



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**REVISIÓN DE LOS CRINOIDEOS DEL PALEOZOICO  
SUPERIOR DE MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES  
PALEOAMBIENTALES, ESTRATIGRÁFICAS Y  
PALEOBIOGEOGRÁFICAS.**

**SEMINARIO DE TITULACIÓN**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**ITZEL ALEJANDRA ESCOBEDO AGUILAR**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. MIGUEL ANGEL TORRES MARTÍNEZ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX. 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres y hermanos:

Esto no hubiera sido posible sin ustedes.

A la memoria de mis abuelas:

Las extraño y pienso mucho en ustedes todos los días.

A la memoria de Jorge:

Te extraño mucho, amigo. Todos los días estás muy presente en mí.

## AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Le agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias que me formó como profesional, aportó todo lo necesario para que yo pudiera llegar hasta este momento y logró despertar mi interés en la ciencia, especialmente en la divulgación e investigación de la misma.

Agradezco a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM por el apoyo recibido con el proyecto PAPIIT IA103920, que me otorgó todos los recursos necesarios para que esta investigación se pudiera realizar de manera satisfactoria.

Agradezco enormemente a mi tutor de tesis, el Dr. Miguel Angel Torres Martínez, muchas gracias, por creer en mí a pesar de mis altibajos, por rescatarme y brindarme toda su ayuda para lograr todo lo que he logrado, muchas gracias por la confianza en mí y por todo el apoyo y guía que me brindaste al momento de realizar este trabajo, pero especialmente gracias, por despertar en mí el interés y amor por el área de la paleobiología.

Agradezco igualmente a los miembros de mi comité tutorial, la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, el Dr. Rafael Villanueva Olea, el Dr. Juan Francisco Sánchez Beristain y a la M. en C. Carolina Martín Cao-Romero por los comentarios que me proporcionaron en este trabajo, los cuales me ayudaron a enriquecer mucho más mi trabajo, su aportación fue muy importante para mí.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

Agradezco a mis hermanas, Lucia y Rocio, a mi hermano, Jorge, aunque no lo crean fueron un pilar fundamental para que yo pudiera llegar hasta este punto de mi vida y logrará todo lo que he logrado, gracias por todas las risas y peleas que hemos tenido, sobre todo gracias por su paciencia y el cuidado que han tenido hacía mí todos estos años.

Gracias a mis sobrinos, Jonathan y Geovanni, a mi sobrina, Barbara, que siempre están en mis pensamientos y han sido una de las mejores compañías que he podido tener en mi vida, gracias por estar conmigo siempre, los quiero mucho a los tres y espero logren cosas muy grandes.

Le agradezco principalmente a mi madre y padre, Carmen y Jorge, ya que sin ustedes y todo el apoyo que me brindaron a lo largo de toda mi vida escolar me hubiese sido totalmente imposible llegar hasta este punto, este trabajo y todo lo que venga en mi vida es de ustedes, para ustedes y gracias a ustedes. No me alcanzará la vida para agradecerles todo lo que me han dado y han aportado en mí, los amo con toda mi alma y les agradezco profunda y eternamente todo el amor y apoyo incondicional que han tenido y sé que seguirán teniendo conmigo.

Gracias a todos mis amigos que estuvieron acompañándome en este viaje, gracias a Enrique, Nazario y Eder, por estar conmigo tantos años, gracias por apoyarme durante toda mi estancia universitaria.

De igual forma le agradezco a Román, Ivan y Paulina, por la amistad tan sólida que tenemos desde CCH, por seguir siempre en contacto y por ser un soporte emocional importante para mí.

Gracias a Jon, por preocuparse por mí durante toda la carrera y hasta la fecha tener un apoyo incondicional de su parte. Gracias a Lau y Mich, por toda la ayuda que recibí de su parte y por invitarme a ser parte del comité de graduación de la carrera, nunca olvidaré esa experiencia con ustedes. Principalmente gracias a Brenda, que fue una de mis compañeras de carrera, gracias por tu tiempo y apoyo 24/7.

Finalmente gracias a Hugo, mi amigo del museo que me ha apoyado como pocos lo han hecho y siempre tuvo toda su confianza en mí para poder culminar con este proyecto. Te quiero mucho, amigo.

<b>ÍNDICE</b>	
<b>ÍNDICE</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
General	9
Particulares	9
<b>GENERALIDADES DE CRINOIDEOS</b>	<b>9</b>
Morfología y evolución	9
Morfología de los osículos columnares	12
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>13</b>
Crinoideos del Carbonífero en México	13
Crinoideos del Carbonífero en otras regiones de Norteamérica	16
Crinoideos del Pérmico en México	17
Crinoideos del Pérmico en otras regiones de Norteamérica	18
<b>MÉTODO</b>	<b>18</b>
Investigación bibliográfica	18
Elaboración de listados taxonómicos	20
Consideraciones estratigráficas, paleoambientales y paleobiogeográficas	20
<b>RESULTADOS</b>	<b>20</b>
Registros taxonómicos del Carbonífero en México	20
Registros taxonómicos del Pérmico en México	25
Registros taxonómicos del Carbonífero en Estados Unidos de América	28
Registros taxonómicos del Pérmico en Estados Unidos de América	36
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>38</b>
Implicaciones paleoambientales	38
Consideraciones estratigráficas	41
Implicaciones paleobiogeográficas	43
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Título	Página
1	Mapa de la República Mexicana con la señalización de las localidades donde se han descrito crinoideos del Paleozoico superior. 1) Las Pintas, Baja California. 2) Sonora central. 3) Las Delicias, Coahuila. 4) La Peregrina, Tamaulipas. 5) Pemuxco y Otlamalacatla, Hidalgo. 6) Patlanoaya, Puebla. 7) Olinalá, Guerrero. 8) Nochixtlán, Oaxaca. 9) Chicomuselo, Chiapas.	8
2	Morfología de un crinoideo pedunculado (Tomado de Villanueva-Olea, 2011).	10
3	Morfología de una placa columnar (Tomado de Villanueva-Olea, 2011).	13
4	Mapa representativo de la composición de los continentes durante el Misisípico, resaltando la ubicación que presentaba México. Se señalan las corrientes oceánicas principales: 1) Boreal; 2) Océano Réico y 3) Circumecuatorial.	44
5	Mapa representativo de la composición de las masas continentales durante el Pensilvánico, dónde se resalta la ubicación que presentaba México. Se señalan las corrientes oceánicas principales: 1) Corredor Frankliniano, 2) Circumecuatorial y 3) Paleotetis.	46
6	Mapa representativo de la composición de las masas continentales del Pérmico con una Pangea formada, resaltando la ubicación que presentaba México. Se señalan las corrientes oceánicas principales: 1) Circumecuatorial y 2) Paleotetis.	47

## ÍNDICE DE TABLAS

No.	Título	Página
1	Taxa de crinoideos descritos para el Carbonífero de los estados de Sonora, Oaxaca, Guerrero, Hidalgo, Puebla y Chiapas, México (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).	21
2	Taxa pertenecientes al Pérmico de México, pertenecientes a yacimientos ubicados en Coahuila, Sonora, Hidalgo y Chiapas (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).	26
3	Taxa de Estados Unidos de América, pertenecientes al Carbonífero de Kentucky, Texas, Tennessee, Iowa, Indiana, Colorado, Kansas, Oklahoma y Nuevo México (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).	29
4	Taxa descrita para el Pérmico de Estados Unidos de América, colectados en yacimientos fosilíferos de Texas y Nevada (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).	37

## RESUMEN

Se llevó a cabo una recopilación exhaustiva de información referente al registro fósil de la Clase Crinoidea (Phylum Echinodermata), particularmente de los referenciados para el Paleozoico superior de Norteamérica, haciendo énfasis en los registros del Carbonífero y Pérmico de México. Mediante el uso de distintos medios electrónicos y bibliográficos se recabaron, categorizaron y analizaron diversos datos relacionados con estos equinodermos. Así, fue posible establecer qué géneros y especies de crinoideos u osículos columnares se han descrito o están reportados en las diferentes regiones geográficas del Paleozoico superior de Norteamérica. Cabe resaltar que en este estudio se consideraron las formas de México y Estados Unidos de América por su correlación estratigráfica y semejanza taxonómica de invertebrados marinos, afinidad que se vuelve más evidente durante el Carbonífero y Pérmico. Así, se tomaron en cuenta distintos aspectos vinculados con la taxa, tales como nombre de la especie, formación donde fue reportada, edad de la unidad y referencia bibliográfica original. Además, se revisaron las implicaciones, de acuerdo con cada autor, que tuvieron los crinoideos reportados; esto con respecto a los paleoambientes de depósito, la estratigrafía general y la paleobiogeografía de cada región. Así, se detectaron 12 localidades carboníferas con registro fósil en México, ubicadas en 7 entidades federativas. Se encontraron 42 especies de crinoideos, tanto de rocas del Misisípico como del Pensilvánico, mientras que para el Pérmico se ubicaron 26 especies pertenecientes a 16 géneros, ocurridas en 4 localidades de 4 estados del país. En el caso de los crinoideos de Estados Unidos de América, se tiene un registro muy amplio de especies pertenecientes al Carbonífero. Aquí, se detectaron alrededor de 167 especies, las cuales se distribuyen en 101 géneros. Estos reportes se relacionan con 29 formaciones de 9 estados. Por el contrario, para el Pérmico de Estados Unidos de América sólo existen datos de cuatro formaciones estratigráficas, en donde ocurren 12 especies y 11 géneros. Con respecto a los paleoambientes, resalta que estos organismos prevalecieron y se diversificaron en facies de aguas someras cálidas de energía variable, formando comúnmente asociaciones con diversos grupos de protistas e invertebrados marinos, tales como braquiópodos, briozoos, foraminíferos, algunos corales, entre otros. Con relación a la estratigrafía, aún prevalece controversia con respecto a su utilidad como fósiles índice, ya que presentan alcances temporales muy extensos. Finalmente, se observó que la distribución de crinoideos se modificó a lo largo del Carbonífero y Pérmico, resaltando la

presencia de conexiones marinas cercanas entre los mares epicontinentales someros de México y las distintas regiones de los Estados Unidos de América.

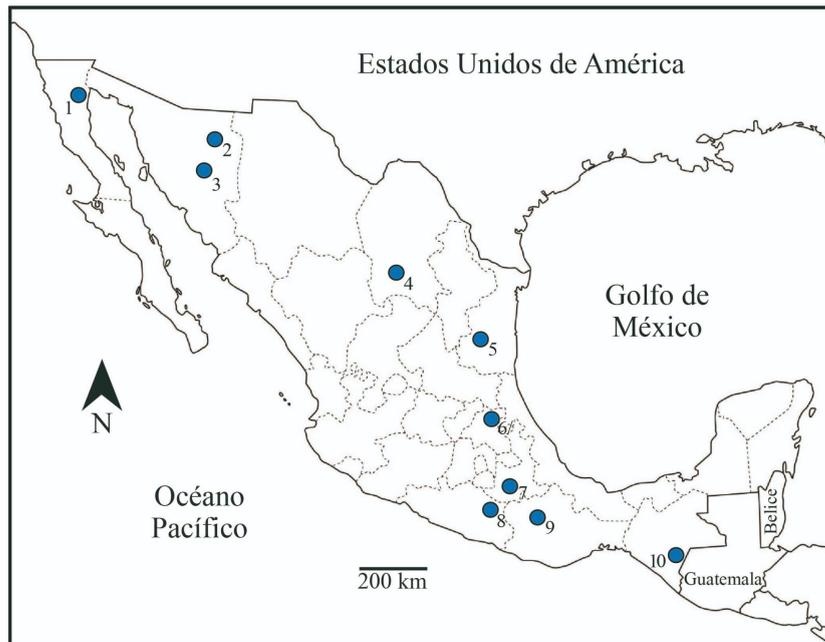
## INTRODUCCIÓN

Los crinoideos fueron uno de los grupos de invertebrados bentónicos más significativos de las zonas marinas someras paleozoicas, formando parte importante de la estructura arrecifal, junto con otra taxa, como fusulínidos, corales rugosos, braquiópodos, briozoos y esponjas coralinas (García-Barrera et al., 2017; Torres-Martínez et al., 2020). Con respecto a México, los afloramientos donde se han encontrado crinoideos fósiles son muy abundantes a lo largo de todo el territorio. Sin embargo, los trabajos realizados con los mismos han sido muy escasos, sobre todo, aquellos que incluyen crinoideos fósiles completos, ya que obtener el espécimen intacto es prácticamente imposible. Esto debido a la forma en que se unen los componentes del pedúnculo, el cáliz y la corona, por medio de un tejido conectivo, el cual, se descompone rápidamente al morir el organismo, provocando la separación de los distintos elementos corporales (Hess et al., 1999).

Por esta razón, es que la mayoría de los trabajos realizados con crinoideos fósiles se han basado en la determinación taxonómica de los osículos columnares disociados, ya que estos elementos son las estructuras que mejor se preservan al momento de la fosilización (Esquivel-Macías et al., 2000, 2004; Villanueva-Olea, 2011). Aún cuando no se cuente con los ejemplares articulados, es posible ubicar a estos elementos dentro de una clasificación parataxonómica que sigue las reglas básicas de un sistema de clasificación taxonómica formal, la cual fue propuesta por Moore y Jeffords (1968). Con esto, es factible hacer correlaciones entre elementos individuales de crinoideos de distintas edades y localidades, con lo que se puede obtener información paleoambiental y paleobiogeográfica, a pesar de no tener al organismo completo (Esquivel-Macías et al., 2000; Torres-Martínez et al., 2020).

Siendo así, es evidente la gran abundancia y diversidad de estos invertebrados en el registro fósil de México, encontrando especímenes de crinoideos, tanto de cálices como de osículos columnares, en las diferentes localidades carbonífero-pérmicas del país, tal como en Santiago Ixtaltepec, Oaxaca (Villanueva-Olea et al., 2011; Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014), Chicomuselo, Chiapas (Buitrón-Sánchez, 1977, Torres-Martínez et al., 2020), Olinalá, Guerrero (Flores de Dios y Buitrón-Sánchez, 1982; González-Arreola et al., 1994), Patlanoaya, Puebla (Villaseñor et al., 1987; Velasco y Buitrón-Sánchez, 1992),

Otlamalacatla-Pemuxco, Hidalgo (Buitrón-Sánchez et al., 2017), Las Delicias, Coahuila (Villanueva-Olea et al., 2021), Las Mesteñas, Sonora (Villanueva-Olea et al., 2016), Sonora central (Buitrón-Sánchez et al., 2007a, 2007b, 2008), La Peregrina, Tamaulipas (Buitrón-Sánchez et al., 2008) y Las Pintas, Baja California (Navas-Parejo et al., 2018) (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de la República Mexicana con la señalización de las localidades donde se han descrito crinoideos del Paleozoico superior. 1) Las Pintas, Baja California. 2) Las Mesteñas, Sonora. 3) Sonora central. 4) Las Delicias, Coahuila. 5) La Peregrina, Tamaulipas. 6) Pemuxco y Otlamalacatla, Hidalgo. 7) Patlanoaya, Puebla. 8) Olinalá, Guerrero. 9) Nochixtlán, Oaxaca. 10) Chicomuselo, Chiapas.

