

Desarrollo y contexto histórico de la paleontología en Sonora, noroeste de México

Development and historical context of paleontology in Sonora, northwestern Mexico

Francisco J. Cuen-Romero^{1,*}; Josep A. Moreno-Bedmar²; Héctor A. Noriega-Ruiz¹; Pilar Navas-Parejo³; Blanca E. Buitrón-Sánchez²; Rogelio Monreal¹

¹ Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales, CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

² Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, 04510, México.

³ Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 83000, Hermosillo, México.

*francisco.cuen@ciencias.uson.mx

Resumen

El desarrollo histórico de la paleontología en el noroeste de México, particularmente en el estado de Sonora, es poco conocido. Mediante un análisis e investigación bibliográfica se han documentado para el estado las cuatro etapas históricamente identificadas del desarrollo de la paleontología en México. Lo anterior ha permitido conocer en detalle los antecedentes históricos y el contexto de las cuatro etapas en Sonora, las cuales permitieron la institucionalización de esta ciencia en el noroeste de México. La bibliografía paleontológica de Sonora es amplia, sin embargo, para este trabajo únicamente se han considerado aquellas investigaciones que por su novedad o área de estudio han sido relevantes y/o trascendentales para el desarrollo de esta ciencia. A través de los casi 160 años de estudios paleontológicos en el estado de Sonora, se transita desde un incipiente desarrollo por parte de paleontólogos extranjeros hasta la madurez alcanzada en la actualidad, mediante la institucionalización de esta disciplina.

Palabras clave: fósiles, historia, paleontología, Sonora.

Abstract

The historical development of paleontology in northwest Mexico, particularly in the state of Sonora, is little known. Through analysis and bibliographic research, the four historically identified stages of the development of paleontology in Mexico have been herein documented for the state. The above has allowed to know in detail the historical background of the four stages in Sonora, which developed the institutionalization of this science in the northwest of Mexico. The paleontological work of Sonora is extensive, however, for this work only the relevant and/or transcendental work were considered, because of their novelty or study area for the development of this science. Through almost 160 years of paleontological studies in the state of Sonora, and through the institutionalization of this discipline, the Mexican paleontology have gone from an incipient development by foreign paleontologists to the maturity reached today.

Keywords: fossils, history, paleontology, Sonora.

Cómo citar / How to cite: Cuen-Romero, F. J., Moreno-Bedmar, J. A., Noriega-Ruiz, H. A., Navas-Parejo, P., Buitrón-Sánchez, B. E., Monreal, R. (2024). Desarrollo y contexto histórico de la paleontología en Sonora, noroeste de México. *Paleontología Mexicana*, 13(1), 77-92.

Manuscrito recibido: Noviembre 28, 2023.

Manuscrito corregido: Enero 2, 2024.

Manuscrito aceptado: Enero 4, 2024.



1. Introducción

Durante el siglo XIX, el desarrollo de la paleontología en el centro y sur de México se caracterizó por diversos factores que propiciaron su consolidación, entre los cuales se incluyen: a) la intervención de paleontólogos extranjeros interesados en el estudio de los fósiles de México (Galeotti, 1839; Nyst y Galeotti, 1840); b) el impulso de esta ciencia debido al creciente desarrollo de la industria petrolera, principalmente en la parte sureste del país, y su relación con la micropaleontología; c) el interés del gobierno nacional en formar instituciones de investigación científica en México; d) la necesidad de explorar recursos naturales y la industria minera; e) la intervención de la Dra. Gloria Alencáster Ybarra, primera paleontóloga mexicana e impulsora de la investigación paleontológica moderna en México, consolidando esta ciencia a nivel académico y de investigación mediante la institucionalización de esta disciplina (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005; Chacón-Baca et al., 2020).

Desde el punto de vista histórico, el desarrollo de la paleontología en México ha sido dividido en cuatro etapas (Alencáster-Ybarra, 2013). La primera etapa se desarrolló entre 1839 y 1900, caracterizándose por el estudio de fósiles de México, principalmente por paleontólogos extranjeros. La segunda etapa comprendió desde 1900 a 1950, con la fundación del Instituto Geológico Nacional (1888) y posteriormente el Instituto de Geología (1929) como parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde el punto de vista científico, esta etapa aún se caracteriza por los estudios de paleontólogos extranjeros en México, como lo demuestran los trabajos de *ex. gr.* Burckhardt (1912, 1925), Müellieried (1933), Imlay (1937, 1938, 1939), Müellieried et al. (1941), y Cooper y Arellano (1946). La tercera etapa comprendió aproximadamente desde 1950 hasta el 2000, y se caracterizó por: 1) la fundación de la Revista Paleontología Mexicana (1954); 2) el inicio del Departamento de Paleontología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (1959), del Instituto Mexicano del Petróleo (1965), y de la Sociedad Mexicana de Paleontología (1986); y 3) por la incursión de paleontólogos mexicanos en el estudio de fósiles de México. Finalmente, la cuarta etapa comprende desde el 2000 hasta la actualidad y se caracteriza por el estudio de fósiles por especialistas en paleontología tanto de México como del extranjero (Alencáster-Ybarra, 2013).

En comparación con el centro y el sur de México, el desarrollo de la paleontología en el estado de Sonora comenzó de forma tardía, con veinticinco años de diferencia. En el centro, Galeotti (1839) realizó los primeros estudios paleontológicos en el Cretácico de San Juan Raya, Puebla, mientras que, en Sonora, Gabb (1864a, 1864b; 1869) hizo las primeras determinaciones de invertebrados del Triásico de San Marcial, y los primeros estudios paleontológicos formales en el Cretácico del Cerro Las Conchas, municipio de Arivechi.

Debido a que el contexto y desarrollo histórico de la paleontología en Sonora es poco conocido, se ha realizado un análisis de los principales factores que impulsaron el avance de esta ciencia en el estado. Para lo anterior, se utilizarán las etapas antes mencionadas y establecidas por Alencáster-Ybarra (2013), con el fin de conocer la evolución de los estudios paleontológicos en Sonora.

2. El desarrollo histórico de la paleontología en el estado de sonora

El contexto histórico en el desarrollo de la paleontología en Sonora es importante debido a que esta disciplina se inició durante un período de transición e inestabilidad política tanto en el país como en el estado, teniendo como referente la venta de la Mesilla en 1854 y la Batalla de Caborca en 1857. Los estudios paleontológicos en Sonora iniciaron en 1864, en gran medida impulsados por el creciente interés de los Estados Unidos de América en conocer los recursos naturales y minerales del estado, lo cual también trajo consigo la generación de conocimiento paleontológico por la incursión a México de paleontólogos norteamericanos. En el estado de Sonora también es posible reconocer las cuatro etapas de la historia de la paleontología en México, que fueron propuestas por Alencáster-Ybarra (2013). En Sonora, la primera etapa se caracterizó por la descripción de las primeras localidades fosilíferas del estado (Triásico de San Marcial y Cretácico del Cerro Las Conchas), por paleontólogos extranjeros. La segunda etapa está constituida, nuevamente, por los estudios de paleontólogos extranjeros, pero con interés en el reconocimiento geológico general y la estratigrafía del estado, con el fin de correlacionar Sonora con el suroeste de los Estados Unidos de América, lo cual trajo consigo el nombramiento de diversas unidades litoestratigráficas. La tercera etapa se caracterizó por los primeros trabajos de paleontólogos mexicanos, algunos en colaboración con paleontólogos extranjeros. Esta etapa es relevante debido a la institucionalización de la paleontología en Sonora, surgiendo en la década de los años 70, la Estación Regional del Noroeste (ERNO) del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora; hasta la fecha, bastiones de la paleontología en el estado. También en esta etapa, surge el Boletín del Departamento de Geología, como medio de publicación de estudios geológicos y paleontológicos inéditos. La cuarta etapa comprende el desarrollo de la paleontología, tanto desde el punto de vista de investigación como educativo, irradiando hacia la especialización en paleontología en diversos grupos fósiles, además de la formación de recursos humanos de alto nivel. Actualmente, en el estado de Sonora, se realiza investigación y docencia en paleontología, con esfuerzos enfocados hacia el entendimiento de la evolución geológica del

noroste de México, el estudio de la paleobiota y su relación con los recursos naturales no renovables, así como la legislación y la puesta en valor del patrimonio paleontológico del país. A continuación, se presentarán con detalle cada una de las cuatro etapas mencionadas mediante un análisis e investigación bibliográfica.

2.1. Pre-primer etapa (Virreinato de la Nueva España)

Los primeros reportes geológico-paleontológicos en México, previos a la primera etapa, fueron realizados durante la época del Virreinato de la Nueva España (1535-1821). Estos reportes no han sido considerados como una etapa en sí mismos al no tener un carácter netamente científico sino descriptivo.

Las primeras descripciones sobre localidades fosilíferas en Sonora, sin embargo, fueron realizadas por exploradores y misioneros jesuitas. El misionero Eusebio Francisco Kino (Figura 1), entre 1687 y 1706, hizo las primeras descripciones geológicas de Sonora, mismas que se enviaron como cartas para los monarcas españoles Carlos II y Felipe V. Posteriormente, el Padre Ignaz Pfefferkorn (1795), describió la presencia de fósiles en la localidad de Arivechi, por lo que corresponde al primer registro paleontológico para Sonora (Pérez-Segura y Jacques-Ayala, 1991; Roldán-Quintana, 2011). Tales observaciones incluyen características de los afloramientos y la presencia de petrificaciones de ciertos animales congruentes con la localidad fosilífera del Cerro de las Conchas, en el municipio de Arivechi.

2.2. Primera etapa (1839 a 1900)

De acuerdo con Alencáster-Ybarra (2013), el desarrollo de la paleontología en México durante esta primera etapa fue impulsado principalmente por la intervención de paleontólogos extranjeros, los cuales mantuvieron su interés en explorar los recursos naturales como el petróleo. Por otra parte, el desarrollo de la paleontología en Sonora se inició por el interés en explorar los recursos naturales y por la importancia de los metales; también en exploraciones dirigidas por geólogos y paleontólogos extranjeros, como lo demuestran los trabajos de Gabb (1864a; 1864b; 1869) y Rémond (1866). En el primer trabajo geológico que se publicó para Sonora, denominado "Notice of Geological Explorations in Northern Mexico", Rémond (1866) estableció: "*Considering how celebrated this portion of Mexico has become for its mines and metalliferous veins, and how much has been written about it, it is surprising how little exact information has hitherto been obtained with regard to either its geography or geology*". Lo anterior pone de manifiesto el interés en los metales del estado, lo cual trajo consigo también la investigación paleontológica.

Posteriormente, geólogos y paleontólogos extranjeros provenientes del Servicio Geológico de California y de la Universidad de California realizaron los primeros reportes científicos sobre la geología de Sonora



Figura 1. Estatua al misionero jesuita Eusebio Francisco Kino, localizada en el centro de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Eusebio Francisco Kino es uno de los primeros misioneros en interesarse en las descripciones geológicas de las misiones con el fin de informar a la monarquía española.

