



Gasterópodos del Cretácico temprano de la región de Pihuamo, Jalisco, México. Consideraciones paleoecológicas y paleogeográficas

Early Cretaceous gastropods from the Pihuamo region, Jalisco, Mexico. Paleoecological and paleogeographic considerations

Cuadros Mendoza, Iván Manuel^a ; Buitrón Sánchez, Blanca Estela^{b,*} 

^a División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

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

* blancab@unam.mx

Resumen

Se describen gasterópodos que proceden de una potente secuencia sedimentaria marina constituida por rocas volcánico-clásticas con lentes de caliza de la Formación Encino del Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano) en el Cerro de Tuxpan, municipio de Pihuamo al sureste del estado de Jalisco, México. El análisis del contenido fosilífero de la región sugiere un ambiente de depósito que corresponde a un mar transgresivo de agua somera y cálida, con periodos de vulcanismo explosivo y periodos de tranquilidad que permitió el desarrollo de bancos de rudistas donde proliferaron foraminíferos y gasterópodos. La presencia de especies de invertebrados de la región de Pihuamo en Jalisco que también se encuentran en otras localidades del occidente de México (Baja California, Sonora, Chihuahua, Michoacán, Colima, Guerrero), del centro (Puebla) y de otros países extranjeros como Estados Unidos de América, países del Caribe, Perú, Brasil, España, Egipto, Siria y Libano sugiere que se desarrollaron en mares del Dominio del Tethys durante el Aptiano-Albiano.

Palabras clave: Cretácico Inferior, Gasterópodos, México, paleoecología, paleogeografía.

Abstract

Gastropods are described that come from a powerful marine sedimentary sequence consisting of volcano-clastic rocks with limestone lenses from the Encino Formation of the Lower Cretaceous (Aptian-Albian in Cerro de Tuxpan, municipality of Pihuamo in the southeast of the state of Jalisco, Mexico). The analysis of the fossil content of the region suggests a deposit environment that corresponds to a transgressive sea of shallow and warm water; with periods of explosive volcanism and periods of tranquility that allowed the development of rudist banks where foraminifera and gastropods proliferated. The presence of invertebrate species from the Pihuamo region of Jalisco that are also present in other locations in western Mexico (Baja California, Sonora, Chihuahua, Michoacán, Colima, Guerrero), the center (Puebla) and other foreign countries such as United States of America, Caribbean countries, Peru, Brazil, Spain, Egypt, Syria and Lebanon suggests that they developed in the seas of the Dominion of the Tethys during the Aptian-Albian.

Palabras clave: Gastropods, Lower Cretaceous, México, paleoecology, paleogeography.

Manuscrito recibido: Noviembre 4, 2021.

Manuscrito corregido: Diciembre 10, 2021.

Manuscrito aceptado: Diciembre 13, 2021.

1. Introducción

Durante el Cretácico temprano hubo una significativa evolución de invertebrados marinos entre ellos, foraminíferos, radiolarios, corales, briozoarios, bivalvos, gasterópodos, amonoideos y equinoides. El océano predominante fue el Mar de Tethys de agua cálida que se localizó en gran parte de la zona ecuatorial del planeta y en la franja entre Brasil y África (Sohl, 1969; 1987; Días-Brito, 2000; Pons y Vicens, 2012; Arai, 2014; Carvalho *et al.*, 2016; Pereira *et al.*, 2016; 2017).

En los diversos bordes continentales se desarrolló una biota abundante y diversa de invertebrados que, en ocasiones formaron bioconstrucciones, principalmente de bivalvos rudistas en asociación con gasterópodos. Actualmente, se tiene registro de fósiles de moluscos del Dominio del Tethys durante el Aptiano-Albiano en lugares como Estados Unidos de América, México, países del Caribe, Perú, Brasil, España, Egipto, Siria, Líbano y África (Olsson, 1934; Maury, 1936; Delpy, 1940; Stanton 1947; Allison, 1955; Mahmoud, 1955; Sohl, 1969, 1987; Kollmann y Sohl, 1979; Kase, 1984; Mennessier, 1984; Sohl y Kollmann, 1985; Buitrón, 1986; Scott, 1995; Buitrón y Gómez-Espinosa, 2003; Pereira *et al.*, 2016, 2017). Procedentes del municipio de Pihuamo, Jalisco se han descrito diversos fósiles de gasterópodos y rudistas del Cretácico temprano que habitaron en plataformas calcáreas próximas a arcos volcánicos (Buitrón *et al.*, 1978; Pantoja *et al.*, 1978; Alencáster, 1986; Alencáster y Pantoja, 1986; Buitrón 1986; Pantoja y Estrada, 1986; Páez, 1992; Buitrón y López Tinajero, 1995).

2. Trabajos previos

La región de Pihuamo se localiza entre los municipios de Tuxpan y Tecalitlán al sureste del estado de Jalisco y próxima a los estados de Michoacán y Colima (Figura 1). Los trabajos realizados en esta región han sido enfocados sobre la geología de los alrededores de la mina de hierro El Encino (Pantoja *et al.*, 1978; Pantoja y Estrada, 1986).

Piñeiro (1972) realizó el primer estudio de las rocas volcano-sedimentarias de la Formación Encino expuestas en el Cerro de Tuxpan y nombró informalmente a esta secuencia como tobas Encino. Pantoja *et al.* (1978) publicaron sobre la estratigrafía de las formaciones Encino y Vallecitos que afloran en el Arroyo de la Navidad y propuso dos miembros para cada unidad. Buitrón *et al.* (1978) estudiaron una secuencia estratigráfica del Cerro de Tuxpan y mencionan la presencia de diversos grupos de gasterópodos, rudistas y foraminíferos orbitolínidos del Aptiano-Albiano. Pantoja y Estrada (1986) hicieron la descripción detallada de la geología y estratigrafía en las cercanías de la mina de hierro El Encino en el estado de Jalisco.

En el trabajo de Buitrón (1986) se describen distintas especies de gasterópodos procedentes de afloramientos cretácicos del Cerro de Tuxpan, entre ellas *Otostoma*



Figura 1. Localización geográfica del Cerro de Tuxpan, estado de Jalisco. Modificado de Pantoja y Estrada (1986).

japonicum (Nagao, 1934), *Microschiza* (*Cloughtonia*) *scalaris* (Conrad, 1852), *Mesoglauconia* (*Mesoglauconia*) *burnsi* (Stanton, 1947), *Mesoglauconia* (*Triglauconia*) *kleinpelli* (Allison, 1955), *Gymnentome* (*Gymnentome*) *paluxiensis* (Stanton, 1947), *Gymnentome* (*Gymnentome*) *zebra* (Gabb, 1869), *Cassiope* sp. cf. *C. branneri* (Hill, 1893), *Pyrazus* (*Echinobathra*) *valeriae* (Verneuil y Lorière, 1868), *Pyrazus* (*Echinobathra*) *vicinum* (Verneuil y Lorière, 1868), *Aptyxiella* sp., *Aptyxiella* *supracostata* (Stanton, 1947) y *Ptygmamatis* *tomasensis* (Allison, 1955).

