



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

SISTEMÁTICA, PALEOECOLOGÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DE
CRINOIDES PENNSILVÁNICOS DE CERROS EL TULE, NE,
SONORA, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRÍA EN
BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA

BIOL. JORGE LUIS GARCÉS SALAZAR

DIRECTOR DE TESIS: DRA. BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

COMITÉ TUTORAL: DR. ALFREDO LAGUARDA FIGUERAS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
DR. JOAQUÍN EDUARDO AGUAYO CAMARGO
INGENIERÍA GEOLÓGICA

SINODALES: DR. FRANCISCO SOUR TOVAR
FACULTAD DE CIENCIAS
DRA. MA. ADELA MONREAL GÓMEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

MÉXICO D. F., AGOSTO 2013.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



SISTEMÁTICA, PALEOECOLOGÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DE CRINOIDES PENSILVÁNICOS DE CERROS EL TULE, NE, SONORA, MÉXICO

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestría en

Biología Marina

presenta

Biol. Jorge Luis Garcés Salazar

Director de Tesis: Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez

Comité Tutoral: Dr. Alfredo Laguarda Figueras

Dr. Joaquín Eduardo Aguayo Camargo

Sinodales: Dr. Francisco Sour Tovar

Dra. Ma. Adela Monreal Gómez

México D. F., 2013.

DEDICATORIA

A mis padres:

Eliud Salazar Zamora y Fernando Garcés Aranda, por su confianza y apoyo incondicional que me han brindado.

A mis hermanos:

Jazmyn, Lizandro y Calos Iván, por motivarme a seguir adelante.

A mis tías:

Elizabeth Salazar y Elda Salazar, que están presentes en todos los momentos importantes.

A:

Oscar Ibarra, por ayudarme a ser mejor cada día y apoyarme en este proyecto.

RECONOCIMIENTOS

El trabajo de investigación fue elaborado en el Departamento de Paleontología del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

El autor agradece a la directora Dra. Elena Centeno García, el haberme permitido desarrollar el trabajo de tesis en las instalaciones que dirige. Asimismo expresa su reconocimiento a la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez que sugirió el tema de estudio y dirigió la investigación, mostrando un gran interés durante su desarrollo y haciendo valiosos comentarios al autor.

La investigación se realizó en el marco de los proyectos UNAM-DGAPA-PAPIIT No. IN105012 y CONACYT No. 165826 “Evolución de los Ecosistemas Paleozoicos de México”, que financiaron parcialmente el trabajo de campo y la estancia académica en el Laboratorio del Paleozoico de la Université des Sciences et Technologies de Lille, Francia, se agradece la asesoría de los doctores Daniel Vachard y Sebastián Clausen.

Se reconoce el apoyo de la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó, Coordinadora del Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

El Dr. Juan José Palafox Reyes asesoró el trabajo de campo en la prospección geológico-paleontológica en los Cerros El Tule.

También se agradece a los tutores doctores Alfredo Laguarda Figueras, Joaquín Eduardo Aguayo Camargo, quienes con los doctores Francisco Sour Tovar y Ma. Adela Monreal Gómez formaron parte del Honorable Jurado y revisaron críticamente el manuscrito e hicieron comentarios y sugerencias que mejoraron el presente trabajo.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| ÍNDICE | 1 |
| RESUMEN | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| I. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 6 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN | 6 |
| 1.3 TRABAJOS PREVIOS | 7 |
| II. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA..... | 8 |
| 2.1 RUTAS DE ACCESO..... | 8 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 10 |
| 3.1 TRABAJO DE GABINETE..... | 10 |
| 3.2 TRABAJO DE CAMPO..... | 10 |
| 3.3 TRABAJO DE LABORATORIO..... | 11 |
| IV. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL | 12 |
| 4.1 PALEOZOICO SUPERIOR | 12 |
| V. MARCO ESTRATIGRÁFICO | 13 |
| VI. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA | 19 |
| Phylum ECHINODERMATA..... | 19 |
| Subphylum CRINOZOA Cámbrico-Reciente..... | 19 |
| Clase CRINOIDEA Cámbrico Medio, Ordovícico Inferior-Reciente..... | 20 |
| VII. RESULTADOS..... | 24 |
| Subclase INADUNATA..... | 24 |
| ORDOVÍCICO INFERIOR-PÉRMICO SUPERIOR, TRIÁSICO MEDIO | 24 |
| SUBCLASE Y ORDEN INCIERTA MOORE Y JEFFORDS, 1968 | 24 |
| [GRUPO PENTAMERI] MOORE Y JEFFORDS, 1968 | 24 |
| FAMILIA PENTACAULISCIDAE MOORE Y JEFFORDS, 1968 | 25 |
| [Grupo CYCLICI] | 26 |
| FAMILIA CYCLOMISCHIDAE MOORE Y JEFFORDS, 1968 | 26 |
| FAMILIA FLORICYCLIDAE MOORE Y JEFFORDS, 1968..... | 30 |
| FAMILIA LEPTOCARPHIDAE MOORE Y JEFFORDS, 1968..... | 32 |
| VIII. CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS | 38 |

| | |
|--|----|
| IX. CONSIDERACIONES PALEOGEOGRAFICAS | 41 |
| X. CONCLUSIONES | 46 |
| BIBLIOGRAFÍA CITADA | 48 |
| ANEXO I. GLOSARIO | 59 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Vista panorámica de los afloramientos de Cerros El Tule..... | 8 |
| Figura 2. Localización de los Cerros El Tule (Tomado de Buitrón <i>et. al.</i> , 2012)..... | 9 |
| Figura 3. Columna estratigráfica de Cerros El Tule (Tomado de Palafox, 2011). .. | 18 |
| Figura 4. Morfología general de un crinoide (Tomado de Moore y Jeffords, 1978)..... | 21 |
| Figura 5. Tipos de brazos en vista dorsal a. Uniseriado, b. Biseriado (Tomado de Martínez y Rivas, 2009)..... | 22 |
| Figura 6. Partes de la columna de los crinoides (Tomado de Moore y Jeffords, 1978)..... | 23 |
| Figura 7. Fragmento de encrinita mostrando placas articulares de crinoides..... | 23 |
| Figura 8. <i>Pentaridica rothi</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 25 |
| Figura 9. <i>Baryschr anosus</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 27 |
| Figura 10. <i>Cyclocaudex jucundus</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 28 |
| Figura 11. <i>Cyclcaudex costatus</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 29 |
| Figura 12. <i>Lamprosterigma mirificum</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 30 |
| Figura 13. <i>Lamprosterigma erathense</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 31 |
| Figura 14. <i>Cyclocrista martini</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 33 |
| Figura 15. <i>Preptopremnum rugosum</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 34 |
| Figura 16. <i>Preptopremnum leave</i> Moore y Jeffords, 1968..... | 35 |
| Figura 17. <i>Cycloscapus laevis</i> Moore y Jeffords, 1968. | 36 |
| Figura 18. Mapa paleogeografico del Carbonífero (300 Ma) con localidades de crinoides (Tomado de Buitrón <i>et. al.</i> , 2008)..... | 44 |
| Figura 19. Reconstrucción paleogeográfica que muestra las conexiones entre Sonora, el Cratón Norteamericano (Arizona, Texas) y el dominio sudamericano a través de terrenos mexicanos (Tomado de Gómez-Espinosa <i>et. al.</i> , 2008)..... | 45 |

Resumen

En este trabajo se describen por primera vez para el Pensilvánico Inferior-Medio (310-290 Ma) de los Cerros El Tule al noreste de Sonora, diez especies de crinoides (*Pentaridica rothi*, *Baryschyr anosus*, *Cyclocaudex jucundus*, *C. costatus*, *Lamprosterigma mirificum*, *L. erathense*, *Cyclocrista martini*, *Preptopremnum rugosum*, *Preptopremnum laeve*, *Cycloscapus laevis*). El material descrito consiste en numerosas placas articulares aisladas y fragmentos de la columna de los crinoides.