(Roldán-Quintana, 2011). Entre estos investigadores, el geólogo francés Auguste Rémond de Corbineau llevó a cabo exploraciones al noroeste de México entre 1863 y hasta su muerte en 1867, donde recolectó ejemplares fósiles como corales, braquiópodos y crinoideos, asignando por primera vez edades relativas a las rocas de la región central de Sonora (Rémond, 1866). Basado en la presencia de crinoideos, reconoció el Carbonífero en la Sierra Santa Teresa y la Sierra Las Ánimas; también documentó el Triásico del área de Tecoripa y San Marcial, reportando la presencia de plantas fósiles; identificó el Cretácico en el área de Sahuaripa y Arivechi en el Cerro de Las Conchas, relacionándolo con los depósitos del Cretácico de Texas. En estas expediciones, Rémond recolectó fósiles del Triásico de la localidad de San Marcial, Sonora central, los cuales fueron entregados al paleontólogo estadounidense William More Gabb (1839-1878, Figura 2A) para su determinación. Las primeras determinaciones paleontológicas formales realizadas en Sonora le corresponden precisamente a Gabb (1864a), basado en el material proporcionado por Rémond, por ejemplo, el bivalvo *Panopea remondii* Gabb, 1864a. También, Rémond recolectó fósiles marinos del

Cerro Las Conchas, municipio de Arivechi, enviando nuevamente el material paleontológico a Gabb (1864b), quién identificó los ejemplares y los asignó al Cretácico; asimismo Gabb (1864b, 1869), basado en los trabajos de Roemer (1849, 1852), sugirió que los fósiles colectados por Rémond en esta localidad, correspondían a taxa identificados previamente en localidades del Cretácico de Texas y, además, corrigió la edad jurásica inicialmente asignada por Galeotti (1839) a la secuencia expuesta en la localidad de San Juan Raya, Puebla, asignándola al Cretácico. Muchos de los taxa del Cretácico del área del Cerro Las Conchas fueron descritos por primera vez por Gabb (Figura 2B). Entre estos se mencionan *Fusus mexicanus* Gabb, 1869, *Euspira tabulata* Gabb, 1869, *Chemnitzia zebra* Gabb, 1869, *Tylostoma mutabilis* Gabb, 1869, *Anchura monilifera* Gabb, 1869, *Cerithium mexicanum* Gabb, 1869, *Pholadomya sonorensis* Gabb, 1869 y *Remondia furcata* Gabb, 1869.

Posteriormente, Macomb y Newberry (1876), estudiaron los depósitos de grafito y documentaron las plantas fósiles de la región de Tónichi, recolectadas por Rémond, donde identificaron especies que fueron reportadas en el Triásico de Carolina del Norte, al este de Estados Unidos (Wilson y Rocha, 1949). También destacan los trabajos de Angelo Heilprin, quién en 1891 describió especies en honor al municipio de Arivechi, Sonora, como el bivalvo *Pseudocardia arivechensis* (Heilprin, 1891).

2.3 Segunda etapa (1900 a 1950)

La segunda etapa del desarrollo de la paleontología en Sonora también está caracterizada por la intervención de paleontólogos extranjeros. Edwin Theodore Dumble (Figura 3) realizó en 1900, exploraciones en la parte sur y centro de Sonora, donde reconoció rocas del

Paleozoico y recolectó fósiles de corales, braquiópodos y crinoideos. Los ejemplares fueron enviados al paleontólogo Charles Shuchert del U.S. National Museum (EUA) para su análisis taxonómico, quién identificó los corales *Cyathophyllum* y *Heliolites* del Paleozoico inferior (Dumble, 1900). Durante estas expediciones, Dumble (1900) describió una secuencia marina sedimentaria del Triásico en la región central de Sonora, a la cual definió como una nueva unidad litoestratigráfica denominada división Barranca.

A partir de este descubrimiento aumentó el interés paleontológico por diversos investigadores, realizando las primeras descripciones de manera formal sobre secuencias del Paleozoico de Sonora (Keller, 1928; Dunbar, 1939; Imlay, 1939) y Mesozoico (Keller, 1928; Jaworski, 1929; Taliaferro, 1933; King, 1939).

Angermann (1904), describió crinoideos, corales y braquiópodos en rocas del Paleozoico en la localidad de Rosario, al sur de Sonora. Keller (1928), reconoció fusulínidos y braquiópodos del Pérmico para el estado de Sonora. También identificó fósiles del Triásico y Jurásico en Sonora, presentes en el Grupo Antimonio en la región noroeste (Caborca) y en el Grupo Barranca de la región central. Los fósiles fueron identificados por Burckhardt (1930), quien también reportó una abundante fauna fósil para localidades como el Cretácico de Arivechi, Cretácico de la Cuenca de Cabullona y el Cañón de Guadalupe.

Jaworski (1929), estudió fósiles del Jurásico Inferior de la Sierra de Santa Rosa en el noroeste de Sonora y con base en el material de Keller (1928), identificó especies de bivalvos de la misma edad.

Flores (1929), realizó reconocimientos geológicos en la región central del estado de Sonora. Taliaferro (1933), hizo estudios estratigráficos y paleontológicos en el estado de Sonora, reportando la presencia de



Figura 2. A. William More Gabb, circa 1870, pionero de los estudios del Cretácico del noroeste de México y sur de los Estados Unidos de América; Imagen tomada y restaurada de Dall (1909). B. Láminas con moluscos determinados por Gabb (1869) del Cretácico del Cerro Las Conchas, modificado de Gabb (1869).



Figura 3. Edwin Theodore Dumble, fotografía tomada de Underwood (1964).

invertebrados y dinosaurios del Cretácico de la Cuenca de Cabullona, documentando, además, la presencia de los bivalvos *Unio* y *Exogyra*. Posteriormente Dunbar (1939), estudió fusulínidos del Pérmico de Sonora, determinando nuevas especies como *Parafusulina imlayi* Dunbar, 1939, *Parafusulina skinneri* Dunbar, 1939 y *Parafusulina sonoraensis* Dunbar, 1939. También, de esta etapa destacan los trabajos de Imlay (1939), quien documentó en sus estudios la presencia de braquiópodos del Carbonífero y Pérmico en la Sierra de Teras, El Tigre y Hachita Hueca; así como bivalvos y ammonites del Cretácico de la Sierra El Tigre y Sahuaripa.

King (1939), estudió los depósitos de carbón del Grupo Barranca y documentó abundantes plantas fósiles recolectadas y estudiadas previamente por Rémond, Newberry y Dumble, entre estas se mencionan a *Otozamites macombii* Newberry in Macomb y Newberry, 1876, *Pterophyllum fragile* Newberry in Macomb y Newberry, 1876, *Zamites occidentalis* Newberry in Macomb y Newberry, 1876, *Pecopteris mexicana* Newberry in Macomb y Newberry, 1876, entre otras. Además, documentó la presencia de invertebrados fósiles como *Panopea remondi*, *Pecten pradoanus* Verneuil y Collomb, 1853, y *Pecten* cf. *P. textorius* Schlotheim, 1820.

En 1941, Gómez y Torres-Izabal, descubrieron estromatolitos en las formaciones Gamuza y Papalote, además de trilobites del Cámbrico en la región de Caborca. El material recolectado fue enviado al profesor Alexander Stoyanow (1942) de la Universidad de Arizona, quien reportó por primera vez estromatolitos precámbricos para México y realizó el primer bosquejo paleogeográfico del estado para el Paleozoico temprano. Stoyanow (1942), también mencionó para el Cámbrico medio de Sonora la presencia de trilobites como *Glossopleura*, *Alokistocare* y *Anoria*. Posteriormente, Cooper y Arellano (1946), realizaron la estratigrafía a detalle del Cámbrico del área de Caborca, documentando por primera vez este sistema en México. En sus descripciones mencionan la presencia de braquiópodos como *Obolella* y trilobites como *Olenellus*, *Glossopleura* y *Clavaspidella*.

Lochman (1948) llevó a cabo el primer trabajo sistemático-taxonómico de trilobites del Cámbrico de la región de Caborca, donde describió géneros y especies nuevas en honor a México, como son *Sombrerella mexicana* Lochman, 1948, *Mexicaspis stenopyge* Lochman, 1948, *Mexicella mexicana* Lochman, 1948, *Provedoria starquistae* Lochman, 1948, *Arellanella caborcana* Lochman, 1948, *Caborcella arrojensis* Lochman, 1948, entre otras.

2.4. Tercera etapa (1950 a 2000)

La tercera etapa del desarrollo de la paleontología en Sonora es importante, porque es en este momento cuando la paleontología se institucionaliza con la fundación de instituciones de investigación y académicas en el estado, como lo son la Estación Regional del

Noroeste del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (1974) y el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora (1974).

En esta etapa, los trabajos paleontológicos continuaron bajo la dirección de investigadores extranjeros (ex. gr. Cooper *et al.*, 1952; Poole y Hayes, 1971; Weber *et al.*, 1979; Rangin, 1977; Stewart *et al.*, 1984; McMenamin, 1985; Lucas *et al.*, 1995) e investigadoras e investigadores mexicanos se incorporaron a estudiar la paleontología sonorenses (ex. gr. Alencáster de-Cserna, 1961; Silva-Pineda, 1961; Brunner, 1975, 1976; Cevallos-Ferriz y Ricalde-Moreno, 1995; Villaseñor *et al.*, 2000). También, investigadores que pertenecían a instituciones como la Universidad de Sonora (ex. gr. Gamper y Longoria, 1978; Herrera *et al.*, 1984) y la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología de la UNAM (ex. gr. González-León, 1986; Almazán-Vázquez, 1989; Jacques-Ayala *et al.*, 1990) realizaron trabajos de manera formal, así como tesis y publicaciones sobre distintos yacimientos fosilíferos.

Cómo se mencionó anteriormente, el descubrimiento del Cámbrico en el país por Gómez y Torres-Izabal en 1941 y Stoyanow (1942), fue de relevancia nacional. Este acontecimiento captó la atención de investigadores del Instituto de Geología de la UNAM y el Smithsonian Institution de Washington D.C., quienes delegaron a Alberto Arellano y Arthur Cooper respectivamente para investigar los depósitos del Cámbrico de Sonora, así como otros depósitos del Paleozoico reportados en la región. El estudio detallado del Cámbrico de Sonora (Cooper *et al.*, 1952), trajo consigo la definición de seis unidades litoestratigráficas y además el reporte de una abundante biota fósil descrita por especialistas, por ejemplo, algas calcáreas (Johnson in Cooper *et al.*, 1952), arqueociatos (Okulitch in Cooper *et al.*, 1952), braquiópodos (Cooper in Cooper *et al.*, 1952) y trilobites (Lochman in Cooper *et al.*, 1952). Resulta interesante la descripción de 45 nuevas especies de trilobites como *Sonoraspis torresi* (Stoyanow in Cooper *et al.*, 1952), y *Sonoraspis gomezi* (Stoyanow in Cooper *et al.*, 1952), en honor de Sonora, así como de Lorenzo Torres-Izabal e Isauro G. Gómez, pioneros de los estudios del Cámbrico en México. También se asignaron nombres regionales como *Wanneria mexicana prima* (Lochman in Cooper *et al.*, 1952) y *Alokistocarella mexicana* (Lochman in Cooper *et al.*, 1952).