Alencáster (1986) y Alencáster y Pantoja (1986) dan a conocer diversas especies de rudistas recolectados en los alrededores de Pihuamo y entre ellas *Coalcomana* *ramosa* (Boehm, 1898) que es un fósil índice del Albiano temprano. Páez (1992) realizó la prospección geológica-paleontológica de la Formación Encino, cuyos afloramientos se distribuyen ampliamente al noreste de la región de Tamazula, particularmente en las localidades del valle de Soyatlán de Adentro, el Arroyo Agua Dulce y la ladera oeste del Cerro de La Lumbre. En el presente trabajo se complementa el conocimiento sobre las asociaciones de gasterópodos, previamente estudiadas por Buitrón (1986) y Cuadros-Mendoza (2018) procedentes del Cerro de Tuxpan, región de Pihuamo, estado de Jalisco.

3. Marco geológico

Las rocas que afloran en la región de Pihuamo son del Cretácico Inferior de las formaciones Tecalitlán (Neocomiano-Aptiano), Encino (Aptiano superior-Albiano inferior) y Vallecitos (Albiano inferior). Estas unidades fueron propuestas formalmente por Pantoja y Estrada (1986).

La Formación Tecalitlán está conformada por rocas volcánicas y sedimentarias del Neocomiano-Albiano que afloran en varias localidades de Jalisco como en el Cerro

de Tuxpan, Peña Blanca de Atenquique, Jilotlancillo y la región entre Contla y Tamazula. La unidad consiste en una serie de derrames porfídicos de composición riolítica, dacítica y andesítica que se alterna con margas y calizas arrecifales con foraminíferos orbitolínidos y rudistas, el espesor máximo medido de esta formación es de 4000 m. Se estima que el origen de las rocas volcánicas corresponde a un arco magmático insular que se inició en el Jurásico tardío y que continuó durante el Cretácico temprano (Pantoja y Estrada, 1986; Páez, 1992).

La Formación Encino sobreyace en discordancia angular a la Formación Tecalitlán con un espesor máximo de aproximadamente 1200 m y consiste en una secuencia de sedimentos distribuidos en dos miembros (Pantoja y Estrada, 1986; Páez, 1992). El Miembro Inferior del Aptiano superior está conformado por rocas volcano-clásticas y sedimentarias marinas que incluyen conglomerados y caliza arrecifal con rudistas (Pantoja *et al.*, 1978; Páez, 1992). También contiene lentes de caliza con fósiles de foraminíferos orbitolínidos, briozoos, bivalvos rudistas, fragmentos de crinoides, gasterópodos nerineidos y casiópodos cuyo depósito ocurrió en un ambiente de plataforma calcárea, en parte arrecifal de agua somera (Pantoja y Estrada, 1986). Los gasterópodos estudiados proceden de afloramientos de la Formación Encino.

El Miembro Superior corresponde al Albiano inferior y sobreyace transicionalmente a los estratos del Miembro Inferior por una secuencia de tobas, lodolita, arenisca calcárea, lentes de caliza y conglomerado (Pantoja y Estrada, 1986). Páez (1992) reportó la presencia de lentes de caliza con abundantes fósiles de moluscos del Aptiano tardío e inicios del Albiano temprano (Figura 2).

La Formación Vallecitos tiene la localidad tipo en los alrededores de la ranchería Vallecitos y pertenece al Albiano inferior de acuerdo con el estudio de fósiles de rudistas. Está compuesta por aproximadamente 350 m de abundantes tobas, derrames de roca volcánica y horizontes de caliza arrecifal. Los fósiles en esta unidad son escasos y consisten en algunos rudistas y bivalvos del género *Chondrodonta*, que habitaron en un mar tropical de agua somera (Pantoja *et al.*, 1978; Pantoja y Estrada, 1986).

4. Paleontología sistemática

El material descrito se encuentra depositado en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria Delegación Coyoacán 04510 CDMX con los números de catálogo IGM12956–IGM12993. La sistemática aquí empleada se fundamenta en los trabajos de Nagao (1934), Kase (1984) y Bouchet *et al.* (2017).

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758

Clase Gastropoda Cuvier, 1795



Figura 2. Columna estratigráfica de la Formación Encino de la región de Pihuamo, Jalisco (Modificada de Páez, 1994).

Orden Caenogastropoda Cox, 1959
 Familia Cassiopidae Kollmann, 1979
 Género *Gymnentome* Cossmann, 1909
 Subgénero *Gymnentome* Cossmann, 1909

Gymnentome (Gymnentome) suturosa (Nyst y Galeotti, 1840)

Figura 3A y 3B

Cerithium suturosum Nyst y Galeotti, 1840, p. 215, fig. 4.

Glauconia suturosa (Nyst y Galeotti) Aguilera, 1906 (Tabla).

Cassiope suturosa (Nyst y Galeotti) Alencáster, 1956, p. 31, lám. 7, fig. 8.

Descripción. La concha es de forma turritada con ángulo apical de 20°, la vuelta del cuerpo es más ancha que las vueltas anteriores de lados convexos con la abertura circular, presenta dos costillas espirales redondeadas intercaladas con líneas de crecimiento; la espira es alta, de forma cónica, con seis vueltas, la sutura es ligeramente acanalada, tiene dos líneas espirales de tubérculos conspicuos de forma cuadrangular y próximos a la sutura.