La columna estratigráfica que se midió tiene un espesor de 680 m y los fósiles de crinoideos proceden de las rocas comprendidas entre los 140 m y 290 m.

La asociación faunística está constituida por algas filoides de los géneros *Komia* y *Eugonophyllum*, foraminíferos-fusulínidos (*Millerella presa* Thompson, 1944 y *M. marblensis* Thompson, 1942); esponjas arrecifales como *Chaetetes*, corales coloniales del género *Syringopora* y corales solitarios záfrentidos; briozoarios fenestélidos y criptostomados, braquiópodos (*Neospirifer*, *Punctospirifer*) y crinoides.

Basándose en las características de la litología y de la asociación biótica de los Cerros El Tule, se infiere que la comunidad constituida por algas incrustantes filoides, foraminíferos (fusulínidos), briozoarios, braquiópodos, y crinoides, es típica de mares tropicales someros.

El análisis de la distribución de las especies de los crinoides permitió establecer relaciones paleogeográficas con faunas de otras localidades del Paleozoico de Ohio, Texas y Kansas, y otras pertenecientes al Cratón Norteamericano (Arizona y Sur de Nuevo México) en EUA, Polonia, Kazakhstan y Pribalkhash en Rusia.

Abstract

This work describes for the first time to Lower-Middle Pennsylvanian (390-290 MYA) of Cerros El Tule, ten species of crinoids (*Pentaridica rothi*, *Baryschyr anosus*, *Cyclocaudex jucundus*, *C. costatus*, *Lamprosterigma mirificum*, *L. erathense*, *Cyclocrista martini*, *Preptopremnum rugosum*, *Preptopremnum laeve*, *Cycloscapus laevis*). The fossil material consisted of numerous isolated articulated plates and column fragments of crinoids.

The crinoids are from Pennsylvanian outcrops that are located in the northeastern region of Sonora State. The stratigraphic column that was measured having a thickness of 680 m and the fossil crinoids come from rocks ranging between 140 m and 290 m.

The faunal assemblage consists of phylloides algae of the genera *Komia* and *Eugonophyllum*, fusulinid-foraminifera (*Millerella presa* Thompson, 1944 y *M. marblensis* Thompson, 1942); coralline sponges as *Chaetetes*, colonial corals of the genera *Syringopora* and solitary corals like *zaphrentis*, fenestelid and cyclostomata bryozoan, brachiopods (*Neospirifer*, *Punctospirifer*) and crinoids.

Based on the characteristics of lithology and biotic association of Cerros El Tule, it follows that the community that consists of phylloides encrusting algae, foraminifera (fusulinids), bryozoans, brachiopods and crinoids, is a typical community of shallow tropical seas.

The analysis of the distribution of species of crinoids allowed establishing paleogeographic relationships with faunas from other Paleozoic localities of Ohio, Texas and Kansas in the USA, belonging to the North American Craton and Poland, Kazakhstan and Pribalkhash, Russia.

I. INTRODUCCIÓN

Los crinoides se encuentran entre los fósiles mejor conservados y abundantes en determinados yacimientos fosilíferos (Meléndez, 1986), tanto del Paleozoico y Mesozoico del mundo, evolucionaron rápidamente, por lo tanto, tienen gran valor estratigráfico, pues solo su presencia, permite caracterizar sistemas muy particulares como es el caso del Paleozoico, donde fueron altamente diversos y abundantes, que les confieren características propias de fósiles índices (Martínez y Rivas, 2009).

Los crinoides son fósiles índices estratigráficos, sobre todo del Paleozoico, pues las placas articulares disociadas que conforman la columna presentan características morfológicas muy particulares, las cuales permiten datar las rocas que las contienen. También son indicadores paleoecológicos, pues vivieron en nichos ecológicos muy particulares, e indicadores paleogeográficos por su amplia distribución en el Paleozoico del mundo (Moore y Jeffords, 1968).

El modo de vida de los organismos y su interacción con el medio ambiente en el pasado geológico, como es el caso de los crinoides del Paleozoico superior (Pensilvánico), se estudia mediante la paleoecología, así se persigue describir la historia de la Tierra y los organismos que la han habitado. El estudio de los fósiles es importante en la identificación del ambiente de depósito (Buitrón y Gómez, 2012).

La reconstrucción de la posición de continentes y océanos en el pasado geológico está apoyada por el conocimiento de la distribución de fósiles como los crinoides (Stearn y Carroll, 1999).

El estado de Sonora presenta afloramientos del Paleozoico distribuidos en todo el territorio. En la región NE del estado, las secuencias expuestas comprenden periodos correspondientes al Cámbrico, Devónico, Misisípico, Pensilvánico y Pérmico; sin embargo, en comparación con otras eras, siguen

siendo muy escasos por estar cubiertos por rocas del Mesozoico y Cenozoico (Buitrón, 1992).

1.1 Objetivos

Contribuir al conocimiento sistemático de la biota, paleoecológico y paleogeográfico de la región noroeste del estado de Sonora.

Los objetivos particulares son:

- ✓ Estudio taxonómico de los crinoides del Pensilvánico de Cerros El Tule y su aplicación en la contribución al conocimiento de la Estratigrafía, Paleoecología y Paleogeografía del Pensilvánico de Sonora.
- ✓ Coadyugar al conocimiento de la estratigrafía y composición faunística del Pensilvánico Inferior-Medio de los Cerros El Tule, Sonora.
- ✓ Contribuir a l conocimiento de la Paleoecología y de la Paleogeografía de la región.

1.2 Justificación

La presente investigación, se realizó con la finalidad de conocer con mayor detalle a los afloramientos paleozoicos del norte del territorio nacional. El trabajo genera conocimiento sobre estratigrafía, paleoecología, paleogeografía y sistemática de los crinoides.

1.3 Trabajos previos

Las investigaciones sobre el Paleozoico de México y en particular, las que corresponden a rocas sedimentarias marinas y su biota, son escasas. Los estados que tienen afloramientos paleozoicos son Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila; Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Buitrón, 1992; Almazán *et. al.*, 2006).

