

Nuevos registros de osículos columnares de crinoideos del Pérmico (Cisuraliano temprano) de Chiapas, México

New records of columnar ossicles of crinoids from the Permian (early Cisuralian) of Chiapas, Mexico

Gilberto Huitrón-Vargas¹, Miguel A. Torres-Martínez^{2,*}

¹ Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida de los Barrios 1, Hab Los Reyes Iztacala, Barrio de los Árboles-Barrio de los Héroes, Tlalnepantla de Baz, 54090, Estado de México, México.

² Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Avenida Universidad 3000, Coyoacán, 04510, CDMX, México.

* Autor para correspondencia: (M. Torres-Martínez) miguelatm@geologia.unam.mx

Cómo citar este artículo:

Huitrón-Vargas, G., Torres-Martínez, M.A., 2023, Nuevos registros de osículos columnares de crinoideos del Pérmico (Cisuraliano temprano) de Chiapas, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 75 (2), A120423. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a120423>

Manuscrito recibido: 15 de febrero de 2023.

Manuscrito corregido: 2 de abril de 2023.

Manuscrito aceptado: 16 de abril de 2023.

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia [CCBY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

RESUMEN

Se describe una nueva asociación, compuesta por 10 morfoespecies de osículos columnares de crinoideos pertenecientes a ocho morfogéneros diferentes. La biota está compuesta por *Cylindrocauliscus fiski*, *Cyclocaudex* cf. *plenus*, *Cyclocaudex costatus*, *Preptopremnum* cf. *rugosum*, *Preptopremnum laeve*, *Heterosteichus jeffordsi*, *Cycloscapus laevis*, *Cyclocaudiculus regularis*, *Nothrosterigma merum* y *Cyclogruperia minor*. Los ejemplares se encontraron en rocas de la Formación Gruperia del Aseliiano-Sakmariano (Pérmico inferior), perteneciente a la sucesión del Carbonífero-Pérmico que aflora en la región de Chicomuselo, al sureste del territorio mexicano. Del material descrito, se detectó la primera ocurrencia de *C. costatus*, *P. rugosum*, *C. laevis* y *N. merum* para Chiapas. Asimismo, destaca el primer registro de *N. merum* para México, el cual junto con *P. rugosum* son reportados por primera vez para el Cisuraliano de Norteamérica. Pese a la controversia sobre la utilidad de los osículos de crinoideos como fósiles índice, por sus amplios alcances estratigráficos, fue posible denotar que los taxones descritos, en conjunto, señalaban una edad aproximada del Aseliiano-Sakmariano (Cisuraliano temprano), sugerida previamente para la formación. El hallazgo de los osículos, asociados a otros invertebrados marinos filtradores como briozoos y braquiópodos, aunado al tipo de conservación y las características litológicas de las rocas portadoras permitieron establecer que el paleoambiente de depósito se relacionaba con facies de aguas someras de alta energía, bien iluminadas y con un aporte constante de terrígenos. Respecto a la paleobiogeografía, se observa que la distribución de los crinoideos estuvo relacionada con la historia geológica de la región, la cual estuvo influenciada por los cambios oceánicos y continentales ocurridos a raíz de la formación del supercontinente Pangea a finales del Pensilvánico. Esto favoreció el surgimiento de provincialismos genéricos y específicos en Norteamérica.

Palabras clave: osículos de crinoideos, Aseliiano – Sakmariano, Formación Gruperia, paleoambiente, paleobiogeografía.

ABSTRACT

We described a new association of 10 morphospecies of crinoid columnar ossicles from eight different morphogenera. The biota includes *Cylindrocauliscus fiski*, *Cyclocaudex* cf. *plenus*, *Cyclocaudex costatus*, *Preptopremnum* cf. *rugosum*, *Preptopremnum laeve*, *Heterosteichus jeffordsi*, *Cycloscapus laevis*, *Cyclocaudiculus regularis*, *Nothrosterigma merum*, and *Cyclogruperia minor*. The specimens were located in rocks from the Gruperia Formation of Asselian-Sakmarian age (lower Permian). The lithostratigraphic unit belongs to the Carboniferous-Permian succession that outcrops in the Chicomuselo region in southeastern Mexico. It is recorded the first occurrence of *C. costatus*, *P. rugosum*, *C. laevis*, and *N. merum* for the Cisuralian of North America. Likewise, it highlights the first record of *N. merum* in Mexico, which along with *P. rugosum* are reported for the first time in the Cisuralian of North America. Despite controversy over the usefulness of crinoid ossicles as index fossils, it was possible relating the rocks of the locality studied to an approximate Asselian-Sakmarian age (early Cisuralian), previously suggested for the formation. Furthermore, the find of ossicles associated with other filtering marine invertebrates such as bryozoans and brachiopods, as well as preservation and lithological features of the rocks, allowed establishing that the depositional paleoenvironment was related to shallow water facies of high energy, well-illuminated, and with an important terrigenous supply. Regarding paleobiogeography, the distribution of crinoids was associated with the region's geologic history, which was influenced by oceanic and continental changes that occurred during the formation of the Pangea supercontinent in the Late Pennsylvanian. This favored the emergence of generic and specific provincialisms in North America.

Keywords: Crinoid ossicles, Asselian – Sakmarian, Gruperia Formation, paleoenvironment, paleobiogeography.

1. Introducción

El estado de Chiapas se caracteriza por ser uno de los estados de México donde se pueden encontrar rocas de diferentes eras geológicas. En particular, el Paleozoico se encuentra representado por diferentes conjuntos de sucesiones litológicas que se encuentran ampliamente expuestas en el estado. El primero es el denominado Masizo Granítico, que aflora al extremo oeste de Chiapas, el cual se compone de granitoides y orthogneises deformados con intercalaciones de rocas metasedimentarias del Paleozoico superior (Weber *et al.*, 2007). El otro conjunto está conformado por una sucesión sedimentaria que aflora al extremo sureste de México, la cual tiene correlación estratigráfica con las unidades paleozoicas de Guatemala y Honduras (Kling, 1960; Hernández-García, 1973). Dicha sucesión se compone de tres unidades litoestratigráficas del Carbonífero-Pérmico: Formación Santa Rosa (Misisípico Medio-Pensilvánico Medio), Formación Grupera (Cisuraliano inferior) y Formación Paso Hondo (Cisuraliano superior-Guadalupeano inferior) (Hernández-García, 1973; Weber *et al.*, 2006; Torres-Martínez *et al.*, 2019).

