-1922)

- 24 trabajos indizados en GS, 22 trabajos con citas y 194 citas en total
- 91% de los trabajos publicados cuentan con citas
- 8.1 citas por trabajo publicado en su historia*
- 66 citas como máximo a un solo trabajo
- 41 trabajos con 44 citas indizadas en Web of Science
- No cuenta con trabajos indizados en Scopus
- No cuenta con trabajos indizados en Dimensions

Mariano Bárcena (1842-1899)

- 39 trabajos indizados en GS, 29 trabajos con citas y 179 citas globales
- 74% de los trabajos publicados cuentan con citas
- 4.6 citas por trabajo publicado en su historia*
- 26 citas como máximo a un solo trabajo
- 54 trabajos con 57 citas indizadas en Web of Science
- No cuenta con trabajos indizados en Scopus
- Participación como Director de la Central Meteorológica y Observatorio Magnético de México y como reportero en el *The Monthly Weather Review*.
- 2 trabajos indizados en Dimensions con 2 citas

José Guadalupe Aguilera (1857-1941)

- 36 trabajos indizados en GS, 30 trabajos con citas y 340 citas en total
- 83% de los trabajos publicados cuentan con citas
- 9.4 citas por trabajo publicado en su historia*
- 69 citas como máximo a un solo trabajo
- 38 trabajos con 97 citas en Web of Science
- No cuenta con trabajos indizados en Scopus
- 2 trabajos indizados en Dimensions con 1 citas

Ezequiel Ordoñez (1867-1950)

- 58 trabajos indizados en GS, 45 trabajos con citas y 383 citas en total
- 78% de los trabajos publicados cuentan con citas
- 6.6 citas por trabajo publicado en su historia*
- 69 citas como máximo a un solo trabajo
- 68 trabajos con 116 citas en Web of Science
- 2 trabajos sin citas en Scopus
- 18 trabajos indizados en Dimensions con 18 citas

Los datos marcados con asterisco (*) se refieren a su historia a raíz de su indización con no más de medio siglo de existencia, mientras que la producción de las obras se sitúan a finales del siglo XIX y principios del XX.

Las contribuciones de estos autores, eliminando los trabajos duplicados por ser coautorías entre ellos, fueron 166 trabajos con presencia en el GS, de los cuales 136 trabajos cuentan con citas y cuya suma global de citas es de 1,096. Para ser literatura histórica se nota la influencia que se tiene en las nuevas generaciones, pero además existen otras muchas citas que no son recuperables debido a que la literatura de la época se encuentra publicada en diversas fuentes, las cuales no están indizadas en bases de datos o catálogos y cuya búsqueda se está trabajando de manera física revisando cada una de las publicaciones de la época que permite el acceso.

Es un hecho que cada herramienta bibliométrica tiene sus ventajas e inconvenientes, pero ninguna “tiene una cobertura completa de las citas que se emiten y cada una de ellas presenta un universo completamente diferente”.⁴³ Para el objetivo de esta investigación y por las características de la producción científica a estudiar con más de un siglo y medio de antigüedad, se determinó utilizar el GS como la herramienta principal para el análisis, por su amplia cobertura en la indización de diferentes tipos de documentos, con un universo de citación diferente al de otras bases de datos.⁴⁴ Ésta no es la única fuente de consulta, también se realizó una revisión en otras herramientas reconocidas

⁴³ Torres-Salinas, Daniel; Ruiz-Pérez, Rafael y Delgado-López-Cózar, Emilio, “Google Scholar como herramienta para la evaluación científica”, p. 508.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 505.

en el ámbito académico, como es la plataforma Web of Science. Aunque ésta presentaba inconsistencias relacionadas con la identificación de los trabajos de los autores estudiados durante las búsquedas, sí fue posible obtener una cantidad aceptable de los mismos junto con sus citas. Esta experiencia, abre un espacio para reflexionar sobre las razones por las cuales estas contribuciones tan antiguas están presentando problemas de registro y recuperación, y cómo podría mejorarse la visibilidad y difusión de ellas en una fuente normalizada tan importante como es el Web of Science. En el caso de Scopus y Dimensions el resultado con respecto al número de trabajos y citas recuperados fue aún más reducido, lo cual en parte es entendible dadas las fechas de inicio de cobertura que tienen estas fuentes, que son 1960 y 2018, respectivamente.

3.5 El impacto de las publicaciones en las generaciones posteriores

El interés de los científicos durante el siglo XIX fue compartir y dar a conocer sus descubrimientos e investigaciones por medio de documentos que pudieran llegar a la mayor cantidad posible de personas, no sólo a las comunidades científicas, sino a nivel de público en general. La medición y evaluación de la ciencia aún no se había iniciado ni las citas se consideraban como una unidad de medida de su impacto, influencia y visibilidad para las publicaciones y sus autores, como sucede hoy en día.

Publicar en siglos pasados significaba, principalmente, censar, explorar, medir, estudiar y dar a conocer aspectos nuevos sobre las disciplinas que comenzaban a despuntar en la investigación nacional. Por ello, el valor del impacto que tienen las obras generadas en esa época, o anterior a ella, debe ser un punto clave de interés y estudio para entender la evolución que han tenido hasta estos días las diferentes áreas de investigación en las ciencias geológicas y sus aportaciones en el quehacer científico de las nuevas generaciones.

El análisis de citas es una de las herramientas que existen para calcular el impacto de las publicaciones de los académicos, y para los trabajos publicados hace más de un siglo y medio representa una fuente fundamental, pues al estar indizados en sistemas como Scopus o Web of Science alcanzan un mayor impacto y presencia en la disciplina de su especialidad. De esta forma se difunden sus primeras aportaciones científicas y se impulsa su consulta y las citas que éstas reciben. El análisis que a continuación se presenta corresponde a los resultados obtenidos en Gs:

Del total de los 720 trabajos producidos por estos cinco ingenieros, únicamente 166 contribuciones realizadas, ya sea en forma individual o en coautoría entre ellos, tienen presencia en el Gs. 136 de éstas aparecen citadas, alcanzando la cantidad global de 1,096 citas que muestran un comportamiento en ascenso constante durante su período de citación que va de 1870 al 2018 (Figura 2), cabe aclarar que 109 de las 1,096 citas no están reflejadas en el

gráfico por no especificar el año. Como se puede apreciar, más de la mitad del total de las citas se concentra en las últimas cinco décadas; es decir, de 1970 a la fecha, lo cual indica claramente que la producción científica de estos ingenieros precursores cada vez es citada con mayor frecuencia.