A pesar de la importancia que tiene este registro fósil, no existe algún repositorio o base de datos actualizada de los diferentes crinoideos ya descritos tanto para el Carbonífero como para el Pérmico de México, incluyendo las localidades fosilíferas en donde fueron encontrados. Esto ha provocado que el material de alguna taxa sea ignorado al momento de estudiar una asociación fósil, quedando sin ser descritos y mencionados como simples reportes. Otro problema está relacionado con el desconocimiento de las fuentes bibliográficas donde se encuentran las descripciones originales de un taxón, ya que pueden no ser tomadas en cuenta al asignar géneros o especies, describiendo taxa de manera errónea. Entonces, se proyecta que la revisión bibliográfica de los trabajos relacionados con crinoideos del Paleozoico superior de Norteamérica fungirá como una herramienta importante para la

actualización de dichos datos, coadyuvando con el estudio taxonómico adecuado de los crinoideos paleozoicos de México, además de contribuir con el conocimiento paleoambiental, estratigráfico y paleobiogeográfico del grupo durante el Carbonífero y Pérmico.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Hacer una revisión bibliográfica sobre los crinoideos del Paleozoico superior de México, identificando su relevancia paleoambiental, estratigráfica y paleobiogeográfica.

### **Particulares**

- Hacer una revisión bibliográfica exhaustiva en donde se hayan reportado o descrito crinoideos del Carbonífero-Pérmico de Norteamérica, con especial énfasis en los registros de México.
- Hacer una revisión de las bases de datos nacionales e internacionales de crinoideos del Paleozoico Superior.
- Categorizar y catalogar la información obtenida en listados e imágenes representativas.
- Identificar las relaciones paleoambientales, estratigráficas y paleobiogeográficas que tiene el material de crinoideos del Paleozoico superior con otras regiones geográficas, principalmente de Norteamérica.

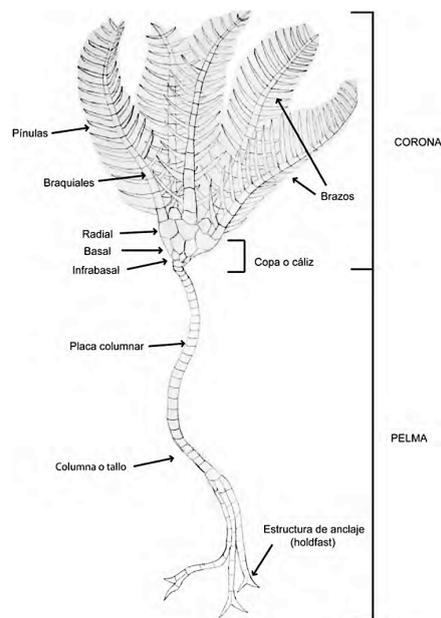
## **GENERALIDADES DE CRINOIDEOS**

### **Morfología y evolución**

Los crinoideos constituyen la clase con los representantes más antiguos del phylum Echinodermata, conformado por aproximadamente 7,000 especies actuales y 13,000 en el registro fósil, el cual se remonta al periodo Ordovícico. Los equinodermos se componen de representantes estrictamente marinos, aunque hay algunas excepciones con individuos de aguas salobres. Se caracterizan por ser deuterostomados con un celoma bien desarrollado; presentan una simetría radial de tipo pentámera secundaria que suele ser derivada de la

simetría bilateral de las larvas, a excepción del grupo holothuroidea que presenta simetría bilateral en estado adulto, con un eje oral-aboral, un endoesqueleto derivado del mesodermo, un sistema vascular acuífero compuesto por un complejo sistema de canales y cámaras que derivan del celoma y que, entre otras cosas, les ayuda a la locomoción del organismo y a su alimentación. Los miembros de este grupo están compuestos de placas u osículos de carbonato de calcio (Simms y Sevastopulo, 1993; Brusca y Brusca, 2003).

La clase Crinoidea se conforma por organismos que también se les conoce como lirios de mar, estos organismos se caracterizan por presentar un cuerpo en forma de cáliz con el orificio oral dirigido hacia arriba, presentan placas esqueléticas fusionadas en la parte del cáliz y articuladas en el resto. Dentro del cáliz se encuentran las vísceras; los brazos se ubican en la parte superior del cáliz direccionados hacia arriba, presentan ambulacros sobre los brazos con pínulas, los cuales pueden ramificarse más de una vez y forman ramas iguales; también presentan surcos ambulacrales abiertos. El conjunto de los brazos y el cáliz conforman la corona (Brusca y Brusca, 2003; Villanueva-Olea, 2011). En este grupo no se tiene una madreporita externa, la boca y el ano se presentan en la superficie oral, los surcos ambulacrales permanecen abiertos y algunas especies presentan un pedúnculo que surge de la parte inferior del cáliz con estructuras que le ayudan para anclarse al sustrato (Figura 2) (Villanueva-Olea, 2011).



**Figura 2.** Morfología de un crinoideo pedunculado (Tomado de Villanueva-Olea, 2011).

Actualmente se reconocen alrededor de 700 especies vivientes de crinoideos (Solís Marín y Laguarda Figueras, 2007). Estos organismos fueron importantes en la estructura ecológica de las comunidades marinas durante el Paleozoico, formando parte de sus arrecifes por más de 500 millones de años, por lo que los fósiles de este grupo son muy comunes (Hess et al., 1999).

La clase Crinoidea se conforma de cuatro subclases: Camerata, Disparida, Cladida y Articulata diferenciándose entre ellas por la estructura del cáliz (Simms y Sevastopulo, 1993; Hess et al., 1999; López-Lara, 2002). Además, se puede considerar que la estructura aboral del cáliz es un rasgo importante en la clasificación dentro del grupo, consistente en la combinación de caracteres como el número de placas, la rigidez con la que se articulan, la presencia y posición de cualquier placa adicional, la estructura de los brazos y la superficie oral (Hess et al., 1999). De los cuatro grupos morfológicos de crinoideos, tres son exclusivos del Paleozoico (Camerata, Disparida, Cladida), perdurando únicamente Articulata hasta nuestros días.

Las relaciones filogenéticas de los crinoideos aún no están del todo claras, aunque hay algunos grupos donde las relaciones están bien definidas. Articulata como grupo tiene un origen Post-Paleozoico mientras que Camerata, Flexibilia y Inadunata se restringen únicamente al Paleozoico (Simms y Sevastopulo, 1993). En el caso de Cladida se tiene claro que da origen a los grupos Flexibilia y Articulata, siendo la relación filogenética de Articulata la mejor conocida. En los grupos Camerata y Disparida no se tienen claras las relaciones filogenéticas, proponiendo que la clasificación que se maneja no es la adecuada ya que no refleja la verdadera filogenia del grupo (Hess et al., 1999). Otros trabajos también ubican a Camerata como un grupo basal, de donde surgieron la mayoría de los grupos, como lo son Cladida, Disparida, los protocrinoides y los hibocrínidos. Estos se ven como grupos monofiléticos a excepción de Cladida que es tomado como parafilético; aunque también se menciona la hipótesis de que los crinoideos derivan de los blastozoos (Ausich et al., 2015).

La historia evolutiva de los crinoideos se remonta al Ordovícico Temprano, hace aproximadamente 480 millones de años, originándose dentro de un grupo de pelmatozoos. Aparentemente su diversificación fue muy rápida, siendo Cladida y algunos Camerata los primeros grupos de crinoideos en surgir. La mayoría de los grupos del Paleozoico surgieron para el Ordovícico Medio; teniendo durante este periodo la mayor diversidad morfológica de Crinoidea. La diversidad de este grupo tuvo altas y bajas, principalmente al momento de

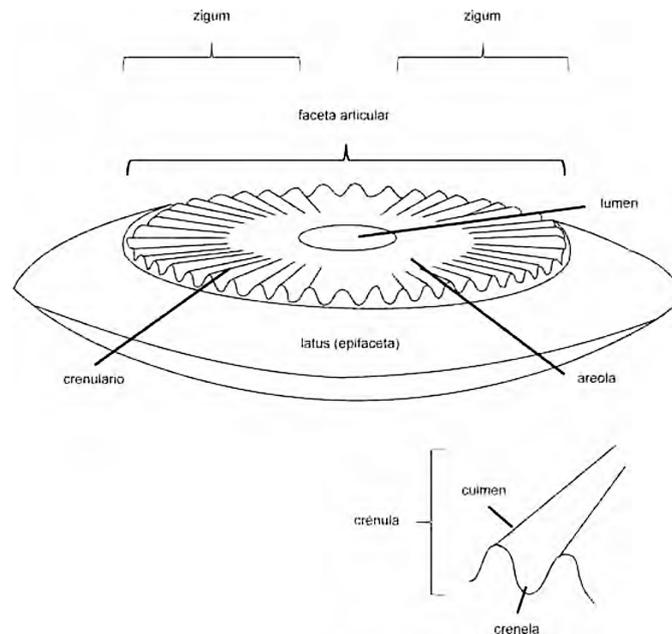
atravesar las extinciones masivas del Paleozoico, el primer declive de los crinoideos ocurrió a finales del Ordovícico, recuperándose en el Silúrico con una dominancia de Camerata, seguidos de Flexibilia y Cladida. Para finales del Devónico ocurrió un segundo declive asociado a la extinción del Frasniano-Fameniano, logrando recuperarse una vez más para el Carbonífero Temprano, alcanzando una diversificación mucho mayor a la de otra taxa, siendo Cladida el grupo dominante. No obstante, la extinción masiva de finales del Pérmico parece haber sido el momento más catastrófico para la mayor parte de los crinoideos, ya que desaparecieron todos los grupos representativos del Paleozoico: Camerata, Flexibilia y Disparida. Esta extinción marcó un declive en la fauna de crinoideos de la cual no lograron recuperarse (Hess, 1999).

### **Morfología de los osículos columnares**

Los osículos columnares son las estructuras que más se han utilizado en la descripción de crinoideos fósiles, ya que es difícil encontrar ejemplares completos y unidos en el registro fósil. Estas estructuras compuestas por calcio y magnesio se fosilizan con mayor facilidad; teniendo el inconveniente de la descomposición del tejido conectivo, el cual ocasiona la separación de los osículos, propiciando una fosilización separada del organismo (Torres-Martínez et al., 2020). Los osículos columnares son pequeñas placas o discos calcáreos que presentan contorno circular, pentagonal o poligonal y presentan en la superficie pequeñas estrias que permiten un acoplamiento entre placas, las cuales conformarán el pedúnculo del organismo que puede estar conformado por un número variable de placas (Morales-Palacios, 2015). Todas las placas columnares presentan un canal axial o lumen por donde pasan los sistemas del cáliz (nervios, glándula axial, órgano tabicado), también presentan una superficie articular cubierta de crestas y surcos y entre el canal axial y la superficie articular se puede ubicar una zona lisa llamada areola (Figura 3). Estos osículos están unidos por ligamentos que permiten un movimiento restringido según el tipo de articulación que presenten (Martínez-Chacón y Rivas, 2009).

En la morfología de los osículos columnares se pueden clasificar diferentes tipos de pedúnculos: 1) los pedúnculos que se componen de placas columnares idénticas, que son llamados homeomorfos; 2) pedúnculos con alternancia en las placas que presentan diferencias en el tamaño de los osículos columnares, llamados heteromorfos; y 3) se pueden

diferenciar en tres tramos que son proxi-, mesi- y dististela, que pueden conformarse tanto de tallos homeomorfos como de heteromorfos, llamados xenomorfos (Moore et al., 1968; Martínez-Chacón y Rivas, 2009).



**Figura 3.** Morfología de una placa columnar (Tomado de Villanueva-Olea, 2011).

En los pedúnculos de tipo heteromorfo se pueden distinguir diferentes segmentos del mismo pedúnculo. Según la colocación de las placas columnares, las placas más prominentes se denominan nodales, mientras que las placas ubicadas entre un nodal y otro se denominan internodales. Los nodales pueden distinguirse, ya que en algunas ocasiones presentan apéndices laterales llamados cirros, además de que el segmento que abarca una sección de placas internodales y al menos un nodal es llamado noditaxis (Moore et al., 1968).

## ANTECEDENTES

### Crinoideos del Carbonífero en México

Los trabajos de crinoideos pertenecientes al Carbonífero llevan realizándose desde años recientes, comenzando a finales del siglo XX. Uno de los primeros fue el trabajo de Buitrón-Sánchez (1977), donde clasificó dos especies de crinoideos (*Cylindrocausliscus fiski* y *Lamprosterigma mirificum*) pertenecientes al Pensilvánico de la Formación Santa Rosa del

sureste de Chiapas, la cual se compone de estratos del Misisípico Superior al Pensilvánico Inferior. Buitrón-Sánchez (1977) mencionó que estos géneros de crinoideos se encontraron en la parte inferior de la Formación Santa Rosa, pero dado que previamente sólo se habían reportado para el Pensilvánico Medio se propone que el alcance estratigráfico de estas especies de crinoideos se extiende al Pensilvánico Inferior.

En 2007 Buitrón-Sánchez y colaboradores realizaron un trabajo en La Formación La Joya, en Sierra Agua Verde, en donde se describieron un total de 11 especies de crinoideos pertenecientes al Pensilvánico Medio. Además de esto se analizaron implicaciones tafonómicas, donde se menciona una posible asociación con organismos silíceos, como podría ser poríferos, ya que los crinoideos preservados tenían un grado muy alto de silicificación, también se menciona una gran afinidad de la localización con la zona sur de Estados Unidos de América, especialmente Kansas y Texas, lo cual sugiere que las zonas marítimas que abarcaba el sur de Estados Unidos de América, Sonora y el Mid-Continent estaban conectadas durante el Paleozoico Tardío.