A pesar de que las rocas y la biota paleozoica de estas formaciones fueron reportadas desde finales del siglo XIX por Dollfus y Montserrat (1868) y Sapper (1896), los estudios realizados con las faunas de las diferentes unidades estratigráficas habían sido muy escasos, incluso habiendo muchos grupos taxonómicos desconocidos para el país. En los últimos años se han desarrollado la mayoría de los trabajos paleontológicos para esta área, en los que ha quedado de manifiesto la gran diversidad de grupos marinos presentes en la región. No obstante, la mayoría de estos estudios se han enfocado en el reporte y la descripción de los invertebrados depositados en la Formación Paso Hondo, considerada como la unidad con mayor diversidad biótica, incluyendo gasterópodos, microcónquidos, hederelloideos, briozoos, braquiópodos y crinoideos (Torres-Martínez *et al.*, 2016, 2018, 2019, 2021; Heredia-Jiménez *et al.*, 2020; Quiroz-Barroso *et al.*, 2021). En el caso de la For-

mación Grupera, las publicaciones con fósiles se han limitado a los trabajos de Thompson y Miller (1944) con fusulinidos, Reyeros de Castillo (1976) con corales rugosos y Torres-Martínez *et al.* (2020) con crinoideos, destacando la amplia falta de información que persiste sobre el conocimiento de los organismos marinos que habitaron la región a inicios del Pérmico, y en particular, durante el depósito de la Formación Grupera.

Siendo así, el objetivo de este trabajo fue describir la asociación de osículos columnares de crinoideos presentes en una nueva localidad de la Formación Grupera, discutiendo sobre la importancia de este registro fósil y de sus implicaciones estratigráficas y paleobiogeográficas para la región.

2. Marco geológico

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

La localidad trabajada aflora en cercanía al camino que une los poblados de Paso Hondo y Frontera Comalapa, en dirección este-oeste, específicamente entre las coordenadas 15° 41' 10" N y 92° 03' 15" W (Figura 1). Las muestras se encontraban depositadas en areniscas calcáreas de grano fino pertenecientes a la Formación Grupera (Asseliano-Sakmario). Los ejemplares fósiles consisten principalmente en piezas desarticuladas y rodadas de tallos y estructuras de anclaje (holdfast) de crinoideos de diferentes tamaños. Estos se encontraron asociados con algunos braquiópodos rinconélidos, briozoos y posibles fragmentos de corales rugosos.

2.2 ESTRATIGRAFÍA GENERAL

En el sureste del territorio chiapaneco, aflora una de las sucesiones de rocas del Carbonífero-Pérmico más extensas de todo el país, la cual se compone de las formaciones Santa Rosa (Misisípico Superior-Pensilvánico Medio), Grupera (Asseliano-Sakmario) y Paso Hondo (Artinskiano-Roadiano) (Hernández-García, 1973; Torres-Martínez *et al.*, 2019). Dicha

sucesión inicia con la Formación Santa Rosa, cuyo espesor es de aproximadamente 3000 m, compuesta de pizarra, conglomerado de cuarzo, arenisca y lutita arcillosa, las cuales presentan una alternancia con caliza (Gutiérrez-Gil, 1956; Hernández-García, 1973). Descansando discordantemente sobre la Formación Santa Rosa se encuentra la Formación Grupera, compuesta en su base de 400 m de lutita silicificada alternada con caliza mal estratificada; mientras que en la parte media y superior están presentes estratos bien definidos de lutita, arenisca y caliza (Gutiérrez-Gil, 1956). Sobreyaciendo a la Formación Grupera se presenta la Formación Paso Hondo, la cual consiste de aproximadamente 600 m de caliza gris oscuro, masiva, con mala estratificación, con presencia de nódulos y vetillas de pedernal negro en algunos estratos. Además, hacia la base se pueden observar rocas carbonatadas arcillosas (Gutiérrez-Gil, 1956; Torres-Martínez *et al.*, 2017).

3. Paleontología sistemática

Los ejemplares que se describen se encuentran depositados en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM. El material está catalogado con el acrónimo IGM (Instituto Geológico Mexicano) con su número correspondiente. La terminología y clasificación de los osículos columnares están basadas en la propuesta parataxonomía de Moore y Jeffords (1968).

Clase Crinoidea Miller, 1821

[Grupo Cyclici] Moore y Jeffords, 1968

Familia Cyclomischidae Moore y Jeffords, 1968

Género *Cylindrocauliscus* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Cylindrocauliscus fiski* Moore y Jeffords, 1968. Pensilvánico Medio. Texas, Estados Unidos.

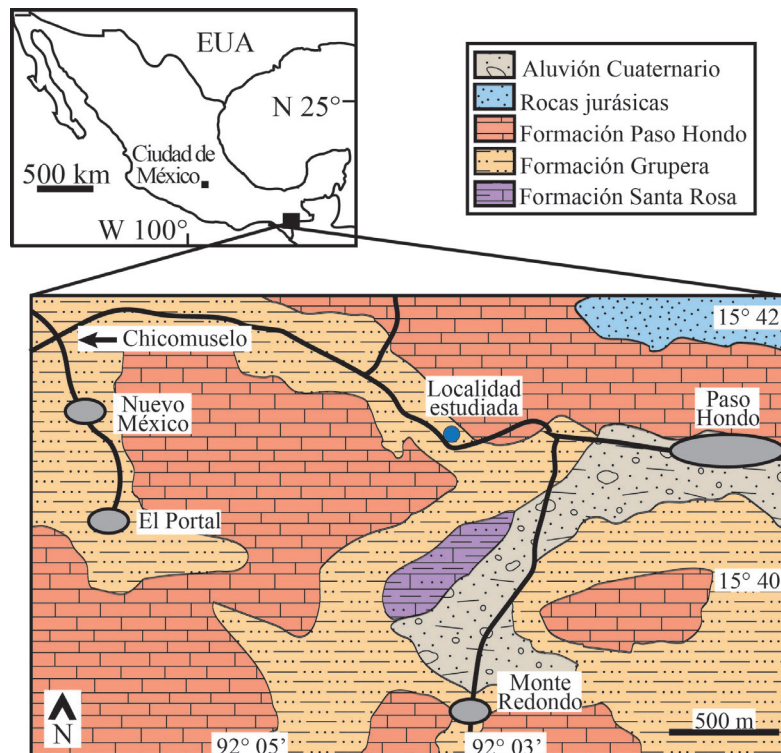


Figura 1 Ubicación geográfica de la localidad estudiada de la Formación Grupera (modificado de Jiménez-Hernández *et al.*, 2005).