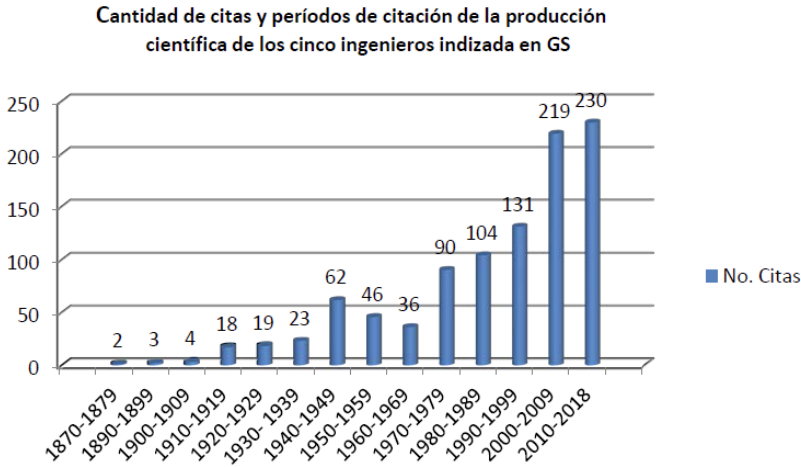


Figura 2. Gráfica que muestra la cantidad de citas y los períodos en que fueron realizadas las citas a la producción científica de los cinco ingenieros que se encuentra indizada en GS hasta diciembre de 2018.

Este fenómeno podría explicarse en buena parte al considerar la existencia de un período distintivo en la evolución de la geología en México que va de 1976 a 1991, de acuerdo con González Torres, al cual llama el período de la revaloración de la Geología de México en el marco de la teoría de la tectónica de placas.⁴⁵ Durante este período surge un replanteamiento sobre la concepción de la geología de México, que junto con la confluencia de varias corrientes del pensamiento geológico y el intercambio con investigadores extranjeros, principalmente franceses, alemanes y de varias universidades de Estados Unidos, origina una importante cantidad de trabajos publicados en diferentes áreas de las ciencias geológicas. Desde principios de los años 1970 hacia la actualidad, diversas instituciones y organismos dieron impulso al desarrollo de las diferentes ramas de las ciencias geológicas, como Petróleos Mexicanos, el Consejo de Recursos Minerales y la Secretaría de Recursos Hidráulicos, cuyo gran logro conjunto fue la realización de las Cartas Geológicas a Escala

⁴⁵ González Torres, “Bosquejo sobre la evolución de la Geología en México (1904-2004)”, p. 129.

1:2 000 000, realizadas por el Comité de la Carta Geológica de la República Mexicana.⁴⁶

De acuerdo con el bosquejo de la historia de la geología mexicana, planteado por González Torres,⁴⁷ hacia finales del XX y principios del XIX se manifiesta un período que el autor denomina de “las grandes integraciones” que en breves y sencillas palabras se refiere a la tendencia a integrar de manera sistemática las grandes cantidades de información y conocimientos geológicos heredados desde finales del siglo XIX. Entonces se produce una cantidad destacada de artículos y publicaciones especiales de diversos autores que compilaron e incorporaron diversos aspectos y disciplinas de las ciencias geológicas, además de que en este mismo período se consolidó la generación de información geológica cuantitativa gracias a la creación de diversos laboratorios. También se favoreció el trabajo interdisciplinario y la participación de México en proyectos internacionales, así como la integración de importantes aportaciones de la geología nacional a estudios de eventos geológicos mayores.

A partir de los resultados obtenidos es importante establecer cuáles son las temáticas que cubren los 136 trabajos que aparecen citados en GS para apreciar los campos de estudio más consultados y citados. Como puede observarse en la Figura 3, las temáticas que predominan son las dedicadas al estudio de

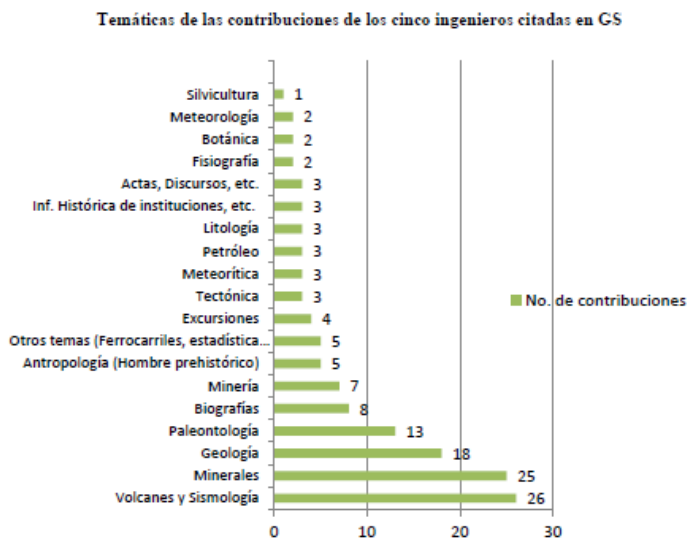


Figura 3. Gráfica que muestra las temáticas de los 136 trabajos citados en GS de los cinco ingenieros estudiados hasta diciembre de 2018.

⁴⁶ López Ramos, Ernesto, “Contribución a la Historia de la Geología en México”, p. 5.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 132.

volcanes y aspectos sismológicos, continúan los trabajos sobre minerales, sobre cuestiones geológicas y paleontológicas.

En la Tabla 4 se presentan las 43 contribuciones que recibieron desde 69 hasta 6 citas, el resto de los trabajos que no aparecen enlistados tuvieron de 5 a 1 cita. A reserva de que se continuara monitoreando la citación futura de la producción científica de estos cinco ingenieros, éstas serían las contribuciones consideradas como las de mayor presencia e impacto y como puede observarse aparecen tanto trabajos de publicaciones seriadas como de obras de corte monográfico.