Posteriormente, Buitrón-Sánchez y colaboradores, en el 2008, reportaron 28 morfoespecies diferentes de crinoideos distribuidos entre el Misisípico y Pensilvánico de diferentes regiones de México, que fueron Sierra Las Trincheras, Sierra Agua Verde, Cerros Las Mesteñas y Cerros El Tule en Sonora, Cañón de La Peregrina en Tamaulipas, Calnali y Pemuxco en Hidalgo, Patlanoaya en Puebla, Olinalá en Guerrero, Ixtaltepec en Oaxaca y Chicomuselo en Chiapas. De los 28 parataxa reportados a lo largo del país, siete corresponden al Misisípico y 21 al Pensilvánico. Además de esto, los autores mencionan que las morfoespecies reportadas también han sido registradas en trabajos realizados en yacimientos de Estados Unidos de América y posiblemente en otros yacimientos de Europa y Asia, aunque el uso de diferentes clasificaciones taxonómicas hace difícil la relación entre muestras descritas. Se estudiaron también las relaciones faunísticas con las faunas asociadas, como corales, fusulínidos, bivalvos, trilobites, amonoideos y conodontos.

En 2011, Villanueva-Olea trabajó con algunos crinoideos de la región de Nochixtlán, Oaxaca, describiendo 14 taxa, nueve a partir de placas columnares de crinoideos y cinco a partir del cáliz. Además, realizó un análisis paleobiogeográfico donde menciona la relación que existe entre la fauna reportada con la fauna de la zona centro-este de Estados Unidos de América. Asimismo, llevó a cabo un análisis estratigráfico y paleoambiental, diferenciando

entre la taxa misisípica y pensilvánica, los cuales se depositaron en una variedad de ambientes, desde prodeltas hasta ambientes arrecifales.

El mismo año, Villanueva-Olea y colaboradores (2011) describieron 11 morfoespecies de crinoideos, a partir de osículos columnares recolectados en la misma zona de Nochixtlán, Oaxaca. Aquí se propone un nuevo género constituido por la especie *Axilinucrinus angustus*. Además de esto, los autores mencionan que todas las morfoespecies descritas en el trabajo, con excepción del nuevo taxón mencionado arriba, han sido reportadas con anterioridad para yacimientos fosilíferos del centro-este de Estados Unidos de América, conocido también como Mid-Continent.

Para el 2014, Villanueva-Olea y Sour-Tovar trabajaron con material de la Formación Ixtaltepec, en Oaxaca. En su trabajo describieron ocho especies de crinoideos correspondientes al Carbonífero, tomando en cuenta restos colectados de moldes internos y externos del cáliz, brazos y la parte proximal del pedúnculo. En este trabajo se describen cuatro nuevas especies y un género nuevo, además de hacer una comparación con la fauna descrita para formaciones de Estados Unidos de América, mencionando que existe similitud entre la biota de ambas regiones, lo que apoya la idea de un mar epicontinental que conectaba la zona centro-este de Estados Unidos de América con la zona noreste y sureste de México.

En el 2015 Morales-Palacios realiza una actualización sistemática de los crinoideos fósiles del Paleozoico tardío de Sonora, donde trabajó con la sistemática de organismos recolectados en Cerros El Tule, Las Trincheras y Las Mesteñas, actualizando los listados taxonómicos del lugar, añadiendo dos nuevas especies en Cerros El Tule (*Cylindrocauliscus fiski* y *Preptopremnum rugosum*) y dos nuevas especies en Las Mesteñas (*Cylindrocauliscus fiski* y *Heterostelechus keithi*).

Posteriormente, Villanueva-Olea y colaboradores (2016) realizaron un estudio donde describieron nueve morfoespecies de crinoideos del Pensilvánico de Sierra Las Mesteñas, Sonora. La taxa descrita indica gran afinidad con otras zonas de México como Hidalgo, Guerrero y Chiapas. También mencionaron gran similitud con las faunas de Estados Unidos de América, correspondientes a los estados de Texas, Colorado e Illinois, por lo que se cree que había una relación geográfica entre ambas zonas. Con esto se sugirió que hubo un corredor de aguas poco profundas a través de diferentes plataformas carbonatadas que abrió paso a la migración del norte al sur de fauna a lo largo del mismo corredor. También

analizaron la estratigrafía del lugar e indicaron que la zona de recolección de los organismos era un ambiente carbonatado de talud somero por debajo de la zona pre-arrecifal.

Para 2018 Navajas-Parejo y colaboradores realizaron un estudio sobre la bioestratigrafía de Sierra Las Pintas en Baja California, donde se identificaron tres morfoespecies de crinoideos correspondientes al Pensilvánico Medio-Pérmico Temprano, las especies descritas fueron *Heterostelechus texanus*, *Preptopremnum laeve* y *Mooreanteris perforatus* que anteriormente han sido descritas en otras partes del país y en Estados Unidos de América. A pesar de eso, la descripción de estas especies corresponde al primer registro de las mismas en esta zona estratigráfica del país.

### **Crinoideos del Carbonífero en otras regiones de Norteamérica**

Los estudios realizados con crinoideos de otras regiones de Norteamérica se han llevado a cabo desde tiempo atrás; por ejemplo, Strimple (1962) trabajó con muestras de la Formación Oologah del Pensilvánico de Tulsa County, Oklahoma, describiendo una gran colección de crinoideos recolectados en años anteriores. En este trabajo propone nuevas especies y llega a clasificar la colección de alrededor de 1,000 muestras de cálices fosilizados en 45 especies diferentes, comprendidas en 33 géneros y 16 familias de crinoideos paleozoicos.

Después, en 1968, Moore y Jeffords trabajaron con crinoideos fósiles tanto del Paleozoico como del Mesozoico, describiendo alrededor de 142 morfoespecies diferentes, de las cuales 81 pertenecían al Carbonífero de diferentes yacimientos de Estados Unidos de América. Este estudio sirvió como base para el estudio de los osículos columnares disociados de los crinoideos.

Otro trabajo con crinoideos del Carbonífero fue el de Webster y Houck (1998), donde describieron muestras recolectadas en las formaciones Belden y Minturn del Pensilvánico Medio de Colorado. En este trabajo se describieron nueve especies a partir de restos fósiles de cálices conservados y cinco morfoespecies columnares.

Después en 2006, Webster y Kaus describieron los crinoideos recolectados en 26 localidades diferentes, pertenecientes a distintas edades del Pensilvánico de Nuevo México, logrando identificar 48 formas, incluyendo 15 nuevos registros y 9 taxa que no lograron identificarse con precisión. De las formas descritas en este trabajo, alrededor de 17 son

reportadas para la provincia del Mid-continent, coincidiendo con registros de crinoideos pensilvánicos reportados para Utah, Colorado y Arizona en Estados Unidos de América.

### **Crinoideos del Pérmico en México**

López-Lara (2002) llevó a cabo un trabajo con crinoideos del Paleozoico Tardío de la Formación Tuzancoa en Pemuxco, Hidalgo, realizando la descripción de ocho morfoespecies de acuerdo con la clasificación propuesta por Moore y Jeffords (1968); además relacionó la fauna recolectada con la de diferentes yacimientos fosilíferos de Estados Unidos de América.

En 2007, Buitrón-Sánchez y colaboradores realizaron un trabajo taxonómico de los crinoideos fósiles pertenecientes al Pérmico medio de Cerros Los Monos, Sonora, describiendo cinco diferentes parataxa asociados a fauna de invertebrados, incluyendo braquiópodos, corales y foraminíferos. Las formas descritas en este trabajo también ya habían sido reportadas en formaciones de otras localidades de México, también se encontró relación de la fauna de crinoideos con la reportada anteriormente en algunas localidades de Texas en Estados Unidos de América.

Buitrón-Sánchez et al. (2017) estudiaron los osículos columnares de la región de Pemuxco, Hidalgo. En este trabajo se describieron cinco morfoespecies a partir de los fragmentos disociados de la Formación Tuzancoa. Las especies descritas en el trabajo también se reportan en trabajos de otras localidades del país como Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Sonora. También se menciona afinidad entre los crinoideos, foraminíferos y fusulínidos de Pemuxco con los de Texas y Oklahoma en Estados Unidos de América. Los ejemplares colectados posiblemente vivieron en un ambiente batial de facies flysch, lo que corresponde a un depósito rítmico y sugieren aguas relativamente de poca profundidad y un ambiente geotectónico inestable.

Para 2020, Torres-Martínez y colaboradores describieron 11 morfotipos de osículos columnares disociados de crinoideos del Pérmico inferior de la Formación Grupera de Chicomuselo, Chiapas. Se describieron dos nuevos morfogéneros (*Cyclogrupera* y *Floricyclocion*) y dos morfoespecies: *Cyclogrupera minor* y *Floricyclocion heteromorpha*. El ambiente en el que se depositaron estos restos fósiles pudo haber sido un ambiente marino somero, con buena iluminación, buenos niveles de oxígeno y alta productividad. Algunas especies reportadas en este trabajo también se reportan en diferentes localidades pertenecientes al Pérmico de Estados Unidos de América, Rusia y México.

En 2021, Villanueva-Olea y colaboradores trabajaron con muestras de placas columnares de crinoideos de Las Delicias, Coahuila. Describieron 13 formas a partir de las placas columnares recolectadas y se realizó un análisis paleobiogeográfico donde mencionan que la mayoría de los parataxa descritos en el trabajo habían sido reportados en ciertas zonas pertenecientes al Carbonífero y Pérmico en la región de Norteamérica, por lo que mencionan que estas especies forman parte de la fauna del Paleozoico superior de Norteamérica. También realizaron un análisis bioestratigráfico donde mencionan la presencia de un sesgo en el alcance estratigráfico de las diferentes especies de parataxa descritas, por lo que aparentemente carecen de un valor bioestratigráfico importante.

### **Crinoideos del Pérmico en otras regiones de Norteamérica**

Tal como sucede con los estudios de crinoideos del Carbonífero de Norteamérica, los trabajos realizados con taxa del pérmico en Estados Unidos de América han sido poco numerosos.

Por ejemplo, en su trabajo, donde describieron 142 morfoespecies de crinoideos, Moore y Jeffords (1968) reportaron cuatro formas pertenecientes al Pérmico inferior, realizando la descripción y taxonomía a partir de los osículos columnares disociados.

Otro de estos estudios es el llevado a cabo por Webster y Lane (2007), quienes describieron 12 morfoespecies de la Formación Bird Spring pertenecientes al Pérmico temprano en el sur de Nevada, EUA. En este trabajo únicamente se enfocaron en la descripción de las muestras colectadas sin indagar en análisis paleoambientales, estratigráficos ni paleobiogeográficos.

## **MÉTODO**

### **Investigación bibliográfica**

Se realizó una búsqueda exhaustiva de material bibliográfico, especialmente artículos de revistas científicas y tesis de grado, con el apoyo de buscadores académicos electrónicos, además se seleccionaron los trabajos referentes a crinoideos fósiles pertenecientes al Paleozoico superior de México y Norteamérica. La búsqueda se hizo en las siguientes plataformas:

⇒ ACADEMIA

- ⇒ BioOne
- ⇒ Dialnet
- ⇒ GeoScienceWorld
- ⇒ Google Scholar
- ⇒ JSTOR
- ⇒ Redalyc
- ⇒ ResearchGate
- ⇒ SciELO
- ⇒ Springer link
- ⇒ Taylor & Francis Online
- ⇒ Wiley Online Library

También se revisaron las bases de datos ya existentes de colecciones científicas de institutos académicos, de Museos Nacionales y del norte de América, las cuales se enlistan a continuación:

- ⇒ Base de datos abiertos UNAM
- ⇒ Collections Search Pages, Department of Paleobiology Collections, Smithsonian National Museum of Natural History
- ⇒ Data base of the Museum of Paleontology, University of Michigan
- ⇒ FLMNH IP Specify Web Portal, Invertebrate Paleontology Collection, Museum of Natural History of Florida
- ⇒ FossilWorks
- ⇒ iDigBio Integrated Digitized Biocollections
- ⇒ GBIF, Global Biodiversity Information Facility
- ⇒ MCZBASE: The Database of the Zoological Collections, Museum of comparative Zoology, Harvard University
- ⇒ NPL: Paleocentral University of Texas
- ⇒ The Paleobiology Database
- ⇒ World Register of Marine Species
- ⇒ UCMP Museum of Paleontology Specimens University of California

## **Elaboración de listados taxonómicos**

Una vez terminada la investigación bibliográfica, se recopilaron los datos necesarios para realizar los listados taxonómicos correspondientes a registros de fósiles de crinoideos pertenecientes al Paleozoico Superior de México y de otras regiones de Norteamérica, considerando como datos relevantes: taxa, orden, familia, localidad, edad y formación geológica.

## **Consideraciones estratigráficas, paleoambientales y paleobiogeográficas**

Mediante la misma revisión bibliográfica se llevó a cabo una recopilación de información relacionada con las edades para cada una de las unidades litoestratigráficas de México y Norteamérica, específicamente para las que tienen reportes de crinoideos del Paleozoico superior. Después, se ubicaron las diferentes localidades paleozoicas en un mapa de México, además de que se llevaron a cabo mapas paleogeográficos mediante el software Adobe Illustrator, versión 2021; esto para ilustrar cómo fue la distribución de las masas continentales tanto para el Carbonífero como para el Pérmico. Además, se revisaron las características relacionadas con ambientes de depósito e interpretaciones paleoambientales con la finalidad de establecer los avances que se tienen hasta el momento en cuanto a la relación de las biotas estudiadas y su hábitat. Finalmente, se discutió la relevancia estratigráfica y paleobiogeográfica del registro fósil de los crinoideos.

## **RESULTADOS**

### **Registros taxonómicos del Carbonífero en México**

La revisión bibliográfica enfocada en los crinoideos del Carbonífero de México arrojó los siguientes resultados: se encontraron 13 localidades fosilíferas en 8 entidades federativas a lo largo del país, que fueron Sonora, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Tamaulipas, Hidalgo, Guerrero y Baja California. En total se registraron 42 especies de crinoideos hallados tanto en rocas del Misisípico como del Pensilvánico (Tabla 1). Los 42 taxa registrados se encuentran distribuidos en 33 géneros. Los registros de crinoideos más abundantes se observan mayormente en el estado de Sonora con 33 ocurrencias en total, encontrando aproximadamente 21 especies pertenecientes a las formaciones La Joya, Las Mesteñas, Las

Trincheras y El Tule del mismo estado, que es donde se han realizado la mayor cantidad de estudios en comparación con el resto de los estados (Buitrón-Sánchez et al., 2008 Villanueva-Olea et al., 2016). A pesar de esto, la Formación Patlanoaya en Puebla es la que presenta la mayor cantidad de formas registradas, con un total de 12 especies de crinoideos. Dentro de todos los reportes de crinoideos fósiles pertenecientes al Carbonífero de México, en su mayoría pertenecen al Pensilvánico, principalmente al Pensilvánico Medio (Moscoviano) con un total de 65 registros, mientras que del Misisípico se tienen 19 registros, mayormente del Misisípico Medio (Viseano) (Buitrón-Sánchez et al., 2008).