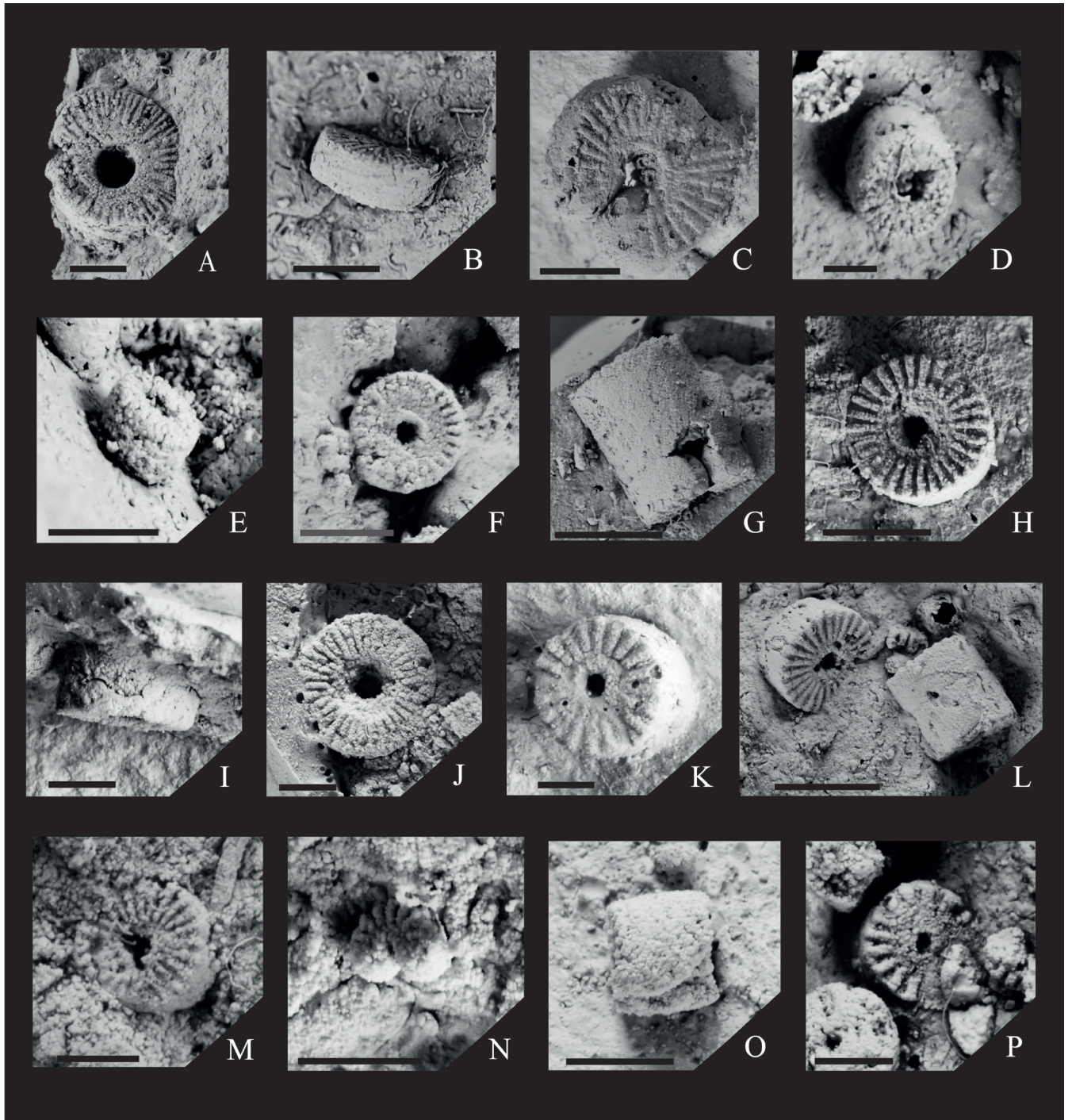


Figura 2 A) *Cylindrocauliscus fiski*, faceta articular, IGM 13131. B) *Cyclocaudex* cf. *plenus*, faceta articular en vista lateral, IGM 13132. C) *Cyclocaudex costatus*, faceta articular, IGM 13133. D, E) *Preptopremnum* cf. *rugosum*, faceta articular y vista lateral, IGM 13134. F) *Preptopremnum leave*, faceta articular, IGM 13135. G, H) *Heterostealechus jeffordsi*, vista lateral de columnar, IGM 13136; faceta articular, IGM 13137. I, J) *Cycloscapus laevis*, vista lateral, IGM 13139; faceta articular, IGM 13140. K, L) *Cyclocaudiculus regularis*, faceta articular, IGM 13142; vista lateral de columnar, IGM 13143. M, N) *Nothrosterigma merum*, faceta articular, IGM 13145; faceta articular fragmentada, IGM 13146. O, P) *Cyclogruperia minor*, vista lateral, IGM 13148; faceta articular, IGM 13147. Todos los especímenes ilustrados representan moldes de caucho. Escala = 2 mm.

Cylindrocauliscus fiski Moore y Jeffords, 1968

Figura 2A

Descripción. Columnas de perfil ligeramente convexo y liso, faceta circular con crenulario más ancho que la areola, cúlmenes bifurcados y rectos, más anchos que las crenelas; areola chica y lisa; lumen mediano.

Material. Un espécimen (IGM 13131).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmariano), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. *Cyclocaudex plenus* de la Formación Thrifty del Pensilvánico Medio de Texas (Moore y Jeffords, 1968), se diferencia de *C. fiski* en su lumen, ya que este posee uno más pequeño, con areola más estrecha y presencia de un perilumen; además, los cúlmenes son más numerosos y finos. *Mooreanteris perforatus*, también procedente de la Formación Thrifty (Moore y Jeffords, 1968), se diferencia de *C. fiski* por un lumen más pequeño, ausencia de areola, crenulario más ancho y presentar fenestras a lo largo del perfil longitudinal de cada osículo.

Distribución. *Cylindrocauliscus fiski* ha sido reportada para el Carbonífero–Pérmico de México, en las formaciones: Santiago e Ixtaltepec (Oaxaca), Santa Rosa (Chiapas), Patlanoaya (Puebla), Del Monte (Tamaulipas) y Guacamaya y Tuzancoa (Hidalgo); así como en Sierra Las Mesteñas y Cerros el Tule (Sonora). Para el Carbonífero de Estados Unidos se ha registrado en los estados de Kansas, Ohio, Colorado y Texas (Villanueva-Olea, 2011; Escobedo-Aguilar, 2022).

Género *Cyclocaudex* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Cyclocaudex typicus* Moore y Jeffords, 1968. Pensilvánico Superior. Texas, Estados Unidos.

Cyclocaudex cf. *plenus* Moore y Jeffords, 1968

Figura 2B

Descripción. Placas columnares de perfil liso y ligeramente convexo, faceta articular circular con

crenulario muy ancho, con cúlmenes largos, delgados y bifurcados, presenta culmen interculmenar, crenelas más amplias que cúlmenes; areola estrecha y lisa; con lumen pequeño y circular.