Tabla 4. Relación de autores con sus contribuciones y sus citas en orden decreciente de acuerdo con GS hasta diciembre de 2018⁴⁸

<i>Autores y trabajos indizados en Google Scholar</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>Núm. de citas</i>
Aguilera, José Guadalupe; Ezequiel Ordóñez and RJ Buelna. "Bosquejo geológico de México." Bol. Inst. Geol. Méx., 4-6.	1896	69
Ramírez, Santiago. Datos para la historia del Colegio de Minería. Imprenta del Gobierno Federal.	1890	66
Del Castillo, Antonio y José Guadalupe Aguilera. Fauna fósil de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí. Imprenta del Sagrado Corazón de Jesús.	1895	60
Ramírez, Santiago. Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación. Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento.	1884	47
Ordóñez, Ezequiel. "Principal physiographic provinces of Mexico." AAPG Bulletin, 20(10), 1277-307.	1936	45
Aguilera, José G; E Allorio; A Alvarado; A Alvarado; O Zorzoli; P Andrés; M Araya; J Barbosa; F Beceña and A Bordalí. "Prólogo." Bosquejo Geológico de México, 4-6.	1896	38
Aguilera, José G. "The Sonora Earthquake of 1887." Bulletin of the Seismological Society of America, 10(1), 31-44.	1920	31
Aguilera, JG. "Excursion de Tehuacán a Zapotitlán et San Juan Raya." Dixième Congrès Géologique International, Guide des Excursions, 7, 1-27.	1906	29

⁴⁸ Las referencias bibliográficas de los trabajos enlistados en la Tabla 4 fueron reproducidas fielmente, tal cual aparecieron citados en GS.

Continuación Tabla 4

<i>Autores y trabajos indizados en Google Scholar</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>Núm. de citas</i>
Aguilera, José G. "Reseña del desarrollo de la Geología en México." Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 1, 35-117.	1904	28
Barcena, Mariano. Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos. Francisco Díaz de León.	1875	26
Ordoñez, Ezequiel. Los Xalapazos del Estado de Puebla: Segunda Parte. Secretaría de Fomento, Colonización e Industria.	1906	23
Aguilera, José Guadalupe. "Estudio de los fenómenos Sísmicos del 3 de Mayo de 1887," Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. 5-56.	1888	22
Cuatáparo, JN and Santiago Ramírez. Descripción de un mamífero Fósil de especie desconocida perteneciente al género "Glyptodon": encontrado entre las capas Post-Terciarias de Tequisquiac, en el Distrito de Zumpango. F. Díaz de León.	1875	22
Ramírez, Santiago. Biografía del Sr. D. Andrés Manuel Del Río: Primer Catedrático de Mineralogía del Colegio de Minería. Sagrado Corazón de Jesús.	1891	21
Aguilera, José Guadalupe. "Aperçu Sur la géologie du Mexique, Pour Servir d'explication a La Carte Géologique de L'Amérique du Nord".	1906	20
Barcena, Mariano. "Descripción de un hueso labrado, de llama fósil, encontrado en los terrenos postterciarios de Tequixquiac," Anales del Museo Nacional de México. 439.	1882	18
Aguilera, José Guadalupe and Ezequiel Ordoñez. Expedición científica al Popocatepetl. Oficina tip. de la Secretaría de fomento.	1895	18
Bárcena, Mariano. "Materiales para la formación de una obra de paleontología mexicana," Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia. 195-202.	1877	16
Ordóñez, Ezequiel. "Las provincias fisiográficas de México." Revista Geográfica, 1(2/3), 133-81.	1941	16
Ordóñez, Ezequiel. "Las rocas arcaicas de México." Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, 22, 315-31.	1904	15

Continuación Tabla 4

<i>Autores y trabajos indizados en Google Scholar</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>Núm. de citas</i>
Castillo, A del. "Clasificación y datos sobre los mamíferos fósiles encontrados en el Valle de México: Deutsche Geologische Gesellschaft." Zeitschrift, 21, 479-82.	1869	15
Ordóñez, Ezequiel. Las rocas eruptivas del suroeste de la Cuenca de México. Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento. Boletín del Instituto Geológico de México, (2).	1895	14
Ordóñez, Ezequiel. "Principales provincias geográficas y geológicas de la República Mexicana." Guía del explorador minero, 3, 103-42.	1946	13
de la Barcena, Mariano. "Notice of Some Human Remains Found near the City of Mexico." The American Naturalist, 19(8), 739-44.	1885	13
Iglesias, Manuel; Mariano Bárcena and JI Matute. "Informe sobre los temblores de Jalisco y la erupción del Volcán Ceboruco." Anales del Ministerio de Fomento, México, 3, 39-57.	1877	13
Bárcena, Mariano. Informe sobre el estado actual del Volcán de Colima, por Mariano Bárcena. Oficina tip. de la Secretaría de Fomento.	1887	12
Aguilera, JG. "Les Volcans Du Mexique Dans Leurs Relations Avec Le Relief Et La Tectonique Générale Du Pays." Compte Rendu X éme Session du Congrès Géologique International, 1155-68.	1906	12
Aguilera, José Guadalupe. Les Gisements Carbonifères De Coahuila.	1906	12
Aguilera, José Guadalupe and Ezequiel Ordóñez. Datos para la geología de México. Imprenta y fotocolografía del Cosmos.	1893	11
Ordóñez, Ezequiel. "Algunas obsidias de México. Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate, 6, 33-45.	1892	11
Ordóñez, Ezequiel. Les Volcans du Valle de Santiago. Imprimerie du gouvernement fédéral.	1900	11

Continuación Tabla 4

<i>Autores y trabajos indizados en Google Scholar</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>Núm. de citas</i>
Bárcena, Mariano. "Tratado De Geología." Elementos aplicables a la Agricultura, a la Ingeniería y a la Industria. México, DF, 23.	1885	11
Barcena, Mariano and Antonio del Castillo. "Noticia acerca del hallazgo de restos humanos prehistóricos en el Valle de México." <i>La Naturaleza</i> , México, 1, 25.	1887	10
Ordóñez, Ezequiel. El Volcán de Parícutín. Comisión impulsora y coordinadora de la investigación científica.	1945	10
Ordóñez, Ezequiel. "Les Cráteres D'explosion De Valle De Santiago," X Congreso Geológico Internacional, guía de excursión de campo. 1-8.	1906	10
Ordóñez, Ezequiel. "El Nauhcampatepetl O Cofre De Perote." <i>Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana</i> , 1, 151-68.	1904	9
Ordóñez, Ezequiel. Le Xinantecatl, Ou Volcan Nevado de Toluca. Imprimerie du gouvernement fédéral.	1903	9
Ordóñez, Ezequiel. "El Volcán de Parícutín", México, D.F. editorial Fantasia, 181 p. (ed. Trilingüe).	1947	9
Ordóñez, Ezequiel. Les Volcans Colima Et Ceboruco. Sociedad Antonio Alzate.	1898	9
Ordóñez, Ezequiel. El Real Del Monte Par Ezequiel Ordoñez y Manuel Rangel. Oficina tip. de la Secretaría de Fomento.	1899	6
Ordóñez, Ezequiel. "The Recent Guadalajara Earthquakes." <i>Bulletin of the Seismological Society of America</i> , 2(2), 134-37.	1912	6
Aguilera, José G. "Sinopsis De Geología Mexicana: Bol." <i>Inst. Geol. México</i> , 4-6.	1897	6
Bárcena, Mariano. "Descripción de un crustáceo fósil del género <i>Spheroma</i> (S. <i>Burkartii</i>) y Reseña Geológica del Valle de Ameca, Jalisco." <i>La Naturaleza</i> , 3, 355-61.	1875	6