En la Tabla 1 se muestran todos los registros del Carbonífero mexicano (ver equivalencias cronoestratigráficas en el Anexo 1), donde se puede ver el resto de los datos obtenidos. Se pueden distinguir los registros de Oaxaca con las formaciones Santiago e Ixtaltepec; la Formación Santiago cuenta con el registro de 4 especies de crinoideos, donde todos corresponden al Misisípico (Viseano-Serpukhoviano), mientras que en la Formación Ixtaltepec ocurren 6 especies de crinoideos pertenecientes al Misisípico (Serpukhoviano) y 16 taxa del Pensilvánico (Moscoviano-Bashkiriano) (Villanueva-Olea et al., 2011). Otra unidad es la Formación Del Monte en Tamaulipas, que presenta el registro de 3 morfoespecies de crinoideos relacionados al Pensilvánico Medio (Moscoviano), de las especies registradas, dos son del género *Cyclocaudex* y una del género *Cylindrocauliscus*. La Formación Del Monte se extiende hasta Hidalgo, donde también se cuenta con el reporte de 7 especies de crinoideos, todos correspondientes al Pensilvánico Medio (Moscoviano), al igual que los registros de Tamaulipas (Buitrón-Sánchez et al., 2008).

**Tabla 1.** Taxa de crinoideos descritos para el Carbonífero de los estados de Sonora, Oaxaca, Guerrero, Hidalgo, Puebla y Chiapas, México (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).

<b>Especie</b>	<b>Autor</b>	<b>Edad</b>	<b>Formación/Localidad</b>
<i>Stipecrinus splendidus</i>	Villanueva-Olea y Sour-Tovar	Merameciano-Chesteriano	Formación Ixtaltepec/Arroyo de Las Pulgas, Oaxaca (Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014).
<i>Cosmetocrinus</i> sp.	Kirk	Merameciano-Chesteriano	
<i>Lomalegnum</i> cf. <i>Lomalegnum hormidium</i>	Moore y Jeffords	Merameciano-Chesteriano	Formación Ixtaltepec/Nochixtlán, Oaxaca (Villanueva-Olea et al., 2011).
<i>Axilinucrinus angustus</i>	Villanueva-Olea y Sour-Tovar	Merameciano-Chesteriano	

<i>?Graphosterigma</i> sp.	Moore y Jeffords	Merameciano-Chesteriano	Formación Ixtaltepec/Nochixtlán, Oaxaca (Villanueva-Olea et al., 2011).
Género indeterminado		Merameciano-Chesteriano	
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Merameciano-Chesteriano	Formación Santiago/Nochixtlán, Oaxaca (Villanueva-Olea et al., 2011).
<i>Cyclocaudex typicus</i>	Moore y Jeffords	Merameciano-Chesteriano	
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Merameciano	
<i>Floricyclus welleri</i>	Moore y Jeffords	Merameciano	
<i>Rhysocamax cristata</i>	Moore y Jeffords	Misisípico	
<i>Gilbertsocrinus aequalis</i>	Moore y Jeffords	Misisípico	Sierra Las Trincheras, Sonora. (Buitrón-Sánchez et al., 2008)
<i>Cylindrocauliscus fiski?</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano	Formación Santa Rosa/Chicomuselo, Chiapas (Buitrón-Sánchez, 1977).
<i>Lamprosterigma mirificum</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano	
<i>Stiberotaurus aestimatus</i>		Misisípico	
<i>Ampholenium apolegma</i>	Moore y Jeffords	Misisípico	
<i>Cyclostelechus turritus</i>	Moore y Jeffords	Misisípico	
<i>Lomalegnum hormidium</i>	Moore y Jeffords	Misisípico	
<i>Pentagonomischus plebeius</i>	Moore y Jeffords	Misisípico	
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	Formación Patlanoaya/Puebla (Buitrón-Sánchez et al., 2008).
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	
<i>Mooreanteris waylandensis</i>	Miller	Pensilvánico	
<i>Mooreanteris perforatus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	
<i>Plumeranteris sansaba</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Pensilvánico	
<i>Lamprosterigma mirificum</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	Formación La Joya/Sierra Agua Verde, Sonora (Buitrón-Sánchez et al., 2007a).
<i>Lamprosterigma erathense</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Moscoviano	
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	

<i>Cycloscapus laevis</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	Formación La Joya/Sierra Agua Verde, Sonora (Buitrón-Sánchez et al., 2007a).	
<i>Cyclocrista martini</i>	Miller	Moscoviano		
<i>Preptopremnum laeve</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano		
<i>Preptopremnum rugosum</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano		
<i>Mooreanteris waylandensis</i>	Miller	Moscoviano		
<i>Pentagonopterix insculptus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano		
<i>Pentaridica simplicis</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano		
<i>Pentagonomischus plebeius</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	Sierra Las Mesteñas, Sonora (Villanueva-Olea et al., 2016; Morales-Palacios, 2015).	
<i>Axilinucrinus angustus</i>	Villanueva-Olea y Sour-Tovar	Pensilvánico		
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico		
<i>Floricyclus angustimargo</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico		
<i>Floricyclus granulatus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico		
<i>Cyclocrista cheneyi</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico		
<i>Preptopremnum rugosum</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico		
<i>Cycloscapus laevis</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico		
<i>Cyclocaudiculus regularis</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico		
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano		
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Virgiliano		
<i>Ekteinocrinus mixteca</i>	Villanueva-Olea y Sour-Tovar	Morrowano-Desmoinesiano		Formación Ixtaltepec/Arroyo de Las Pulgas, Oaxaca (Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014).
<i>Hydriocrinus amplus</i>	Villanueva-Olea y Sour-Tovar	Morrowano-Desmoinesiano		
<i>Stellarocrinidae?</i> indet.	Strimple	Morrowano-Desmoinesiano		
<i>Contocrinus</i> cf. <i>kingi</i>	Moore y Plummer	Morrowano-Desmoinesiano		
<i>Aesiocrinus profundus</i>	Villanueva-Olea y Sour-Tovar	Morrowano-Desmoinesiano		
<i>Pentagonomischus</i> cf. <i>Pentagonomischus plebeius</i>	Moore y Jeffords	Morrowano-Desmoinesiano	Formación Ixtaltepec/Nochixtlán, Oaxaca (Villanueva-Olea et al., 2011).	
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Morrowano-		

		Desmoinesiano	
<i>Cyphostelechus</i> cf. <i>Cyphostelechus claudus</i>	Moore y Jeffords	Morrowano-Desmoinesiano	Formación Ixtaltepec/Nochixtlán, Oaxaca (Villanueva-Olea et al., 2011).
<i>Cyclocaudex typicus</i>	Moore y Jeffords	Morrowano-Desmoinesiano	
<i>Cyclocion distinctus</i>	Moore y Jeffords	Morrowano-Desmoinesiano	
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Cyclocrista martini</i>	Miller	Desmoinesiano	
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Desmoinesiano	
<i>Lamprosterigma mirificum</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Preptopremnum laeve</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	Cerros El Tule, Sonora (Buitrón-Sánchez et al., 2008; Morales-Palacios, 2015).
<i>Preptopremnum rugosum</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Cyclocaudex costatus</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Cyclocaudex costatus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	Formación Del Monte/Cañón La Peregrina, Tamaulipas (Buitrón-Sánchez et al., 2008).
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Barychyr anusus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Cyclocaudex costatus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	Formación Del Monte/Calnali, Hidalgo (Buitrón-Sánchez et al., 2008).
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Mooreanteris waylandensis</i>	Miller	Moscoviano	
<i>Plumeranteris sansaba</i>	Moore y Jeffords	Moscoviano	
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Moscoviano	
<i>Petaridica pentagonalis</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	
<i>Cyclocaudex costatus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	Formación Olinalá/Guerrero (Buitrón-Sánchez et al., 2008).
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	
<i>Heterostelechus texanus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico	Sierra Las Pintas, Baja California

		Superior	
<i>Preptopremnum laeve</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico Superior	Sierra Las Pintas, Baja California (Navajas-Parejo et al., 2018).
<i>Mooreanteris perforatus</i>	Moore y Jeffords	Pensilvánico Superior	

### Registros taxonómicos del Pérmico en México

En los registros de crinoideos del Pérmico en México se detectaron alrededor de 26 especies distribuidas en 16 géneros, ocurridos en 4 localidades diferentes de 4 estados del país (Tabla 2). Del total de especies reportadas, la mayoría se encuentran en los estados de Coahuila e Hidalgo, con 13 registros cada uno, aunque Coahuila tiene 13 especies diferentes pertenecientes al Guadalupiano (Wordiano-Capitaniano), equivalente al Pérmico Medio, mientras que todos los registros de Hidalgo corresponden al Cisuraliano (Asseliano-Kunguriano) (López-Lara, 2002; Buitrón-Sánchez et al., 2017; Villanueva-Olea et al., 2021).

En la tabla 2 se muestra el resto de las formaciones y yacimientos, donde se tienen registros pérmicos (ver equivalencias cronoestratigráficas en el Anexo 2), por ejemplo, en la Formación Grupera de Chicomuselo, Chiapas, se cuenta con un total de 11 morfoespecies de crinoideos, todos pertenecientes al Cisuraliano Inferior (Asseliano-Sakmario), equivalente al Pérmico Inferior (Torres-Martínez et al., 2020). En Hidalgo, se trabajó con material de dos formaciones diferentes, Guacamaya y Tuzancoa, ambas ubicadas en la zona de Pemuxco. En la Formación Guacamaya se identificaron un total de 8 especies de crinoideos, todas pertenecientes al Wolfcampiano y Leonardiano (Cisuraliano) (López-Lara, 2002), mientras que en la Formación Tuzancoa se registraron 5 especies de crinoideos (Buitrón-Sánchez et al., 2017). Para el estado de Sonora, en la Formación Los Monos del Pérmico Medio, se han registrado 5 especies de crinoideos pertenecientes al Guadalupiano (Wordiano) (Villanueva-Olea et al., 2021).

**Tabla 2.** Taxa pertenecientes al Pérmico de México, pertenecientes a yacimientos ubicados en Coahuila, Sonora, Hidalgo y Chiapas (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).

Especie	Autor	Edad	Formación/Localidad
<i>Pentagonopternix coahuilensis</i>	Villanueva-Olea et al.	Wordiano-Capitaniano	
<i>Cyclocaudex typicus</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Cyclocaudex cf. insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Cyclocaudex sp.</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	Formación Las Delicias/Coahuila (Villanueva-Olea et al., 2021).
<i>Floricyclus diminuta</i>	Villanueva-Olea et al.	Wordiano-Capitaniano	
<i>Floricyclus sp.</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Preptopremnum rugosum</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Preptopremnum laeve</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Preptopremnum sp.</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Wordiano-Capitaniano	
<i>Cyclocaudiculus regularis</i>	Moore y Jeffords	Wordiano-Capitaniano	
<i>Epicrinus torreonense</i>	Villanueva-Olea et al.	Wordiano-Capitaniano	
<i>Cyclogruperia minor</i>	Torres-Martínez et al.	Asseliano-Sakmariano	
<i>Cyclocaudex typicus</i>	Moore y Jeffords	Asseliano-Sakmariano	
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Moore y Jeffords	Asseliano-Sakmariano	Formación La Gruperia/Chicomuselo, Chiapas (Torres-Martínez et al., 2020).
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Asseliano-Sakmariano	
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Asseliano-Sakmariano	

<i>Floricyclocion heteromorpha</i>	Torres-Martínez et al.	Asseliano-Sakmariano	Formación La Gruperá/Chicomuselo, Chiapas (Torres-Martínez et al., 2020).
<i>Lamprosterigma erathense</i>	Moore y Jeffords	Asseliano-Sakmariano	
<i>Preptopremnum cf. laeve</i>	Moore y Jeffords	Asseliano-Sakmariano	
<i>Heterostelechus jeffordsi</i>	Miller	Asseliano-Sakmariano	
<i>Heterostelechus cf. keithi</i>	Miller	Asseliano-Sakmariano	
<i>Cyclocaudiculus regularis</i>	Moore y Jeffords	Asseliano-Sakmariano	Formación Guacamaya/Pemuxco, Hidalgo (López-Lara, 2002).
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Barychyr anosus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Cyclocaudex cf. C. costatus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Mooreanteris waylandensis</i>	Miller	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Plummeranteris sansaba</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Cylindrocauliscus fiski</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Barychyr anosus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	Formación Tuzancoa/Pemuxco, Hidalgo (Buitrón-Sánchez et al., 2017).
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	
<i>Cycloscapus laevis</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano-Leonardiano	Formación Los Monos, Sonora
<i>Pentaridica (col.) rothi</i>	Moore y Jeffords	Wordiano	

<i>Cyclocaudex</i> cf. <i>C.</i> (col.) <i>jucundus</i>	Moore y Jeffords	Wordiano	
<i>Cyclocaudex</i> cf. <i>C.</i> (col.) <i>costatus</i>	Moore y Jeffords	Wordiano	Formación Los Monos /Cerro Los Monos, Sonora (Buitrón-Sánchez et al., 2007b).
<i>Preptopremnum</i> (col.) <i>rugosum</i>	Moore y Jeffords	Wordiano	
<i>Heterostelechus</i> (col.) <i>texanus</i>	Moore y Jeffords	Wordiano	

### Registros taxonómicos del Carbonífero en Estados Unidos de América

En los crinoideos de Estados Unidos de América se tiene un registro muy amplio de especies pertenecientes al Carbonífero. Para esta región, se identificaron alrededor de 167 especies, las cuales se distribuyen en 101 géneros. Estos reportes se relacionan con 29 formaciones de 9 estados de dicho país (Tabla 3). De los 9 estados que cuentan con registros de crinoideos fósiles del Carbonífero, el que presenta mayor cantidad de ocurrencias es Nuevo México con 52 reportes en 10 yacimientos fosilíferos, siendo la Formación Sandia donde se encuentra el mayor número de reportes con 12 especies de diferentes edades del Pensilvánico (Webster y Kues, 2006). En los registros de Estados Unidos de América, Nuevo México tiene mayor número de registros aunque la formación que presenta mayor cantidad de taxa descrita es la Formación Oologah en Oklahoma con 38 especies (Strimple, 1962). En esta entidad federativa también está la Formación Pumpkin Creek con únicamente dos especies reportadas (*Blothronagma cinctutum* y *Baryschyr anosus*), ambas del Pensilvánico Medio (Moscoviano) (Moore y Jeffords, 1968).