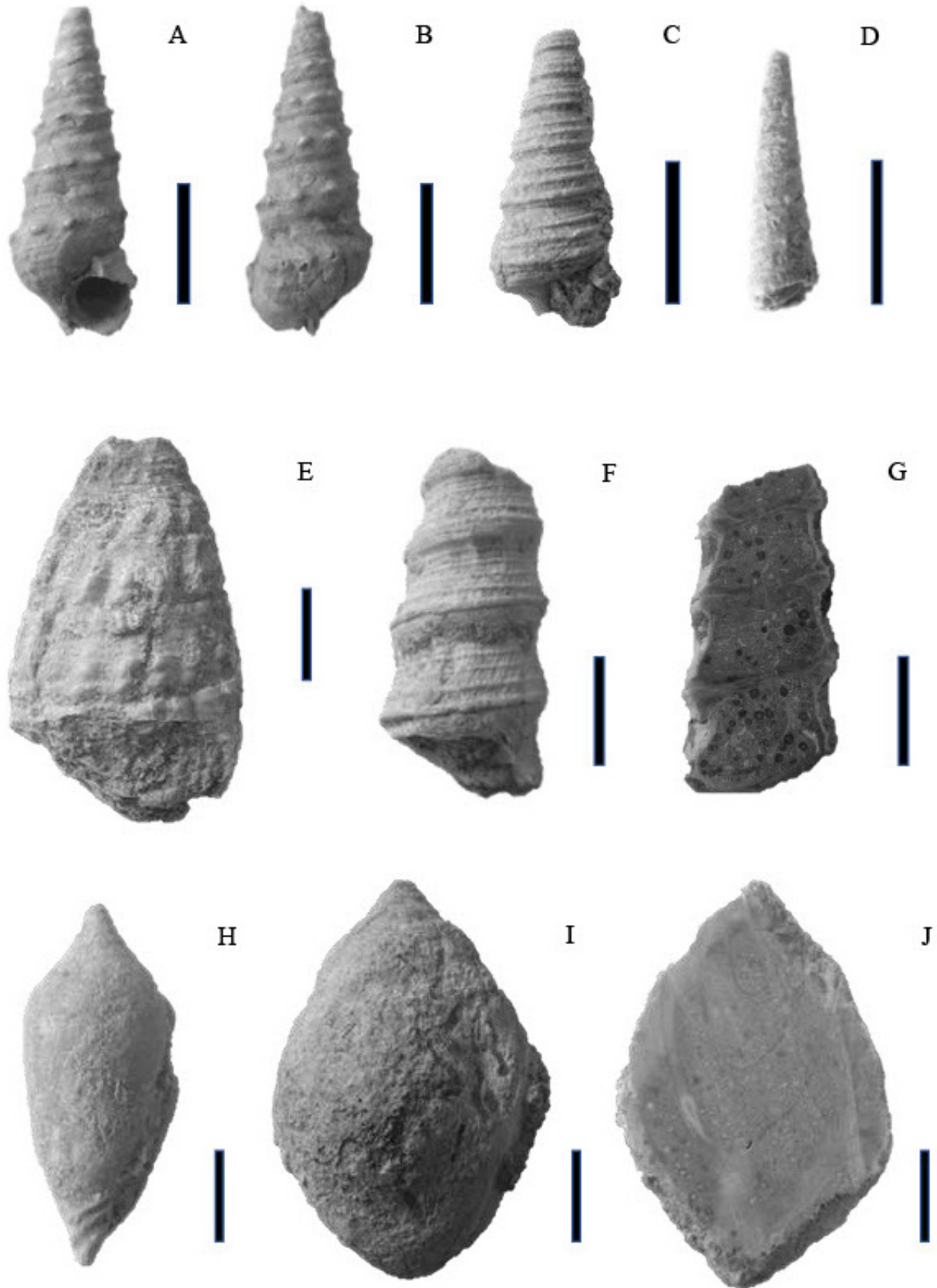


Figura 3. Gasterópodos de la región de Pihuamo, Jalisco, la barra negra representa 1 cm. A–B. *Gymnentome (Gymnentome) suturosa* (Nyst y Galeotti). C. *Pseudomesalia (Pseudomesalia) trilineata* Mahmoud. D. *Turritella delriensis* Stanton. E. *Cimolithium miyakoense* (Nagao). F–G. *Nerinea incisa* Giebel. H. *Trochactaeon (Neocylindrites) cumminsi* (Stanton) Sohl y Kollmann. I–J. *Peruviella dolium* Roemer.

Ejemplar	Ancho máximo (mm)	Altura máxima (mm)
IGM12956	13	37

Discusión. *Gymnentome (Gymnentome) suturosa* (Nyst y Galeotti, 1840) fue descrita por Alencáster (1956, p. 31, lám. 7, fig. 11) como *Cassiope suturosa* (Nyst y Galeotti) de la Formación San Juan Raya (Aptiano) del estado de Puebla. El ejemplar recolectado en las rocas de la Formación Encino presenta ligeras diferencias morfológicas con el descrito por Alencáster (Ibid), que consisten en la forma más definida de la ornamentación con los tubérculos más notables, debido a su excelente conservación.

Género *Pseudomesalia* Douvillé, 1916
 Subgénero *Pseudomesalia* Douvillé, 1916
Pseudomesalia (Pseudomesalia) trileneata Mahmoud
 1955
 Figura 3C

Pseudomesalia trileneata Mahmoud 1955 p. 137, lám 14, figs. 15–16.

Pseudomesalia (Pseudomesalia) trileneata Mahmoud; Mennessier 1984, p. 48, lám. 11, fig. 19.

Descripción. La concha es turrizada, holostomada con vueltas convexas de sutura ligeramente acanalada, el ángulo apical es aproximadamente de 21°. La ornamentación de la concha consiste en cordones espirales con nódulos que en su mayoría son más amplios que los espacios intermedios; la vuelta del cuerpo tiene cuatro líneas de cordones con espacios estrechos, la abertura es ovalada con el labio interno ancho y el labio externo estrecho.

Ejemplar	Ancho de la última vuelta (mm)	Altura máxima (mm)
IGM12957	13	32
IGM12958	12	31
IGM12959	12	28
IGM12960	12	28
IGM12961	14	27
IGM12962	14	27
IGM12963	13	23
IGM12964	15	22
IGM12965	11	22
IGM12966	16	20
IGM12967	12	17
IGM12968	10	16

Discusión. *Pseudomesalia (Pseudomesalia) trileneata* fue descrita por Mahmoud (1955) del Albiano superior de Gebel Manzour, Massif du Moghan Sinai Egipto. Mennessier (1984, p. 48, lám 11, fig. 19) realizó la revisión sistemática de los gasterópodos de la familia Cassiopidae y actualizó la de esta especie.

Familia Procerithiidae Cossmann, 1905
 Subfamilia Metacerithiinae Cossmann, 1906
 Género *Cimolithium* Cossmann, 1906

Cimolithium miyakoense (Nagao, 1934)
 Figura 3E

Cerithium (Cimocerithium?) miyakoense Nagao, 1934, p. 254–255, lám. 36, figs. 1–10.

Non *Cimolithium miyakoense* (Nagao) Allison, 1955, p. 418, lám. 41, fig. 4.

Cimolithium miyakoense (Nagao) Perrilliat 1968, p. 20, lám 4, fig. 2.

Cimolithium miyakoense (Nagao) Hayami y Kase, 1977, p. 174, lám. 6, fig. 11.