Dentro de los trabajos que aparecen en la Tabla 4 varios coinciden en ser reconocidos en los registros de la historia de la geología como estudios fundamentales para la evolución del conocimiento geológico en México; es

decir, que se reafirma el hecho de que estas obras sean del grupo de las de mayor consulta y citación en años posteriores por los especialistas y estudiosos. Por ejemplo, la contribución con el mayor número de citas es el “Bosquejo geológico de México” de J. G. Aguilera, y cuya generación representó la cristalización de dos tareas primordiales del Instituto Geológico: la elaboración del primer Bosquejo de una carta geológica y una carta minera de la República Mexicana, ambas de 1889.⁴⁹ Otra contribución que aparece en dicha tabla es la intitulada “Fauna fósil de la Sierra de Catorce, S.L.P” que resulta ser la única contribución que realizaron en coautoría Antonio del Castillo y J. G. Aguilera y que apareció en el primer número del Boletín del Instituto Geológico de México, publicado a partir de 1895 como Boletín de la Comisión Geológica de México.⁵⁰ El trabajo de Ordoñez escrito en inglés “Principal physiographic provinces of México” publicado en 1936, es un estudio geomorfológico que representa una clasificación del relieve mexicano en grandes unidades; es el inicio del conocimiento geográfico y geológico del territorio nacional y diez años después, en 1946, sería publicado en México traducido al idioma español.⁵¹ En la Tabla 4 también aparece el trabajo de Mariano Bárcena intitolado “Datos para el desarrollo de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos”, que destaca por formar parte de los trabajos que serían las primeras investigaciones paleontológicas y estratigráficas hechas en México por mexicanos.⁵² Un trabajo más es el “Estudio de los fenómenos sísmicos del 3 de mayo de 1887” de J. G. Aguilera, considerado el primer trabajo científico que se llevó a término en México acerca de los fenómenos sísmicos⁵³ y también constituye el antecedente más antiguo de estudios sobre neotectónica nacional.⁵⁴

Con respecto a las fuentes citantes de los trabajos de los cinco ingenieros, se identificó que de las 1,096 citas recibidas (Figura 4), más de la mitad de ellas, es decir, 615 citas provienen de artículos, los cuales quedan distribuidos entre publicaciones seriadas internacionales, publicaciones mexicanas y en menor grado, en revistas latinoamericanas. También hay 341 citas que aparecen

⁴⁹ Morelos Rodríguez, “La cartografía geológica mexicana en el marco del centenario de la Universidad Nacional”, p. 138.

⁵⁰ González Torres, “Bosquejo sobre la evolución de la Geología en México (1904-2004)”, p. 126

⁵¹ Lugo Hubp, “Los conceptos geomorfológicos en la obra de Ezequiel Ordóñez (1867-1950)”, p. 98.

⁵² Uribe Salas y Cortés Zavala, “Andrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX”, p. 507.

⁵³ *Ibid.*, p. 512.

⁵⁴ Rubinovich Kogan *et al.*, “José Guadalupe Aguilera Serrano: 1857-1941: datos biográficos y bibliografía anotada”, p. 6.

en obras monográficas, tales como libros, capítulos de libros, o memorias de congresos, libretos guías, tesis doctorales e inclusive enciclopedias. Hubo 140 citas cuyas fuentes citantes no pudieron ser identificadas para su clasificación, por aparecer citadas bibliográficamente de manera incompleta.



Figura 4. Tipos de Fuentes citantes de los trabajos de los cinco ingenieros mexicanos de acuerdo con GS, y con su respectiva cantidad de citas hasta diciembre de 2018.

En total son 205 títulos de publicaciones seriadas citantes de los trabajos de estos cinco ingenieros estudiados, de los cuales 163 corresponden a revistas internacionales (Tabla 5) y 42 corresponden a títulos mexicanos (Tabla 6). La gran mayoría son publicaciones de circulación internacional, están incluidas en el *Journal Citation Reports (JCR)*⁵⁵ y son fuentes especializadas en diversas áreas de las ciencias geológicas u otras disciplinas como la historia, la arqueología y las humanidades, inclusive en áreas comúnmente menos relacionadas, como la cienciometría o la economía política.

Tabla 5. Títulos de publicaciones seriadas citantes de los trabajos de los cinco ingenieros estudiados de acuerdo con GS hasta diciembre de 2018

1	<i>American Anthropologist</i>	2	<i>American antiquity</i>
3	<i>American Journal of Physical Anthropology</i>	4	<i>American Journal of Science</i>
5	<i>American Midland Naturalist</i>	6	<i>Andean Geology</i>

⁵⁵ Clarivate Analytics, “InCites Journal Citation Reports. Science edition” [consultado el 20 de febrero de 2019].