Dentro del estado de Kentucky se encontraron tres unidades litoestratigráficas con registros de crinoideos: La Formación New Providence con 19 especies de crinoideos reportadas, seguido de las formaciones Brodhead y Floyds Knob con 2 especies reportadas en cada unidad. La Tabla 3 también muestra las formaciones ubicadas en Iowa, Tennessee e Indiana; la Caliza Burlington en Iowa presenta un total de 12 especies de crinoideos mientras que la Formación Fort Payne en Tennessee cuenta con una única especie (*Eucladocrinus kentuckiensis*), mientras que en la Formación Edwardsville de Indiana ocurren tres especies de crinoideos. En todas las unidades de Kentucky, Iowa, Tennessee e Indiana se reportan taxa pertenecientes al Misisípico Inferior (Moore y Jeffords, 1968).

Asimismo, Texas es el segundo estado de Estados Unidos de América en tener el mayor número de formaciones o yacimientos fosilíferos, sumando un total de 38 registros de crinoideos carboníferos. Primero, la Lutita Mingus presenta 11 especies, todas ellas del Pensilvánico Medio (Moscoviano); y del Pensilvánico Superior (Kasimoviano-Gzheliano), se tienen reportes de la Lutita Wayland con 7 formas de crinoideos, al igual que en las formaciones Gunsight con 3 especies, Blach Ranch que presentó 2 taxa, Chaffin con 6 especies, Belknap con 6 registros y Southbed con dos menciones de crinoideos (Moore y Jeffords, 1968).

Para los estados de Colorado, Kansas e Illinois se encontró una formación con reportes de crinoideos en cada estado; en Illinois está la Formación Paint Creek donde se describen 6 especies de crinoideos pertenecientes al Misisípico Medio-Superior (Viseano-Serpukhoviano), mientras que en la Formación Minturn en Colorado ocurren 12 taxa pertenecientes al Pensilvánico Medio (Moscoviano), y en la Formación Cabaniss de Kansas únicamente se tiene el reporte de 4 especies de crinoideos, igualmente pertenecientes al Pensilvánico Medio (Moscoviano) (Moore y Jeffords, 1968; Webster y Houck, 1998).

**Tabla 3.** Taxa de Estados Unidos de América, pertenecientes al Carbonífero de Kentucky, Texas, Tennessee, Iowa, Indiana, Colorado, Kansas, Oklahoma y Nuevo México (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).

<b>Especie</b>	<b>Autor</b>	<b>Edad</b>	<b>Formación/Localidad</b>
<i>Gilbertsocrinus aequalis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Gilbertsocrinus cassiope</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Elytroclon *elimatus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Ilematerisma *enamma</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Platyparallelus *parilis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	New Providence Shale, Kentucky (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Platyclonus *dispar</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Platyplateium providencense</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Pentamerostela *delicatula</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Pentamerostela minuta</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Eulonchosterigma *impunitum</i>	Moore y Jeffords	Osageano	

<i>Stiberostaurus *aestimatus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Graphosterigma *scriptum</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Graphosterigma synthetes</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Cyclocaudex congregalis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	New Providence Shale, Kentucky (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Cyclocaudex aptus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Flucticharax *undatus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Dilanteris *trestes</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Dierocalipter *doter</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Exedrodiscus *excussus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Eucladocrinus? kentuckiensis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	Brodhead Formation, Kentucky (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Floricyclus welleri</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Eucladocrinus? kentuckiensis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	Floyds Knob Formation, Kentucky (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Ampholenium *apolegma</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Gilbertsocrinus concinnus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Platycrinites? irroratus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Eucladocrinus? springeri</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Eucladocrinus? kentuckiensis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Rhysocamax *cristata</i>	Moore y Jeffords	Osageano	Burlington Limestone, Iowa (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Rhysocamax grandis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Rhysocamax tuberculata</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Lomalegnum *hormidium</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Goniostathmus *annexus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Goniocion *gonimus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Goniocion turgidus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Cyclostelechus *turritus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	
<i>Eucladocrinus? kentuckiensis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	Fort Payne Formation, Tennessee (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Eucladocrinus? kentuckiensis</i>	Moore y Jeffords	Osageano	Edwardsville Formation, Indiana (Moore y Jeffords, 1968).

<i>Stiberostaurus *aestimatus</i>	Moore y Jeffords	Osageano	Edwardsville Formation, Indiana (Moore y Jeffords, 1968).	
<i>Graphosterigma grammodes</i>	Moore y Jeffords	Osageano		
<i>Camptocrinus beaveri</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano	Paint Creek Formation, Illinois (Moore y Jeffords, 1968).	
<i>Pentagonomischus *plebeius</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano		
<i>Pentagonomischus *plebeius?</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano		
<i>Asteromischus *stellatus</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano		
<i>Pentagonostaurus *leptus</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano		
<i>Cyclocion *distinctus</i>	Moore y Jeffords	Chesteriano		
<i>Platycion *mingusensis</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		Mingus Shale, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Pentaridica simplicis</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Cylindrocauliscus *fiski</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Cyphostelechus *claudus</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Catholicorhachis *multifaria</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Floricyclus *hebes</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Lamprosterigma erathense</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Leptocarphium *gracile</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Leptocarphium regulare</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Preptopremnum laeve</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Cycloscapus *laevis</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano		
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	Wayland Shale, Texas (Moore y Jeffords, 1968).	
<i>Mooreanteris *waylandensis</i>	Miller	Virgiliano		
<i>Mooreanteris</i> indet.	Miller	Virgiliano		
<i>Cyclocrista martini</i>	Miller	Virgiliano		
<i>Preptopremnum *rugosum</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano		
<i>Heterostelechus jeffordsi</i>	Miller	Virgiliano		
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Virgiliano		
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	Gunsight Limestone, Texas.	

<i>Preptopremnum</i> *rugosum	Moore y Jeffords	Virgiliano	Gunsight Limestone, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Heterostelechus keithi</i>	Miller	Virgiliano	
<i>Pentaridica</i> *rothi	Moore y Jeffords	Virgiliano	Blach Ranch, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Pentagonopternix</i> *insculptus	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	Chaffin Limestone, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Cyclocrista</i> *lineolata	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Preptopremnum</i> *rugosum	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Nothrosterigma</i> *merum	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Cyclocaudex</i> *typicus	Moore y Jeffords	Virgiliano	Belknap Limestone, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Cyclocaudex jucundus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Mooreanteris perforatus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Heterostelechus</i> *texanus	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Heterostaurus</i> *belknapensis	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Cyclocaudex costatus</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Floricyclus granulosis</i>	Moore y Jeffords	Virgiliano	
<i>Plummeranteris</i> *sansaba	Moore y Jeffords	Atokano	Marble Falls, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Pentaridica pentagonalis</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	Minturn Formation, Colorado (Moore y Jeffords, 1968; Webster y Houck, 1998).
<i>Floricyclus angustimargo</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Aaglaocrinus keytei</i>	Strimple y Moore	Desmoinesiano	
<i>Aaglaocrinus magnus</i>	Strimple	Desmoinesiano	
<i>Dicromyocrinus</i> <i>beldenensis</i>	Webster y Houck	Atokano	
<i>Synarmocrinus molasensis</i>	Strimple y Miller	Atokano- Desmoinesiano	
<i>Ulocrinus rockymontanus</i>	Strimple y Moore	Desmoinesiano	
<i>Neoprotencrinus rockensis</i>	Webster y Houck	Atokano	

<i>Metaffinocrinus perundatus</i>	Moore y Plummer	Desmoinesiano	Minturn Formation, Colorado (Moore y Jeffords, 1968; Webster y Houck, 1998).
<i>Sciadiocrinus wipsorum</i>	Webster y Houck	Desmoinesiano	
<i>Blothronagma cinctutum</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Platyplateium cf. texanum</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Blothronagma *cinctutum</i>	Moore y Jeffords	Atokano	Pumpkin Creek, Oklahoma (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Baryschr *anosus</i>	Moore y Jeffords	Atokano	
<i>Allagecrinus dignatus</i>	Moore	Pensilvánico	Oologah Formation, Oklahoma (Strimple, 1962).
<i>Allagecrinus constellatus</i>	Moore	Pensilvánico	
<i>Metacatillocrinus bulbosus</i>	Moore y Strimple	Pensilvánico	
<i>Graphiocrinus deflectus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Erisocrinus terminalis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Erisocrinus mediator</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Graffhamicrinus tulsensis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Graffhamicrinus variabilis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Tholiocrinus rimulatus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Anobasicrinus erectus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Anobasicrinus praecursor</i>	Moore y Plummer	Pensilvánico	
<i>Glaukosocrinus naturalis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Laudonocrinus catilus</i>	Moore y Plummer	Pensilvánico	
<i>Perimestocrinus? bulbosus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Perimestocrinus papillatus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Perimestocrinus impressus</i>	Moore y Plummer	Pensilvánico	
<i>Sciadiocrinus harrisae</i>	Moore y Plummer	Pensilvánico	
<i>Schistocrinus ovalis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Plaxocrinus? obesus</i>	Moore y Plummer	Pensilvánico	
<i>Plaxocrinus aplatus</i>	Moore y Plummer	Pensilvánico	
<i>Athlocrinus clarus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Lasanocrinus altamontensis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Metaperimestocrinus</i>	Strimple	Pensilvánico	

<i>trapezoidalis</i>			
<i>Bathronocrinus turioformis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Galateacrinus stevensi</i>	Moore	Pensilvánico	
<i>Metacromyocrinus minutus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Stellarocrinus angulatus</i>	Miller y Gurley	Pensilvánico	
<i>Stellanocrinus minimus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Exocrinus desmoinesensis</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Haeretocrinus depressus</i>	Strimple	Pensilvánico	Oologah Formation, Oklahoma (Strimple, 1962).
<i>Texacrinus associatus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Aesiocrinus basilicus</i>	Miller y Gurley	Pensilvánico	
<i>Lecythiocrinus optimus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Acrocrinus expansus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Cibolocrinus detrusus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Amphicrinus carbonarius</i>	Springer	Pensilvánico	
<i>Synerocrinus formosus</i>	Moore y Plummer	Pensilvánico	
<i>Euonychocrinus magnus</i>	Strimple	Pensilvánico	
<i>Planacrocrinus ambix</i>	Moore y Strimple	Morrowano	
<i>Paragassizocrinus caliculus</i>	Moore y Plummer	Morrowano	Osha Canyon Formation, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Paragassizocrinus tarri</i>	Strimple	Morrowano	
<i>Platycrinites nactus</i>	Bowsher and Strimple	Desmoinesiano	
<i>Exsulacrinus alleni</i>	Bowsher and Strimple	Desmoinesiano	
<i>Lecythiocrinus sacculus</i>	Bowsher and Strimple	Desmoinesiano	Gobbler Formation, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Parulocrinus globatus</i>	Bowsher y Strimple	Desmoinesiano	
<i>Neoprotencrinus subplanus</i>	Moore y Plummer	Desmoinesiano	
<i>Delocrinus</i> spp.	Miller y Gurley	Desmoinesiano	
<i>Apographiocrinus decoratus</i>	Moore y Plummer	Desmoinesiano	
<i>Lecythiocrinus sacculus</i>	Bowsher and	Desmoinesiano	Wild Cow Formation.

Strimple			
<i>Kallimorphocrinus bassleri</i>	Strimple	Virgiliano	
<i>Erisocrinus obovatus</i>	Moore y Plummer	Missouriano	
<i>Euerisocrinus gordoplatus</i>	Webster y Kaus	Missouriano	Wild Cow Formation, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Apographiocrinus typicalis</i>	Moore y Plummer	Missouriano	
<i>Apographiocrinus rimosus</i>	Webster y Kaus	Missouriano	
<i>Apographiocrinus kietzkei</i>	Webster y Kaus	Missouriano	
<i>Moscovicrinus? rotundobasis</i>	Webster y Kaus	Desmoinesiano	
<i>Metacromyocrinus cedroensis</i>	Webster y Kaus	Desmoinesiano	
<i>Parethelocrinus watkinsi</i>	Strimple	Desmoinesiano	Los Moyos Limestone, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Ulocrinus manzanitaensis</i>	Webster y Kaus	Desmoinesiano	
<i>Euerisocrinus tijerasensis</i>	Webster y Kaus	Desmoinesiano	
<i>Paramphicrinus novamexicanus</i>	Webster y Kaus	Desmoinesiano	
<i>Elibatocrinus? sp.</i>	Moore	Virgiliano	
<i>Metacromyocrinus szaboi</i>	Webster y Kaus	Missouriano	
<i>Parethelocrinus sp.</i>	Strimple	Desmoinesiano-Missouriano	
<i>Ulocrinus sangamonensis</i>	Meek y Worthen	Missouriano-Virgiliano	
<i>Delocrinus subhemisphericus</i>	Moore y Plummer	Virgiliano	Madera Group, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Delocrinus ponderosus</i>	Strimple	Virgiliano	
<i>Delocrinus spp.</i>	Miller y Gurley	Desmoinesiano	
<i>Metaffinocrinus noblei</i>	Webster y Kaus	Missouriano-Virgiliano	
<i>Moundocrinus osagensis</i>	Strimple	Virgiliano	
<i>Paramphicrinus novamexicanus</i>	Webster y Kaus	Desmoinesiano	
<i>Paramphicrinus sp.</i>	Strimple y Moore	Missouriano-Virgiliano	
<i>Paragassizocrinus</i>	Moore y Plummer	Morrowano	La Pasada Formation, New

<i>caliculus</i>			Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Aaglaocrinus keytei</i>	Strimple y Moore	Atokano	
<i>Aaglaocrinus bowsheri</i>	Webster y Kaus	Atokano	
<i>Goleocrinus chronici</i>	Webster y Kaus	Atokano	
<i>Metacromyocrinus</i> sp.	Webster y Kaus	Atokano	
<i>Ulocrinus?</i> sp.	Miller y Gurley	Atokano	
<i>Metacromyocrinus percultus</i>	Knapp	Atokano	
<i>Neoprotencrinus subplanus</i>	Moore y Plummer	Atokano	Sandia Formation, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Neoprotencrinus gutschicki</i>	Webster y Kaus	Atokano	
<i>Eirmocrinus brewi</i>	Webster y Lane	Atokano	
<i>Sciadiocrinus ornatus</i>	Webster y Kaus	Atokano	
<i>Sciadiocrinus wipsorum</i>	Webster y Houck	Atokano	
<i>Aexitrophocrinus minuramulosus</i>	Strimple y Miller	Atokano	
<i>Aaglaocrinus</i> sp.	Webster	Atokano	
<i>Protencrinus mutabilis</i>	Knapp	Desmoinesiano	Flechado Formation, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Endelocrinus globularus</i>	Webster y Kaus	Atokano	
<i>Diphuicrinus borgesae</i>	Webster y Kaus	Virgiliano	Alamitos Formation, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Delocrinus subhemisphericus</i>	Moore y Plummer	Virgiliano	Atrasado Formation, New Mexico (Webster y Kues, 2006).
<i>Cyclocaudex insaturatus</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Floricyclus kansasensis</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	
<i>Floricyclus pulcher</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	Cabaniss Formation, Kansas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Lamprosterigma *mirificum</i>	Moore y Jeffords	Desmoinesiano	

### Registros taxonómicos del Pérmico en Estados Unidos de América

En los reportes de crinoideos pertenecientes al Pérmico de los Estados Unidos de América, existe una clara escasez de información acerca del tema. Únicamente se cuenta con

datos de 4 formaciones que reportan crinoideos pérmicos: Lutita Waldrip, Formación Pueblo, Grupo Wichita en Texas y Formación Bird Spring en Nevada, siendo esta última la unidad con mayor número de ocurrencias, contando con 10 especies descritas, mientras que en la Lutita Waldrip sólo se describen dos formas de crinoideos pertenecientes al Pérmico Inferior. Para la Formación Pueblo se reportan las mismas dos especies que ocurren en la Lutita Waldrip, mientras que en el Grupo Wichita sólo tiene el registro de una especie de crinoideo que también se encuentra en la Lutita Waldrip y en la Formación Pueblo (*Heterostelechus texanus*), también siendo parte del registro faunístico del Pérmico Inferior (Wolfcampiano). En total, solo se han mencionado 12 especies y 11 géneros de crinoideos de este periodo en los Estados Unidos de América (Tabla 4) (Moore y Jeffords, 1968; Webster y Lane, 2007).