Cooper *et al.* (1953) describieron las faunas del Pérmico del área del Antimonio al noroeste de Sonora, donde reportaron la presencia de foraminíferos, braquiópodos, bivalvos y escafópodos. Entre la fauna documentada se tienen especies como *Derbyia arrellanoi* (Cooper in Cooper *et al.*, 1953), *Chonetes monosensis* (Cooper in Cooper *et al.*, 1953), *Heteralosia mexicana* (Cooper in Cooper *et al.*, 1953), *Wellerella rotunda* (Cooper in Cooper *et al.*, 1953), *Pseudomartinia martinezi* (Cooper in Cooper *et al.*, 1953), entre otras.

Easton *et al.* (1958) describieron la fauna del Misisípico del área del Bisani, noroeste de Sonora, documentado

corales como *Cyathaxonia cordillerensis* (Easton in Easton et al., 1958), *Rotiphyllum occidentale* (Easton in Easton et al., 1958), *Caninophyllum sonorensis* (Easton in Easton et al., 1958), entre otros.

King (1939) agrupó las rocas del Mesozoico inferior de Sonora central y las incluyó en la formación Barranca. Posteriormente, Alencáster-de Cserna (1961, Figura 4), elevó la formación Barranca al rango de grupo, nombrando así el Grupo Barranca, el cual incluye las formaciones Arrayanes, Santa Clara y Coyotes. De igual manera, Alencáster-de Cserna (1961), estudió la fauna fósil del Triásico Superior (Cárnico) del área de San Marcial, donde describió catorce especies de invertebrados marinos, incluyendo braquiópodos, escafópodos, bivalvos y cefalópodos. Entre estos se mencionan especies nuevas como *Nuculana curvirostris* Alencáster-de Cserna, 1961, *Myophoria mexicana* Alencáster-de Cserna, 1961, *Myophorigonia salasi* Alencáster-de Cserna, 1961 y *Mytilus (Chloromya) sonorensis* Alencáster-de Cserna, 1961. También, es importante mencionar la descripción de doce especies de plantas fósiles de la misma localidad descritas por Silva-Pineda (1961). Por su parte, Miller (1961), propuso cinco especies de belemnites de la misma región. Posteriormente, para el Triásico Superior también fue identificada una fauna de invertebrados en la Formación Antimonio, al oeste de Caborca (Stanley et al., 1994). Esta asociación está constituida por 31 especies que incluye esponjas, corales escleractinios, braquiópodos, bivalvos, gasterópodos, entre otros (Stanley et al., 1994).



Figura 4. Gloria Alencáster Ybarra circa 1950, fotografía tomada y restaurada de Alencáster-Ybarra (2013).

Fósiles del Jurásico Superior fueron descubiertos por Rangin (1977), quién identificó bivalvos y ammonites de la Formación Cucurpe. Posteriormente, Villaseñor et al. (2005) describió e identificó una nueva colección de bivalvos y ammonites de la misma localidad, entre los cuales se incluye a *Perisphinctes (Dichotomoceras?)* sp., *Sequeirosa?* sp., *Grammatodon (Grammatodon) hersilius* (d'Orbigny, 1850), entre otros.

Durante la década de los años 70, se describieron por vez primera en Sonora fósiles de conodontos. Brunner (1975, 1976) estudió los conodontos devónicos y misisípicos, respectivamente, en el área arqueológica de El Bísani, cerca de Caborca. Estos trabajos incluyen el reporte de especies claves para bioestratigrafía del Devónico y el Misisípico como son "*Polygnathus communis communis* Branson y Mehl, 1934 y diversas especies de los géneros *Siphonodella* Branson y Mehl, 1944, y *Gnathodus* Pander, 1856. Poco después, Holcomb (1979) y Devery (1979), en sus trabajos de tesis de maestría de la Universidad Cristiana de Texas, describen conodontos y otra biota con edades del Misisípico, Pensilvánico y Pérmico temprano, cerca de Bavispe, en el área de El Tigre- Sierra de Teras- Cañón de Santa Rosa, donde trabajó previamente Imlay en 1939.

A principios de la década de los años 80, el geólogo Forrest "Barney" Poole (†) del Servicio Geológico de los Estados Unidos de América (USGS) comenzó a realizar campañas de campo periódicas, principalmente enfocadas en el área de la Barita de Sonora, a partir de correlaciones regionales desde el estado de Nevada en EUA. Estas campañas, que fueron más de 25, las realizó principalmente con Ricardo Amaya Martínez (†), adscrito al Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, acompañados de diversos geólogos de distintas compañías mineras de Sonora (Barita de Sonora en Mazatán y Minera Baucarit en Cobachi), por nombrar algunos Ángel Fort, Luis Estrella, Fernando Oliva, Pablo Kirschbaum, Alejandro Verdugo, Martín Valencia, Elizabeth Araux y Luis Fernando Oviedo. Como parte del equipo de trabajo del Dr. Forrest G. Poole del USGS, asistieron a estas campañas especialistas en paleontología como Bruce R. Wardlaw (†) y Anita G. Harris (†) (Figura 5 y 6). De hecho, como parte del método de análisis de tafonomía de conodontos propuesto por Anita Harris, conocido como CAI por sus siglas en inglés "*Color Alteration Index*" (Índice de alteración del color en conodontos, Epstein et al., 1977), ella preparó varias celdillas micropaleontológicas con conodontos con distintos grados de CAI para repartirlas entre especialistas de distintas partes del mundo, y para ellas usó material de conodontos de Sonora.

Hacia finales de la tercera etapa, se tienen numerosas investigaciones paleontológicas, entre estas, Weber et al. (1979) describieron e identificaron géneros como *Conophyton* y *Jacutophyton*, relacionados con los estromatolitos del Precámbrico del área de Caborca, Sonora. Posteriormente, McMenemy (1985), determinó fósiles de la Formación La Ciénga del Cámbrico Inferior del



Figura 5. De izquierda a derecha, Juan Manuel Morales Ramírez, Anita G. Harris, Bruce R. Wardlaw, John H. Stewart y Forrest G. Poole. Fotografía tomada durante una expedición a campo en la Sierra Agua Verde, Sonora central (1985). Foto cortesía de Forrest Poole.



Figura 6. De izquierda a derecha, Barney Poole y Ángel Fort, en el norte del poblado Llano Colorado, municipio de Soyopa en el año 2000. Fotografía cortesía de Ángel Fort.

área de Caborca, como *Sinotubulites cienegensis* McMenamin, 1985. McMenamin (1987), describió los trilobites del Cámbrico de la Formación Puerto Blanco del área de Caborca, donde documentó las especies *Nevadialia ovalis* McMenamin, 1987 y *Judomia orbis* McMenamin, 1987. McMenamin (1996) citó la biota Ediacara de la Formación Clemente de la región de Caborca, donde documentó la presencia de las especies *Cyclomedusa plana*, *Sekwia* sp., entre otras. Estas contribuciones corresponden a los primeros registros formales de fósiles del Precámbrico para México. En la década de los 90, se publicaron varios trabajos sobre las faunas jurásicas de ammonites del área de la Sierra de Santa Rosa, en Caborca (Calmus *et al.*, 1997; Lucas *et al.*, 1999, entre otros). Lo anterior demuestra que durante esta etapa el área de Caborca ha sido ampliamente estudiada por diversos autores; no obstante, existen afloramientos del Paleozoico que

han sido documentados en otras localidades, por ejemplo, del Ordovícico del área La Casita-Los Chinos y del Cerro Cobachi, Sonora central (Peiffer-Rangin *et al.*, 1980; Noll, 1981; Ketner, 1986; Peiffer-Rangin, 1988), donde se han identificado conodontos, radiolarios, corales y graptolites (Riva y Ketner, 1989); la secuencia paleozoica de la Sierra El Tule (González-León, 1986); y las secuencias detríticas-carbonatadas del Paleozoico superior en Sierra Agua Verde, Sonora central (Ochoa Granillo y Sosa León, 1993; Stewart *et al.*, 1999); la secuencia cámbrica-ordovícica del área de Arivechi (Almazán-Vázquez, 1989); y las rocas sedimentarias del Cámbrico medio con abundantes trilobites de la Sierra Mazatán, Sonora Central (Vega-Granillo, 1996).

También se destacan los trabajos del Cretácico Inferior realizados en el área de Lampazos y la Sierra de los Chinos (Herrera *et al.*, 1984; González-León y Buitrón, 1984; Monreal y Longoria, 2000a, 2000b; Longoria y Monreal, 2009), donde se ha documentado la presencia de foraminíferos planctónicos y bentónicos como *Orbitolina texana* Roemer, 1849, calpionélidos, ostrácodos, y radiolarios del Aptiano-Albiano. Además de macrofauna fósil tales como algas verdes, corales, bivalvos, rudistas, gasterópodos, ammonites y equinodermos.

Existen numerosos estudios bioestratigráficos y paleontológicos de rocas del Cretácico. Una de las aportaciones fundamentales para el Cretácico Inferior de Sonora fue el reconocimiento del Grupo Bisbee en la sierra El Tigre, al noreste de Sonora (Montaño-Jiménez, 1988), que posteriormente sería estudiado por diversos autores en la década de 1990 (*ex. gr.* Grijalva-Noriega, 1991; Scott y González-León, 1991; Escalona-Alcázar y Roldán-Quintana, 1993; Fernández-Aguirre *et al.*, 1993; Monreal, 1994; González-León y Lucas, 1995). Aunque los reportes describen la estratigrafía de unidades litoestratigráficas, se identificaron secuencias estratigráficas altamente fosilíferas, identificando la presencia de ammonites y foraminíferos como *Dufrenoyia* cf. *D. rebecca* y *Palorbitolina lenticularis* del Barremiano-Aptiano temprano en el área de Cerro de Oro, Sonora central (González-León y Lucas, 1995; Monreal, 1994), así como en el Cerro de Las Conchas en Arivechi (Pérez-Ramos, 1988; Monreal, 1997). Asimismo, en el área de Caborca se reconocieron depósitos del Aptiano-Albiano, caracterizándose por la presencia de macrofauna fósil que incluye moluscos y equinodermos (Jacques-Ayala *et al.*, 1990). El Cretácico Superior de Sonora está representado principalmente por los depósitos continentales del Grupo Cabullona descritos por Taliaferro (1933) y que posteriormente serían analizados por autores interesados en determinar géneros de granos de polen y esporas, madera fósil, foraminíferos, bivalvos, gasterópodos, y restos de tortugas y de dinosaurios (Almeida y Martínez-Hernández, 1980; Lucas y González-León, 1990; González-León *et al.*, 1993; González-León, 1994; González-León y Lawton, 1995; Lucas *et al.*, 1995). Lucas *et al.* (1995), describieron nuevas especies de invertebrados fósiles, destacando también, la presencia de

otros fósiles no documentados como los dinosaurios *Albertosaurus* y ejemplares de las familias Hadrosauridae y Ceratopsidae, correspondientes a una edad del Campaniano–Maastrichtiano. Aunque el Grupo Cabullona ha sido ampliamente estudiado, también existen otras localidades que fueron estudiadas; Cevallos-Ferriz y Ricalde-Moreno (1995) realizaron un análisis de las maderas de angiospermas y restos de palmas del Cretácico Superior, donde identificaron *Rhizopalmoxyylon huepaciense* como nueva especie de palmas de la Formación Tuli, Huepac, Sonora central.