El norte del estado de Sonora ha sido objeto de diversas investigaciones, entre las que se pueden destacar estudios de tipo regional como los de Aguilera (1987), Böese (1905) y Angerman (1904), y entre los estudios de tipo particular se citan los de Viveros (1965) sobre Cabullona, Gómez-Tagle (1967) de la Sierra Las Mesteñas, Aponte (1974) de la Sierra Los Ajos y Cerros El Tule.

Publicaciones más recientes corresponden a las de González-León (1982, 1986), quien estudio la estratigrafía de los Cerros El Tule, Peiffer-Rangin (1987) y Gómez-Espinoza *et. al.* (2008), que establecen correlaciones estratigráficas de los afloramientos del Pensilvánico de Cerros El Tule con los descritos en Arizona (EUA), que también están expuestos en la cuenca denominada Pedregosa, la cual fue descrita por Kottlowski (1958, 1960, 1962). La cuenca Pedregosa se ubica en la región norte del estado de Chihuahua, la cual se extiende hasta el suroeste de Nuevo México, EUA (Kottlowski, 1962; Zeller, 1966; Ross, 1973) y en conjunto con la cuenca Orogrande, constituyen las cuencas más importantes rodeadas por las “Montañas Rocallosas Ancestrales” (Mack *et. al.*, 1979; Kluth y Coney, 1981; Soreghan, 1994; Soreghan *et. al.*, 2002; Barbeau, 2003).

Buitrón *et. al.* (2008) hacen una revisión de los crinoides del Carbonífero de México, enlistando una serie de localidades paleozoicas en todo el territorio nacional, una de ellas es Cerros El Tule.

Buitrón *et. al.* (2012) y Palafox (2011) realizaron trabajos sobre bioestratigrafía en la localidad de Cerros El Tule, donde estudiaron la fauna del Paleozoico superior y mencionaron las especies de crinoides que se describen en este trabajo.

II. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

2.1 Rutas de acceso

Los Cerros El Tule se localizan entre las coordenadas geográficas 31°15' y 31°19' de Latitud Norte y entre los 110°15' y 110°25' de Longitud Oeste en la proximidad del rancho El Tule, que se ubica a 35 km al NNE de la ciudad de Cananea en la región centro-este del estado de Sonora.

La ruta de acceso a los Cerros El Tule es a partir de la ciudad de Cananea, por la carretera federal no. 2, desde la cual se recorren 45 km de terracería para llegar a los afloramientos paleozoicos, que tienen una altitud de 1620 msnm.

Los Cerros El Tule abarcan un área de 1 km², las rocas sedimentarias corresponden a la secuencia de finales del Misisípico al Pérmico inferior. La secuencia está expuesta a partir de la cota 1500 hasta la cima (1620 msnm) (Fig.1 y 2).



Figura 1. Vista panorámica de los afloramientos de Cerros El Tule.

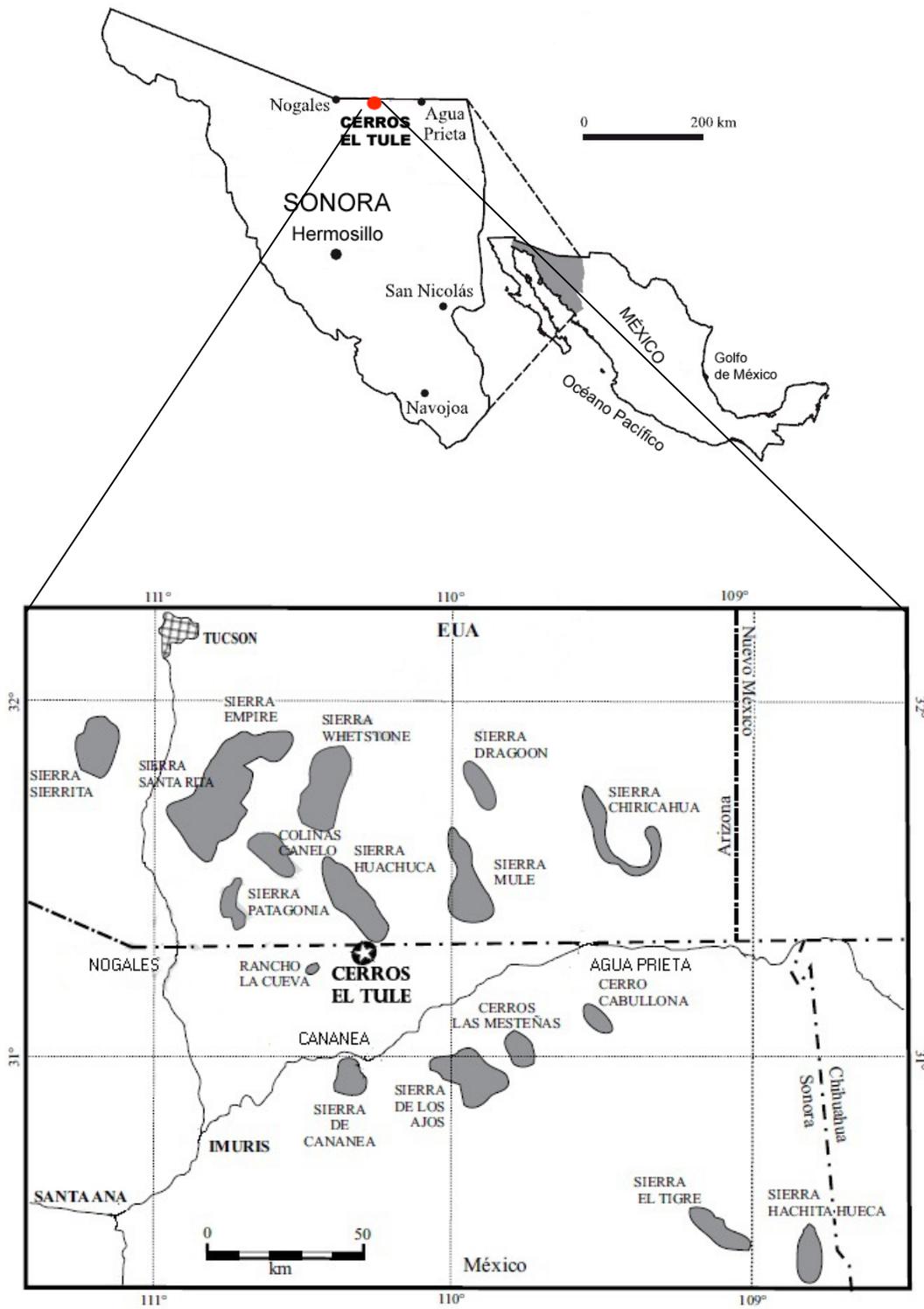


Figura 2. Localización de los Cerros El Tule (Tomado de Buitrón *et. al.*, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Trabajo de gabinete

El trabajo de investigación se inició con la recopilación de información especializada en artículos (Aguilera, 1987; Böese, 1905; Angerman 1904; Viveros, 1965; Gómez-Tagle, 1967; Aponte, 1974; González-León, 1982, 1986; Peiffer-Rangin, 1987; Gómez-Espinoza *et. al.*, 2008; Kottowski, 1958, 1960, 1962; Zeller, 1966; Ross, 1973; Mack *et. al.*, 1979; Kluth y Coney, 1981; Soreghan, 1994; Soreghan *et. al.*, 2002; Barbeau, 2003; Buitrón *et. al.*, 2008, Buitrón *et. al.*, 2012) y en libros (Moore y Teichert, 1978; Meléndez, 1986; Raup y Stanley, 1971; Buitrón *et. al.*, 2010).