**Tabla 4.** Taxa descrita para el Pérmico de Estados Unidos de América, colectados en yacimientos fosilíferos de Texas y Nevada (Datos ordenados en cuanto a la edad del registro).

Especie	Orden	Edad	Formación/Localidad
<i>Cyclocrista cheneyi</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano	Waldrip Shale, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Heterostelechus *texanus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano	
<i>Cyclocrista cheneyi</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano	
<i>Heterostelechus *texanus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano	Pueblo Formation, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Heterostelechus *texanus</i>	Moore y Jeffords	Wolfcampiano	Wichita Group, Texas (Moore y Jeffords, 1968).
<i>Poteriocrinites permicus</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	Bird Spring Formation, Nevada (Webster y Lane, 2007).
<i>Ekteinocrinus battlehipensis</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	
<i>Arroyocrinus brachiatus</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	
<i>Moapacrinus inornatus</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	
<i>Plummericrinus jelli</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	
<i>Plummericrinus? bulbosus</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	
<i>Polusocrinus amplus</i>	Lane y Webster	Pérmico inferior	
<i>Elassocrinus cyathus</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	
<i>Oklahomacrinus triangulus</i>	Webster y Lane	Pérmico inferior	
<i>Pentaxocrinus quinarius</i>	Lane y Webster	Pérmico inferior	

Cabe destacar que México, no sólo se ha distinguido por sus numerosas localidades del Carbonífero-Pérmico donde se ha detectado la presencia de cálices y osículos de crinoideos, sino también, ha resaltado porque pudo haber representado una región importante para la diversificación y distribución de este grupo de equinodermos a finales del Paleozoico, ya que hasta la fecha se siguen encontrando nuevos registros a lo largo del territorio mexicano, incluyendo diversos taxa nuevos, tanto a nivel genérico como específico.

## DISCUSIÓN

### **Implicaciones paleoambientales**

Es bien sabido que el clima ha ido fluctuando a lo largo de la historia de la Tierra, lo cual ha influido drásticamente en los diferentes hábitats, tanto terrestres como marinos. En este sentido, el Paleozoico es señalado como una de las eras donde los ambientes marinos fueron constantemente modificados, tanto por el desplazamiento de las masas continentales como por las variaciones atmosféricas que fue sufriendo el planeta desde el Cámbrico al Pérmico, derivando en diversos cambios en la composición biótica. En particular, el Paleozoico Tardío está caracterizado por una serie de modificaciones climáticas, las cuales han sido relacionadas principalmente con el movimiento y reacomodo de los continentes. Dicho cambio en la distribución de la corteza terrestre influyó en las condiciones paleoambientales marinas que prevalecieron a finales del Paleozoico, así como también en la composición de las asociaciones de organismos del Misisípico al Pérmico (Manger, 2020).

El clima que predominaba durante el periodo Carbonífero era controlado por la latitud en la que se ubicaba cada cratón; además, los patrones eólicos eran muy similares a los que se tiene en la Tierra en nuestros días. Por lo tanto, las regiones más tropicales se mantenían ubicadas en el centro ecuatorial de la Tierra, mientras que las latitudes medias eran secas y las latitudes altas eran más húmedas y frescas (Manger, 2020). Durante el Misisípico, el único territorio que se logró ubicar en el centro ecuatorial fue el que hoy en día se conoce como Norteamérica, mientras que la mayor parte de Gondwana se encontraba en latitudes más bajas con condiciones climáticas más frías, en donde se llegaron a formar glaciares continentales, los cuales no lograron establecerse de la misma manera en el hemisferio norte del planeta

(Manger, 2020). Con respecto a México, este ya se encontraba unido al cratón de Norteamérica desde inicios del Carbonífero, localizándose en zonas cálidas, cercanas a la región paleoecuatorial.

Precisamente, es en el territorio mexicano (durante el Misisípico), donde se empiezan a asentar de manera importante diversos grupos de crinoideos, ya que al ser considerados como uno de los principales habitantes de aguas someras y productores de sedimentos carbonatados de finales del Paleozoico (Hess et al., 1999), conquistaron grandes extensiones de los mares poco profundos que conectaban las diferentes zonas de Norteamérica. Así, fueron capaces de sobrevivir en diferentes regiones de México, en donde se asociaban a otros invertebrados marinos y se presentaban condiciones paleoambientales similares.

Por ejemplo, los crinoideos misisípicos reportados en formaciones Patlanoaya de Puebla e Ixtaltepec de Oaxaca, se encontraron asociados a corales, braquiópodos, esponjas, moluscos y briozoos. Dicha asociación, aunada a las características de las rocas portadoras permitieron señalar que los ambientes de depósito eran de arrecifes paleozoicos de aguas poco profundas, altamente productivas y muy energéticas (Buitrón-Sánchez et al., 2008; Villanueva et al., 2011). A pesar de esto, algunos ejemplares de *Stipecrinus splendidus* y *Cosmetocrinus* sp. de la Formación Ixtaltepec, Oaxaca, fueron encontrados en buena conservación, señalando que, a pesar de la alta energía del medio, la región pudo haber estado sometida a altas tasas de sedimentación, preservando los especímenes en cuestión (Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014). En el caso de la Formación Las Trincheras en Sonora, se reportaron asociaciones con corales del género *Caninia* y *Caninophyllum*, los cuales fueron reportados en rocas que determinaron la presencia de ambientes marinos tropicales poco profundos (Buitrón-Sánchez et al., 2008).

Para el Pensilvánico, el glaciador de Gondwana se expandió y llegó a latitudes más altas, provocando fluctuaciones en el nivel del mar, ocasionando que en zonas cercanas al ecuador comenzaran a surgir los pantanos de carbón (Manger, 2020). Para este momento, ya se había cerrado el océano Réico por la formación inicial del supercontinente Pangea, dividiendo a las poblaciones de invertebrados en diferentes regiones geográficas, del este y oeste de Pangea (Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa). En la presente revisión se resalta que, para el Pensilvánico de México, se siguen presentando asociaciones y patrones paleoambientales semejantes a los propuestos para los crinoideos misisípicos, a pesar de los cambios geográficos globales; observando que los reportes pensilvánicos son considerablemente más

numerosos. Así, en las localidades de Sonora, Puebla, Hidalgo, Oaxaca y Guerrero se encontraron, generalmente, asociaciones de crinoideos con fusulínidos, esponjas, corales, moluscos, briozoos y braquiópodos, indicando ambientes de aguas tropicales, de baja profundidad, alta productividad y energía variable (Buitrón-Sánchez et al., 2007a, 2008; Villanueva-Olea et al., 2011, 2016; Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014).

Para el Pérmico, se produce la completa acreción de los continentes Gondwana y Laurasia, cerrando algunas vías marítimas que se tenían en las latitudes bajas del Carbonífero; posteriormente, el glaciar que se formó durante el Carbonífero empezó a desaparecer, conduciendo al planeta a un calentamiento global. El clima en el Pérmico se volvió más cálido y con mucha humedad, aunque para finales del Pérmico pasó a ser cálido y seco. Las colisiones continentales, que cerraron muchas rutas oceánicas, terminaron afectando ambientes que albergaban invertebrados marinos de aguas someras (Manger, 2020). En el registro fósil del Pérmico de México, se detectaron preferencias de hábitat ligeramente diferentes a las observadas en las biotas del Carbonífero, ya que, a pesar de que las asociaciones fósiles son semejantes, las características paleoambientales deposicionales y de conservación de los especímenes de crinoideos presentaron ciertas diferencias. Siendo así, las comunidades pérmicas, donde se reportaron crinoideos, se pudieron relacionar principalmente con ambientes periarrecifales, arrecifales o de rampas carbonatadas, los cuales estuvieron sometidos a niveles energéticos más altos a lo observado en las asociaciones carboníferas (Buitrón-Sánchez et al., 2017; Torres-Martínez et al., 2020; Villanueva-Olea et al., 2021). Esto es consistente con la gran abundancia de especímenes de crinoideos pérmicos que se han encontrado desarticulados, ya que hasta la fecha no se han reportado cálices o individuos completos en las diferentes localidades de este periodo.

Por ejemplo, en la región de Chicomuselo, Chiapas, los restos de crinoideos asociados con foraminíferos bentónicos y algas filoidales, sugieren una cercanía con aguas abiertas aunque la presencia de crecimiento microbiano, de arcilla y arenas indica proximidad a la zona intermareal y la abundancia de organismos crinoideos sugiere una alta productividad, lo que habla de un ambiente restringido, la conservación de los restos fósiles indica un entierro en aguas de bajo nivel energético aunque se menciona una posible dispersión carroñera (Torres-Martínez et al., 2020). En Pemuxco, Hidalgo, la asociación estaba conformada por algas, fusulínidos y otros foraminíferos bentónicos, briozoos, braquiópodos, crinoideos y posiblemente plantas vasculares que se encontraron en mal estado de conservación. Dicha

comunidad permitió deducir que el ambiente en el que se encontraban depositados los diferentes grupos era en una zona de aguas poco profundas (Buitrón-Sánchez et al., 2017). Del mismo modo, en Sonora, se hallaron asociaciones de crinoideos con grupos de protistas, invertebrados y algunos cordados que correspondían a las faunas bentónicas de ambientes marinos cálidos del Pérmico, conformadas por diversos grupos de braquiópodos, foraminíferos, corales, briozoos y conodontos (Buitrón-Sánchez et al., 2007b).

Los paleoambientes donde prevalecieron y se diversificaron los crinoideos del Carbonífero-Pérmico de México corresponden a facies de aguas someras cálidas, formando comúnmente asociaciones con diversos grupos de protistas e invertebrados marinos, tales como braquiópodos, briozoos, foraminíferos, algunos corales, entre otros. Finalmente, cabe resaltar que los fósiles de crinoideos mejor conservados se han encontrado en zonas relacionadas con ambientes de energía baja, alta productividad y altas tasas de sedimentación (Hess et al., 1999; Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014; García-Barrera et al., 2017).

### **Consideraciones estratigráficas**

Los estudios bioestratigráficos son fundamentales cuando se hacen trabajos de paleontología, ya que esto sirve para establecer edades fehacientes de las rocas portadoras de fósiles. En este sentido, una de las herramientas más importantes para el establecimiento de edades relativas fidedignas es la paleontología de invertebrados, ya que esta permite definir de manera muy precisa el momento en que se depositaron diferentes rocas sedimentarias. Con respecto al Paleozoico, la relevancia estratigráfica de los invertebrados va a ser distinta, habiendo grupos fósiles más relevantes que otros al momento de determinar las dataciones relativas, resaltando principalmente a los ammonoideos, graptolitos, trilobites y braquiópodos como los de mayor importancia; asimismo, el estudio de los foraminíferos bentónicos y conodontos ha resultado ser un proxy más eficiente al momento de datar rocas del Paleozoico superior (Alanís-Pavón, 2020; Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa). En el caso de los crinoideos fósiles, y sobre todo cuando se trata de los osículos columnares, aún existe mucha controversia con respecto a su utilidad estratigráfica, ya que presentan alcances temporales muy extensos, por lo que al parecer no son indicadores estratigráficos muy precisos al momento de indicar edades relativas. No obstante, tal como se mencionó anteriormente, su utilidad va más dirigida hacia el conocimiento del paleoambiente de depósito (Torres-Martínez et al., 2020).

Algunos ejemplos de morfoespecies que se han reportado para México, y que presentan alcances estratigráficos amplios son *Lamprosterigma mirificum*, la cual tiene registros desde el Misisípico Superior hasta el Pensilvánico Medio y ha sido reportada en Chicomuselo, Chiapas para el Misisípico y para el Pensilvánico en Sierra Agua Verde y Cerros El Tule, en Sonora (Buitrón-Sánchez, 1977; Buitrón-Sánchez et al., 2007a, 2008), también está *Cyclocaudex typicus* que cuenta con reportes del Misisípico y Pensilvánico de Oaxaca, mientras que para el Pérmico, su distribución parece haberse expandido a Coahuila y Chiapas (Villanueva-Olea et al., 2011, 2021; Torres-Martínez et al., 2020). Por otro lado, *Preptopremnum rugosum*, *Heterosteichus keithi* y *Cyclocaudex jucundus*, presentan una ocurrencia primordialmente pensilvánica, localizándose en Guerrero, Hidalgo, Tamaulipas, Sonora y Puebla, sin embargo, para el Pérmico se distribuyeron en Coahuila, Hidalgo y Chiapas (López-Lara, 2002; Buitrón-Sánchez et al., 2007a, 2008; Villanueva-Olea et al., 2016, 2021). *Cylindrocauliscus fiski* ocurre en el Carbonífero de Oaxaca, Puebla, Sonora y Tamaulipas, mientras que durante el Pérmico se registra para Chiapas e Hidalgo (Villanueva-Olea et al., 2011, 2016; Buitrón-Sánchez, 1977; Buitrón-Sánchez et al., 2008, 2017; López-Lara, 2002; Morales-Palacios, 2015). Al igual que *Cyclocaudex insaturatus*, que se describió para el Misisípico y Pensilvánico de los estados de Oaxaca, Puebla, Sonora, Hidalgo y Guerrero, pero para el Pérmico se reportó en Coahuila, Chiapas e Hidalgo (López-Lara, 2002; Buitrón-Sánchez et al., 2007a, 2008; Villanueva-Olea et al., 2011, 2021; Torres-Martínez et al., 2020).