En esta etapa se trabajó material micropaleontológico de foraminíferos y ostrácodos del Pleistoceno de Punta Chueca desde un punto de vista ecológico (Celis-Gutiérrez, 1986), destacando la presencia de especies como *Triloculina schreiberiana*, *Quinqueloculina paragonica* y *Quinqueloculina poeyana*, *Quinqueloculina lata* y *Ammonia beccarii*.

2.5. Cuarta etapa (2000 a la actualidad)

Durante la cuarta etapa la producción de trabajos y variedad de temáticas ha incrementado sustancialmente, así, el trabajo de diferentes especialistas ha irradiado hacia diferentes grupos fósiles como fósiles traza (Buitrón-Sánchez et al., 2016; Sour-Tovar y Hernández-Barbosa, 2018), foraminíferos (Longoria y Monreal, 2009), microbialitas (Beraldi-Campesi et al., 2004, 2018), paleobotánica (Villanueva-Amadoz et al., 2014), algas calcáreas, carofitas (Vicente et al., 2020), poríferos (Cuen et al., 2013; Beresi et al., 2017; 2019; Beresi, 2021), corales (Löser, 2013; 2015; 2016; 2022), braquiópodos (Jiménez-López et al., 2018; Holmer et al., 2022), gasterópodos (Cuen-Romero et al., 2022a, 2022b), helcioneloides (Noriega-Ruiz et al., 2023), hiolítidos (Buitrón-Sánchez et al., 2017a), bivalvos (Scott, 2007; Scholtz et al., 2008), ammonites (Villaseñor et al., 2005; Lawton et al., 2004; Robert et al., 2018; Samaniego-Pesqueira et al., 2021), trilobites (Cuen-Romero et al., 2016; 2018; 2019a; 2019b; 2022c; Noriega-Ruiz et al., 2020, 2022; Sundberg y Cuen-Romero, 2021), equinodermos (Nardin et al., 2009; Buitrón-Sánchez et al., 2017b; 2021; 2023), graptolites (Reyes-Montoya et al., 2023a, 2023b) conodontos (Navas-Parejo et al., 2017, 2019; Navas-Parejo y Sandberg, 2018; Navas-Parejo, 2018; Lara-Peña et al., 2020; 2021), ictiolitos (Martínez-Pérez et al., 2019), cérvidos (Palma-Ramírez et al., 2023), entre otros. Además de la incursión en líneas de investigación nuevas para México, como son la paleoecología cuantitativa (Cuen-Romero et al., 2019a; 2021; Noriega-Ruiz et al., 2022; Velázquez-Heras et al., 2022) o los análisis tafonómicos de biopátitas (Lara-Peña et al., 2023).

3. Estado actual y perspectivas a futuro

Actualmente existen dos instituciones que realizan investigación y docencia en paleontología en el estado

de Sonora: el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y la Estación Regional del Noroeste (ERNO) del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Desde su fundación, la interacción entre ambas instituciones ha sido constante, involucrando colaboraciones de carácter paleontológico en forma de artículos científicos, tesis a nivel licenciatura y posgrado y con la organización de eventos académicos. Por ejemplo, desde la década de los años 80 y hasta 2008, se organizaron periódicamente y de manera conjunta los “Simpósios de la geología de Sonora y áreas adyacentes”, que en su última versión incluyeron también investigaciones con carácter ecológico. De igual modo, la primera reunión de la Sección Cordillerana de la Sociedad Geológica de América (GSA) celebrada en México tuvo lugar en Sonora en marzo de 1981 y fue organizada por el Instituto de Geología de la UNAM en cooperación con la Universidad de Sonora. De las excursiones organizadas en esta reunión surgió un libro titulado “*Geology of northwestern Mexico and Southern Arizona*”, que fue editado por el Dr. Luc Ortlieb y el Dr. Jaime Roldán.

Durante la tercera etapa histórica y como parte de la consolidación de la paleontología por parte de las instituciones educativas y de investigación del estado de Sonora, tuvieron lugar diversos eventos académicos, organizados en conjunto con instituciones extranjeras. En enero de 1997, el Dr. George D. Stanley de la Universidad de Montana y el Dr. Carlos González León del IGI ERNO UNAM, a través del programa conjunto de Apoyo a Proyectos de Cooperación Científica y Tecnológica entre CONACYT de México y la *National Science Foundation* de EUA, realizaron en Hermosillo una reunión sobre la geología y paleontología del Paleozoico superior y Mesozoico inferior de Sonora. Dicha reunión incluyó tanto conferencias como excursiones, abordando discusiones de importancia relacionadas con algunos grupos fósiles presentes en Sonora como son los radiolarios, braquiópodos, ammonites y reptiles marinos. Cabe resaltar que en la publicación de carácter divulgativo de la Estación por ese entonces, “Geología del Noroeste” de ese mismo año, Lucas et al., (1997) y Lucas y González-León (1997) incluyeron varios reportes de fósiles de Sonora como son los gonfoterios *Rhynchoterium browni* y *Cuvieronius* sp., así como la biota de Ediacara (McMenamin y D'Ambrosio, 1997), además de una nota por parte de investigadores del Centro INAH-Sonora sobre la Legislación sobre los restos fósiles (Villalpando et al., 1993). En este sentido, el compromiso de la paleontología de Sonora con la legislación y protección del patrimonio paleontológico ha estado presente desde el inicio. Casi dos décadas después de esta nota, el Centro INAH-Sonora organizó el Taller de registro de sitios y colecciones paleontológicas en el estado de Sonora (2016), donde se discutieron los trámites legales para el correcto trabajo con fósiles en la República Mexicana. Además, este foro se dio como el espacio para relacionarse entre especialistas y surgió la necesidad de ir más allá y organizar un

evento donde se trataron temas de interés para la conservación y la restauración del material paleontológico. Así, se organizó el primer *Seminario sobre investigación, conservación, restauración y puesta en valor del patrimonio paleontológico* (2017), como un esfuerzo en conjunto entre el Centro INAH-Sonora, el Instituto de Geología de la UNAM y el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. De la misma manera, en noviembre de 2020 se realizó el “I Simposio – Investigación en Paleontología: La Sierra Madre Occidental, una visita al Paleozoico” organizado por la Sociedad Mexicana de Paleontología, la Universidad de Sonora y la Universidad Autónoma de Nuevo León. Sin embargo, el evento más importante con relación a la paleontología, realizado en la última década en el estado de Sonora, corresponde al XVII Congreso Nacional de Paleontología, organizado por la Estación Regional del Noroeste y la Sociedad Mexicana de Paleontología, A.C., en noviembre de 2022.

El Departamento de Geología de la Universidad de Sonora inició operaciones en 1974, debido al impulso que inicialmente dio el Dr. Guillermo Salas Pizá (†) (Figura 7), quien se interesó en la fundación de la carrera de Geología, con el objetivo de proporcionar servicio al noroeste de México, debido a la abundancia de recursos minerales. Dentro de la currícula de la carrera de Geólogo se incluyen las asignaturas de paleontología de invertebrados y vertebrados, además en la Maestría en Ciencias-Geología y Doctorado en Geociencias se ofertan las asignaturas de Paleontología Avanzada, y de Paleoecología y ambientes marinos, entre otras.

La primera paleontóloga del Departamento de Geología que realizó docencia en la carrera de Geología fue la Dra. Françoise Peiffer, en la década de los años 70 y 80 del siglo pasado. Posteriormente se integró la Dra. Martha Gamper y el Dr. Francisco Longoria. En 1983

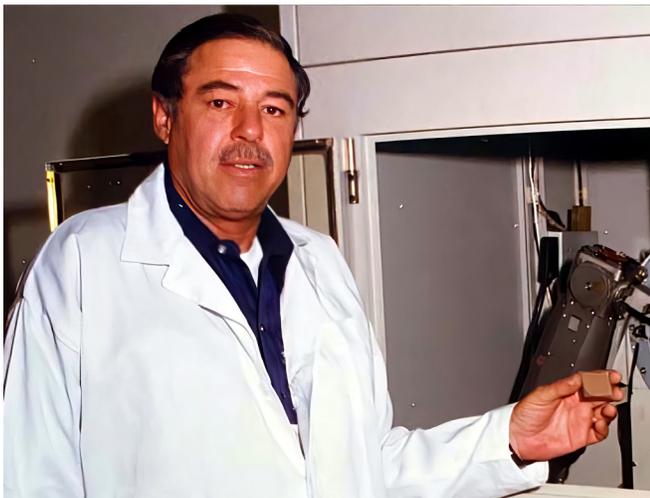


Figura 7. Dr. Guillermo Salas Pizá (†, 2009) *circa* 2000, fundador del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. De estirpe académica, hijo del Ing. Guillermo P. Salas (1912–1990), quien fuera director del Instituto de Geología, UNAM (1955-1968).

se integró al Departamento la Dra. Olivia Pérez Ramos (Figura 8A), especialista en fusulínidos y posteriormente, en 1995, el Dr. Emilio Almazán Vázquez (Figuras 8B-C), interesado en estudios bioestratigráficos.

En 1978 se inicia la edición del *Boletín del Departamento de Geología* por el Dr. José Francisco Longoria, en el cual se publican algunos de los trabajos de paleontología de la entidad, realizados por paleontólogos mexicanos y/o de la Universidad de Sonora (*ex. gr.* Gamper y Longoria, 1978; Herrera *et al.*, 1984, Pérez-Ramos, 1986; Mora-Villalobos, 1997).

Actualmente en el Departamento laboran los paleontólogos Dr. Francisco Javier Cuen Romero (Figura 9), especialista en trilobites y paleoecología del Paleozoico inferior, y el Dr. Héctor Arturo Noriega Ruíz (Figura 10), especialista en paleoecología del Paleozoico, así como el estratígrafo, Dr. Rogelio Monreal Saavedra, quien ha impulsado los estudios de paleontología en la Universidad de Sonora. Se ha mantenido una estrecha colaboración con investigadores del Instituto de Geología de la UNAM (Figuras 9 y 10), así como con el Dr. Javier Ortega-Hernández de la Universidad de Harvard; con el Dr. Frederick A. Sundberg de la Universidad de Nuevo México (Figura 11) y con la Dra. Matilde Sylvia Beresi del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (Figura 12).

La Estación Regional del Noroeste (ERNO) del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, inició operaciones en 1974, con el objetivo de realizar investigaciones de geología regional. El primer jefe de la ERNO fue Jesús Nájera (Figura 11), siendo el Ing. Córdoba (Figura 11) el director del Instituto de Geología en ese momento y en cuyo honor se nombró el Auditorio de la Estación, mismo que se conserva hasta la actualidad.