Particularmente se utilizó literatura especializada relacionada con la identificación de partes disociadas como placas articulares y fragmentos de la columna de los crinoides fósiles recolectados, que fue propuesta por Moore y Jeffords (1968) y Moore *et. al.* (1968).

3.2 Trabajo de campo

Para obtener los ejemplares de crinoides fósiles se realizó una salida a campo en la localidad de Cerros El Tule, en la frontera con los Estados Unidos de América y de México, en el estado de Sonora.

El muestreo se realizó en el mes de octubre de 2011, donde se llevó a cabo la prospección geológico-paleontológica del área de estudio. Se tomaron los datos de la ubicación mediante mapas y GPS y de la litología. Los diferentes ejemplares recolectados fueron envueltos en papel, cada uno por separado con una etiqueta donde se anotó la fecha de recolecta, el nombre de la persona que lo hizo, la localidad y el grupo al que pertenece el fósil.

También se procedió a la medición de los estratos encontrados para poder construir la columna estratigráfica. La sección realizada midió 680 m totales, que correspondieron al final del Misisípico e inicio del Pérmico, sin embargo, para este

estudio, se analizaron únicamente 380 m correspondientes al Pensilvánico, particularmente Inferior y Medio, que fueron en los que se encontraron las placas articulares de los crinoides.

3.3 Trabajo de laboratorio

La limpieza de las muestras se hizo en el Departamento de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM, usando soluciones de HCl al 5 %, con el objeto de disolver los sedimentos que cubrían a los ejemplares fósiles; posteriormente se removió el sedimento utilizando un cepillo dental. Para los fósiles cubiertos por sedimento muy grueso, se utilizaron aparatos eléctricos como el percutador eléctrico y el sand blaster (equipo de abrasión a presión).

Las fotografías se elaboraron con una cámara Kodak modelo Retina Reflex III, lentes suplementarias NI, NII, R".12.3 y microscopio óptico. Los ejemplares se cubrieron con cloruro de amonio, con el objeto de resaltar algunas de sus estructuras. Se utilizó un microscopio de modelo Tesovar para tomar fotografías de los ejemplares cuyos tamaños eran intermedios entre aquellos que tuvieran dimensiones en micras y centímetros.

IV. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

4.1 Paleozoico Superior

El estado de Sonora es uno de los más diversos, en relación a la geología del territorio nacional. Las unidades paleozoicas comienzan en Sonora con el Cámbrico que es la continuación del Precámbrico, particularmente en la región de Caborca (Cooper *et. al.*, 1952).

Existen aproximadamente 15,000 km² de superficie que corresponden a afloramientos paleozoicos en la región NE del estado de Sonora. Se presentan generalmente en facies de plataforma y varían en edades, desde Cámbrico medio a Pérmico inferior (Palafox, 2011). La serie estratigráfica comienza con el depósito de la Cuarcita Bolsa y la Formación Abrigo del Cámbrico, sobre estas series se encuentran las formaciones Martín, Escabrosa, Horquilla y de otras subdivisiones del Grupo Naco, correspondientes al Devónico Superior hasta el Pérmico inferior (Ransome, 1904; Taliaferro, 1933; Viveros, 1965; Peiffer-Rangin *et. al.*, 1980; Buitrón, 1992).

Los afloramientos paleozoicos de la región NE del estado, están contemplados dentro del Cratón Norteamericano, el cual se extiende al SE de Arizona y NE de Sonora. Éste se conforma por rocas metamórficas y graníticas, sobre las cuales existe un paquete de rocas sedimentarias pertenecientes al Paleozoico (1 a 3 km de espesor), constituida de rocas detríticas y calcáreas (Palafox, 2011). Estas series paleozoicas se terminan en el área de El Antimonio, por calcitas de la parte terminal del Pérmico medio (Cooper *et. al.*, 1953; Dunbar, 1959; Brunner, 1984; Vachard *et. al.*, 2000; Buitrón *et. al.*, 2007).

La secuencia estratigráfica expuesta en los Cerros El Tule, comprende desde el Misisípico hasta principios del Pérmico.

V. MARCO ESTRATIGRÁFICO

La secuencia que se encuentra expuesta en los Cerros El Tule, comprende edades desde el Misisípico hasta principios del Pérmico y tiene un espesor de 680 m (Buitrón *et. al.*, 2012).

La secuencia inicia con rocas del Misisípico que corresponde a los primeros 140 m de la columna estratigráfica; los depósitos del Pensilvánico tienen 380 m y la última parte presenta afloramientos del Pérmico inferior, que miden 160 m de espesor (Buitrón *et. al.*, 2012).

La base de la columna estratigráfica, que mide 70 m, es un depósito del Misisípico Inferior. Los primeros 30 m se caracterizan por tener caliza de color gris oscuro y textura fina, que se componen de calcita microcristalina en estratos que miden desde los 30 cm hasta 1.5 m y que presentan una red densa de vetillas de calcita.

Los siguientes 20 m de la columna presentan espesores menores, que varían de 10 a 20 cm y que se asocian a estructuras de laminación. Los siguientes 20 m se componen de caliza con estratificación de gruesa a masiva y presentan abundantes placas de crinoides que forman encrinita.

Los siguientes 70 m de la columna corresponden a la parte superior del Misisípico. La columna continúa con rocas carbonatadas, que se interrumpen por horizontes muy delgados arcillosos-carbonatados. Las rocas carbonatadas presentan estratificación que varía de gruesa a masiva, con cuerpos irregulares de pedernal. Gran número de los horizontes carbonatados tienen abundantes placas articulares de crinoides en mal estado de conservación que forman encrinita o *grainstone*. En la última parte del Misisípico aparecen capas de pedernal con un espesor de 30 cm, de color negro en fresco y blanquecino al intemperismo.

En el inicio de la secuencia del Pensilvánico Inferior, la sedimentación carbonatada entre los niveles 140 m y 180 m (Fig. 3) presenta estratos delgados

que varían de 30 a 80 cm de espesor. El color de la caliza es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie de intemperismo, donde se observa una red densa de vetillas de calcita. En esta parte de la sección las rocas son moteadas, debido a procesos de dolomitización. Los 40 m de caliza se interrumpen por niveles delgados de lutita y limolita calcáreas. En este nivel se encontraron placas articulares de crinoides que se identificaron como *Cyclocaudex jucundus* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 10) y *Preptopremnum laeve* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 16).