Continuación Tabla 5

7	<i>Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien</i>	8	<i>Annals of Carnegie Museum</i>
9	<i>Annals of Geophysics</i>	10	<i>Antropologischer Anzeiger</i>
11	<i>Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura</i>	12	<i>Archaeometry</i>
13	<i>Arizona and the West</i>	14	<i>Arizona Geological Society Digest</i>
15	<i>Arquivos do Museu Nacional (Brasil)</i>	16	<i>Asclepio</i>
17	<i>Beitrag zur geomorphologie</i>	18	<i>Biblio 3W</i>
19	<i>Boletin de Antropología (Colombia)</i>	20	<i>Boletin de la Real Sociedad Española de Historia Natural</i>
21	<i>Boletin Geologico y Minero</i>	22	<i>Botanical Sciences</i>
23	<i>Breviora</i>	24	<i>British Antartic Survey Bulletin</i>
25	<i>Bulletin de la Societe Geologique de France</i>	26	<i>Bulletin de la Societe Prehistorique de France</i>
27	<i>Bulletin for the History of Chemistry</i>	28	<i>Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists</i>
29	<i>Bulletin of the American Museum of Natural History</i>	30	<i>Bulletin of the Geological Society of America</i>
31	<i>Bulletin of the Seismological Society of America</i>	32	<i>Bulletin of Volcanology</i>
33	<i>Bulletin Vulcanologique</i>	34	<i>Bulletin. New Mexico. Museum of Natural History and Science</i>
35	<i>Cadernos PROLAM/USP</i>	36	<i>Contributions in Marine Sciences</i>
37	<i>Contributions in Oceanography and Meteorology</i>	38	<i>Contributions to Mineralogy and Petrology</i>
39	<i>Copeia</i>	40	<i>CRAS IIA</i>
41	<i>Cretaceous Research</i>	42	<i>Cuadernos del Museo Geominero</i>
43	<i>Current Research in the Pleistocene</i>	44	<i>De Re Metallica</i>
45	<i>Deinsea</i>	46	<i>Earth Moon and Planets</i>
47	<i>Earth Science History</i>	48	<i>Ecology</i>
49	<i>Economic geology</i>	50	<i>Endocrinologist, The</i>

Continuación Tabla 5

51	<i>Engineering Geology</i>	52	<i>Environmental and Engineering Geoscience</i>
53	<i>EOS Transactions AGU</i>	54	<i>Episodes</i>
55	<i>Eria (España)</i>	56	<i>Fundamentos (Brasil)</i>
57	<i>Fungal Ecology</i>	58	<i>Geobios</i>
59	<i>Geografiska Annaler</i>	60	<i>Geological Magazine</i>
61	<i>Geologische Beitrage Hannover</i>	62	<i>Geologische Rundschau</i>
63	<i>Geomorphology</i>	64	<i>Geophysical Journal of International</i>
65	<i>Historelo: revista de historia regional y local (Colombia)</i>	66	<i>Historia Caribe (Colombia)</i>
67	<i>Historia y Sociedad (Colombia)</i>	68	<i>Ichnos</i>
69	<i>International Geology Reviews</i>	70	<i>International Journal of Earth Sciences</i>
71	<i>International Journal of Geoheritage</i>	72	<i>JGR</i>
73	<i>JGR Solid earth</i>	74	<i>Journal of Archeological Science</i>
75	<i>Journal of Geology</i>	76	<i>Journal of Human Evolution</i>
77	<i>Journal of Iberian and Latin American Research</i>	78	<i>Journal of Interamerican Studies and World Affairs</i>
79	<i>Journal of Latin American and Caribbean Anthropology</i>	80	<i>Journal of Latin American Studies</i>
81	<i>Journal of Mammalian Evolution</i>	82	<i>Journal of Mammalogy</i>
83	<i>Journal of Paleolimnology</i>	84	<i>Journal of Paleontology</i>
85	<i>Journal of Quaternary Science</i>	86	<i>Journal of Sedimentary Research</i>
87	<i>Journal of South American Earth Sciences</i>	88	<i>Journal of Vertebrate Paleontology</i>
89	<i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i>	90	<i>Klinische Wochenschrift</i>
91	<i>Korean Journal of Ecology</i>	92	<i>Landscape Ecology</i>
93	<i>Latin American Journal of Physics Education</i>	94	<i>Latinoamerican Archaeology</i>
95	<i>Lethaia</i>	96	<i>Lithosphere</i>

Continuación Tabla 5

97	<i>Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas</i>	98	<i>Malacología</i>
99	<i>Memoirs AAPG</i>	100	<i>Meteorites</i>
101	<i>Meteoritics</i>	102	<i>Mineralium Deposita</i>
103	<i>Mineralogical record</i>	104	<i>Minerals</i>
105	<i>Mining geology</i>	106	<i>Mitteilungen des Geologisch Palaontologischen Intituts der Universitat Hamburg</i>
107	<i>Monthly Notices of the Royal Astronomical Society</i>	108	<i>Natural Hazards and Earth Systems Sciences</i>
109	<i>Nature</i>	110	<i>Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Abhandlungen</i>
111	<i>New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin</i>	112	<i>Ocassional paper of the California Academy of Science</i>
113	<i>Ocean and Polar research</i>	114	<i>Oeste (España)</i>
115	<i>Oryctos</i>	116	<i>Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology</i>
117	<i>Paleobiodiversity and Paleoenvironments</i>	118	<i>Paleobiology</i>
119	<i>Palynology</i>	120	<i>Phytotaxa</i>
121	<i>Proceedings of the Geologists Association</i>	122	<i>Publicación. Instituto Panamericano de Geografía</i>
123	<i>Pure and Applied Geophysics</i>	124	<i>Quaternary International</i>
125	<i>Quaternary Science Reviews</i>	126	<i>Report on Progress in Physics</i>
127	<i>Revista Brasileira de Paleontología</i>	128	<i>Revista Cartográfica (IPGH)</i>
129	<i>Revista de Biología Tropical (Costa Rica)</i>	130	<i>Revista de Ciencias ambientales (Costa Rica)</i>
131	<i>Revista de Derecho (Coquimbo, Chile)</i>	132	<i>Revista de Geografía Norte Grande</i>
133	<i>Revista de Historia de América</i>	134	<i>Revista de Obras Públicas (España)</i>
135	<i>Revista Geográfica (IPGH)</i>	136	<i>Revista Geológica de América Central</i>

Continuación Tabla 5

137	<i>Revue d' Economie Politique</i>	138	<i>Rocks and Minerals</i>
139	<i>Scientometrics</i>	140	<i>Scottish Geographical Magazine</i>
141	<i>Seismological Research Letters</i>	142	<i>SGA News</i>
143	<i>Slaskie Sprawozdania Archeologiczne</i>	144	<i>Southwestern Naturalist</i>
145	<i>Special Paper Geological Association of Canada</i>	146	<i>Special Paper Society of Explorations Geophysicists</i>
147	<i>Special Paper: Geological Society of America</i>	148	<i>Special Paper: Geological Society of London</i>
149	<i>Special Publication SEPM</i>	150	<i>Springer Plus</i>
151	<i>Studia Geophysica et Geodaetica</i>	152	<i>Studia Quaternaria</i>
153	<i>Technical Publication. American Institute of Mining and Metallurgical Engineers</i>	154	<i>Tectonophycis</i>
155	<i>The Briologist</i>	156	<i>Transactions AIME</i>
157	<i>US Geological Survey Bulletin</i>	158	<i>US Geological Survey Professional Paper</i>
159	<i>Volumina Jurassica</i>	160	<i>World Archaeology</i>
161	<i>Zeitschrift fur Geomorphologie</i>	162	<i>Zeitschrift fur Vulkanologie</i>
163		<i>Zootaxa</i>	