Material. Un espécimen (IGM 13132).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmariano), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. El ejemplar posee los caracteres diagnósticos pertenecientes a la especie *Cyclocaudex plenus* reportada por Moore y Jeffords (1968) para la localidad Paw de Texas. *Cyclocaudex jucundus* de la misma localidad (Moore y Jeffords, 1968), se diferencia de *C. cf. plenus* en el ancho del crenulario, cuyos cúlmenes son simples, con areola más ancha y hundida y perilumen visible. La altura del osículo es similar, sin embargo, las suturas crenulares están mayormente marcadas en *C. jucundus*. *Mooreanteris perforatus* de la Formación Thrifty de Texas (Moore y Jeffords, 1968) tiene similitud con la morfología de la faceta, pero esta difiere de *C. cf. plenus* al presentar los cúlmenes ligeramente más anchos, areola ausente y presencia de fenestras en la parte media del latus. La falta de material y el tipo de preservación no permitieron asignar una morfoespecie fidedigna.

Distribución. Para México, *Cyclocaudex plenus* solo ha sido registrada para el Pérmico, en las formaciones Grupera (Chiapas) y Tuzancoa (Hidalgo). En el caso de Estados Unidos, solo se ha reportado para el Carbonífero, en la Lutita Wayly, Caliza Gunsight, Blanch Ranch, Caliza Chaffin y Caliza Belnap de Texas (Escobedo-Aguilar, 2022).

Cyclocaudex costatus Moore y Jeffords, 1968

Figura 2C

Descripción. Osículos de perfil longitudinal recto y liso; facetas articulares circulares con crenulario más ancho que areola, de cúlmenes gruesos con interculmen; areola corta lisa; lumen chico con perilumen bien definido.

Material. Un espécimen (IGM 13133).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmariano), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. El ejemplar estudiado presenta los caracteres diagnósticos propuestos por Moore y Jeffords (1968) para el parataxón. *Cyclocaudex typicus* del grupo Cisco de Texas (Moore y Jeffords, 1968) es disimilar a *C. costatus* por los cúlmenes más anchos, gruesos y bifurcados y por carecer de una areola ligeramente más pequeña, cuya forma puede ser circular a subpentagonal. *Cyclocaudex jucundus* del grupo Cisco de Texas (Moore y Jeffords, 1968) es diferente de *C. costatus* por presentar cúlmenes menos anchos y más comúnmente bifurcados, así como una areola más grande y notoriamente hundida.

Distribución. *Cyclocaudex costatus* se ha reportado en rocas del Carbonífero–Pérmico de México, en formaciones y/o localidades como: Cerros El Tule y Los Monos (Sonora), Del Monte (Tamaulipas e Hidalgo), Olinalá (Guerrero) y Guacamaya (Hidalgo). Solo se tiene un registro para el Carbonífero de Estados Unidos en la localidad de South Bend, Texas (Escobedo-Aguilar, 2022).

Familia Leptocarphiidae Moore y Jeffords, 1968
Género *Preptopremnum* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Preptopremnum rugosum* Moore y Jeffords, 1968. Pensilvánico Superior. Texas, Estados Unidos.

Preptopremnum cf. *rugosum* Moore y Jeffords, 1968
Figura 2D, 2E

Descripción. Osículos de perfil longitudinal notoriamente convexo y rugoso, cuyas suturas crenulares están bien definidas; facetas articulares circulares con crenulario corto de cúlmenes delgados de similar ancho que las cúlmenes; areola amplia y elevada; lumen mediano con presencia de perilumen continuo con la areola.

Material. Un espécimen (IGM 13134).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmario), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. *Preptopremnum laeve* de la localidad Pak de Texas (Moore y Jeffords, 1968) presenta ciertas

semejanzas con *P. cf. rugosum*, aunque se diferencia por la presencia de un perfil longitudinal menos convexo y menos granuloso; lumen ligeramente más pequeño y un crenulario más corto. Debido a la preservación no se pudo asignar la morfoespecie de manera fehaciente.

Distribución. *Preptopremnum rugosum* se ha reportado en diferentes localidades del Carbonífero–Pérmico de México, como en La Joya, Las Messteñas, Cerros El Tule y Los Monos (Sonora); así como en Las Delicias (Coahuila). Los registros en Estados Unidos abarcan unidades litoestratigráficas como la Lutita Wayly, Caliza Gunsight y Caliza Chaffin de Texas, datadas para el Carbonífero (Escobedo-Aguilar, 2022).

Preptopremnum laeve Moore y Jeffords, 1968
Figura 2F

Descripción. Osículos columnares de perfil ligeramente convexo y liso, faceta de forma circular con crenulario corto con cúlmenes más anchos que las cúlmenes; areola amplia, ligeramente hundida; lumen mediano con presencia de perilumen bien definido.

Material. Un espécimen (IGM 13135).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmario), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. El morfotipo posee los caracteres diagnósticos descritos por Moore y Jeffords (1968) para el espécimen de la Caliza Mingus de Texas. *Preptopremnum rugosum* es diferente de los ejemplares estudiados por su lumen de mayor tamaño, crenulario ligeramente más grande cuyos cúlmenes son más estrechos, teniendo un ancho similar a las cúlmenes. Ambos poseen perilumen, pero *P. rugosum* difiere de *P. laeve* al presentarse continuo con la areola elevada.

Distribución. *Preptopremnum laeve* se distribuye en el Carbonífero–Pérmico de México, donde ha sido reportado en las localidades de La Joya y Cerros El Tule (Sonora) y en la Sierra Las Pintas (Baja California); también en las formaciones Las Delicias (Coahuila) y Grupera (Chiapas). En Es-

tados Unidos, esta especie solo se reporta para el Carbonífero de la Caliza Mingus, Texas (Escobedo-Aguilar, 2022).

Género *Heterosteichus* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Heterosteichus texanus* Moore y Jeffords, 1968. Pensilvánico Superior. Texas, Estados Unidos.

Heterosteichus jeffordsi Miller en Moore y Jeffords, 1968

Figura 2G, 2H

Descripción. Tallo de perfil longitudinal recto y liso, facetas circulares con crenulario mediano donde el culmen y crenela tienen el mismo ancho; areola elevada y estrecha; lumen mediano subcircular a subpentagonal.

Material. Tres especímenes (IGM 13136-13138).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano-Sakmario), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. *Heterosteichus jeffordsi* difiere visiblemente de *Heterosteichus keithi* de la lutita Wayly de Texas (Moore y Jeffords, 1968) en el perfil longitudinal, ya que *H. keithi* se caracteriza por tener las suturas crenulares más marcadas y el perfil de cada osículo es principalmente convexo; además de denotar una apariencia rugosa. *Heterosteichus texanus* de la Lutita Wayly de Texas (Moore y Jeffords, 1968), se diferencia de *H. jeffordsi* por presentar una areola hundida, formando un perilumen; además de presentar bifurcaciones al final de algunos cúlmenes y contar con un lumen de menor anchura.