Los siguientes 100 m de la columna (180-280 m) (Fig. 3) representan la parte media del Pensilvánico. Las rocas son calizas gris oscuro que en superficie de intemperismo son de color blanquecino; se observa una red densa de vetillas de calcita y estratos que varían desde 40 cm hasta 2 m de espesor. La roca presenta textura gruesa por su alto contenido de fragmentos de crinoides y se clasifica como *grainstone*. Se encontraron abundantes placas articulares de crinoides que se identificaron como *Lamprosterigma erathense* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 13), *Lamprosterigma mirificum* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 12), *Cyclocrista martini* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 14), *Preptopremnum rugosum* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 15), *Cycloscapus laevis* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 17), *Baryschr anosus* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 9), *Pentaridica rothi* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 8), y *Cyclocaudex costatus* Moore y Jeffords, 1968 (Fig. 11).

A continuación hay 90 m de estratos expuestos que se depositaron durante el fin del Pensilvánico Medio. Los estratos se caracterizan por la presencia de calizas un poco arcillosas de color café amarillento y aparentemente sin presencia de fósiles, también se observan estructuras de laminación que tienen un espesor de 10 a 45 cm. Los 20 m basales de esta parte corresponden a calizas gris oscuro, que intemperizan a gris claro; además se observa una densa red de vetillas de calcita, que presentan cuerpos irregulares de pedernal negro que intemperiza a color amarillento. Las capas de caliza se interrumpen dos veces por cuerpos de limolita, que varía en espesores de 2.5 a 3.5 m. En los siguientes 40 m se pudieron observar columnas y placas articulares de crinoides.

La composición litológica de los 70 m superiores del Pensilvánico Medio, es una caliza de grano fino, gris oscuro en superficie fresca y gris claro al intemperismo, que presenta una marcada estructura de laminación, con estratos que varían de 10 a 20 cm, tienen limo y arena fina. Las calizas alternan con horizontes delgados a gruesos de limolita y arenisca de grano fino. Algunas calizas contienen fragmentos de crinoides en mal estado de conservación.

La porción superior de las rocas del Pensilvánico Medio, se encuentra cubierta por material de pie de monte que impide observar la litología.

En el siguiente nivel (370-410 m) hay 40 m de rocas sedimentarias que fueron depositadas a principios del Pensilvánico Superior, de las cuales los primeros 20 m son una alternancia de capas delgadas de limolita que alternan con calizas, los espesores varían desde 20 hasta 70 cm. Las calizas son de textura fina y están constituidas por lodo calcáreo de coloración gris clara. Como parte de la composición de las rocas carbonatadas es posible encontrar escasos ejemplares silicificados de crinoides.

En esta parte de la columna estratigráfica se hallan numerosas capas de tempestitas en donde se observa una fuerte proporción de fragmentos de columnas de crinoides mal conservados. La sedimentación de la mitad del Pensilvánico Medio, varía de limolita a arenisca de grano fino y localmente se encuentran gravas de 1 cm de diámetro cementadas por carbonato de calcio.

En la base del Pensilvánico Superior (370 m) aflora una estructura de erosión rellenada por un conglomerado de fragmentos redondeados de calizas y dolomías. Los fragmentos se encuentran inmersos en una matriz arenosa de grano grueso, cuya composición proviene de rocas carbonatadas. La roca presenta vetillas de calcita de 1 a 2 mm de espesor.

El depósito transgresivo inmediatamente posterior, está formado por calizas microcristalinas que alternan con *wackestone* por la presencia de crinoides.

Entre los niveles 380 m y 400 m, los estratos de caliza varían de delgados a medianos y alternan con niveles muy delgados arcillosos-carbonatados. Cerca del nivel 390 m se encuentra un horizonte calcáreo de 20 cm de espesor.

El nivel de la columna que corresponde al final del Pensilvánico Superior, se compone de 110 m de calizas (410 m - 520 m), que varían de gruesas a masivas y presentan un color de gris claro a gris oscuro, textura microcristalina y fractura concoidea. Los primeros 20 m corresponden a una secuencia de calizas, con tonalidades gris muy claro a gris oscuro en capas de 30 cm a 1.5 m de espesor, con textura fina y fragmentos de crinoides. Consecuentemente las calizas se pueden clasificar como *wackestone*.

El nivel 410 tiene 1 m de espesor de caliza y contiene numerosas vetillas de calcita, así como láminas y cuerpos irregulares de pedernal.

A partir del nivel 430 m y hasta 470 m se encuentra una serie de niveles clásticos, predominantemente limolita y arenisca de grano fino de color rojizo.

A partir del nivel 473 m y hasta su contacto con la secuencia del Pérmico, los niveles superiores del Pensilvánico Superior son calizas con estratificación que varía de gruesa a masiva, con espesores de 70 cm hasta 3 m, la litología presenta un color gris oscuro en fractura fresca y color gris claro en superficie de intemperismo; el grano de la roca es fino y se fractura fácilmente dando origen a gravas angulosas. Las rocas carbonatadas están desprovistas de macrofauna y únicamente se pueden observar fragmentos de crinoides. La roca se caracteriza por tener una densa red de vetillas de calcita.

La porción más superior de la columna estratigráfica en la localidad de Cerros El Tule, es una sedimentación del Pérmico inferior y esta formada por 130 m (520 m - 680 m) de rocas carbonatadas y unos 30 m de rocas clásticas.

La mayor parte del sistema Pérmico, está constituido por una secuencia de calizas gris oscuro que intemperizan a gris claro, de fractura concoidea, de grano muy fino, que en su mayoría corresponde a *mudstone*, alternando con una menor

proporción de *wackestone* y *packstone*, así como escasos *grainstone* y *rudstone* bioclásticos. Los estratos son masivos en su mayoría, alternando con algunos estratos gruesos que varían desde 80 cm hasta 5 m.

Al microscopio, las rocas calcáreas que ocupan los niveles estratigráficos desde 520 m hasta 550 m, presentan fragmentos de crinoides.

Entre los niveles 610 m y 650 m, la estratificación de las calizas es menos potente, variando su espesor desde 20 hasta 60 cm, con textura moteada; en estos niveles son comunes las placas articulares de crinoides.

Los 30 m superiores de la secuencia pérmica están compuestos de limolita, de color rojizo, intensamente fracturada y, localmente, de cuerpos irregulares de conglomerado que aparentemente no incluyen macrofósiles. Estas facies litológicas se ven interrumpidas por una falla de gran ángulo que las ponen en contacto con una brecha sedimentaria, formada por gravas, bloques de caliza y pedernal, incluidos en una matriz arenosa y cementados con calcita.