Cerithium (Cimocerithium?) miyakoense (Nagao) Kase, 1984, p. 137–138, lám. 20, figs. 18–19.

Descripción. La concha es piramidal con ángulo apical de 30°, presenta nueve vueltas que aumentan ligeramente de tamaño con los lados convexos, la vuelta del cuerpo es más ancha que alta y tiene la abertura de forma ovalada. La ornamentación consiste en que cada vuelta presenta várices anchas, salientes y cercanas entre dos suturas, también se observan hileras espirales de cordones de tubérculos pequeños, cuadrangulares con los interespacios estrechos.

Ejemplar	Ancho de la última vuelta (mm)	Altura máxima (mm)
IGM12969	44	60
IGM12970	32	49
IGM12971	26	34
IGM12972	21	34

Discusión. *Cimolithium miyakoense* (Nagao) fue descrita de la Arenisca Hiraiga y Akito del distrito de Miyako en Honshu, Japón (Nagao, 1934, p. 254–255, lám. 36, figs. 1–10). Yabe y Hanzawa (1926, p. 20) confirman la edad para el Cretácico Inferior. También fue referida para la Formación Alisitos (Cretácico Inferior) de Punta China, Baja California, México (Allison, 1955, p. 41, fig. 6). Perrilliat (1968, p. 20, lám 4, fig. 29) la citó para la Formación Rosario del Cretácico Inferior en Baja California, México. Kase (1984, p. 137–138, lám. 20, figs. 18–19) la describió de la Formación Hiraiga que aflora en el área de Miyako, Japón.

Familia Turritellidae Lovén, 1847
 Género *Turritella* Lamarck, 1799

Turritella delriensis Stanton, 1947
 Figura 3D

Turritella delriensis Stanton, 1947, p. 74, lám. 56,
 fig. 15.

Descripción. La concha es de forma turritada con diez vueltas que aumentan ligeramente de tamaño hacia la abertura, presenta sutura impresa. Los lados son rectos y la abertura es oval a ligeramente cuadrada. La ornamentación de la concha consiste en tres costillas prominentes y finas liras que se encuentran entre las costillas.

Ejemplar	Ancho última vuelta (mm)	Altura máxima (mm)
IGM12973	5	19
IGM12974	5	16
IGM12975	4	13

Discusión. *Turritella delriensis* fue descrita por Stanton (1947, p. 74, lám. 56, fig. 15.) de la Formación Denton (Albiano) localizada aproximadamente a 4 km al oeste de Denison en Grayson County, próximo a la localidad de Pecos River en Val Verde County, Texas, EUA. Stanton (Ibid) mencionó que existen varias especies de turritélidos de tamaño pequeño que están relacionadas con la descrita, entre ellas se encuentran *Turritella leonensis* Conrad y *T. seriatim-granulata* Roemer de la Formación Pawpae cercana a Denison, Grayson County, pero con menor tamaño.

Orden Entomotaeneata Cossmann Cossmann, 1896
 Familia Actaeonellidae Pcelincev, 1954
 Género *Trochactaeon* Meek, 1863
 Subgénero *Neocylindrites* Sayn, 1932

Trochactaeon (Neocylindrites) cumminsi (Stanton) Sohl y Kollmann, 1985
 Figura 3H

Trochactaeon cumminsi Stanton, 1947, p. 111, lám. 63,
 figs. 3–6, 13.

Trochactaeon parvus Stanton, 1947, p. 112, lám. 63,
 figs. 1, 2.

Actaeonella parvus (Stanton), Allison, 1955 p. 429,
 lám. 44, fig. 5.

Trochactaeon (Neocylindrites) cumminsi (Stanton) Sohl y Kollmann, 1985 p. 53, lám. 4, fig. 4, lám. 9,
 figs. 9–19.

Descripción. La concha es pupiforme con el ángulo apical de 60°, presenta ocho vueltas, las vueltas de la espira son ligeramente convexas con sutura impresa. La vuelta del cuerpo es subcilíndrica, más alta que las vueltas anteriores,

con la abertura estrecha, el labio interno con tres pliegues y el externo poco aparente, la superficie está marcada por líneas de crecimiento finas y casi rectas.

Ejemplar	Díámetro máximo (mm)	Altura máxima (mm)
IGM12976	20	38
IGM12977	18	36
IGM12978	16	36
IGM12979	17	34
IGM12980	14	31
IGM12981	17	30
IGM12982	12	29
IGM12983	13	28
IGM12984	10	24
IGM12985	8	15

Discusión. La especie es muy variable, particularmente en la forma y proporción relativa de la espira. Inicialmente fue descrita por Stanton (1947, p. 111, lám. 63, figs. 3–6, 13) del Cretácico de la Caliza Devil Rivers, Río Grande Galvestons, Harrisburg y San Antonio, Texas, EUA. Sohl y Kollmann (1985 p. 53, lám. 4, figs. 1–4, lám. 9, figs. 9–19) la citan de varias localidades, entre ellas la Caliza Devil River, Condado Val Verde del Grupo Washita (Albiano) y la Caliza Edwards Condado Kerr, Río Colorado cerca de Austin, Texas, EUA. Allison (1955, p. 429, lám. 44, fig. 5) la describe como *Actaeonella parvus* (Stanton) de la Formación Alisitos (Albiano) Baja California, México. Buitrón *et al.* (2003, p. 185, figs. 6g, h) la estudiaron de la Formación San Lucas (Aptiano-Albiano) de los estados de Michoacán y Guerrero, México.

Familia Itieriidae Cossmann 1896
 Género *Peruviella* Olsson, 1944

Peruviella dolium Roemer 1849
 Figura 3I y 3J

Actaeonella dolium Roemer 1849, p. 411, lám. 67,
 figs. 1, 3, 4, 7, 10–12; Roemer 1852, p. 43, lám. 4,
 fig. 4; Stanton 1947, p. 109, lám. 67, figs. 1, 3, 4,
 7, 10–12.

Volvulina texana (Roemer) Adkins 1928, p. 196,
 lám. 11, fig. 3.

Peruviella dolium Kollmann y Sohl, 1979 p a14,
 figs. 4e–g, 6f–k; Sohl y Kollmann, 1985, lám. 8,
 fig. 2.

Descripción. La concha es fusiforme a suboval, convoluta con la espira oculta, tiene el ángulo apical de 80° y el ombligo estrecho. La superficie de la concha es casi lisa, mostrando solo líneas de crecimiento finas y ligeramente curvadas, el labio interno tiene tres pliegues

espirales moderadamente prominentes. La concha presenta impresiones de vermes serpúlicos.