En 1980, se inauguró el edificio con el que cuenta actualmente, por el entonces M.C. Jaime Roldán, el Dr. José Guerrero García, entonces Director del Instituto de Geología de la UNAM y con el apoyo del Dr. Alfonso Castellanos, Rector de la Universidad de Sonora en ese tiempo.

En el período entre el inicio de operaciones de la ERNO en Hermosillo y la inauguración del edificio propiamente dicho, el interés de la comunidad académica internacional por realizar estudios paleontológicos y geológicos en el estado de Sonora fue evidente, diversos investigadores de la escuela francesa como el Dr. Luc Ortlieb (†), el Dr. Claude Rangin y la Dra. Françoise Peiffer estuvieron en la ERNO como parte de distintos proyectos de colaboración (Figura 13). El Dr. Luc Ortlieb, en el marco del proyecto de colaboración “Geocortez” entre el IGL y el ORSTOM (actualmente el IRD), realizó estudios en la terraza marina del Golfo de California mediante invertebrados. El Dr. Claude Rangin, aunque no es paleontólogo, sí integró datos paleontológicos en sus resultados a través de colaboraciones con especialistas mexicanas como la Dra. Gloria Alencáster Ybarra, la Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez y la Dra. Lucía Almeida, entre otras. La Dra. Françoise Peiffer realizó un trabajo sistemático muy

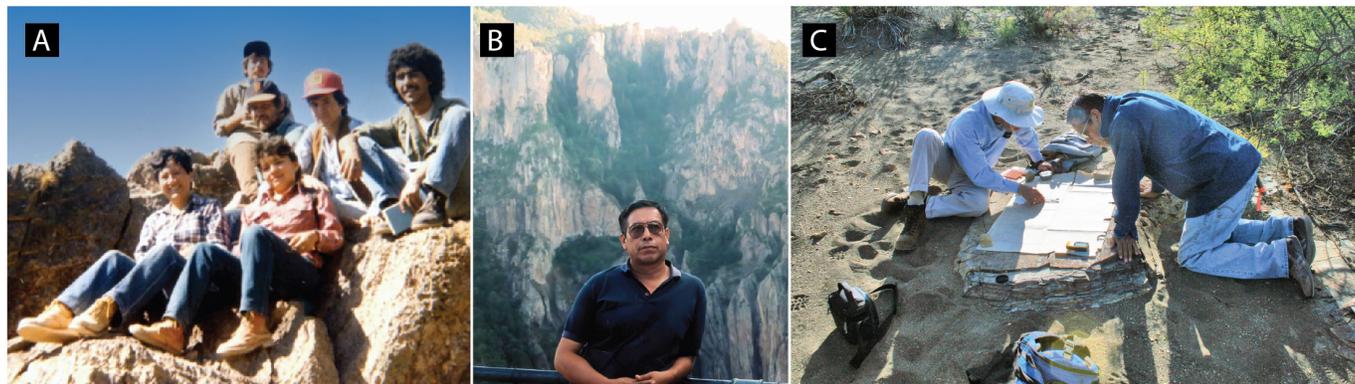


Figura 8. A. de izquierda a derecha al frente, Dra. Olivia Pérez Ramos, M.C. Alejandra Montijo González, al fondo Dr. Francisco Javier Grijalva Noriega, durante una prospección paleontológica al área de Caborca, Sonora, 1984. B. Dr. Emilio Almazán Vázquez (†) *circa* 2003. C. Dr. Emilio Almazán Vázquez (†2010) y Dr. Rogelio Monreal, durante una prospección al Cretácico del Grupo Caullona, Sonora, 2009.



Figura 9. De izquierda a derecha, Dra. Gloria Alencáster Ybarra, Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez y Dr. Francisco Javier Cuen Romero. Ciudad de México, 2016.



Figura 10. De izquierda a derecha, Dr. Josep A. Moreno Bedmar y Dr. Héctor Arturo Noriega Ruiz, durante una prospección a campo en Sonora, 2021.

detallado en diversos afloramientos del Paleozoico de Sonora, que incluyó una cartografía a detalle, columnas estratigráficas, estudios micropaleontológicos y de paleontología de invertebrados. Este trabajo fue uno de los primeros en el que se presentaron evidencias sobre la hipótesis de la continuidad de la sutura Ouachita-Marathon hacia Sonora. Desafortunadamente, ese trabajo sigue inédito hoy en día, pero existe una copia mecanografiada que ella hizo llegar a John H. Stewart y a Forrest G. Poole, y que circula entre los investigadores que trabajan el Paleozoico en Sonora. Normalmente este documento inédito se incluye como cita en las publicaciones y así se le ha dado el merecido crédito.

Actualmente en la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, laboran los paleontólogos Dr. Hannes Löser Kaiser, especialista en corales y otros invertebrados, Dra. Pilar Navas-Parejo García, estratígrafa y micropaleontóloga especialista en conodontos y la Dra. Uxue Villanueva Amadoz, especialista en palinoestratigrafía. Además, el Dr. Carlos González León, geólogo, con gran interés en los estudios paleontológicos. La ERNO es sub-sede del Posgrado en Ciencias de la Tierra donde se dirigen tesis de maestría y doctorado y se imparten materias a nivel maestría dentro de la disciplina de la paleontología como son Paleontología de invertebrados, Micropaleontología y ambientes, Paleobotánica, entre otros. Algunos de los investigadores adscritos a la ERNO también son tutores en otros posgrados de la UNAM como el Posgrado en Ciencias Biológicas o el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología.

4. Conclusiones

La paleontología en el estado de Sonora cuenta con una historia de aproximadamente 160 años (1864). En



Figura 11. De izquierda a derecha, Dr. Francisco Javier Cuen Romero, M.C. José Alfredo Ochoa Granillo, Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez y Dr. Frederick A. Sundberg, durante una prospección al Cámbrico de Sonora, central, 2018.



Figura 12. De izquierda a derecha, Dra. Matilde Sylvia Beresi, Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez y Dr. Francisco Javier Cuen Romero, durante una entrevista de radio en la Universidad de Sonora, México, 2018.

sus inicios fue impulsada por el interés en los recursos naturales y en los metales del estado, sin embargo, actualmente ha alcanzado una madurez como disciplina, irradiando hacia la investigación, docencia y difusión-divulgación.

La bibliografía paleontológica del estado de Sonora es amplia y densa, sin embargo, en el presente trabajo únicamente se han abordado aquellas investigaciones que, debido a su novedad o área de estudio, han constituido un verdadero hito en la historia de la paleontología del estado.

De acuerdo con el análisis de las etapas de desarrollo de la historia de la paleontología en Sonora, estás



Figura 13. De izquierda a derecha, Dr. Gabriel Ibarra Félix, Ing. Alfonso Molina Ruibal, Dr. Claude Rangin, Dr. Guillermo Salas Pizá, Ing. Diego Córdova Méndez, Dra. Françoise Peiffer, Dr. Alfonso Castellanos, Teresa Hughes, Dr. Jesús Nájera y René Montaña Terán. Fotografía tomada en la Universidad de Sonora, 1974.

coinciden con las etapas propuestas por Alencáster-Ybarra (2013), en las cuales se observa en un inicio la intervención de paleontólogos extranjeros, la institucionalización de esta ciencia para posteriormente dar paso al trabajo de paleontólogos desde instituciones mexicanas.

Entre los esfuerzos que ameritan los nuevos tiempos o el desarrollo de la cuarta etapa, se encuentran la investigación y docencia en paleontología, enfocados hacia el entendimiento de la evolución geológica del noroeste de México, el estudio de la paleobiota y su relación con los recursos naturales no renovables, así como la legislación y la puesta en valor del patrimonio paleontológico del país.

Agradecimientos

Los autores agradecen a dos revisores anónimos por las atinadas correcciones realizadas al presente manuscrito, mejorando notablemente su versión final. Los autores agradecen al Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y a la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología de la UNAM por las facilidades proporcionadas para llevar a cabo la presente investigación. De igual forma, expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Thierry Calmus, Dr. Carlos González-León de la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología de la UNAM y el Ing. Ángel Fort de la Mina Barita, así como al M.C. Ismael Minjárez Sosa del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, por la información y el material fotográfico proporcionado. Deseamos también agradecer el trabajo técnico realizado por la M. en C. Sandra Ramos Amézquita y el M. en C. León Felipe Álvarez Sánchez.