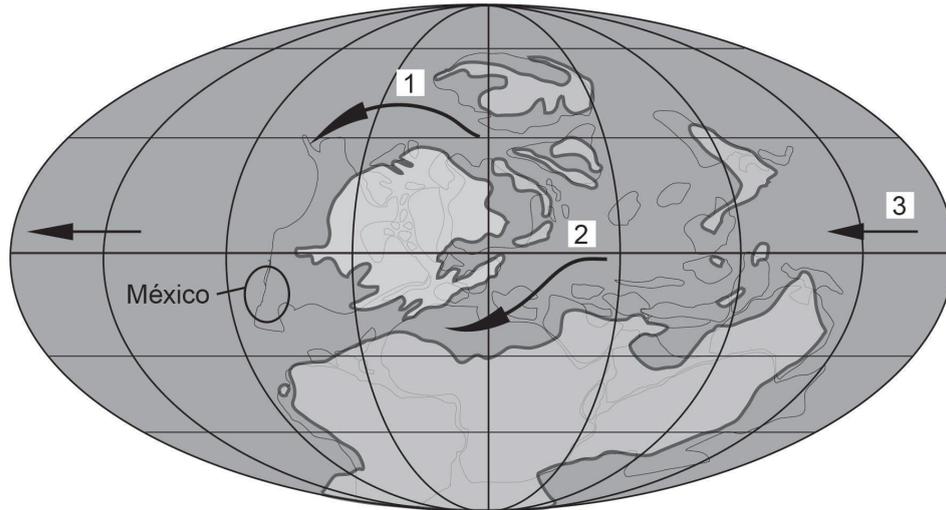
Caso diferente se tiene en Estados Unidos de América, donde hay muy pocas especies de crinoideos que se extienden en diferentes periodos estratigráficos, considerando únicamente los niveles del Misisípico, Pensilvánico y Pérmico. Así, la especie *Heterosteichus texanus* es la única especie que presentó un alcance estratigráfico mayor, abarcando del Pensilvánico Superior al Pérmico inferior de diferentes yacimientos de Texas (Moore y Jeffords, 1968). Además de esto, únicamente se lograron identificar dos géneros que abarcaron el Misisípico y Pensilvánico, los cuáles fueron *Floricyclus* y *Cyclocaudex*, los cuales también son reportados para México (Moore y Jeffords, 1968). A pesar de esto, no se puede decir que los crinoideos son buenos indicadores estratigráficos ya que esto se puede deber a una posible falta de información en cuanto a crinoideos fósiles del Paleozoico tardío de los Estados Unidos de América.

## **Implicaciones paleobiogeográficas**

Los crinoideos que han sido encontrados en México coinciden con los descritos por Strimple (1962), Moore y Jeffords (1968), Webster y Houck (1998), Webster y Kues (2006) y Webster y Lane (2007), los cuales fueron hallados en diferentes localidades del Paleozoico superior de los Estados Unidos de América, comprendiendo zonas como Texas, Nuevo México, Kansas, Oklahoma, Kentucky, Iowa, entre otros.

Para el Misisípico la organización de las masas continentales de la Tierra se caracterizaba por 2 supercontinentes principales: Laurasia al norte, la cual se conformaba por lo que actualmente conocemos como América del Norte, Europa y Asia, y Gondwana al sur, la cuál comprendía la actual América del sur, África, la Antártida, La India y Australia. Ambos fragmentos de corteza terrestre se encontraban ubicados en un sólo lado del globo terráqueo, los cuales a su vez estaban acompañados, en latitudes altas, por los cratones de China, Kazajstán y Siberia. Para este tiempo, los mares estaban representados por Pantalasa, cubriendo la mayor parte de la corteza oceánica, el Paleotetis, rodeado por Laurasia, Gondwana y China, y el océano Réico, limitado a un corredor marítimo que pasaba entre Laurasia y Gondwana, el cual fue completamente cerrado a finales del Misisípico, específicamente en el Serpukhoviano (Figura 4) (Manger, 2020; Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa).

En México durante el Misisípico, el terreno de Oaxaquia, el cual comprendía parte de lo que hoy son Tamaulipas, Puebla, Hidalgo y Oaxaca, ya se había unido al cratón norteamericano, específicamente cercano a la provincia reconocida como el Mid-Continent de los Estados Unidos de América. Mientras tanto, la región de Chicomuselo, Chiapas, aún se encontraba separada de cualquier masa continental (Figura 4). En este contexto, se tiene el registro de 17 especies de crinoideos en las zonas de Puebla, Chiapas, Sonora y Oaxaca, lo cual comprende tres regiones carboníferas: Chicomuselo (Chiapas), Oaxaquia (Puebla y Oaxaca) y el cratón norteamericano (Sonora) donde se localizaba la denominada Gran Cuenca (Ortega-Gutierrez et al., 1995; Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa).



**Figura 4.** Mapa representativo de la composición de los continentes durante el Misisípico, resaltando la ubicación que presentaba México. Se señalan las corrientes oceánicas principales: 1) Boreal; 2) Océano Réico y 3) Circumecuatorial (Modificado de Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa).

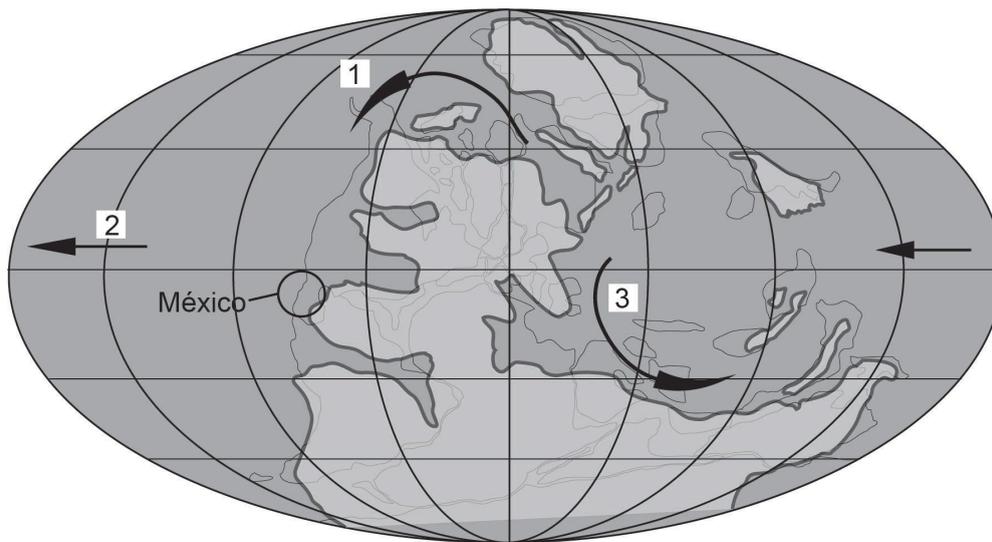
Previamente, se había mencionado acerca de la afinidad que existía entre las biotas de México con las reportadas en los Estados Unidos de América, tanto del Mid-Continent (región centro-este) como de la Gran Cuenca (región oeste), corroborando dicha semejanza en diferentes invertebrados marinos, incluyendo los crinoideos (Villanueva-Olea, 2011; Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014; Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa), de los cuales se encontraron un total de siete especies y un género que comparten distribución en ambas regiones, principalmente en las zonas de Sonora, Puebla, Oaxaca, México y en Kentucky, Iowa, Indiana e Illinois, EUA. Las especies que se encontraban en ambas regiones son *Gilbertocrinus aequalis*, *Lomalegnum hormidium*, *Floricyclus welleri*, *Rhysocamax cristata*, *Ampholenium apolegma*, *Cyclostelechus turritus* y *Pentagonomischus plebeius*; mientras que *G. aequalis* fue reportado para New Providence, en Kentucky, así como para Sierra Las Trincheras, en Sonora (Moore y Jeffords, 1968; Buitrón-Sánchez et al., 2008), *F. welleri* fue reportada en la Formación Brodhead, Kentucky y también para Nochixtlán, Oaxaca (Moore y Jeffords, 1968; Villanueva-Olea et al., 2011), *R. cristata* fue registrada en Burlington, Iowa y también se encontró en Las Trincheras, Sonora (Moore y Jeffords, 1968; Buitrón-Sánchez et al., 2008), en tanto que el género que se comparte en ambas regiones es *Graphosterigma*, encontrándose en New Providence, Kentucky (*G. scriptum* y *G. synthetes*), en Edwardsville,

Indiana (*G. grammodes*) y en Nochixtlán, Oaxaca (*Graphosterigma* sp.) (Moore y Jeffords, 1968; Villanueva-Olea et al., 2011).

Esto ha sugerido que hubo conexiones marinas cercanas entre los mares epicontinentales someros de México y las distintas regiones de los Estados Unidos de América, favoreciendo la migración de los diversos grupos de invertebrados entre las diferentes regiones de Norteamérica. Con respecto al océano Réico, se ha sugerido que su presencia favoreció la amplia distribución de diferentes invertebrados marinos durante el Misisípico, siendo incluso algunos de ellos cosmopolitas; sin embargo, con relación a los crinoideos, esto sigue en discusión (Villanueva-Olea, 2011; Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa).

Para el Pensilvánico, Laurasia y Gondwana continuaron uniéndose, lo cual culminaría más adelante con la formación del supercontinente Pangea (Figura 5). De este modo, Norteamérica y el norte de Europa continuaban en la zona ecuatorial, mientras que los cratones de China y Siberia seguían en latitudes altas, resultando en el establecimiento de dos océanos principales: Pantalasa y Paleotetis (Manger, 2020). Cabe resaltar, que desde el Pensilvánico Temprano, y como consecuencia del cierre del mar Réico, algunas corrientes marinas se vieron afectadas, en especial la corriente circumequatorial que se vio forzada a redirigirse hacia el norte (corredor Frankliniano) y al sur (Paleotetis), favoreciendo cambios en las temperaturas del mar por el desplazamiento de grandes cantidades de aguas cálidas ecuatoriales hacia latitudes más frías (Figura 5) (Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa).

Con respecto a México, Oaxaquia continuaba consolidándose con Norteamérica, en tanto que el bloque Acatlán y la región de Chicomuselo continuaban desplazándose tanto al suroeste como al noreste, respectivamente, de Oaxaquia (Weber et al., 2006). Asimismo, los mares epicontinentales someros de Norteamérica continuaban extendiéndose, conectando las diferentes zonas de esta región. Para este tiempo, es cuando se observa una mayor semejanza entre los crinoideos de México con los de Estados Unidos de América, ya sea con los del Mid-Continent o con los de la Gran Cuenca (Villanueva-Olea et al., 2011, 2016; Villanueva-Olea y Sour-Tovar, 2014). Una vez que se cerró la vía marítima del océano Réico se produjo un aislamiento geográfico entre las biotas del oeste y este de Pangea, lo cual trajo consigo una regionalización genérica y específica de diversos grupos de invertebrados marinos, incluyendo los crinoideos (Villanueva-Olea et al., 2011, 2016, 2021; Porrás-López, 2017; Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa).

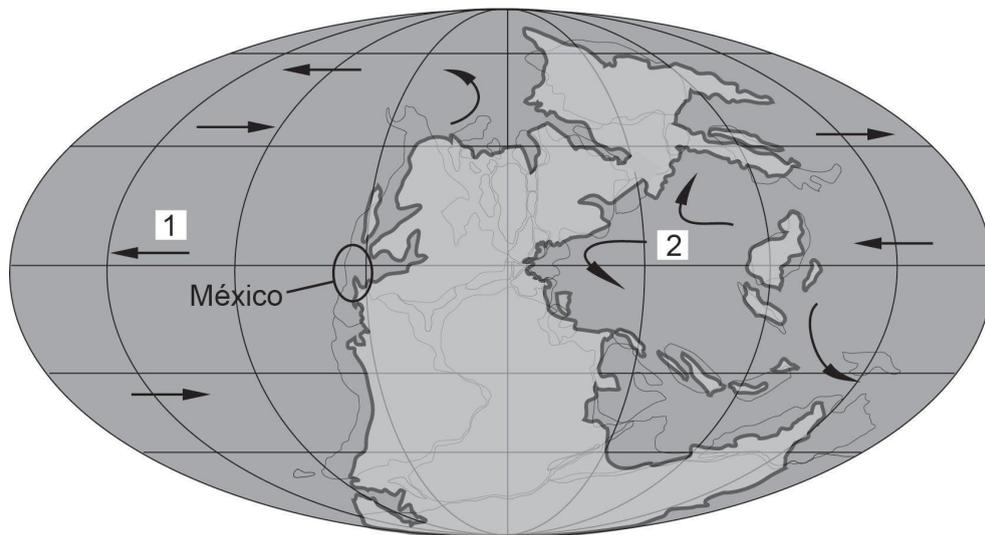


**Figura 5.** Mapa representativo de la composición de las masas continentales durante el Pensilvánico, dónde se resalta la ubicación que presentaba México. Se señalan las corrientes oceánicas principales: 1) Corredor Frankliniano, 2) Circumecuatorial y 3) Paleotetis (Modificado de Torres-Martínez y Sour-Tovar, en prensa).

Esto se corrobora por la presencia, en México, de 33 especies de crinoideos típicas de Norteamérica, las cuales han sido registradas en diferentes localidades pensilvánicas de lo que ahora son los estados de Puebla, Sonora, Oaxaca, Tamaulipas, Hidalgo, Guerrero y Baja California (Buitrón-Sánchez et al., 2007a, 2008; Villanueva-Olea et al., 2011, 2016; Villanueva-Olea y Sour Tovar, 2014; Navajas-Parejo et al., 2018). Además, contrario a lo que sucede en el Misisípico, para el Pensilvánico se han descrito mayor número de especies nuevas para la región oeste de Pangea; por ejemplo, *Heterosteichus keithi*, *Floricyclus angustimargo*, *Cyclocrista martini* y *Mooreanteris waylandensis* de los estados de Texas y Colorado (Moore y Jeffords, 1968). Del mismo modo, es posible notar que hay taxa ampliamente distribuida en México, los cuales son compartidos con alguna localidad pensilvánica de los Estados Unidos de América, por ejemplo la morfoespecie *Cyclocaudex jucundus* que se ha registrado en yacimientos de Sonora, Hidalgo, Puebla, Tamaulipas y Guerrero, México, así como en dos yacimientos en Texas, EUA; o también *Cyclocaudex insaturatus*, que ocurre en Puebla, Hidalgo, Sonora y Guerrero, México, contando con un registro en lo que actualmente es el estado de Kansas, EUA (Moore y Jeffords, 1968, Buitrón-Sánchez et al., 2007a, 2008; Morales-Palacios, 2015; Villanueva-Olea et al., 2016).