Ejemplar	Ancho máximo (mm)	Altura máxima (mm)
IGM12986	25	52

Discusión. *Actaeonella dolium* Roemer fue descrita por Stanton (1947, p. 109, lám. 67, figs. 1, 3, 4, 7, 10–12) del Cretácico Inferior de Fredericksburg y de Sierra Blanca Hudspeth County, Texas, EUA. *Peruviella dolium* es una especie con gran polimorfismo y es cercana a *P. gerthi* descrita del Albiano de Texas, EUA, Perú y Brasil (Kollmann y Sohl, 1979, p. A13, figs. 4d, 5f–k).

Familia Nerineidae Zittel, 1873
Género *Nerinea* Deshayes, 1827

Nerinea incisa Giebel, 1853
Figura 3F y 3G

Nerinea sp. ind. Roemer, 1849, p. 412; Roemer, 1852, p. 41, lám. 4, fig. 8.

Nerinea incisa Giebel, 1853, p. 364; Dietrich, 1925, p. 130, lám. 31; Adkins, 1928, p. 186; Stanton, 1947, p. 84, lám. 56, figs. 6, 7, 10, 11.

Descripción. La concha es de forma cilíndrica, umbilicada con vueltas bajas y anchas que aumentan ligeramente de tamaño y con lados cóncavos separados por sutura acanalada. La morfología interna consiste en la presencia de dos pliegues, uno columelar angosto y curvado ligeramente hacia la parte superior y otro parietal, largo y angosto en dirección hacia el labio externo. La ornamentación de la concha consiste en cordones gruesos de forma rectangular, contiguos situados en la parte inferior y superior de las vueltas, entre los cordones se encuentran líneas espirales finas.

Ejemplar	Ancho última vuelta (mm)	Altura máxima (mm)
IGM12987	19	45
IGM12988	15	36
IGM12989	14	28
IGM12990	15	27
IGM12991	12	24
IGM12992	13	21
IGM12993	10	15

Discusión. *Nerinea incisa* Giebel fue descrita en numerosas localidades del Albiano de Texas, EUA (Stanton, 1947, p. 84, lám. 56, figs. 6, 7, 10, 11).

5. Consideraciones paleoecológicas

Los gasterópodos de Pihuamo son característicos de facies someras en los mares tropicales epicontinentales cretácicos (Mennessier, 1984), la excelente preservación de las conchas sugiere que fueron depositados *in situ*, pues no se observan indicios de transporte. Dentro de las facies lagunares calcáreas predominan los nerineidos (*Nerinea incisa* Giebel), los acteonélidos (*Peruviella dolium* Kollmann y Sohl, *Trochactaeon* (*Neocylindrites*) *cumminsi* Stanton; Sohl y Kollmann) junto con rudistas fueron importantes componentes de la comunidad bentónica durante el Cretácico (Sohl y Kollmann, 1985).

Los nerineidos constituyeron un grupo de gasterópodos que habitaron océanos tropicales poco profundos asociados a otros organismos como corales, rudistas y ostreidos por lo que son buenos indicadores de facies arrecifales y periarrecifales del Jurásico y Cretácico (Buitrón y Barceló-Duarte, 1978; Kollmann 2014). El género *Peruviella* ha sido encontrado en calizas marinas del Albiano en Estados Unidos de América, México, Perú, Brasil y África, donde se hallaron asociados a otros organismos marinos de agua tropical y somera del Dominio del Tethys (Figura 4; Kollmann y Sohl, 1979; Sohl y Kollmann, 1985).

Los nerineidos y acteonélidos del género *Trochactaeon* que presentan conchas gruesas son indicadores de hábitos epifaunales en fondos firmes (Sohl y Kollmann, 1985; Vaughan, 1988). La diversidad y abundancia de la fauna marina de la Formación Encino de la región de Pihuamo está compuesta por una gran cantidad de especímenes que formaron los bancos de rudistas y nerineidos durante periodos donde no había actividad del arco magmático.

6. Consideraciones paleobiogeográficas

Durante el lapso del Aptiano temprano al Albiano tardío, México se encontraba invadido por el Océano del Tethys el cual se extendía mayormente en la zona ecuatorial (separando a Norteamérica y Eurasia de Sudamérica y África) y en la franja entre Brasil y África (Pons y Vicens, 2012; Arai, 2014). En las costas de este océano se desarrollaron colonias de rudistas que formaron gruesas plataformas calcáreas (Pons y Vicens, 2012) y en la zona del Golfo de México fueron importantes para la formación de diversos sistemas petroleros.

Entre los invertebrados asociados a los rudistas estaban los gasterópodos como los casiópodos (Familia Cassiopidae), los acteonélidos (Familia Itieriidae), los turritélidos (Familia Turritellidae) y los nerineidos (Familia Nerineidae). En el Dominio del Tethys, esta biota se extendía del suroeste de los Estados Unidos de América, del oeste al sureste de México, regiones del Caribe, el este de Brasil, el Mediterráneo y Japón (Verneuil y Lorière, 1868; Nagao, 1934; Olsson, 1934; Maury, 1936; Delpy, 1940; Stanton

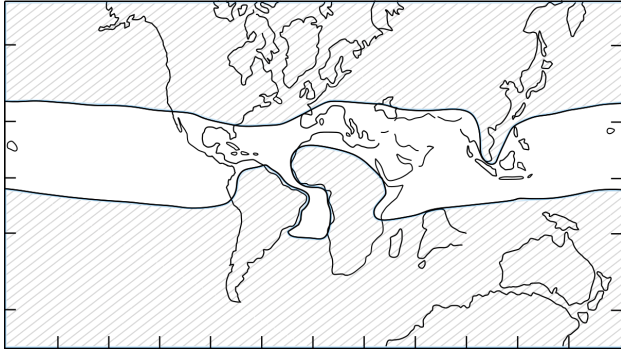


Figura 4. En la parte central en color blanco se muestra la distribución del Mar del Tethys durante el Cretácico temprano (Modificada de Sohl, 1987).

1947; Allison, 1955; Mahmoud, 1955; Sohl, 1969, 1987; Kollmann y Sohl, 1979; Kase, 1984; Mennessier, 1984; Sohl y Kollmann, 1985; Buitrón, 1986; Allmon, 1988; Allmon y Knight, 1993; Buitrón y Gómez-Espinosa, 2003; Pereira *et al.*, 2016, 2017).

Sohl (1969) propuso tres regiones con base en asociaciones de gasterópodos en la zona ecuatorial del Dominio del Tethys para el Cretácico Inferior:

1. La región del Caribe, América Central y Baja California con afinidades del Tethys Mediterráneo.
2. La región de la Planicie Costera del Golfo de México y la del Interior Occidental con afinidad con faunas del norte de Europa.
3. La región de California con afinidad a las faunas del Indo-Pacífica.