Referencias

- Alencáster-de Cserna, G. (1961). Fauna fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del estado de Sonora. *Paleontología Mexicana*, 11, 70–120.
- Alencáster-Ybarra, G. (2013). Contribución de la mujer al desarrollo de la paleontología en México. *Revista Nuestra Tierra*, 19, 3–9.
- Almazán-Vázquez, E. (1989). El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región centro-oriental del estado de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 8(1), 58–66.
- Almeida, L., & Martínez-Hernández, E. (1980). Estudio palinológico preliminar del Cretácico Superior de la Cuenca de Cabullona, Sonora, México. SEP-INAH, *Departamento de Prehistoria, Colección Científica*, 86, 213–227.
- Angermann, E. (1904). Apuntes sobre el Paleozoico en Sonora. *Parergones del Instituto Geológico de México*, 1(3), 81–90.
- Beraldi-Campesi, H., Cevallos-Ferriz, S. R. S., & Chacón-Baca, E. (2004). Microfossil algae associated with Cretaceous stromatolites in the Tarahumara Formation, Sonora, Mexico. *Cretaceous Research*, 25(2), 237–253.
- Beraldi-Campesi, H., Cuen-Romero, F. J., & Buitrón-Sánchez, B. E. (2018). Cambrian oncolites from San José de Gracia, Sonora, Mexico. *Paleontología Mexicana*, 7(1), 23–56.
- Beresi, M. S. (2021). Porifera and Chancelloriidae of the Cambrian of Sonora, Mexico: A review. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103428.
- Beresi, M. S., Botting, J. P., Palafox, J. J., & Buitrón Sanchez, B. E. (2017). New reticulosan sponges from the middle Cambrian of Sonora, Mexico. *Acta Palaeontologica Polonica*, 62(4), 691–703.
- Beresi, M. S., Buitrón-Sánchez, B. E., Cuen-Romero, F. J., & Palafox, J. J. (2019). Escleritomas de *Chancelloria eros* y escleritos del Cámbrico medio (Serie 3, Piso 5) de Sonora central, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 36(1), 54–63.
- Branson, E. B., & Mehl, M. G. (1934). Conodonts from the Grassy Creek shale of Missouri. *Missouri University Studies*, 8(3), 171–259.
- Branson, E. B., & Mehl, M. G. (1944). Conodonts. In Shimer, H. W., & Shrock, R. R. (eds.), *Index fossils of North America* (pp. 235–246). John Wiley and Sons.
- Brunner, P. (1975). Estudio estratigráfico del Devónico en el área de El Bisani, Caborca, Sonora. *Instituto Mexicano del Petróleo, Revista*, 7, 16–45.
- Brunner, P. (1976). Litología y bioestratigrafía del Misisípico en el área de Bisani, Caborca, Sonora. *Instituto Mexicano del Petróleo, Revista*, 8, 7–41.
- Buitrón-Sánchez, B., Corona-González, N., Cuen-Romero, F., Palafox-Reyes, J. J., & Ramírez-Guerrero, G. (2016). Icnofósiles del Cámbrico Inferior de San José de Gracia, Sonora. *Paleontología Mexicana*, 5(1), 33–40.
- Buitrón-Sánchez, B., Cuen-Romero, F., Huerta-Ruiz, A., & Montijo-González, A. (2017a). Hiolítidos del Cámbrico (Hyalolitha) de San José de Gracia, Sonora, México. Consideraciones estratigráficas y paleogeográficas. *Paleontología Mexicana*, 6(1), 25–34.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Cuen-Romero, F. J., Montijo-González, A., & Beresi, M. (2017b). El equinodermo *Gogia granulosa* (Echinodermata: Blastozoa) del Cámbrico temprano-medio en Sonora, México: paleoecología y paleogeografía. *Revista de Biología Tropical*, 65(1-1), S160–S167.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Cuen-Romero, F. J., Beresi, M. S., & Monreal, R. (2021). First record of *Ubagsycystis* (Eocrinoidea-Echinodermata) from the Cambrian (Miaolingian, Wuliuan) of Sonora, Mexico: Biostratigraphical and paleoecological considerations. *Revista de Biología Tropical*, 69(Suppl. 1), 51–65.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Cuadros-Mendoza, I. M., Cuen-Romero, F. J., & Torres-Martínez, M. Á. (2023). Crinoideos (Echinodermata: Crinoidea) del Misisípico-Pensilvánico de la sierra Santa Teresa, región central del estado de Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94, e945134.
- Burckhardt, C. (1912). Faunas Jurásicas y Cretácicas de San Pedro del Gallo. *Boletín del Instituto de Geológico de México*, 29, 1–264.
- Burckhardt, C. (1925). Faunas del Aptiano de Nazas (Durango). *Instituto Geológico de México, Boletín*, 45, 1–71.
- Burckhardt, C. (1930). Etude synthétique sur le Mésozoïque Mexicain, Première partie. *Société Paléontologique Suisse Mémoires*, 49, 1–123.
- Calmus, T., Pérez-Segura, E., & Stinnesbeck, W. (1997). La structuration de la marge pacifique nord-américaine et du “terrane Caborca”: apports de la découverte d’une faune du Jurassique inférieur et moyen dans la série de Pozos de Serna (Sonora, Mexique). *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences*, 323, série IIA, 795–800.
- Carreño, A. L., & Montellano-Ballesteros, M. (2005). La Paleontología mexicana: pasado, presente y futuro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57(2), 137–147.
- Celis-Gutiérrez, S. (1986). Interpretación paleoambiental de los depósitos marinos litorales pleistocénicos de la localidad de Punta Chueca, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 6(2), 259–268.
- Cevallos-Ferriz, S. R. S., & Ricalde-Moreno, O. S. (1995). Palmeras fósiles del norte de México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 66, 37–106.
- Chacón-Baca, E., Velasco-de León, M. P., Castañeda-Posadas, C., Cuen-Romero, F. J., & Lozano-Carmona, D. E. (2020). La Sociedad Mexicana de Paleontología: Una retrospectiva pertinente. *Paleontología Mexicana*, 9(1), 41–51.
- Cooper, A. G., & Arellano, A. R. V. (1946). Stratigraphy near Caborca, northwest Sonora, Mexico. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 30(4), 606–619.
- Cooper, G. A., Arellano, A. R. V., Johnson, J. H., Okulitch, V. J., Stoyanow, A., & Lochman, C. (1952). Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwest Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 119(1), 184 p.
- Cooper, G. A., Dunbar, C. O., Duncan, H., Miller, A. K., & Knight, J. B. (1953). Permian fauna at El Antimonio, western Sonora, México. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 119(2), 1–111.
- Cuen, F. J., Beresi, M. S., Montijo, A., Buitrón, B. E., Minjárez, I., & Palafox, J. J. (2013). *Chancelloria Walcott*, 1920 y *Reticulosa Reid*, 1958 del Cámbrico medio de San José de Gracia, Sonora, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(3), 581–590.
- Cuen-Romero, F. J., Valdez Holguín, J. E., Buitrón, B. E., Monreal, R., Sundberg, F., Montijo González, A., & Minjarez Sosa, I. (2016). Cambrian Stratigraphy of San José de Gracia, Sonora, Mexico: El Gavilán Formation, a new lithostratigraphic unit of middle Cambrian open shelf environment. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 429–441.
- Cuen-Romero, F. J., Valdez-Holguín, J. E., Buitrón-Sánchez, B. E., Monreal, R., Enríquez-Ocaña, L. F., Aguirre-Hinojosa, E., Ochoa-Granillo, J. A., & Palafox-Reyes, J. J. (2018). Trilobite-based biostratigraphy (Arthropoda-Trilobita) and related faunas of the Cambrian from Sonora, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 83, 227–236.
- Cuen-Romero, F. J., Valdez-Holguín, J. E., Buitrón-Sánchez, B. E., Monreal, R., Enríquez-Ocaña, L. F., Hinojosa, E. A., Ochoa-Granillo, J. A., Grijalva-Noriega, F. J., & Palafox Reyes, J. J. (2019a). Paleoecology of Cambrian communities of central Sonora, Mexico: Paleoenvironmental and biostratigraphic considerations. *Journal of South American Earth Sciences*, 92, 631–645.
- Cuen-Romero, F. J., Beresi, M. S., Palafox-Reyes, J. J., & Montijo-González, A. (2019b). *Ptychagnostus atavus* (Tullberg, 1880) (Trilobita: Agnostida) del Cámbrico medio (Miaolingiano-Drumiano) de Arivechi, Sonora, México: Significado bioestratigráfico. *Paleontología Mexicana*, 8(2), 97–108.
- Cuen-Romero, F. J., Noriega-Ruiz, H. A., Chacón-Baca, E., Monreal, R., & Castillo-Gámez, R. A. (2021). Métodos cuantitativos en paleoecología de comunidades. *EPITEMUS*, 14(29), 52–61.
- Cuen-Romero, F. J., Rohr, D. M., Noriega-Ruiz, H. A., Monreal, R., Blodgett, R. B., Beresi, M. S., & Buitrón-Sánchez, B. E. (2022a). Middle Ordovician (Whiterockian) gastropods from central Sonora, Mexico: affinities with Laurentia and the Precordillera. *Journal of Paleontology*, 96(5), 1037–1046.

- Cuen-Romero, F. J., Rohr, D. M., Noriega-Ruiz, H. A., Monreal, R., Blodgett, R. B., Palafox-Reyes, J. J., & Ochoa-Granillo, J. A. (2022b). *Ulrichospira* Donald (Gastropoda–Phanerotrematidae) from the Middle Ordovician of central Sonora, Mexico: *Paleobiogeographical considerations*. *Paleontología Mexicana*, 11(1), 29–34.
- Cuen-Romero, F. J., Montijo-González, A., Monreal, R., Sundberg, F. A., Espinoza-Maldonado, G., Grijalva-Noriega, F. J., Noriega-Ruiz, H. A., Minjárez-Sosa, I., & Ochoa-Granillo, J. A. (2022c). Cambrian (Series 2 to Miaolingian) platform facies from central Sonora, Mexico and the regional correlation. *Palaeoworld*, 31(1), 41–57.
- D'Orbigny, A. (1850). Prodrôme de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés. *Viktor Masson*, 1, 428 p.
- Dall, W. H. (1909). Biographical Memoir of William More Gabb (1839–1878): National Academy of Sciences. *Biographical Memoirs, Part of volumen VI*. Washington, 361 p.
- Devery, J. P. (1979). *Sedimentary petrology of the upper Paleozoic carbonates near Bavispe, Sonora, Mexico* [Tesis de Maestría sin publicar]. Texas Christian University.
- Dumble, E. T. (1900). Notes on the geology of Sonora. México. *American Institute of Mining Engineers Transactions*, 29, 122–152.
- Dunbar, C. O. (1939). Permian fusulinids from Sonora. *Bulletin of the Geological Society of America*, 50, 1745–1760.
- Easton, W. H. (1958). Mississippian corals from northwestern Sonora, Mexico. In Easton, W. H., Sanders, J.E., Knight, J.B., & Miller, A.K. (eds.). *Mississippian fauna in northwestern Sonora, Mexico* (pp. 1–40). *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 119(3).
- Epstein, A. G., Epstein, J. B., & Harris, L. D. (1977). Conodont color alteration; an index to organic metamorphism. *Geological Survey Professional Paper*, 995, 27 p.
- Escalona-Alcázar, F., & Roldán-Quintana, J. (1993). Geología del Cretácico Inferior en el norte de Sonora. *Ciencia*, 44, 92–93.
- Fernández-Aguirre, M. A., Monreal-Saavedra, R., & Grijalva-Haro, A. S. (1993). *Carta geológica Sonora*. Escala 1:500,000. Hermosillo, Sonora, Gobierno del Estado de Sonora, Dirección General de Fomento Minero; y Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.
- Flores, T. (1929). Reconocimientos geológicos en la región central del estado de Sonora. *Boletín Instituto Geológico de México*, 49, 1–267.
- Gabb, W. M. (1864a). Description of the Triassic fossils of California and the adjacent territories. *Geological Survey of California, Paleontology of California*, 1(2), 19–35.
- Gabb, W. M. (1864b). On Cretaceous fossils from Sahuaripa Valley, State of Sonora, Mexico, discovered by August Remond. *Proceedings of the California Academy of Natural Sciences*, 3(2), 153–154.
- Gabb, W. M. (1869). Descriptions of Cretaceous fossils collected by A. Remond, at Arivechi, Sonora, Mexico [Notes on some Mexican Cretaceous fossils, with descriptions of new species]. *Geological Survey of California, Paleontology of California*, 2(3), 257–276.
- Galeotti, H. (1839). Notice sur le calcaire crétacé des environs de Jalapa, au Mexique: *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1(10), 32–39.
- Gamper, M. A., & Longoria, J. F. (1978). Sobre la ocurrencia de estromatolitos en la secuencia precámbrica del Cuadrángulo Pituquito-La Primavera, NW de Sonora. *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 1, 95–104.
- González-León, C. (1986). Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, noreste de Sonora. *Revista del Instituto de Geología de la UNAM*, 6, 117–135.
- González-León, C. M. (1994). *Stratigraphy, depositional environments, and origin of the Cabullona Basin, northeastern Sonora, Mexico* (Tesis doctoral no publicada). University of Arizona.
- González-León, C., & Buitrón, B. E. (1984). Bioestratigrafía del Cretácico Inferior del área de Lampazos, Sonora, México. En *Memoria III Congreso Latinoamericano de Paleontología*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 371–377.
- González-León, C. M., Lucas, S. G., & Kues, B. S. (1993). Stratigraphy and paleontology of the Late Cretaceous Cabullona Basin, northeastern Sonora, Mexico. In González-León, C. M., & Vega-Granillo, E. L. (eds.). *Simposio sobre la Geología de Sonora y Áreas Adyacentes*, 3, Libro de Resúmenes (pp. 37–41).
- González-León, C. M., & Lawton, T. (1995). Stratigraphy, depositional environments, and origin of the Cabullona Basin, northeastern Sonora. In Jacques-Ayala, C., González-León, C. M., & Roldán-Quintana, J. (eds.). *Studies on the Mesozoic of Sonora and adjacent areas*. Geological Society of America Special Paper 301.
- González-León, C. M., & Lucas, S. G. (1995). Stratigraphy and paleontology of the Early Cretaceous Cerro de Oro Formation, central Sonora. In Jacques-Ayala, C., González-León, C. M., & Roldán-Quintana, J. (eds.). *Studies on the Mesozoic of Sonora and adjacent areas* (pp. 41–47). Geological Society of America Special Paper 301.
- Grijalva-Noriega, F. J. (1991). Sobre el Cretácico Temprano en Sonora y áreas adyacentes: *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 8(2), 1–18.
- Heilprin, A. (1891). The geology and paleontology of the Cretaceous deposits of Mexico. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 1890, 445–469.
- Herrera, S., Bartolini, C., Pérez, O., & Buitrón, B. (1984). Paleontología del área de Lampazos. *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 1(1), 50–59.
- Holcomb, R. A. (1979). *Conodont biostratigraphy of the Paleozoic carbonates near Bavispe, Sonora, Mexico* (Tesis doctoral no publicada). Texas Christian University.
- Holmer, L. E., Clausen, S., Popov, L. E., Pour, M. G., Liang, Y., Zhang, Z., Palafox-Reyes, J. J., Sosa-Leon, J. P., & Buitrón-Sánchez, B. E. (2022). Cambrian (Stage 4 to Wuliuan) Brachiopods from Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, 96(6), 1264–1284.
- Imlay, R. W. (1937). Lower Neocomian fossils from the Miquihuana Region, Mexico. *Journal of Paleontology*, 11(7), 552–574.
- Imlay, R. W. (1938). Ammonites of the Tarais Formation of northern Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*, 49, 539–602.
- Imlay, R. W. (1939). Paleogeographic studies in northeastern Sonora. *Geological Society of America Bulletin*, 50(11), 1723–1744.
- Jacques-Ayala, C., Alencáster, G., & Buitrón, B. (1990). Macrofauna marina de Aptiano-Albiano en el área de Caborca. Sonora. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 3(1), 63–77.
- Jaworski, E. (1929). Eine Lias-fauna aus Nordwest Mexiko. *Abhandlungen der Schweizerischen Palaeontologischen Gesellschaft*, 48(4), 12 p.
- Jiménez-López, J. C., Sour-Tovar, F., Buitrón-Sánchez, B. E., & Palafox-Reyes, J. J. (2018). Braquiópodos del Paleozoico tardío de la sierra Agua Verde, Sonora: implicaciones paleoecológicas y paleogeográficas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), 637–650.
- Keller, W. T. (1928). Stratigraphische beobachtungen in Sonora (nordwest Mexico). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 21, 327–335.
- Ketner, K. B. (1986). Eureka Quartzite in Mexico? – Tectonic implications. *Geology*, 14, 1027–1030. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1986\)14<1027:EQIMI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1986)14<1027:EQIMI>2.0.CO;2)
- King, R. E. (1939). Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*, 50(11), 1625–1722.
- Lara-Peña, R. A., Navas-Parejo, P., & Amaya-Martínez, R. (2020). New conodont data related to the western Ouachita-Marathon-Sonora orogen: Age of the autochthonous Laurentian deformation. *Journal of South American Earth Sciences*, 103, 102763.
- Lara-Peña, R. A., Navas-Parejo, P., & Torres-Martínez, M. A. (2021). Permian autochthony of northwestern Mexico based on conodont paleogeographic relationships with southwestern Laurentia. *Newsletters on Stratigraphy*, 54(3), 363–376.
- Lara-Peña, R. A., Blanco-Ferrera, S., Torres-Martínez, M. A., & Navas-Parejo, P. (2023). CAI and microtextures of low-grade metamorphosed conodonts related to lithological and geological controls. *Palaeoworld*, in press.