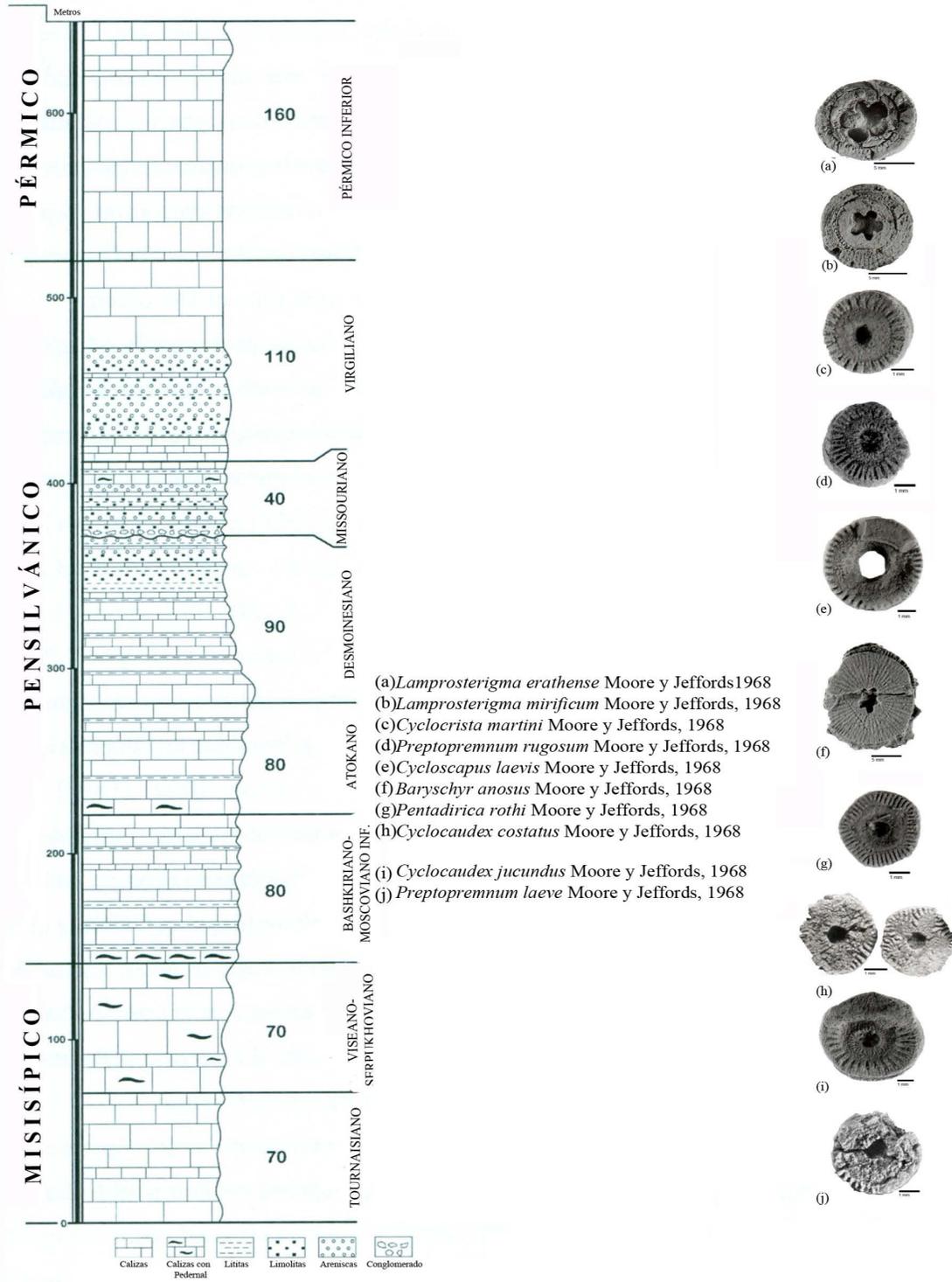


Figura 3. Columna estratigráfica de Cerros El Tule (Tomado de Palafox, 2011).

VI. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

El material de estudio se encuentra depositado en el Departamento de Paleontología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las placas columnares que se describen se clasifican de acuerdo a la propuesta parataxonómica de Moore y Jeffords (1968) y Moore *et. al.* (1968).

Phylum ECHINODERMATA

Los equinodermos son invertebrados celomados, deuterostomados, con la piel cubierta por espinas. El grupo comprende en la actualidad aproximadamente 6000 especies, agrupadas en cinco clases: Crinoidea, Holoturoidea, Echinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Hay además muchas clases extintas que desaparecieron antes de finalizar el Paleozoico (?Machaeridea, Homostelea, Stylophora, Homiostelea, Eocrinoidea, Paracrinoidea, Cystoidea, Parablastoidea, Blastoidea, Edrioblastoidea, Edriasteroidea, Cyclocystoidea, Helicoplaoidea, Ophiocystoidea) (Buitrón *et. al.*, 2010).

Los equinodermos son organismos solitarios, marinos, bentónicos a excepción de algunos crinoides que pueden ser epiplanctónicos y nectónicos y las pelegholoturias que son planctónicas. En la actualidad se han recolectado en los estuarios de los ríos y en lagunas con salinidad variable (Laguna Madre de Texas). Este fenómeno se interpreta como una tendencia adaptativa reciente, pues no se han encontrado fósiles del grupo asociados a faunas salobres o dulceacuícolas (Melendéz, 1982).

Subphylum CRINOZOA Cámbrico-Reciente

Diagnosis. Los organismos presentan simetría radial, pentámera, teca globoide, piriforme, con braquiolas (apéndices) que capturan alimento. Viven fijos al fondo

del mar por la parte aboral directamente o por medio de un pedúnculo (Moore y Jeffords, 1978).

Clase CRINOIDEA Cámbrico Medio, Ordovícico Inferior-Reciente

Es un grupo grande, diversificado y bien caracterizado dentro de los pelmatozoarios. Comenzaron en el Ordovícico y los hay en la actualidad, aun cuando su mayor desarrollo ocurrió en el Paleozoico; extinguiéndose la mayor parte a finales de esa era geológica, son habitantes de aguas profundas (batiales) y de zonas arrecifales, miden desde centímetros y excepcionalmente 18 metros en algunas especies fósiles, presentan pedúnculo con el que se fijan al sustrato, formando “verdaderos jardines marinos”, aun cuando hay formas libres, tanto fósiles como recientes, conocidas como estrellas plumosas (*Saccocoma* y *Comatula*) (Buitrón *et. al.*, 2010).

Los crinoides presentan columna (“tallo”), teca, tegmen (“cáliz”) y brazos móviles (braquiolas) (Fig. 4). La teca es más o menos globular y contiene el sistema digestivo y otros órganos importantes. La boca está en posición superior y central; el ano se encuentra en la región posterior inter-radial, usualmente situado en la parte terminal del proceso tubular, en la superficie oral; el canal alimentario es tubular y se enrolla alrededor de la cavidad de la teca. Hay una ranura en la superficie ventral de cada brazo (surcos alimentarios), que se continúa hasta la superficie oral; estos surcos tienen cilios que permiten converger el alimento a la boca. En la parte superior de la teca se encuentran cinco braquiolas, las cuales pueden ramificarse repetidamente (Woods, 1963; Gordon *et. al.*, 1995; Martínez y Rivas, 2009).

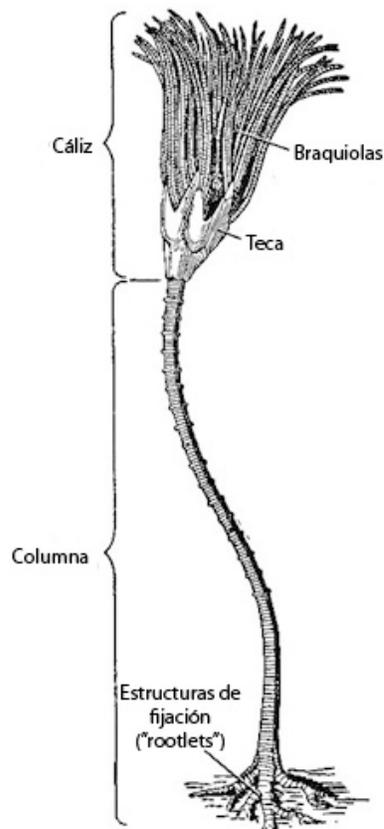


Figura 4. Morfología general de un crinoide (Tomado de Moore y Jeffords, 1978).