Sohl (1969) también señaló que los límites de estas provincias cambiaron expandiéndose o contrayéndose con el tiempo, debido a las variaciones de temperaturas durante el Cretácico. Las faunas de los moluscos marinos en el Dominio del Tethys no solo se encontraban controladas por la temperatura sino también por las barreras geográficas. La distribución de los gasterópodos realizada por Sohl (1987) sugirió que estos organismos se localizaban en regiones paralelas al Ecuador sobre las costas de las dos masas continentales superior e inferior del Tethys.

Sin embargo, diversos afloramientos en Brasil con fósiles marinos del Aptiano demuestran que las asociaciones de gasterópodos pueden extenderse a latitudes mayores debido a que parte del borde oriental de Brasil se encontraba invadido por el mar debido a una transgresión marina de origen eustático (Días-Brito, 2000; Arai, 2014; Carvalho *et al.*, 2016; Pereira *et al.*, 2016, 2017).

Los gasterópodos del municipio de Pihuamo se correlacionan con otros del Aptiano-Albiano de México como la Formación Alisitos (Baja California), San Fernando (Baja California), el área de Lampazos (Sonora), Arivechi (Sonora), en La Encantada (Chihuahua), Caliza Aurora (Chihuahua, Coahuila, Durango), al noreste de Tamazula (Jalisco), la región de Ahuacatlán (Querétaro), la Formación Madrid (Colima), la Formación Tepalcates (Michoacán), las regiones de Cocuaro y Los Llanos (Michoacán), la

Formación el Cajón (Michoacán), la Formación San Lucas (Michoacán-Guerrero), la Formación Mal Paso (Michoacán-Guerrero), (Gabb, 1869; Boese, 1910; Allison, 1955; Perkins, 1960; Perrilliat, 1968; Buitrón *et al.*, 1978, 1995, 2003; Buitrón y Barceló-Duarte, 1980; González-León y Buitrón, 1984; Herrera *et al.*, 1984; Valdez, 1984; Buitrón y Rivera-Carranco, 1985; Buitrón, 1986, 1993a; Almazán-Vázquez, 1988, 1990; Páez, 1992; Alencáster y Pantoja, 1993; Buitrón y Pantoja, 1994, 1998; Buitrón y López-Tinajero, 1995; Buitrón y Gómez Espinosa, 2003; Payne *et al.*, 2004).

Los gasterópodos descritos de la región de Pihuamo, Jalisco asociados a foraminíferos orbitolinidos, rudistas y otros bivalvos que habitaron en una plataforma marina cercana a un arco volcánico de actividad intermitente y siendo los momentos de tranquilidad los que permitieron el desarrollo de la biota (Pantoja *et al.*, 1978; Alencáster y Pantoja, 1986; Pantoja y Estrada, 1986; Páez, 1992, Buitrón 1993b).

7. Conclusiones

Se dan a conocer por primera vez para la región de Pihuamo, Jalisco moluscos gasterópodos de las especies *Gymnentome (Gymnentome) suturosa* (Nyst y Galeotti), *Pseudomesalia (Pseudomesalia) trileneata* Mahmoud, *Cimolithium miyakoense* (Nagao), *Turritella delriensis* Stanton, *Trochactaeon (Neocyndrites) cumminsi* (Stanton), *Peruviella dolium* Roemer, *Nerinea incisa* Giebel del Aptiano superior-Albiano inferior.

La comunidad fósil de la Formación Encino se desarrolló en un ambiente de depósito que corresponde a un mar transgresivo tropical en los márgenes del Océano del Tethys y próximo a un arco volcánico caracterizado por periodos de vulcanismo explosivo y periodos de tranquilidad. La similitud de especies de invertebrados de la región sureste de Jalisco con otras regiones del occidente de México (Baja California, Michoacán, Colima) y del centro (Puebla), sur (Chiapas) del país y de otras regiones del mundo, Estados Unidos de América, (Texas), España, entre otros que sugiere se desarrollaron en mares del Dominio del Tethys.

Reconocimiento

Este trabajo está dedicado al Dr. Ismael Ferrusquía Villafranca, investigador titular del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México en reconocimiento por su exitosa trayectoria académica. El Dr. Ferrusquía ha dedicado más de 50 años al estudio de la geología del sur de México, asimismo fue pionero del estudio de los vertebrados fósiles de México e iniciador de un grupo de trabajo sobre el tema. También fundador y presidente de la Sociedad Mexicana de Paleontología.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los editores la revisión crítica del manuscrito y sus valiosas sugerencias que contribuyeron a mejorar el trabajo. Agradecemos al editor en jefe Dr. Josep Anton Moreno Bedmar, a la responsable de la Unidad Editorial Mtra. Sandra Ramos Amezcua y al formador Mtro. León Felipe Álvarez por su apoyo editorial en este artículo.