- Lawton, T. F., González-León, C. M., Lucas, S. G., & Scott, R. W. (2004). Stratigraphy and sedimentology of the upper Aptian–upper Albian Mural Limestone (Bisbee Group) in northern Sonora, Mexico. *Cretaceous Research*, 25, 43–60.
- Lochman, C. (1948). New Cambrian trilobite genera from northwest Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, 22(4), 451–464.
- Longoria, J. F., & Monreal, R. (2009). The use of planktonic microfossils to resolve chronostratigraphic, tectonic, and paleogeographic uncertainties in the Lower Cretaceous of Eastern Sonora, NW Mexico. En Demchuk T. D., & Gary A. C. (eds.). *Geologic Problem Solving with Microfossils, in honor of Garry D. Jones* (pp. 269–285). SEPM Special Publication 93.
- Löser, H. (2013). The Cretaceous corals from the Bisbee Group (Sonora; Late Barremian–Early Albian): Genus *Stelidioseris* (Actinostrophiaeidae). *Paleontología Mexicana*, 2(1), 79–89.
- Löser, H. (2015). The Cretaceous corals from the Bisbee Group (Sonora; Late Barremian–Early Albian): Solenocoeniidae. *Paleontología Mexicana*, 4(2), 13–24.
- Löser, H. (2016). The Cretaceous corals from the Bisbee Group (Sonora, Mexico; Late Barremian–Early Albian): suborder Heterocoeniina. *Paleontología Mexicana*, 5(1), 41–51.
- Löser, H. (2022). A new coral family and three new genera (Scleractinia) from the Lower Cretaceous of Puebla and Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 39(3), 220–229.
- Lucas, S. G., & González-León, C. M. (1990). Reporte preliminar sobre dinosaurios del Cretácico Tardío de la cuenca de Cabullona, Sonora. *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 7, 1–6.
- Lucas, S. G., & González-León, C. M. (1997). *Cuvieronius* (Mammalia, Proboscidea) de Oquitoa, Sonora. *Geología del Noroeste*, 2, 12–13.
- Lucas, S. G., Kues, B. S., & González-León, C. M. (1995). Paleontology of the Upper Cretaceous Cabullona Group, northeastern Sonora. *Special Papers Geological Society of America*, 143–166.
- Lucas, S. G., Morgan, G., & González-León, C. M. (1997). *Rhynchotherium* (Mammalia, Proboscidea) de San José de Pimas, Sonora. *Geología del Noroeste*, 2, 7–8.
- Lucas, S. G., Estep, J. W., & Molina-Garza, R. S. (1999). Early Jurassic stratigraphy and ammonites at Cerro Pozos de Serna, Sonora, Mexico, and their tectonic significance. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, 6, 357–371.
- Macomb, J. N., & Newberry, J. S. (1876). *Report of the Exploring Expedition: From Santa Fé, New Mexico, to the Junction of the Grand and Green Rivers of the Great Colorado of the West, in 1859*. US Government Printing Office.
- Martínez-Pérez, C., Navas-Parejo, P., Lara-Peña, R. A., Ferrón, H. G., Palafox-Reyes, J., & Botella, H. (2019). Late Devonian (Famennian) Chondrichthyes from Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 39(6), e1764008.
- McMenamin, M. A. (1985). Basal Cambrian small shelly fossils from the La Cienega formation, northwestern Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, 59(6), 1414–1425.
- McMenamin, M. A. (1987). Lower Cambrian trilobites, zonation, and correlation of the Puerto Blanco Formation, Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, 61(4), 738–749.
- McMenamin, M. A. (1996). Ediacaran biota from Sonora, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(10), 4990–4993.
- McMenamin, M., & D'Ambrosio, H. (1997). La biota Ediacara de Sonora. *Geología del Noroeste*, 2, 15–16.
- Miller-Jr, H. W. (1961). Belemnoides del Triásico Superior del Estado de Sonora. *Paleontología Mexicana*, 11, 1–15.
- Monreal, R. (1994). Facies changes, unconformities, stratigraphic juxtapositions and their tectonic implications of the Cretaceous of Cerro de Oro, central Sonora, Mexico. *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 11(1), 1–30.
- Monreal, R. (1997). Microfacies of a Lower Cretaceous marine succession in the Cerro Las Conchas, Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas de la UNAM*, 14(1), 38–49.
- Monreal R., & Longoria, J. F. (2000a). Lower Cretaceous rocks of Sierra Los Chinos, East-central Sonora, México. *Geofísica Internacional*, 39(4), 309–322.
- Monreal, R., & Longoria, J. F. (2000b). Stratigraphy and structure of the Lower Cretaceous of Lampazos, Sonora, (northwest Mexico) and its relationship to the Gulf Coast succession. *AAPG Bulletin*, 84(11), 1811–1831.
- Montaño-Jiménez, T. R. (1988). *Geología del área de El Tigre, noreste de Sonora* (Tesis no publicada). Universidad de Sonora.
- Mora-Villalobos, M. C. (1997). Estudio Sistemático de Amonitas Cretácicas de Sonora: áreas de Lampazos y Cerro de Oro. *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 14(2), 41–66.
- Müelleried, F. K. G., (1933). Estudios paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla. Segunda parte, IV Cretácico. *Anales del Instituto de Biología*, 4, 79–93.
- Müelleried, F. K. G., Miller, A. K., & Furnish, W. M. (1941). The Middle Permian of Chiapas, southernmost Mexico, and its fauna. *American Journal of Science*, 239(6), 397–406.
- Nardin, E., Almazán-Vásquez, E., & Buitrón-Sánchez, B. E. (2009). First report of Gogia (Eocrinoidea – Echinodermata) from the Early Middle Cambrian of Sonora (Mexico), with biostratigraphical and palaeoecological comments. *Geobios*, 42(2), 233–242.
- Navas-Parejo, P. (2018). Bioestratigrafía del Carbonífero de Sonora: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 35(1), 41–53.
- Navas-Parejo, P., Palafox, J. J., Villanueva, R., Buitrón-Sánchez, B. E., & Valencia-Moreno, M. (2017). Mid-Carboniferous shallow-water conodonts from northwest Mexico. *Micropaleontology*, 63(6), 383–402.
- Navas-Parejo, P., & Sandberg, C. A. (2018). Mid-Mississippian Conodont Faunas Document Depositionally Unbroken Connection Between Northwest Sonora and the U.S. Midcontinent. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 50(5).
- Navas-Parejo, P., Martínez, O. R., Palafox, J. J., & Valencia-Moreno, M. (2019). Late Famennian conodonts from the Cerro la Cueva, Sonora, NW Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 91, 108–115.
- Noll, J. (1981). *Geology of the Picacho Colorado area, northern Sierra de Cobachi, central Sonora, México* (Tesis de maestría no publicada). Northern Arizona University.
- Noriega-Ruiz, H. A., Cuen-Romero, F. J., Enríquez-Ocaña, L. F., Sundberg, F. A., Monreal, R., Varela-Romero, A., Palafox-Reyes, J. J., & Grijalva-Noriega, F. J. (2020). Cambrian stratigraphy (Series 2 to Miaolingian) of the El Sahuaral area in central Sonora, Mexico: Biostratigraphic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 103, 102797.
- Noriega-Ruiz, H. A., Cuen-Romero, F. J., Enríquez-Ocaña, L. F., Monreal, R., Chacón-Baca, E., Palafox-Reyes, J. J., & Grijalva-Noriega, F. J. (2022). Quantitative paleoecology of Cambrian (Series 2–Miaolingian) communities from central Sonora, Mexico. *Palaeworld*, 31(4), 607–620.
- Noriega-Ruiz, H. A., Cuen-Romero, F. J., Torres-Martínez, M. A., & Buitrón-Sánchez, B. E. (2023). Helcioneloides (Mollusca-Helcionelloida) del Cámbrico (Miaolingiano, Wuliuano) de la Formación El Gavilán, Sonora central, México. *Paleontología Mexicana*, 12(1), 9–18.
- Nyst, H., & Galeotti, H. (1840). Description de quelques fossils du calcaire jurassique de Tehuacán, au Mexique. *De Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles, Bulletins*, 7(2), 212–221.
- Ochoa-Granillo, J. A., & Sosa-León, J. P. (1993). *Geología y Estratigrafía de la Sierra Agua Verde con énfasis en el Paleozoico, Mátape, Sonora, México* [Tesis de Licenciatura sin publicar]. Universidad de Sonora.
- Palma-Ramírez, A., Bravo-Cuevas, V. M., & Villanueva-Amadoz, U. (2023). First record of *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) from the Blancan of Sonora, Northwestern Mexico. *Historical Biology*. <https://doi.org/10.1080/08912963.2023.2248163>
- Pander, C. H. (1856). *Monographie der fossilen Fische des Silurischen Systems der russisch-baltischen Gouvernements*. Akademie der Wissenschaften.
- Peiffer-Rangin, F. (1988). *Biostratigraphic study of Paleozoic rocks of the northeastern*. Unpublished manuscript on file with J.H. Stewart,