Para el Pérmico temprano, la parte noroeste de Gondwana se une al sur de Laurasia y da origen a la orogenia Alegheniana en Norteamérica. Para mediados del Pérmico, se completa lo que conocemos como Pangea con la fusión del cratón Siberiano con Kazajstán, el norte de China y el norte de Laurasia. El cratón del sur de China no se fusiona con Pangea, quedando en forma de isla rodeando el Paleotetis, mientras que Pantalasa continúa siendo el océano más extenso de la Tierra (Figura 6). En el mar, hay fluctuaciones de nivel durante todo el Pérmico, debido posiblemente al derretimiento del glaciar gondwánico que se formó en el Carbonífero. Estas fluctuaciones significativas a lo largo del periodo ocasionaron discordancias en el registro geológico y eventos de diversificación y extinción de especies marinas de poca profundidad (Isbell et al., 2003; Torres-Martínez et al., 2017; Manger, 2020).

Para México, el bloque Acatlán ya se encontraba muy cerca del suroeste de lo que fue Oaxaquia, el bloque de Coahuila estaba próximo al sur de Texas y la región de Chicomuselo formaba una isla que posiblemente circundaba a Texas por el este (Torres-Martínez et al., 2016). Debido a su ubicación geográfica, México fue afectado por los cambios en el nivel del mar mencionados anteriormente, desencadenando variaciones paleoambientales que influyeron en el asentamiento y desarrollo de los diferentes invertebrados marinos pérmicos (Figura 6) (Torres-Martínez et al., 2017, 2020).



**Figura 6.** Mapa representativo de la composición de las masas continentales del Pérmico con una Pangea formada, resaltando la ubicación que presentaba México. Se señalan las corrientes oceánicas principales: 1) Circumecuatorial y 2) Paleotetis (Modificado de Torres-Martínez et al., 2019).

En el registro fósil del Pérmico de México se observa una ligera disminución de taxa de crinoideos en comparación con el registro del Carbonífero, contando con un total de 26 especies distribuidas a lo largo de los estados de Sonora, Hidalgo, Chiapas y Coahuila. También, resalta la presencia de numerosos morfógenos y morfoespecies que han sido descritos por primera vez para México, destacando que durante el Pérmico se pudo haber acentuado la regionalización taxonómica de crinoideos. Tales formas están representadas por *Cyclogrupera minor*, *Floricyclocion heteromorpha*, *Pentagonopternix coahuilensis*, *Heterostelechus jeffordsi*, *Cyclocaudex plenus* y *Plummeranteris sansaba* (López-Lara, 2002; Torres-Martínez et al., 2020; Villanueva-Olea et al., 2021).

Comparando los registros pérmicos que se tienen en México con los trabajos hechos en Norteamérica, estados como Texas y Nevada registraron un número de especies de crinoideos muy bajo, con sólo 12 especies en total; además de que ningún ejemplar coincide con las especies reportadas para México.

## CONCLUSIONES

Se recopiló la mayor cantidad de información respecto a los crinoideos pertenecientes al Paleozoico superior, específicamente del Carbonífero y el Pérmico, de Norteamérica. Con esta revisión, se identificaron las especies y morfoespecies ya descritas, así como sus respectivas localidades fosilíferas, de la taxa reportada tanto para México como para Estados Unidos de América.

Se ubicaron 12 localidades carboníferas con presencia de crinoideos en México, ubicadas en 7 entidades federativas, mientras que para el Pérmico se ubicaron 4 localidades fosilíferas pertenecientes a 4 estados del país. En total, se encontraron 42 especies de crinoideos carboníferos, mientras que del Pérmico fueron 26 formas. Para Estados Unidos de América, se detectaron 167 especies del Carbonífero y 12 del Pérmico.

Con respecto a los paleoambientes, la mayoría de los yacimientos fosilíferos donde se registró la presencia de crinoideos se puede asociar con aguas someras, de baja energía y con una tasa de sedimentación alta, lo cuál ayudó a la conservación; siendo comunes las asociaciones con distintas especies de protistas e invertebrados marinos como corales,

braquiópodos, briozoos, esponjas, moluscos, fusulínidos, foraminíferos, algas y otros microorganismos a lo largo de todo el Carbonífero y Pérmico.

Con relación a la estratigrafía, existe poca fiabilidad de los fósiles de crinoideos para datar con mayor precisión las rocas portadoras de fósiles; esto debido a que muchas de las especies presentan alcances temporales muy variables y extensos, incluso abarcando algunas todo el Paleozoico tardío. En el caso de Estados Unidos de América, no se observan alcances tan extensos en diferentes formas; sin embargo, esto puede deberse a una falta de datos e información por parte del estudio de fósiles crinoideos en dicho país.

Se observó que la distribución de crinoideos se modificó a lo largo del Carbonífero y Pérmico, resaltando la presencia de conexiones marinas cercanas entre los mares epicontinentales someros de México y las distintas regiones de los Estados Unidos de América.

A través de la revisión paleobiogeográfica se pudo concluir que la distribución de crinoideos se modificó a lo largo del Carbonífero y Pérmico, cambiando con el surgimiento y modificación de las diferentes corrientes oceánicas globales. No obstante, resalta la presencia de conexiones marinas cercanas entre los mares epicontinentales someros de México y las distintas regiones de los Estados Unidos de América.

## REFERENCIAS

Ausich, W., Kammer, T., Rhenberg, E., Wright, D. (2015). Early phylogeny of crinoids within the pelmatozoan clade. *Palaeontology*, 58(6), 937–952.

Brusca, R., Brusca, G. (2003). *Invertebrates*. 2da edición. Sunderland, Massachusetts: Editorial Sinauer Associates, 801–804.

Buitrón-Sánchez, B.E. (1977). Invertebrados (Crinoidea y Bivalvia) del Pensilvánico de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 1(2), 144–150.

Buitrón-Sánchez, B.E., Gómez-Espinosa, C., Almazán-Vázquez, E. Vachard, D. (2007a). A late Atokan regional encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora state, NW Mexico. *Geological Society London Special Publications*, 275(1), 201–209.

Buitrón-Sánchez, B.E., Almazán-Vázquez, E. Vachard, D. (2007b). Middle Permian crinoids (Echinodermata, Crinoidea) from Cerros Los Monos, Caborca, Sonora, Mexico and paleogeographic considerations. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24(3), 344–353.

Buitrón-Sánchez, B.E., Gómez-Espinosa, C., Almazán-Vázquez, E., Vachard, D., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F. (2008). A review of the crinoid columnals (Echinodermata-Crinoidea) from the Carboniferous of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 1–12.

Buitrón-Sánchez, B.E., Lopez-Lara, O., Vachard, D., Hernández-Barroso, A. (2017). Algunos crinoides (Echinodermata-Crinoidea) del Pérmico de la región de Pemuxco, Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 69(1), 21–34.

Esquivel-Macías C., Ausich, W.I., Buitrón, B.E., Flores de Dios, A. (2000). Pennsylvanian and Mississippian pluricolumnal assemblages (Clase Crinoidea) from southern Mexico and a new occurrence of a column with a tetralobate lumen. *Jour. Paleont.* 74: 1187–1190.

Esquivel-Macías C., Solís-Marín, F., Buitrón-Sánchez, B.E. (2004). Nuevos registros de placas columnares de crinoideos (Echinodermata, Crinoidea) del Paleozoico Superior de México, algunas implicaciones paleobiogeográficas y paleoambientales. *Col. Paleont.* 54: 15–23.

Flores de Dios, A., Buitrón-Sánchez, B.E. (1982). Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero: Universidad Autónoma de Guerrero, Serie Técnico-Científica, 12, 28.

García-Barrera, P., Sánchez-Beristain, J.F., Chávez-García, L. (2017). *Arrecifes: Condiciones para su desarrollo, su dinámica y su historia a través del tiempo*. En S. Cevallos-Ferriz y A.

Huerta-Vergara. (Ed.), *Paleobiología. Interpretando procesos de la vida pasada* (191–233). Facultad de Ciencias e Instituto de Geología, UNAM. Ciudad de México, México.

González-Arreola, C., Villaseñor, A.B., Corona-Esquivel, R. (1994), Permian fauna of the Los Arcos Formation, Municipality of Olinalá, State of Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 11, 214–221.

Hess, H., Ausich, W., Brett, C., Simms, M. (1999). *Fossil Crinoids*. Reino Unido: Editorial Cambridge University Press, 31–40.

Isbell, J.L., Lenaker, P.A., Askin, R.A., Miller, M.F., Babcock, L.E. (2003). Reevaluation of the timing and extent of late Paleozoic glaciation in Gondwana. Role of the Transantarctic Mountains. *Geology* 31, 977–980.

López-Lara, O. (2002). *Crinoides (Echinodermata) del Paleozoico tardío de la región de Pemuxco, Hidalgo: Consideraciones estratigráficas y Paleogeográficas* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Manger, W. (2020). Carboniferous Period. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/>. Consultada en Marzo 2021.

Martínez Chacón, M., Rivas, P. (2009). *Paleontología de Invertebrados*. España: Editorial Instituto Geológico y Minero de España, 464–472.

Moore, R., Jeffords, R. (1968). Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts of their columns. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, Serial Number 46, Article 9, 1–86.

Moore, R., Jeffords, R., Miller, T. (1968). *Morphological Features of Crinoid Columns*. Lawrence: University of Kansas Paleontological Institute. 10–15.

Morales Palacios, A. (2015). *Actualización sistemática de los crinoides (Echinodermata, Crinoidea) del Paleozoico tardío de Sonora. Consideraciones estratigráficas* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Navas-Parejo, P., Lara-Peña, R., Torres-Martínez, M., Martini, M. (2018). Biostratigraphy and petrography of upper Paleozoic rocks of Sierra Las Pintas, northern Baja California: *Journal of South American Earth Sciences*, 84, 160–171.

Ortega-Gutierrez, F., Ruiz, J., Centeno-Garcia, E. (1995). Oaxaquia, a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the late Paleozoic. *Geology* 23(12). 1127–1130.

Porras-López, E.P. (2017). *Análisis paleobiogeográfico de los braquiópodos productidos (Strophomenata: Productidina) del Carbonífero de la región de Nochixtlán, Oaxaca, México.* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.

Simms, M.J., Sevastopulo, G.D. (1993). The origin of articulate crinoids. *Palaeontology* 36, 91–109

Strimple, H. (1962). *Crinoids from the Oologah formation (Pennsylvanian) Tulsa County, Oklahoma.* UU.EE.: University of Oklahoma.

Solís Marín, F., Laguarda-Figueras, A. (2007). Phylum Echinodermata. En Fernández Álamo, M., Rivas, G. (Ed), *Niveles de organización de animales.* (322–324), México: Las Prensas de Ciencias.

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.

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.

Torres-Martínez, M.A., D.P. Heredia-Jiménez, S.A. Quiroz-Barroso, P. Navas-Parejo, F. Sour-Tovar y J. Quiroz-Barragán. (2019). A Permian (late Guadalupian) brachiopod fauna from northeast Mexico and their paleobiogeographic affinities. *JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES*, 92: 41–55.

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(2), 1–17.

Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F. (2021). 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*, En prensa.

Velasco, P., Buitrón-Sánchez, B.E. (1992). Algunos crinoides (Echinodermata-Crinoidea) del Misisípico-Pensilvánico de San Salvador Patlanoaya, Estado de Puebla. *Rev. Soc. Mex. Paleont.* 5: 71–81.

Villanueva-Olea, R. (2011). *Crinoideos del Carbonífero de la región de Nochixtlán, Oaxaca* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Villanueva-Olea, R., Castillo-Espinoza, K., Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S.A., Buitrón-Sánchez, B. (2011). Placas columnares de crinoides del Carbonífero de la región de Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán, Oaxaca; consideraciones estratigráficas y paleobiogeográficas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3), 429–443.

Villanueva-Olea, R., Sour-Tovar, F. (2014). A new genus and four new species of cladid crinoids from the Carboniferous of Oaxaca State, Mexico. *Journal of Systematic Palaeontology*, 13(7), 527–542.

Villanueva-Olea, R., Buitrón-Sánchez, B., Palafox-Reyes, J., Piña-Flores, S. (2016). Crinoides (Echinodermata: Crinoidea) del Pensilvánico de sierra Las Mesteñas, NE de Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1225–1234.

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), 1–11.

Villaseñor, A.B., Martínez-Cortes, A., Contreras-Montero, B. (1987), Bioestratigrafía del Paleozoico superior de San Salvador Patlanoaya, Puebla, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 1, 396–417.

Weber, B., P. Schaaf, V.A. Valencia, A. Iriondo, F. Ortega-Gutiérrez. 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(3), 262–276.

Webster, G., Houck, K. (1998). Middle Pennsylvanian, late Atokan-early Desmoinesian echinoderms from an intermontane basin, the Central Colorado Trough. *Journal of Paleontology*, 72(6), pp. 1054–1072.

Webster, G., Kues, B. (2006). Pennsylvanian crinoids of New Mexico. *New Mexico Geol.* 28. 3–36.

Webster, G., Lane, N. (2007). New Permian crinoids from the Battlership wash patch reef in Southern Nevada. *Journal of Paleontology*. 81(5), 951–965.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Tabla con la correlación de las unidades cronoestratigráficas del Carbonífero, internacionales y de Norteamérica.

Sistema	Sub sistema	Serie	Piso global	Piso regional de Norteamérica
<b>CARBONÍFERO</b>	<b>PENSILVÁNICO</b>	Superior	Gzheliano	Virgiliano
			Kasimoviano	Missouriano
		Medio	Moscoviano	Desmoinesiano
				Atokano
		Inferior	Bashkiriano	Morrowano
	<b>MISISÍPICO</b>	Superior	Serpukhoviano	Chesteriano
		Medio	Viseano	Merameciano
				Osageano
		Inferior	Tournaisiano	Kinderhookiano

**Anexo 2.** Tabla con la correlación de las unidades cronoestratigráficas del Pérmico Inferior, internacionales y de Norteamérica.

Sistema	Estados Unidos de América		Internacional	
	Serie	Piso	Serie	Piso
<b>PÉRMICO</b>	Guadalupiano	Roadiano	Guadalupiano	Roadiano
	Leonardiano	Kunguriano	Cisuraliano	Kunguriano
		Artinskiano		Artinskiano
	Wolfcampiano	Sakmario		Sakmario
		Asseliano		Asseliano