Distribución. En México, *Heterosteichus jeffordsi* solo se ha reportado para el Pérmico, en la Formación Grupera de Chiapas. Para el Carbonífero de Estados Unidos, solo se ha encontrado en la Lutita Wayly de Texas (Escobedo-Aguilar, 2022).

Género *Cycloscapus* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Cycloscapus laevis* Moore y Jeffords,

1968. Pensilvánico Medio. Texas, Estados Unidos.

Cycloscapus laevis Moore y Jeffords, 1968

Figura 2I, 2J

Descripción. Osículos de perfil longitudinal ligeramente convexo y liso, faceta articular circular con crenulario de cúlmenes rectos de tamaño similar, areola cóncava hundida y lumen circular.

Material. Tres especímenes (IGM 13139-13141).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano-Sakmario), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. Los representantes de este material coinciden con la morfología establecida para *Cycloscapus laevis* de Lutita Mingus de Texas (Moore y Jeffords, 1968). *Cyclocaudex jucundus* de Lutita Wayly de Texas (Moore y Jeffords, 1968), difiere de *C. laevis* en la presencia de crenulas más delgadas, no bifurcadas. *Cylindrocaulus fiski* de Lutita Wayly de Texas (Moore y Jeffords, 1968), se diferencia de *C. laevis* por presentar un crenulario más ancho y cúlmenes notoriamente bifurcados, además de una areola más pequeña y ligeramente elevada.

Distribución. Esta especie ha sido reportada para el Carbonífero-Pérmico de México, en las formaciones La Joya y Sierra Las Mesteñas (Sonora) y Tuzancoa (Hidalgo); así como en la Lutita Mingus (Texas) del Carbonífero (Escobedo-Aguilar, 2022).

Género *Cyclocaudiculus* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Cyclocaudiculus regularis* Moore y Jeffords, 1968. Pensilvánico Medio. Texas, Estados Unidos.

Cyclocaudiculus regularis Moore y Jeffords, 1968

Figura 2K, 2L

Descripción. Tallo heteromórfico de perfil longitudinal liso y recto, nudinodal unicirral, faceta articular circular con crenulario bien definido por cúlmenes de lados rectos, más gruesos que la crenela; areola lisa y lumen circular.

Material. Tres especímenes (IGM 13142-13144).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmariano), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. *Heterostelechus jeffordsi* de la lutita Wayly de Texas (Moore y Jeffords, 1968) es disimilar de *C. regularis* por la ausencia de la areola elevada y mayor ancho del lumen. *Nothrosterigma merum* de la Formación Thrifty, localidad Paw de Texas (Moore y Jeffords, 1968) presenta semejanza en el ancho del culmen, pero difiere en el largo de las crénulas y lo recto de los bordes de las mismas.

Distribución. *Cyclocaudiculus regularis* (Moore y Jeffords, 1968) se ha reportado para el Carbonífero–Pérmico de México, en las formaciones Las Mesteñas (Sonora), Las Delicias (Coahuila) y Grupera (Chiapas); mientras que para Estados Unidos solo se ha registrado para la Formación Thrifty de Texas (Villanueva-Olea *et al.*, 2021; Escobedo-Aguilar, 2022).

Género *Nothrosterigma* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Nothrosterigma merum* Moore y Jeffords, 1968. Pensilvánico Superior. Texas, Estados Unidos.

Nothrosterigma merum Moore y Jeffords, 1968

Figura 2M, 2N

Descripción. Osículos columnares de perfil ligeramente convexo y liso, faceta articular circular, crenulario ancho con cúlmenes notoriamente gruesos y rectos, más anchos que las crenelas, areola notoriamente elevada con lumen pequeño.

Material. Dos especímenes (IGM 13145, 13146).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmariano), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. *Heterostelechus jeffordsi* procedente de la lutita de Wayly de Texas (Moore y Jeffords, 1968) es diferente de *N. merum* por su lumen más ancho, cúlmenes más delgados y más numerosos. *Cyclocaudiculus regularis* de la Caliza Chaffin de Texas (Moore y Jeffords, 1968) difiere de *N. merum* por la

areola lisa y granulosa, además de un crenulario más corto.

Distribución. *Nothrosterigma merum* ha sido reportada únicamente para el Carbonífero de la Caliza Chaffin, Texas, Estados Unidos (Escobedo-Aguilar, 2022). Este es el primer reporte de la especie en México.

Género *Cyclogrupera* Torres-Martínez, Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2020

Especie tipo. *Cyclogrupera minor* Torres-Martínez, Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2020. Cisuraliano inferior. Chiapas, México.

Cyclogrupera minor Torres-Martínez, Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2020

Figura 2O, 2P

Descripción. Osículos columnares de pequeño diámetro con perfil longitudinal ligeramente convexo, faceta articular circular con crenulario corto, de cúlmenes más gruesos que las crenelas; areola ligeramente más ancha que el crenulario, granulosa; perilumen ligeramente marcado y lumen circular muy pequeño.

Material. Dos especímenes (IGM 13147, 13148).

Ocurrencia. Arenisca calcárea de la Formación Grupera (Asseliano–Sakmariano), Chicomuselo, Chiapas, México.

Discusión. La morfoespecie posee los caracteres diagnósticos propuestos para *Cyclogrupera minor* por Torres-Martínez *et al.* (2020). *Cyclocaudiculus regularis* (Moore y Jeffords, 1968) difiere de esta especie al presentar un crenulario más ancho, areola de menor tamaño y un lumen de mayor diámetro. *Heterostelechus jeffordsi* (Moore y Jeffords, 1968) es disimilar de *C. minor* por la presencia de un crenulario más ancho, areola elevada y un lumen de mayor tamaño.

Distribución. *Cyclogrupera minor* había sido reportada para el Pérmico temprano de México, en una localidad situada al extremo oeste de la región de Chicomuselo, perteneciente a la Formación Grupera de Chiapas, México.