- US Geological Survey, Menlo Park, CA, and F.G. Poole, US Geological Survey, Denver, CO.
- Peiffer-Rangin, F., Echavarrí-Pérez, A., Salas-Pizá, G., & Rangin, C. (1980). Sur la présence de l'Ordovicien supérieur à graptolites dans le nord-ouest du Mexique: Paris. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série D*, 290, 13–16.
- Pérez-Ramos, O. (1986). *Coalcomana ramosa* (Boehm), rudista (Molusca-Bivalvia) del Albiano temprano de la región de Santa Ana, Sonora. *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 3(1), 11–17.
- Pérez-Ramos, O. (1988). Estudio estratigráfico de algunos rudistas de Sonora. *Boletín del Departamento de Geología Unison*, 5(1,2), 41–51.
- Pérez-Segura, E., & Jacques-Ayala, C. (1991). Introduction in Studies of Sonoran Geology. *GSA Special Papers*, 254, 1–5.
- Pfefferkorn, I., [1795] (1983). *Descripción de la provincia de Sonora: Libro segundo*, trad. de Armando Hopkins Durazo. Gobierno del Estado de Sonora.
- Poole, F.G., & Hayes, P.T. (1971). Depositional framework of some Paleozoic strata in northwestern Mexico and southwestern United States. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 3(2), 1–74.
- Rangin, C. (1977). Sobre la presencia del Jurásico Superior con amonitas en Sonora Septentrional. *Revista del Instituto de Geología*, 1, 1–4.
- Rémond, A. (1866). Notice of Geological Exploration in Northern Mexico. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 3, 244–247.
- Reyes-Montoya, D. R., Cuen-Romero, F. J., Gámez-Meza, N., Palafox-Reyes, J. J., Monreal, R., Navas-Parejo, P., Enríquez-Ocaña, F., Sundberg, F. A., & Grijalva-Noriega, F. J. (2023a). Stratigraphy of the Cambrian (Miaolingian to Furongian) and Ordovician (Tremadocian) west of Arivechi, eastern Sonora, Mexico: Implications on the Cambrian-Ordovician boundary. *Journal of South American Earth Sciences*, 129, 104538.
- Reyes-Montoya, D. R., Cuen-Romero, F. J., Navas-Parejo, P., Gámez-Meza, N., Palafox-Reyes, J. J., & Gutiérrez-Marco, J. C. (2023b). Early Tremadocian graptolites from the Arivechi area, Sonora, northern Mexico. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 72(1), 90–93.
- Riva, J. F., & Ketner, K. B. (1989). Ordovician graptolites from the northern Sierra de Cobachi, Sonora, Mexico. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences*, 80, 71–90.
- Robert, E., Samaniego-Pesqueira, A., Moreno-Bedmar, J. A., & González-León, C. M. (2018). Aptian and Albian (Early Cretaceous) ammonites from Lampazos and the Bisbee groups (Sonora State, northwest Mexico). *Cretaceous Research*, 86, 1–23.
- Roemer, F. (1849). *Texas. Mit besondere Rücksicht auf deutsche Auswanderung und die physischen Verhältnisse des Landes nach eigener Beobachtung geschildert*. bei Adolph Marcus b gedruckt bei Carl Georgi.
- Roemer, F. (1852). *Die Kreidebildungen von Texas und ihre organischen Einschlüsse*. A. Marcus.
- Roldán-Quintana, J. (2011). Evolución del conocimiento de la geología de Sonora, México. In Calmus, T. (ed.). *Panorama de la geología de Sonora, México* (pp. 1–24). *Boletín del Instituto de Geología*, 118 (1), 1–24.
- Samaniego-Pesqueira, A., Moreno-Bedmar, J. A., Álvarez-Sánchez, L. F. (2021). Upper Aptian ammonite biostratigraphy of the Agua Salada and Mural formations, Sonora State, northwest Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 112, 103558.
- Schlothem, E. F. (1820). Die Petrefactenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte durch die Beschreibung seiner Sammlung versteinerter und fossiler Überreste des Thier- und Pflanzenreichs der Vorwelt. *Becker'sche Buchhandlung, Gotha*, 432 pp.
- Scholz, A., Aberhan, M., & González-León, C. M. (2008). Early Jurassic bivalves of the Antimonio terrane (Sonora, NW Mexico): Taxonomy, biogeography, and paleogeographic implications. *The Geological Society of America, Special Paper*, 442, 269–312.
- Scott, R. W. (2007). Late Aptian-Early Albian bivalves of the Comanchean and Sonoran shelves. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 39, 7–39.
- Scott, W., & González-León, C. (1991). Paleontology and biostratigraphy of Cretaceous rocks, Lampazos area, Sonora, Mexico. In Pérez-Segura, E., & Jacques-Ayala, C. (Eds.). *Studies of Sonoran Geology. GSA Special Papers*, 254, 1–5.
- Silva-Pineda, S. (1961). Flora fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del estado de Sonora. *Paleontología Mexicana*, 11, 3–37.
- Sour-Tovar, F., & Hernández-Barbosa, A. (2018). *Rusophycus* y *Cruziana*, galerías y rastros de trilobites del Terreneuviano (Cámbrico inferior) de la Formación Puerto Blanco, Noroeste de Sonora, México. Implicaciones paleoambientales. *Paleontología Mexicana*, 7(1), 1–11.
- Stanley, G. D., González-León, C., Sandy, M. R., Senowbari-Daryan, B., Doyle, P., Tamura, M., & Erwin, D. H. (1994). Upper Triassic invertebrates from the Antimonio Formation, Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, 68(4), 1–33.
- Stewart, J. H., McMenamin, M. A. S., & Morales-Ramírez, J. M. (1984). Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico—Physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies, and regional relations. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1309, 36 p.
- Stewart, J. H., Forrest, G. P., Harris, A. G., Repetski, J. E., Wardlaw, B. R., Mamet, B. L., & Morales-Ramírez, J. M. (1999). Neoproterozoic(?) to Pennsylvanian inner-shelf, miogeoclinal strata in Sierra Agua Verde, Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 16(1), 35–62.
- Stoyanow, A. (1942). Paleozoic paleogeography of Arizona. *Bulletin of the Geological Society of America*, 53(9), 1255–1282.
- Sundberg, F. A., & Cuen-Romero, F. J. (2021). Trilobites from the Crepicephalus Zone (upper Guzhangian Stage, Miaolingian Series, Cambrian) from northern Sonora, Mexico, and its correlation to Arizona and Texas, USA. *Journal of South American Earth Sciences*, 108, 103185.
- Taliaferro, N. L. (1933). An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, Mexico. *The Journal of Geology*, 41(1), 12–37.
- Underwood, J. R. (1964). Edwin Theodore Dumble. *The Southwestern Historical Quarterly*, 68(1), 53–78.
- Vega-Granillo, R. (1996). Geología de la Sierra de Mazatán. *Boletín del Departamento de Geología*, 13(1), 89–102.
- Velázquez-Heras, J. E., Castillo-Gámez, R. A., Monreal, R., Cuen-Romero, F. J., Enríquez-Ocaña, L. F., & Buitrón-Sánchez, B.E. (2022). Paleocology of a Lower Cretaceous (lower Albian) marine community of Cerro de Oro, central Sonora, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 113, 103667.
- Verneuil, E., & Collomb, E. (1853). Coup d'œil sur la constitution géologique de quelques provinces de l'Espagne. *Bulletin de la Société géologique de France*, 10, 61–147.
- Vicente, A., Sanjuan, J., Eaton, J. G., & Villanueva-Amadoz, U. (2020). The oldest record of North American *Lychnothamnus* (northeastern Sonora, Mexico): Implications for the evolution, ecology, and paleogeographic distribution of the genus. *Aquatic Botany*, 167, 103271.
- Villalpando, M. E., Gallaga, E., & Martínez, J. (1993). Legislación sobre los restos fósiles. Geología del Noroeste. *Publicación de la Estación Regional del Noroeste*, 2(1), 14–15.
- Villanueva-Amadoz, U., Calvillo-Canadell, L., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2014). Síntesis de los trabajos paleobotánicos del Cretácico en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(1), 97–121.
- Villaseñor, A. B., Olóriz, F., & González-Arreola, C. (2000). Recent advances in Upper Jurassic (Kimmeridgian-Tithonian) ammonite biostratigraphy of north-central Mexico based on recently collected ammonite assemblages. *Geo Research Forum*, 6, 249–262.
- Villaseñor, A. B., González-León, C. M., Lawton, T. F., & Aberhan, M. (2005). Upper Jurassic ammonites and bivalves from the Cucurpe Formation, Sonora (Mexico). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22(1), 65–87.
- Weber, R., Ferriz, S. R. C., Cortés, A. L., Franco, A. O., & Sochet, S. S. (1979). Los estromatolitos del Precámbrico tardío de los alrede-

dores de Caborca, Estado de Sonora; parte 1, Reconstrucción de *Jacutophyton* Shapovalova e interpretación paleoecológica preliminar. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 3(1), 9-23.

Wilson, I. F., & Rocha, V. S. (1949). Coal deposits of the Santa Clara district, near Tonichi, Sonora, Mexico. *Geological Survey Bulletin*, 962-A, 80 p.