Tabla 6. Títulos de revistas mexicanas citantes de los trabajos de los cinco ingenieros estudiados en GS hasta diciembre de 2018

1	<i>Alquimia</i>	2	<i>Anales del ICMYL</i>
3	<i>Anales del Instituto de Biología</i>	4	<i>Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica</i>
5	<i>Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología</i>	6	<i>Anuario de Geografía</i>
7	<i>Anuario del Instituto de Geología</i>	8	<i>Biótica</i>
9	<i>Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros</i>	10	<i>Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana</i>
11	<i>Boletín de la Sociedad Mexicana de Física</i>	12	<i>Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística</i>

Continuación Tabla 6

13	<i>Boletín del Instituto de Geografía</i>	14	<i>Boletín del Instituto de Geología</i>
15	<i>Ciencia Ergo Sum</i>	16	<i>Ciencia Nicolaíta</i>
17	<i>Contribuciones desde Coatepec</i>	18	<i>Diálogos: Artes, Letras, Ciencias Humanas</i>
19	<i>Dimensión Antropológica</i>	20	<i>Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México</i>
21	<i>Estudios de Historia Novohispana</i>	22	<i>Geo UNAM</i>
23	<i>Geofísica Internacional</i>	24	<i>Historia Mexicana</i>
25	<i>Intervención</i>	26	<i>Investigaciones Geográficas</i>
27	<i>Letras históricas</i>	28	<i>Nueva Antropológica</i>
29	<i>Paleontología Mexicana</i>	30	<i>Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad</i>
31	<i>Relime</i>	32	<i>Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural</i>
33	<i>Revista del Instituto de Geología</i>	34	<i>Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo</i>
35	<i>Revista Mexicana de Biodiversidad</i>	36	<i>Revista Mexicana de Biología</i>
37	<i>Revista Mexicana de Ciencias Geológicas</i>	38	<i>Revista Mexicana de Física</i>
39	<i>Revista Mexicana de Geografía</i>	40	<i>Saberes. Revista de las Ciencias y Humanidades</i>
41	<i>Secuencia: Revista de Historia y Ciencias Sociales</i>	42	<i>Tzintzun: Revista de Estudios Históricos</i>

En la Figura 5 se aprecia cuáles son las 30 revistas de los 205 títulos enlistados en las tablas 5 y 6, que concentran el mayor número de citas por publicación y van desde 58 hasta 4 citas. Las 175 revistas restantes que no están representadas en el gráfico tienen entre 1 y 3 citas por revista. Como puede observarse hay revistas tanto nacionales como internacionales; entre las primeras destacan revistas editadas en la UNAM, como la *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* y su antecesora, la *Revista del Instituto de Geología*, *Paleontología Mexicana*, *Geofísica Internacional* e *Investigaciones Geográficas*, así como otras fuentes nacionales especializadas en las ciencias

geológicas, como es el *Boletín de la Sociedad Geológica* o especializadas en temas históricos como son *Historia Mexicana*, *Secuencia* o *Tzintzun*, inclusive una revista multidisciplinaria como es *Ciencia Ergo sum*.

Títulos de revistas citantes con mayor número de citas en GS a los trabajos de los cinco ingenieros

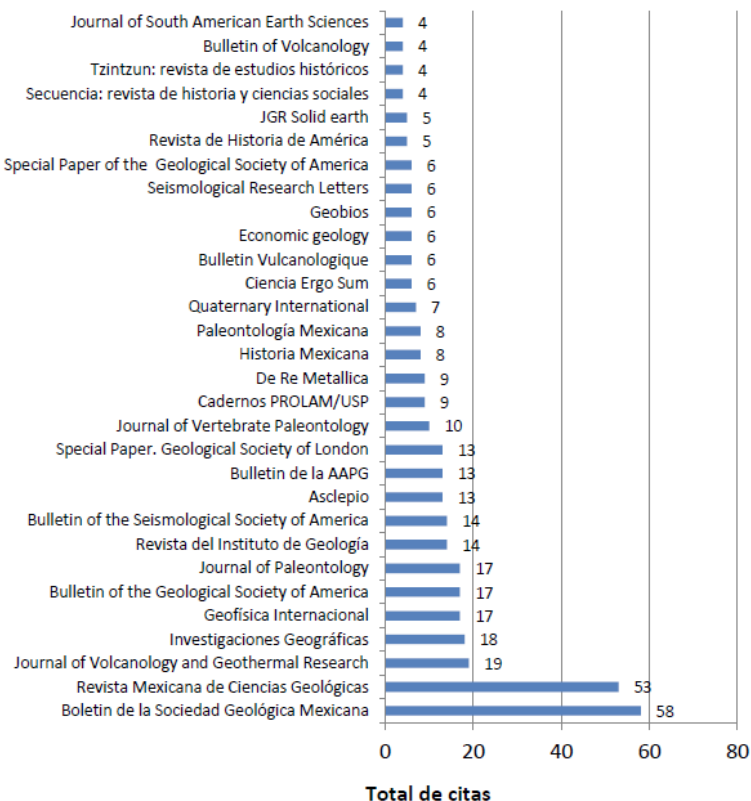


Figura 5. Títulos de revistas citantes y sus citas en el GS hasta diciembre de 2018.

Esta revisión de datos cuantitativos permite tener un acercamiento hacia el conocimiento de la presencia e impacto que han venido generando determinadas contribuciones científicas de estos cinco ingenieros, tanto en trabajos de investigación propios de las ciencias geológicas, como desde el punto de vista de su desarrollo histórico como ciencia.

CONSIDERACIONES FINALES

La historia de la geología no puede escribirse como expresa Azuela “sin referencia alguna a sus vinculaciones con la vida práctica”,⁵⁶ lo que significa que al abordar la historia de la geología es esencial considerar a sus principales actores y científicos dedicados a las diferentes áreas de las ciencias geológicas, estudiar sus instituciones de enseñanza e investigación y también atender a la historia de sus textos, de sus colecciones, de sus documentos generados. Es precisamente en este último terreno de la historia de la geología que se buscó tener una aproximación al conocimiento de la presencia e impacto que los cinco ingenieros mexicanos y sus obras científicas con más de un siglo y medio de antigüedad han tenido en el trabajo científico de especialistas de generaciones posteriores, para lo cual se utilizó un conjunto de indicadores bibliométricos para estudiar su producción y para identificar su visibilidad e impacto, además de realizar una breve revisión del contexto histórico en el que vivieron y produjeron sus contribuciones.