4. Discusión

4.1 EDAD Y AMBIENTE DE DEPÓSITO

Dentro de la paleontología de invertebrados y la micropaleontología existen fósiles que son considerados proxies importantes para la determinación de edades relativas confiables de los estratos. De la amplia diversidad de organismos marinos paleozoicos, los que han sido de gran utilidad para la datación son los fusulínidos, trilobites, ammonoideos, braquiópodos, graptolitos y conodontos (Escobedo-Aguilar, 2022). Con respecto a los crinoideos (articulados o desarticulados), aún está en discusión su relevancia como fósiles índice del Paleozoico, ya que poseen alcances temporales muy amplios y poco precisos. Tal problemática se puede observar en los parataxones aquí estudiados (Figura 3), por ejemplo *Cylindrocauliscus fiski* que ha sido reportada del Pensilvánico Medio hasta el Cisuraliano tardío, o *Cyclocaudiculus regularis*, *Preptopremnum rugosum* y *P. laeve* con ocurrencias desde el Pensilvánico Temprano hasta el Guadalupiano tardío (Villanueva-Olea *et al.*, 2021; Escobedo-Aguilar, 2022). Incluso, la ocurrencia de *P. cf. rugosum* y *Nothrosterigma merum* en rocas de la Formación Grupera permitió reconocer la ocurrencia de ambas formas para el Pérmico temprano (=Cisuraliano) de Norteamérica, ya que estas dos morfoespecies solo habían sido reportadas anteriormente, de manera respectiva, para el Carbonífero y Pérmico medio de México, así como para el Carbonífero de Estados Unidos. A pesar de esto, es posible distinguir una edad relativa aproximada al Asseliano-Sakmario (Cisuraliano inferior) para la localidad estudiada. Tal resultado se puede observar al sobreponer los alcances de las diferentes morfoespecies descritas, cuya edad se puede asociar con la que se estableció en un principio para la Formación Grupera con fusulínidos (Thompson y Miller, 1944).

Por el contrario, resalta que estos invertebrados son de los grupos de organismos marinos más socorridos para realizar aproximaciones del paleoambiente de depósito, principalmente por las condiciones particulares en las que se desarrollaron (Torres-Martínez *et al.*, 2020; Escobedo-

Aguilar, 2022). Dado que los crinoideos fueron sumamente diversos y abundantes a finales del Paleozoico, no solo tuvieron un papel importante en la estructura ecológica de las comunidades sino también fungieron como el principal grupo formador de sedimentos en plataformas carbonatadas poco profundas (Hess *et al.*, 1999). De este modo, se ha reportado que las condiciones abióticas necesarias para el desarrollo de los crinoideos contemplaban ambientes marinos de aguas poco profundas, iluminadas, bien oxigenadas, así como altamente productivas y energéticas (Hess *et al.*, 1999; Torres-Martínez *et al.*, 2017; Escobedo-Aguilar, 2022); pudiendo de esta forma, relacionar las comunidades de crinoideos pérmicos a ambientes periarrecifales, arrecifales y/o a rampas carbonatadas (Hess *et al.*, 1999; Escobedo-Aguilar, 2022).

Como se mencionó anteriormente, la Formación Grupera está caracterizada por una litología compuesta de diversas rocas carbonatadas y clásticas, tales como calizas, lutitas y areniscas calcáreas de grano fino. Asimismo, en esta unidad se ha reportado la presencia de distintos grupos marinos como foraminíferos, algas, corales rugosos, braquiópodos y briozoos, así como gran número de partes desarticuladas y rodadas de crinoideos (Gutiérrez-Gil, 1956; Reyeros de Castillo, 1976; Torres-Martínez *et al.*, 2017, 2020). Tales rasgos litológicos y faunísticos han contribuido a caracterizar algunos de los tipos de ambientes de depósito en el que se desarrollaron distintas asociaciones marinas del Cisuraliano temprano (Asseliano-Sakmario) de Chicomuselo, Chiapas (Hernández-García, 1973; Torres-Martínez *et al.*, 2020). Con respecto a la localidad estudiada, los osículos de crinoideos fueron los elementos más diversos y abundantes, los cuales estaban conservados como moldes autigénicos en areniscas de grano fino a medio. Dichos osículos estaban disociados como elementos individuales, presentándose algunos fragmentados, aunque había un pequeño número de columnares conformados por 3 a 5 elementos. Estos componentes de crinoideos estaban asociados a fragmentos de otros invertebrados marinos como briozoos y braquiópodos. Tal desarticula-

ción y fragmentación del material se puede asociar a un transporte activo, señalando que el material provenía de otra región cercana al afloramiento estudiado. Tomando en cuenta la conservación del material fósil, las características de la fauna asociada y los rasgos sedimentológicos de las rocas portadoras, se puede sugerir que el paleoambiente deposicional de la localidad estudiada se relacionaba con facies de aguas someras de alta energía, bien iluminadas y con un aporte constante de terrígenos. Esto sugeriría que podría tratarse de un área cercana a la zona litoral, habiendo una alta cantidad de arenas y bioclastos transportados y fragmentados.

4.2 PALEOBIOGEOGRAFÍA

La mayoría de los morfotipos de crinoideos descritos en este trabajo han sido previamente reportados en otras formaciones de México y algunas localidades de Estados Unidos, tanto del Carbonífero como del Pérmico (p.e. Moore y Jeffords, 1968; Buitrón-Sánchez *et al.*, 2007a, 2007b, 2008; Villanueva-Olea *et al.*, 2016, 2021; Torres-Martínez *et al.*, 2020; Escobedo-Aguilar, 2022). Dicha afinidad faunística se ha relacionado con la con-

figuración que tuvieron las masas continentales a finales del Paleozoico, ya que, desde finales del Misisípico hacia inicios del Pérmico se formó el supercontinente Pangea, el cual provocó el aislamiento de las biotas marinas a ambos lados de esta masa continental, favoreciendo el provincialismo de diferentes foraminíferos e invertebrados marinos (Torres-Martínez *et al.*, 2016; Escobedo-Aguilar, 2022; Torres-Martínez y Sour-Tovar, 2023). Así, para el Cisuraliano (Asseliano–Kunguriano), hubo una comunicación oceánica entre diferentes territorios de México y de los Estados Unidos (Hernández-García, 1973; Torres-Martínez *et al.*, 2016). Esto se puede observar en el registro fósil de los osículos columnares de crinoideos del Pérmico, los cuales se han encontrado en diferentes unidades estratigráficas del territorio mexicano, tal como en las formaciones Grupera (Chiapas), Patlanoaya (Puebla), Del Monte (Tamaulipas), Guacamaya, Tuzancoa (Hidalgo), Las Delicias (Coahuila) y en la zona de la Sierra Las Pintas (Baja California); así como en diferentes localidades de Kansas, Ohio, Colorado, Nuevo México y Texas en los Estados Unidos (Villanueva-Olea *et al.*, 2021; Escobedo-Aguilar, 2022). Así, los crinoi-