La columna de los crinoides es más o menos flexible y en algunos casos tiene varios centímetros de largo; consta de segmentos conocidos como placas articulares, que son discos calcáreos, los cuales presentan forma circular o pentagonal (las placas ocasionalmente son cuadradas o elípticas) (Fig. 6), variando en altura, el segmento más alto constituye el internodal y el segmento más pequeño el nodal (Fig. 6); se articulan por estrías radiadas o con crestas en forma de roseta, que permiten un acoplamiento perfecto entre dos placas y así sucesivamente para formar la columna con un número variable de ellas. Cada placa articular está atravesada en el centro por un canal (lumen) (Fig. 6), el cual puede ser circular o pentagonal y contiene la prolongación del sistema aboral nervioso y el órgano vascular. Lateralmente existen prolongaciones llamadas

cirros que sujetan al crinoide a cualquier superficie cercana; cuando vive sobre un sustrato suave se fijan por ramificaciones que parecen raíces (“rootlets”) (Fig. 6) (Woods, 1963; Gordon *et. al.*, 1995; Martínez y Rivas, 2009).

La parte del crinoide que se encuentra por debajo del inicio de los brazos se conoce como teca; en contraparte, la región que se encuentra por encima es el tegmen. La teca tiene en la base cinco placas conocidas como basales, pero debido a la fusión, el número de placas basales en muchos casos esta reducido a cuatro, tres o muy raramente a dos. Por encima de las placas basales y en alternancia con ellas, hay cinco placas radiales, las cuales usualmente forman los lados de la teca; las placas radiales están alineadas directamente con cada una de las braquiolas (Woods, 1963; Gordon *et. al.*, 1995; Martínez y Rivas, 2009).

Las braquiolas o brazos son características de los Crinoidea; salen directamente de las placas radiales, pueden estar formadas por una hilera o dos hileras de placas, las braquiales; cuando hay una hilera simple, la braquiola es denominada como uniserial y cuando hay dos hileras, entonces se conoce como biserial (Fig. 5). Los brazos biserials surgieron de los de tipo uniserial por el desarrollo de pínulas. En los brazos uniserials una pínula recae en la parte distal terminal de cada braquial, alternativamente sobre los dos lados del brazo (Woods, 1963; Gordon *et. al.*, 1995; Martínez y Rivas, 2009).

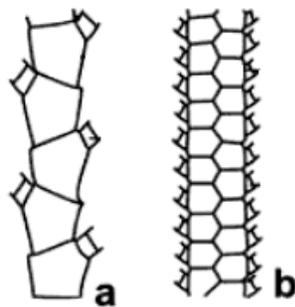


Figura 5. Tipos de brazos en vista dorsal a. Uniserialo, b. Biserialo (Tomado de Martínez y Rivas, 2009).

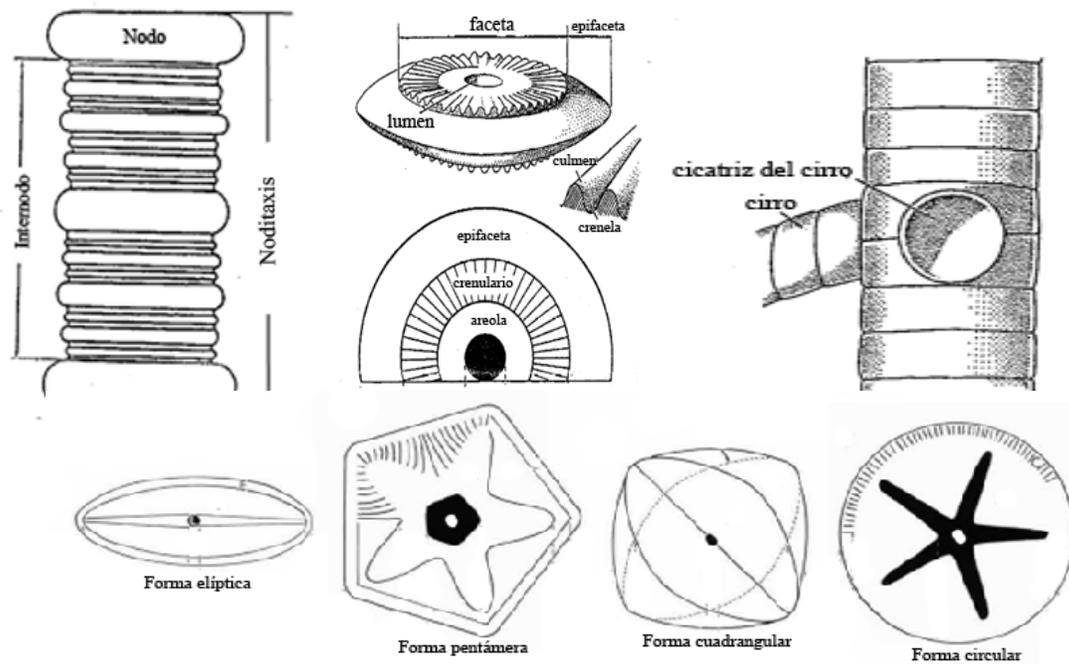


Figura 6. Partes de la columna de los crinoides (Tomado de Moore y Jeffords, 1978).

Las partes desarticuladas de los crinoides son muy abundantes como fósiles. En muchos afloramientos fosilíferos, estos restos fragmentarios son componentes dominantes de los depósitos, por lo que la roca recibe el nombre de encrinita (Fig. 7). Las placas columnares disociadas, debido a su abundancia y diversidad morfológica, han sido objeto de estudio de muchas investigaciones (Martínez y Rivas, 2009).



Figura 7. Fragmento de encrinita mostrando placas articulares de crinoides.

VII. RESULTADOS

Subclase INADUNATA

Ordovícico Inferior-Pérmico superior, Triásico Medio

Comprende crinoides con la teca pequeña, monocíclica o dicíclica y formada por placas basales y radiales; presentan cinco braquiolas libres y las placas braquiales no forman parte de la teca; la boca y los surcos ambulacrales son externos. El interrradio anal está muy desarrollado, formando a veces un saco anal, tan largo como las braquiolas. Las columnas son ampliamente circulares en sección transversal, pero pueden ser pentagonales o subcirculares, pero no elípticas (Buitrón *et. al.*, 2010). Son exclusivamente del Paleozoico.

Las descripciones de los géneros y especies de los crinoides del Pensilvánico de los Cerros El Tule, se basaron en caracteres observados en restos desarticulados de sus columnas y fragmentos de ellas. Se siguió la clasificación de subclases y grupos parataxonómicos como Pentameri y Cyclici propuestos por Moore y Jeffords (1968).