Referencias

- Adkins, W.S., 1928. Handbook of Texas Cretaceous fossils: University of Texas Bulletin, 2838, 1–385.
- Aguilera, J.G., 1906, Excursión de Tehuacán a Zapotitlán en San Juan Raya: México, D.F.: X Congreso Geológico Internacional, Libro-guía de la excursión 7, 1–27.
- Alencáster, G., 1956, Pelecípodos y gasterópodos del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya-Zapotitlán, estado de Puebla: *Paleontología Mexicana* 2, 1–47.
- Alencáster, G., 1986, Nuevo rudista (Bivalvia-Hippuritacea) del Cretácico Inferior de Pihuamo, Jalisco: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 47(1), 47–54. doi: 10.18268/BSGM1986v47n1a4.
- Alencáster, G., Pantoja, J., 1986, *Coalcomana ramosa* (Boehm) (Bivalvia-Hippuritacea) del Albiano temprano del Cerro de Tuxpan, Jalisco: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 47(1), 33–46. doi: 10.18268/BSGM1986v47n1a3.
- Alencáster, G., Pantoja, J., 1993, Early Aptian rudists from Huetamo region, southwestern Mexico (resumen), *en* Alencáster, G., Buitrón, B. E. (eds.), *Third International Conference on Rudists: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Proceedings*, p. 4.
- Allison, E.C., 1955, Middle Cretaceous gastropods from Punta China, Baja California, Mexico: *Journal of Paleontology*, 29(3), 400–432.
- Allmon, W.D., 1988, Ecology of Recent Turritelline Gastropods (Prosobranchia, Turritellidae): *Current Knowledge and Paleontological Implications: PALAIOS* 3(3), 259–284. doi: 10.2307/3514657.
- Allmon, W.D., Knight, J.L., 1993, Paleocological Significance of a Turritelline Gastropod-Dominated Assemblage in the Cretaceous of South Carolina: *Journal of Paleontology* 67(3), 355–360. doi: 10.1017/S002233600036830.
- Almazán-Vázquez, E., 1988., Marco paleosedimentario y geodinámico de la Formación Alisitos en la península de Baja California: *Revista Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 7(1), 41, 44.
- Almazán-Vázquez, E., 1990, Fauna Aptiano-Albiana del Cerro las Conchas, Sonora centro-oriental: *Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León* 4, 153–173.
- Arai, M., 2014, Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective *Brazilian Journal of Geology* 44(2), 339–350. doi: 10.5327/Z2317-4889201400020012.
- Boehm, D., 1898, Ueber Caprinidenkalke aus Mexico: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 50, 323–332.
- Boese, E., 1910, Monografía Geológica y Paleontológica del Cerro de Muleros cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua y descripción de la fauna Cretácea de La Encantada, placer de Guadalupe, estado de Chihuahua: *Boletín del Instituto Geológico de México* 25, 1–193.
- Bouchet, P., Rocroi, J.P., Hausdorf, B., Kaim, A., Kano, Y., Nützel, A., Parkhaev, P., Schrödl, M., Strong, E.E., 2017, Revised classification, nomenclator and typification of gastropod and monoplacophoran families: *Malacologia* 61(1–2), 1–526. doi: 10.4002/040.061.0201.
- Buitrón, B.E., 1986, Gasterópodos del Cretácico (Aptiano tardío–Albiano temprano) del cerro de Tuxpan, Jalisco: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 47(1), 17–31. doi: 10.18268/BSGM1986v47n1a2.
- Buitrón, B.E., 1993a, Aptian gastropods from the Huetamo-San Lucas Region, State of Michoacán Mexico en *Third International Conference on Rudists, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Proceedings*, p. 9.
- Buitrón, B.E., 1993b, Mollusk gastropods in Early Cretaceous Rudist-Bearing Formation of Jalisco, SW, México en *Third International Conference on Rudists, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Proceedings*, p. 10.
- Buitrón, B.E., Barceló-Duarte, J., 1978, Nerineidos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Temprano de la región de San Juan Raya Puebla (resumen), *en* *Sociedad Geológica Mexicana IV Convención Geológica Nacional: México, Sociedad Geológica Mexicana, XXXIX (1)*, p. 12.
- Buitrón, B.E., Barceló-Duarte, J., 1980, Nerineidos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya, Puebla: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 4(1), 46–55.
- Buitrón, B.E., Gómez-Espinosa, C., 2003, Cretaceous (Aptian-Cenomanian) Gastropods of Mexico and their Biogeographic Implications, *en* Bartolini, C., Buffler, R.T., Blickwede, J.F., (eds.), *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics: AAPG Memoir* 79, 403–418.
- Buitrón, B.E., López-Tinajero, Y., 1995, Mollusk gastropods in a Lower Cretaceous rudist-bearing formation of Jalisco, west central Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 12(2), 157–168.
- Buitrón, B.E., Pantoja, J., 1994, Esponjas perforantes de moluscos del Cretácico Temprano en la región centro occidental de México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 11(2), 222–231.
- Buitrón, B.E., Pantoja, J., 1998, Albian gastropods of the rudist-bearing Mal Paso Formation, Chumbituro region, Guerrero, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 15(1), 14–20.
- Buitrón, B.E., Rivera-Carranco, S., 1985, Nerineidos (Gastropoda-Nerineidae) cretácicos de la región de Huetamo-San Lucas, Michoacán: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana XVI (1–2)*, 65–78. doi: 10.18268/BSGM1985v46n1a3.
- Buitrón, B.E., Pantoja, J., Alencáster, G., 1978, Secuencia estratigráfica del Cretácico Inferior del Cerro de Tuxpan, Jalisco (resumen), *en* *Sociedad Geológica Mexicana IV Convención Geológica Nacional: México, Sociedad Geológica Mexicana XXXIX (1)*, p. 12.
- Buitrón, B.E., Pantoja, J., Romo, E., 2003, Gasterópodos cretácicos Aptiano-Albiano de la región de San Lucas estados de Michoacán y Guerrero, *en* Soto, L.A. (ed.), *Agustín Ayala-Castañares: universitario, impulsor de la investigación científica: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 177–186.