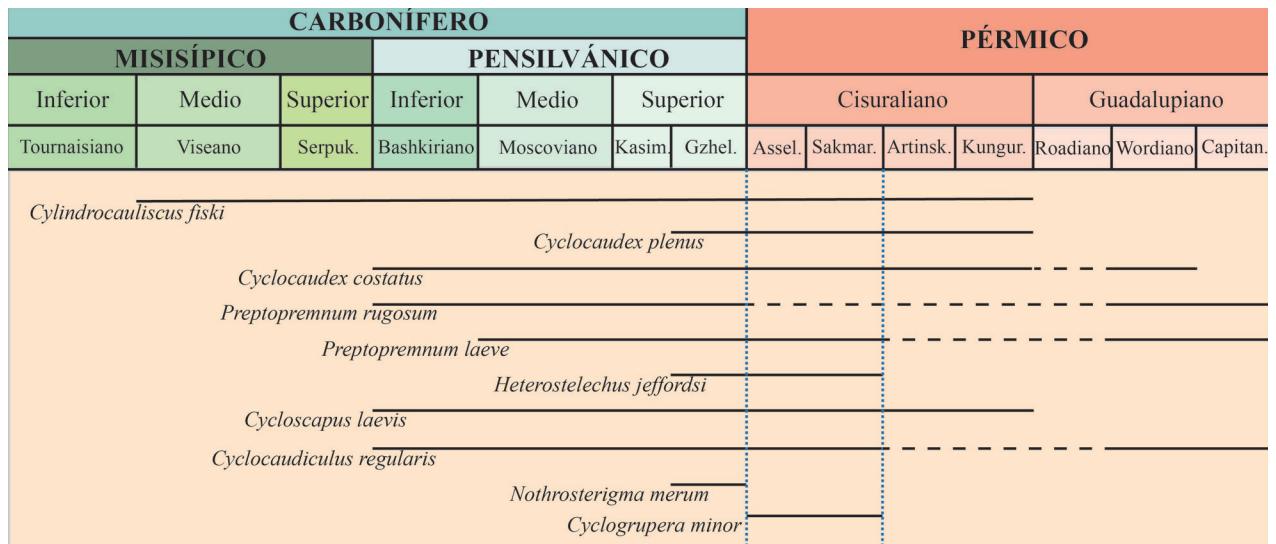


Figura 3 Alcances estratigráficos reportados previamente para los parataxones descritos en este trabajo. Las líneas punteadas señalan las edades donde no se ha reportado previamente registro fósil del parataxon. Las líneas azules discontinuas delimitan las edades de la Formación Grupera (Asseliano-Sakmariano).

deos pudieron haberse desarrollado y proliferado en el lado oeste del supercontinente en condiciones someras, bien oxigenadas e iluminadas (Escobedo-Aguilar, 2022).

En este trabajo también se observa una acentuada regionalización taxonómica de los crinoideos de México. Tal distribución paleobiogeográfica, reportada para el Pérmico, coincide a grandes rasgos, con la que se ha señalado para otros grupos marinos de la región como fusulínidos y braquiópodos, los cuales tuvieron provincialismos genéricos y específicos importantes al oeste de Pangea. En el caso de los osículos de crinoideos, también se puede observar una cierta afinidad parataxonómica, lo cual se ha sugerido recientemente para especímenes de Chiapas y Coahuila (Torres-Martínez et al., 2020; Villanueva-Olea et al., 2021). Cabe resaltar que tales grupos se han asociado con la denominada paleoprovincia biótica Grandiana (Cisuraliano–Guadalupiano), la cual se extendía por los actuales territorios del sur de los Estados Unidos, Guatemala, Venezuela y México (Sonora, Coahuila y Chiapas) (Thompson y Miller, 1944; Yancey, 1975; Shen et al., 2013; Torres-Martínez et al., 2016, 2019).

5. Conclusiones

Se describe una asociación compuesta por 10 morfoespecies de osículos de crinoideos de una nueva localidad de la Formación Grupera del Pérmico inferior (Asseliano–Sakmariano) de la región de Chicomuselo, Chiapas, México. De estas, se reporta por primera vez la ocurrencia de *Nothrosterigma merum* para el territorio mexicano. Asimismo, se detectó la primera ocurrencia de *C. costatus*, *C. rugosum*, *C. laevis* y *N. merum* para Chiapas, destacando el primer registro de *P. rugosum* y *N. merum* para el Cisuraliano de Norteamérica.

Con base en la conservación del material fósil, las características de la fauna asociada y los rasgos sedimentológicos de las rocas portadoras se determinó que los osículos de los crinoideos fueron depositados en un ambiente marino de aguas

someras de alta energía, bien iluminadas y con un aporte constante de terrígenos, tratándose probablemente de un área cercana a la zona litoral.

Aunque aún está en discusión la relevancia bioestratigráfica de los osículos de crinoideos, se pudo observar que los alcances estratigráficos de todas las morfoespecies estudiadas indican una edad relativa aproximada del Asseliano–Sakmariano (Cisuraliano temprano), correspondiente a la establecida previamente para la Formación Grupera.

Se observa una fuerte semejanza taxonómica entre las faunas de crinoideos del Cisuraliano temprano de México y los Estados Unidos, favorecida principalmente por la formación del supercontinente Pangea a finales del Paleozoico.

Contribución de los autores

Descripciones paleontológicas, desarrollo metodológico, interpretación y redacción del manuscrito original: Gilberto Huitrón-Vargas. Conceptualización, redacción del manuscrito original, redacción del manuscrito corregido y editado, trabajo de campo, interpretación y financiamiento: Miguel A. Torres-Martínez.

Financiamiento

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto PAPIIT-DGAPA-UNAM número IN114623.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Rafael Villanueva Olea por el apoyo en la elaboración de moldes de caucho, así como a Roberto Ovando-Figueroa por la ayuda en la toma de fotografías del material estudiado. Igualmente, se agradecen los comentarios y sugerencias de los árbitros Carolina Martín

Cao-Romero (Red Mexicana de Equinodermos) y Rafael Villanueva Olea (Facultad de Ciencias, UNAM), los cuales contribuyeron a mejorar el manuscrito original.

Conflicto de intereses

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses que declarar.