A lo largo de la descripción de los resultados de este estudio fue notable el predominio de trabajos publicados en revistas. En primer lugar, porque es irrefutable que las publicaciones de las diferentes sociedades científicas del siglo XIX fueron los medios “oficiales” por excelencia para difundir y preservar los conocimientos geológicos que se iban generando en la época. Y, en segundo lugar, porque en el caso de las fuentes citantes de la producción científica aquí estudiada se puede confirmar que las revistas han sido en años posteriores el recurso principal para publicar los descubrimientos y avances científicos. Cabe destacar que la producción científica de los ingenieros tratados está siendo consultada y ha sido citada en revistas reconocidas en el ámbito científico de su especialidad a nivel mundial con presencia en bases de datos académicas internacionales y también en revistas nacionales. Varias de ellas poseen gran peso histórico por pertenecer a sociedades científicas fundadas desde el siglo XIX o por pertenecer a instituciones de investigación de gran trayectoria en el desarrollo científico nacional. Otro indicador importante fue detectar que la citación a esta producción científica inicia su ascenso de forma más regular a partir de la década de los 1970. Éste es un período que se reconoce como significativo en la historia de las ciencias geológicas del país debido a la serie de sucesos propios del desarrollo geológico nacional e internacional que indujeron a la publicación de un gran número de trabajos y material cartográfico que llevaban como directriz replantear la concepción de la geología de México, y para lo cual hubo que tomar de referencia los valiosos trabajos descriptivos y novedosos producidos por sus antecesores del siglo XIX.

⁵⁶ Azuela, “La geología en México en el siglo XIX: entre las aplicaciones prácticas y la investigación básica”, p. 100.

Realizar investigaciones histórico-bibliométricas o de bibliometría histórica puede resultar una actividad laboriosa debido a las diferentes vertientes y la complejidad que pueden alcanzar los análisis que se realicen, a los variados métodos y modelos bibliométricos que pueden aplicarse y a la existencia de diversas fuentes que generan indicadores bibliométricos, mismos que permiten hacer comparaciones o análisis de datos en determinados contextos históricos. Sin embargo, y por la misma escasez actual de estudios bibliométricos de la historia de la geología en México, puede resultar un verdadero reto, pero también una alternativa interesante y probablemente muy fructífera para los estudiosos de la historia y los especialistas de la información, pues “a juzgar por algunos autores, la Bibliometría Histórica ofrece las bases teóricas y metodológicas necesarias para abordar este tipo de estudios y revelar regularidades cuantitativas que complementan el estudio de la Historia de la Ciencia, como una alternativa válida al método historiográfico que con regularidad caracterizan a los estudios de corte histórico”.⁵⁷

Las herramientas utilizadas en este trabajo, como las plataformas de Web of Science, Scopus o Dimensions son algunas alternativas para apoyarse en la realización de estudios histórico bibliométricos, pero lamentablemente son fuentes que todavía no incluyen de manera sistemática y exhaustiva mucha información de obras científicas publicadas en siglos pasados, sobre todo, tratándose de países de habla hispana. En este sentido GS se presentó como una opción relevante, a pesar de tener algunos inconvenientes, “sobre todo es útil para la literatura no anglosajona, que es la peor controlada por los sistemas de información dominantes en el mundo de la ciencia, para las disciplinas que no emplean preferentemente las revistas como medio de comunicación (ingenierías, humanidades, ciencias sociales, etc.) y para localizar citas a libros, tesis, informes y a artículos publicados en revistas secundarias no incorporadas a la llamada “corriente principal de la ciencia”.⁵⁸

La presencia y difusión de la producción científica de estos cinco ingenieros en herramientas como Scopus, Dimensions, WoS o GS aún es reducida si se toma en consideración su gran cantidad de trabajos científicos publicados, pero muy probablemente estas condiciones se están modificando de forma paulatina, dada la tendencia de ir hacia las mejoras tecnológicas y la actualización en la información de este tipo de herramientas, por ser cada vez más importante su utilización para hacer diversos tipos de estudios bibliométricos y de manera más reciente, también de estudios con enfoque histórico bibliométrico.

⁵⁷ Mondragón Colín, “La producción científica sobre geología en México en el periodo 1870-1903: principales regularidades bibliométricas”, p. 153.

⁵⁸ Torres-Salinas, Ruiz-Pérez y Delgado-López-Cózar, “Google Scholar como herramienta para la evaluación científica”, p. 510.

Todo lo anterior ha permitido, por un lado, confirmar el valor y la importancia que adquiere la producción científica histórica en la evolución de su propia disciplina, a través de las citas que ha recibido por especialistas de años más recientes; y por otro lado, sensibilizar sobre la necesidad de impulsar acciones para promover de manera más sistemática, su preservación impresa y digital al representar un legado bibliográfico documental en una de las disciplinas más antiguas en México, como lo son las ciencias geológicas.

Así mismo, con los resultados obtenidos en este estudio, en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra de la UNAM se ha iniciado un proyecto para conformar una colección digital con la totalidad de las publicaciones de estos cinco ingenieros, cuyo objetivo principal es fortalecer y promover su preservación y difusión, al igual que crear mecanismos para la obtención de citas futuras y dar seguimiento a su comportamiento sobre su consulta, difusión e impacto. Con ello se abriría la posibilidad para que en otras áreas del conocimiento se puedan desarrollar proyectos similares, que siempre podrán ser susceptibles de ampliarse y mejorarse, a partir de los objetivos y los indicadores que se requieran aplicar en cada ciencia en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- Azuela, Luz F., “La geología en México en el siglo XIX: entre las aplicaciones prácticas y la investigación básica”, *Revista Geológica de América Central*, vol. 41, 2009, pp. 99-110. DOI: <https://doi.org/10.15517/RGAC.V0141.4181>
- BHL Consortium, “Biodiversity Heritage Library”, <https://www.biodiversitylibrary.org/> [consultado el 15 de febrero 2019].
- Blanco Martínez, Mireya y Moncada Maya, José Omar, “El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y el reconocimiento del territorio mexicano (1877–1898)”, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), vol.74, 2011, pp. 74-91. DOI: <https://doi.org/10.14350/ig.29736>
- Castillo Tejero, Carlos, “Ezequiel Ordoñez (1867-1950)”, *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, vol. 2, 1950, pp. 413-418.
- Cserna, Zoltán de, “La evolución de la geología en México (1500-1929)”, *Revista del Instituto de Geología*, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), vol. 9, núm. 1, 1990, pp. 1-20
- Clarivate Analytics, “Web of Science WoS. Science Citation Index Expanded”, http://apps.webofknowledge.com.pbidi.unam.mx:8080/WOS_CitedReferenceSearch_input.do?SID=7Em6GQStQUyCiRVFWYp&product=WOS&search_mode=CitedReferenceSearch, [consultado enero de 2019].
- Clarivate Analytics, “InCites Journal Citation Reports. Science edition”, <https://jcr-clarivate-com.pbidi.unam.mx:2443/JCRLandingPageAction.action>, [consultado 20 de febrero de 2019].