- Carvalho, M.A., Bengtson, P., Lana, C.C., 2016, Late Aptian (Cretaceous) paleoceanography of the South Atlantic Ocean inferred from dinocyst communities of the Sergipe Basin: *Paleoceanography* 31, 2–26. doi: 10.1002/2014PA002772.
- Conrad, T.A., 1852, Description of the fossils of Syria, collected in the Palestine expedition, *en* Lynch, W.F. (ed.), *Official Report of the US Expeditions to Explore the Dead Sea and the River Jordan*, 211–235, 16 láms.
- Cuadros-Mendoza, I., 2018. Moluscos (Scaphopoda, Bivalvia, Gastropoda) del Cretácico Temprano de la región de Tuxpan, Jalisco, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis profesional, 81 pp.
- Delpey, G., 1940, Les gastéropodes mesozoïques de la région libanaise: Notes et mémoires de la Section d'études géologiques du Haut-Commissariat de la République française en Syrie et au Liban 3, 5–324.
- Dias-Brito, D., 2000, Global stratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology of Albian-Maastrichtian pithonellid calcispheres: impact on Tethys configuration: *Cretaceous Research* 21, 315–349. doi: 10.1006/cres.2000.0196.
- Dietrich, O., 1925, *Fossilium catalogus 1: Animalia, part 31, Gastropoda Mesozoica. Family Nerineidae*: Junk Berlin, 1–164.
- Gabb, W.M., 1869, Cretaceous and Tertiary fossils: *Geological Survey of California, Palaeontology* 2, 1–299, 36 láms. doi: 10.5962/bhl.title.66714.
- Giebel, C.G., 1853, Beitrag zur Palaeontologie des Texanischen Kreidegebirges: *Naturwissenschaft Vereinigung für Sachsen und Thüringen in Halle, Jahresbericht* 5, 358–375.
- González-León, C., Buitrón, B.E., 1984, Bioestratigrafía del Cretácico Inferior del Área de Lampazos, Sonora, México (resumen) en III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Memoria: México, Instituto de Geología, 371–375.
- Hayami, I., Kase, T., 1977, A systematic survey of the Paleozoic and Mesozoic Gastropoda and Paleozoic Bivalvia from Japan. Tokyo: University Museum, University of Tokyo 13, 1–155.
- Herrera, S., Bartolini, C., Pérez-Ramos, Buitrón, B.E., 1984, Paleontología del Área de Lampazos, Sonora: *Boletín del Departamento de Geología* 1, 50–59.
- Hill, R.T., 1893, Paleontology of the Cretaceous formations of Texas; the invertebrate paleontology of the Trinity division: *Proceedings of the Biological Society of Washington* 8, 9–40.
- Kase, T., 1984, Early Cretaceous marine and brackish-water Gastropoda from Japan: *National Science Museum, Tokyo*, 1–263.
- Kollmann, H.A., 1979, Gastropoden Aus Den Losensteiner Schichten Der Umgebung von Losenstein (Oberösterreich). 3. Teil: Cerithiacea (Mesogastropoda): *Annalen Des Naturhistorischen Museums in Wien* 82, 11–51.
- Kollmann, H.A., 2014, The extinct Nerineoidea and Acteonelloidea (Heterobranchia, Gastropoda): a palaeobiological approach: *Geodiversitas* 36(3), 349–383. doi: 10.5252/g2014n3a2.
- Kollmann, H.A., Sohl, N.F., 1979, Western Hemisphere Cretaceous Itieriidae gastropods: U.S. Geological Survey Professional Paper 1125-A, A1–A15.
- Mahmoud, I.G.E., 1955, Études paléontologiques sur la faune crétacique du massif du Moghara, Sinaï, Egypte: *Publications de l'Institut du Desert d'Égypte*, 8, 1–195, 19 láms.
- Maury, C.J., 1936, O Cretaceo de Sergipe: *Brazil: Serviço Geologico e Mineralogico* 11, 1–283.
- Menessier, G., 1884, Révision des gastéropodes appartenant a la famille des Cassiopiidae Kollmann (=Glauconiidae Pchelinshev): *Travaux du Département de géologie de l'Université de Picardie* 1, 1–190.
- Nagao, T., 1934, Cretaceous Mollusca from the Miyako District, Honshu, Japan: *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University Series* 4(3), 177–278.
- Nyst, H., Galeotti, H., 1840, Description des Mollusques et Rayonnés Fossiles. Tehuacán au Mexique: *Royal Academy Bruxelles Bulletin* 7, 212–221.
- Olsson, A.A., 1944, Contributions to the paleontology of northern Peru: the Cretaceous of the Amotape region: *Bulletins of American paleontology*, 20(69), 1–102.
- Páez, V., 1992, Geología del área de Tamazula, estado de Jalisco: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis profesional 1–90.
- Pantoja, J., Estrada, S., Alencáster, G., 1978, Estratigrafía del Cretácico Inferior de la mina El Encino, municipio de Pihuamo, Jalisco (resumen), en *Sociedad Geológica Mexicana IV Convención Geológica Nacional: México, Sociedad Geológica Mexicana, XXXIX(1)*, 28–29.
- Pantoja, J., Estrada, S., 1986, Estratigrafía de los alrededores de la mina de fierro de El Encino, Jalisco: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 47(1), 1–11. doi: 10.18268/BSGM1986v47n1a1.
- Payne, J.L., Johnson, M.E., Ledesma-Vázquez, J., 2004, Lower Cretaceous Alisitos Formation at Punta San Isidro: Coastal sedimentation and volcanism: *Ciencias Marinas* 30(2), 365–380.
- Pereira, P.A., Cassab, R.C.T., Barreto, A.M.F., 2016, Cassiopiidae gastropods, influence of Tethys Sea the Romualdo Formation (Aptian-Albian), Araripe Basin, Brazil: *Journal of South American Earth Sciences* 70, 211–223. doi: 10.1016/j.jsames.2016.05.005.
- Pereira, P.A., Cassab, R.C.T., Barreto, A.M.F., 2017, Paleoecologia e Paleogeografia dos Moluscos e Equinoides da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, Brasil: *Anuário do Instituto de Geociências* 40(2), 180–198. doi: 10.11137/2017_2_180_198.
- Perkins, B.F., 1960, Biostratigraphic studies in the Comanche (Cretaceous) series of northern Mexico and Texas: *Geological Society of America Memoirs*, 83, 1–167.
- Perrilliat, M.C., 1968, Fauna del Cretácico y del Terciario del norte de Baja California: *Paleontología Mexicana*, 25, 1–36.
- Piñeiro, F., 1972, Descripción de las unidades litoestratigráficas de la Formación Tobas-Encino, Pihuamo, Jal.: *Archivo técnico, Las Encinas, S.A. (Informe inédito)*.
- Pons, J.M., Vicens, E., 2012, Los rudistas, objetivo del interés paleontológico de la Dra. Alencáster. Morfología de la concha de los rudistas: *Paleontología Mexicana* 62, 37–40.
- Roemer, C.F., 1849, Texas, Mit besonderer Rücksicht auf deutsche Auswanderung und die physischen Verhältnisse des Landes nach eigener Beobachtung geschildert, 1–464.
- Roemer, C.F., 1852, Die Kreidebildungen von Texas und ihre organischen Einschlfisse, 1–100, 11 láms. doi: 10.5962/bhl.title.15015.
- Scott, R., 1995, Cretaceous rudists of Guatemala: *Revista mexicana de ciencias geológicas* 12(2), 294–306.
- Sohl, N.F., 1969, North America Cretaceous Boitic Provinces Delineated by Gastropods: *North America Paleontological Convention*, 1610–1637.
- Sohl, N.F., 1987, Gastropods: Contrasts between Tethys and the Temperate Provinces: *Journal of Paleontology* 61(6), 1085–1111. doi: 10.1017/S0022336000029486.

- Sohl, N.F., Kollmann, H.A., 1985, Cretaceous Actaeonellid Gastropods from the Western Hemisphere: Geological Survey Professional Paper 1304, 1–104.
- Stanton, T.W., 1947, Studies of some Comanche pelecypods and gastropods: U. S. Geological Survey, Professional Paper 211, 256 pp. doi: 10.3133/pp211.
- Valdez, G.M.R., 1984, Gasterópodos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Temprano de Cocuaro y Los Llanos, Michoacán, México (resumen), en III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Memoria: México, Instituto de Geología, 289–295.
- Vaughan, P.G., 1988, Cretaceous nerineacean gastropods systematics affinities and paleoecology: Manchester UK, Manchester open Universit, Tesis doctoral, 273 pp.
- Verneuil, E., Lorière, G., 1868, Description des fossiles du Néocomien Supérieur de Utrillas et ses environs (Province de Teruel): Matériaux Paleontologie de l'Espagne, 9, 1–30.
- Yabe, H., Hanzawa, S., 1926, Geologic age of Orbilolina-bearing rocks of Japan: Tohoku Imperial University Sciences Repts., 2(9), 13–20.