Referencias

- Buitrón-Sánchez, B.E., Almazán-Vázquez, E., Vachard, D., 2007a, Middle Permian crinoids (Echinodermata, Crinoidea) from Cerros Los Monos, Caborca, Sonora, Mexico and paleogeographic considerations: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24, 344–353.
- Buitrón-Sánchez, B.E., Gómez-Espinosa, C., Almazán-Vázquez, E., Vachard, D., 2007b, A late Atokan regional encrinite (early Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora state, NW Mexico., in Álvaro, J. J., Aretz, M., Boulvain, F., Munnecke, A., Vachard, D. & Vennin, E. (eds), *Palaeozoic Reefs and Bioaccumulations: Climatic and Evolutionary Controls*: Geological Society of London, Special Publications, 275, 201–209. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2007.275.01.13>
- Buitrón-Sánchez, B.E., Gómez-Espinosa, C., Almazán-Vázquez, E., Vachard, D., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., 2008, A review of the crinoid columnals (Echinodermata-Crinoidea) from the Carboniferous of Mexico: *Revista de Biología Tropical*, 56, 1–12. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.27020>
- Dollfus, A., Montserrat, E., 1868, *Voyage géologique dans les Républiques de Guatemala et de Salvador*: Paris, Mission Scientifique au Mexique et dans l'Amérique Centrale, Geologie, 539 p.
- Escobedo-Aguilar, I.A., 2022, *Revisión de los crinoideos del Paleozoico superior de México y sus implicaciones paleoambientales, estratigráficas y paleobiogeográficas*: CDMX, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Licenciatura, 55 p.
- Gutiérrez-Gil, R., 1956, Bosquejo Geológico del estado de Chiapas, en Maldonado-Koerdell, M., (ed.), *Geología del Mesozoico y estratigrafía pérmica del Estado de Chiapas*: XX Congreso Geológico Internacional, Excursión C-15, 9–32.
- Heredia-Jiménez, D.P., Vinn, O., Buitrón-Sánchez, B.E., Torres-Martínez, M.A., 2020, A new middle Permian microconchid from Chiapas, Mexico, and its palaeoecological implications: *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 100, 975–983. <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00418-3>
- Hernández-García, R., 1973, Paleogeografía del Paleozoico de Chiapas, México: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 25, 79–134.
- Hess, H., Ausich, W.I., Brett, C.E., Simms, M.J., 1999, *Fossil crinoids*: Cambridge, Cambridge University Press, 290 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626159>
- Jiménez-Hernández, A., Jaimez-Fuentes, A., Motolinía-García, O., Pinzón-Salazar, T., Membrillo-Ortega, H., 2005, Carta geológico-minera Huixtla Chiapas D15-2, 1:250,000: Pachuca, Hidalgo, México, Servicio Geológico Mexicano, 1 mapa.
- Kling, S.A., 1960, Permian fusulinids from Guatemala: *Journal of Paleontology*, 34, 637–655.
- Miller, J.S., 1821, A natural history of the Crinoidea or lilyshaped animals, with observation on the genera Asteria, Euryale, Comatula, and Marsupites: Bristol, Bryan & Co., 274 p.
- Moore, R.C., Jeffords, R.M., 1968, Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts of their columns *Paleontological Contributions*,

- Echinodermata, Article 9: Kansas, The University of Kansas Publications, 114 p.
- Quiroz-Barroso, S.A., Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., 2021, Gastropods from the Paso Hondo Formation (lower-middle Permian) of Chiapas, Mexico: stratigraphical and paleobiogeographical considerations: *Journal of South American Earth Sciences*, 110, 103350, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103350>
- Reyeros de Castillo, D.M., 1976, Corales el Pérmico Inferior del Estado de Chiapas, México: *Paleontología Mexicana*, 41, 7–37.
- Sapper, C. 1896, Geology of Chiapas, Tabasco and the Peninsula of Yucatan: *The Journal of Geology*, 4, 938–947.
- Shen, S.Z., Zhang, H., Shi, G.R., Li, W.Z., Xie, J.F., Mu, L., Fan, J.X., 2013, Early Permian (Cisuralian) global brachiopod palaeobiogeography: *Gondwana Research*, 24, 104–124. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2012.05.017>
- Thompson, M.L., Miller, A.K., 1944, The Permian of southernmost Mexico and its fusulinid faunas: *Journal of Paleontology*, 18, 481–504.
- Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., 2023, New rhynchonellid and spire-bearing brachiopods from the Carboniferous of Mexico. Paleogeographical significance of the Oaxacan brachiopod fauna through the Serpukhovian–Moscovian: *Journal of Paleontology*, 97, 90–111. <https://doi.org/10.1017/jpa.2022.70>
- Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., Barragán, R., 2016, Permian (Leonardian) brachiopods from Paso Hondo Formation, Chiapas, southern Mexico. Paleobiogeographical implications: *Journal of South American Earth Sciences*, 71, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.06.012>
- Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., Barragán, R., 2018, *Kukulkanus*, a new genus of buxtoniini brachiopod from the Artinskian–Kungurian (early Permian) of Mexico: *Alcheringa*, 42, 268–275. <https://doi.org/10.1080/03115518.2017.1395073>
- Torres-Martínez, M.A., Barragán, R., Sour-Tovar, F., González-Mora, S., 2017, Depositional paleoenvironments of the Lower Permian (upper Cisuralian) carbonate succession of Paso Hondo Formation in Chiapas State, southeastern Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*, 79, 254–263. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.08.018>
- Torres-Martínez, M.A., Heredia-Jiménez, D.P., Sour-Tovar, F., Buitrón-Sánchez, B.E., Barragán, R., 2019, Permian brachiopods from Chiapas, Mexico: new stratigraphical and paleobiogeographical insights: *Paläontologische Zeitschrift*, 93, 607–624. <https://doi.org/10.1007/s12542-018-0436-2>
- Torres-Martínez, M.A., Villanueva-Olea, R., Sour-Tovar, F., 2020, Columnar ossicles of Permian crinoids, including two new genera, from the Gruper Formation (Asselian–Sakmarian) of Chiapas, Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72, 1–17. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2020v72n2a280819>
- Torres-Martínez, M.A., Vinn, O., Martín-Aguilar, L., 2021, Paleocology of the first Devonian-like sclerobiont association on Permian brachiopods from southeastern Mexico: *Acta Palaeontologica Polonica*, 66, 131–141. <https://doi.org/10.4202/app.00777.2020>
- Villanueva-Olea, R., 2011, *Crinoideos del Carbonífero de la región de Nochixtlán, Oaxaca*. Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría, 90 p.
- Villanueva-Olea, R., Buitrón-Sánchez, B.E., Palafox-Reyes, J.J., Piña-Flores, S., 2016, Crinoideos (Echinodermata: Crinoidea) del Pensilvánico de sierra Las Mesteñas, NE de Sonora, México: *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 1225–1234. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.014>

- Villanueva-Olea, R., Quiroz-Barroso, S.A., Quiroz-Barragán, J., Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., 2021, Placas columnares de crinoideos de la Formación Las Delicias, Pérmico inferior y medio de Coahuila, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73, 1–11. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2020v73n1a040820>
- Weber, B., Schaaf, P., Valencia, V.A., Iriondo, A., Ortega-Gutiérrez, F., 2006, Provenance ages of late Paleozoic sandstones (Santa Rosa Formation) from the Maya block, SE Mexico. Implications on the tectonic evolution of western Pangea: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23, 262–276.
- Weber, B., Iriondo, A., Premo, W.R., Hecht, L., Schaaf, P., 2007, New insights into the history and origin of the southern Maya block, SE Mexico: U-Pb-SHRIMP zircon geochronology from metamorphic rocks of the Chiapas massif: *International Journal of Earth Sciences*, 96, 253–269. <https://doi.org/10.1007/s00531-006-0093-7>
- Yancey, T.E., 1975, Permian marine biotic provinces in North America: *Journal of Paleontology*, 49(4), 758–766.