- Digital Science, "Dimensions", <https://app.dimensions.ai/discover/publication>, [consultado enero 2019].
- Elsevier, "Scopus", <https://www-scopus-com.pbidi.unam.mx:2443 /search/ form.uri? display =basic#author> [consultado enero 2019].
- Flores-Vargas, Xochitl, Silvano Habrajam, Vitar-Sandoval, Jazmín Ivonne Gutiérrez Maya, Pavel Collazo-Rodríguez y Francisco Collazo-Reyes, "Determinants of the emergence of modern scientific knowledge in mineralogy (Mexico,1975-1849): A geohistoriometric approach", *Scientometrics*, vol. 115, no. 3, 2018, pp. 1505-1515. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2646-5>
- Google, "Google Scholar", <https://scholar.google.es> [consultado enero de 2019].
- González Torres, Enrique, "Bosquejo sobre la evolución de la Geología en México (1904-2004)", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 57, núm. 2, 2004, pp. 123-136. DOI: <https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n2a1>
- Gorbea Portal, Salvador, "Una nueva perspectiva teórica de la bibliometría basada en su dimensión histórica y sus referentes temporales", *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*, vol. 70, 2016, pp. 11-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.10.001>
- Hernández-Socha, Yuirubán, "Estado del arte de la bibliometría histórica. Una aproximación a los casos de Colombia y México", *Revista Interamericana de Bibliotecología*, vol. 43, núm. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v43n3eRv3>
- Hérubel, J.-P. V. M. "Historical Bibliometrics: Its Purpose and Significance to the History of Disciplines", *Libraries and Culture*, vol, 34, no. 4, Fall 1999, pp. 380-388.
- Internet Archive, <https://archive.org/about/> [consultado el 15 de febrero 2019].
- López Ramos, Ernesto, "Contribución a la Historia de la Geología en México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 49, no 1, 1988, p. 3-18. DOI: <https://doi.org/10.18268/BSGM1988v49n1a1>
- Lugo Hubp, José, "Los conceptos geomorfológicos en la obra de Ezequiel Ordóñez (1867-1950)", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol.18, núm. 1, 2001, pp. 89-102
- Martínez Portillo, J., "Bibliografía del Ing. D. Ezequiel Ordóñez", *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, vol. 2, 1950, pp. 419-428.
- Microsoft, Microsoft Office Excel para Windows 2010, Washington, Microsoft Corporation, 2010.
- Mondragón Colín, Carlos Alberto, "La producción científica sobre geología en México en el periodo 1870-1903: principales regularidades bibliométricas", tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, 2017, 195 pp.
- Montalvo Arrieta, Juan Carlos; León Gómez, Héctor de y Valdés González, Carlos, "LNIG: Nueva estación sísmica digital en el noreste de México", *Ingenierías*, vol.9, núm. 32, 2006, pp.17-24.
- Morelos Rodríguez, Lucero, "La cartografía geológica mexicana en el marco del centenario de la Universidad Nacional", *Investigaciones Geográficas*, núm. 74, 2011, pp. 137-139.

- Morelos Rodríguez, Lucero, *La geología mexicana en el siglo XIX: una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, Morelia, Michoacán, Secretaría de Cultura del Estado de Michoacán; México, D.F., Plaza y Valdés, 2012.
- Morelos Rodríguez, Lucero y Moncada Maya, José Omar, "Orígenes y fundación del Instituto Geológico de México", *Asclepio*, vol. 67, núm. 2, 2015, p. 103.
DOI: <https://dx.doi.org/10.3989/asclepio.2015.21>
- Ordoñez, Ezequiel, *Vida y Obra*, México, El Colegio Nacional, 1995, vol. 1.
- Raffino, "Geología", <https://concepto.de/geologia/> [consultado el 24 de abril de 2021].
- Rubinovich Kogan, Raúl, Marcel Levy Aguilera, Carmen de Luna Moreno y Carmen Block Iturriaga, *José Guadalupe Aguilera Serrano: 1857-1941: datos biográficos y bibliografía anotada*, México, UNAM, Instituto de Geología; Universidad Autónoma de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, 1991.
- Sancho-Lozano Rosa, "Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología, revisión bibliográfica", *Revista española de documentación científica*, vol. 13, núms. 3-4, 1990, pp. 842-865.
DOI: <https://doi.org/10.3989/redc.1990.v13.i3.842>
- Torres-Salinas, Daniel; Rafael Ruiz-Pérez y Emilio Delgado-López-Cózar, "Google Scholar como herramienta para la evaluación científica", *El profesional de la información*, vol.18, núm. 5, 2009, pp. 501-510.
DOI: <https://doi.org/10.3145/epi.2009.sep.03>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Geología, "Instituto de Geología, origen e historia", <http://geologia.unam.mx/contenido/historia-instituto-de-geologia> [consultado 15 febrero de 2019].
- Uribe Salas, José Alfredo y María Teresa Cortés Zavala, "Andrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX", *Revista de Indias*, vol. 66, núm. 237, 2006, pp. 491-518.
DOI: <https://doi.org/10.3989/revindias.2006.i237.347>
- Vega y Ortega, Rodrigo, "La Meteorítica a través de la prensa de la ciudad de México, 1863-1876", *Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura*, vol. 41, núm. 2, 2014, pp. 163-190. DOI: <https://doi.org/10.15446/achsc.v41n2.48785>