Subclase y Orden INCIERTA Moore y Jeffords, 1968

[Grupo PENTAMERI] Moore y Jeffords, 1968

Caracterización de este grupo referido a la Subclase Inadunata por Moore y Jeffords (1968).

Diagnosis. Columna comúnmente caracterizada por desarrollo pentámero en su morfología; algunas estructuras divididas por suturas longitudinales dentro de los pentámeros, otros caracterizados por una sección transversal pentaestelada a pentagonal o subpentagonal y otros por una disposición pentámera dominante en las características de las articulaciones (Buitrón *et. al.*, 2010).

Familia PENTACAULISCIDAE Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna pentagonal en sección, heteromórfica con nodal e intermodal, hasta donde se sabe, con o sin cirros (Moore y Jeffords, 1968).

Género *Pentaridica* Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna heteromórfica, compuesta de placas de paredes rectas a ligeramente pentagonales y convexas, con faceta auricular caracterizada por contornos pentámeros, crenulado normal (recto) a los lados de las facetas, canal axial moderadamente largo y circular (Moore y Jeffords, 1968).

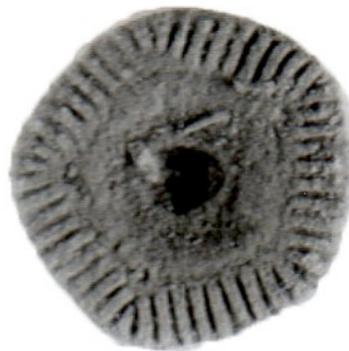


Figura 8. *Pentaridica rothi* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La columna es de tipo heteromórfica u homeomórfica, compuesta de placas pentagonales y convexas con o sin ornamentación. La faceta articular está caracterizada por presentar el margen pentagonal, la areola amplia, el crenulado regular, el lumen moderadamente amplio, con claustro delgado contiguo al jugulum estrellado (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 3.3 mm de diámetro, el lumen, 0.8 mm de ancho, la areola 0.7 mm y el crenulario 0.7 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. La especie *Pentaridica rothi* Moore y Jeffords (1968), fue descrita por primera vez para el Pensilvánico Medio (Atokano) de Blanch Ranch Limestone y para el Grupo Cisco de Texas, EUA. Los especímenes mexicanos, tienen más hundida la areola que lo ejemplares de Texas, EUA.

[Grupo CYCLICI]

Caracterización de este grupo referido a la Subclase Inadunata Moore y Jeffords (1968).

Diagnosis. Columna de forma circular en sección transversal y articulación con crenulación uniformemente distribuida alrededor del margen, carece de un patrón pentámero distintivo de la superficie articular, la cual ha sido encontrada en algunas algunos especímenes incluidos en el grupo Pentameri (Moore y Jeffords, 1968).

Familia CYCLOMISCHIDAE Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna típicamente heteromórfica, pero en algunos géneros con columna homeomórfica; se caracterizan básicamente por la presencia de fasetas articulares alrededor del crenulario, generalmente con un lumen circular, excepcionalmente en algunos géneros es pentalobulado, la areola y el perilumen ausente o insignificantes (Moore y Jeffords, 1968).

Género *Baryschyr* Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna heteromórfica, caracterizada por tener una apariencia superficial de una columna homeomórfica, con tubérculos gruesos sobre la superficie; la faseta articular tiene el lumen de tamaño medio a ancho, el cual es variable, de forma quinquelobulada a circular en el contorno, rodeado por un crenulario recto con crenulación moderadamente fina (Moore y Jeffords, 1968).



Figura 9. *Baryschyr anosus* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La especie *Baryschyr anosus* presenta las características que se describieron para género (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 11.2 mm de diámetro, el lumen, 3.1 mm de ancho y el crenulario 7.4 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. *Baryschyr anosus* (Moore y Jeffords, 1968) fue descrita por primera vez para el Miembro Pumpkin Creek Limestone, de la Formación Dornick Hills (Pensilvánico Medio) en el sureste de Oklahoma, EUA.

Buitrón *et al.* (1987), Carrillo-Bravo (1961,1965) y Moreno y Patiño (1981) reportaron a *B. anosus* del Pensilvánico Superior de la localidad de Calnali, Hidalgo (Formación del Monte); también Simon y Geize (1976) la estudiaron de Oklahoma, Texas y Ohio en EUA.

Género ***Cyclocaudex*** Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna heteromórfica de lados rectos o ligeramente convexos, nodales no más anchos que los internodales, comúnmente con cicatrices cirrales,

faceta articular con el lumen pequeño y circular, pentagonal o ampliamente quinquelobulado; areola pequeña o sin ella; crenulario amplio con crénulas rectas y largas (Moore y Jeffords, 1968).



Figura 10. *Cyclocaudex jucundus* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La columna es pequeña, con el lumen estrecho y circular rodeado por una areola de mayor amplitud que en otras especies y con una tendencia a ser deprimida; noditaxis de cuatro columnas, algunos nodales con cirros de soporte, las suturas pueden ser claramente crenuladas (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 4.2 mm de diámetro, el lumen, 0.7 mm de ancho, la areola 0.7 mm y el crenulario 1.2 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Inferior (180 m).

Discusión. Moore y Jeffords (1968), describen a *Cyclocaudex jucundus* de los Miembros Chaffin y Belknap de la Formación Thrifty y del Grupo Cisco de Texas (Pensilvánico Superior), EUA.

Buitrón *et. al.*, (1987), Carrillo-Bravo (1961,1965) y Moreno y Patiño (1981) registraron esta especie para la Formación del Monte del Pensilvánico Superior y de Calnali, Hidalgo; además Velasco de León y Buitrón (1992) reportaron la misma especie del Pensilvánico de las rocas de la Formación Patlanoaya, Puebla.

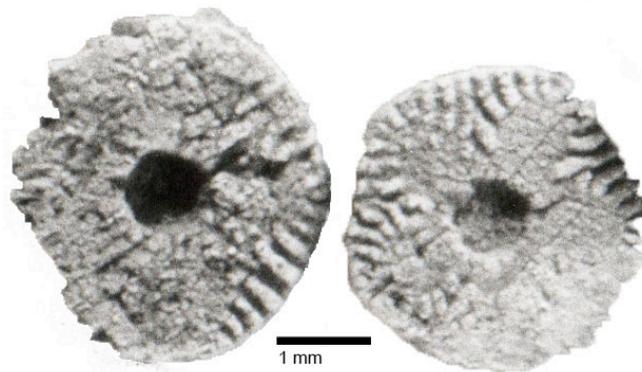


Figura 11. *Cyclocaudex costatus* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La columna es pequeña de lados rectos, los nodales con o sin cirros, la altura de la columna es relativamente mayor que en otras especies. Superficie articular con el lumen pequeño rodeado por un perilumen y areola, el crenulario es grueso (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 2.3 mm de diámetro, el lumen, 0.7 mm de ancho, la areola 0.9 mm y el crenulario 0.4 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. *Cyclocaudex costatus* (Moore y Jeffords, 1968) fue descrita del Miembro South Bed Shale de la Formación Graham en el Grupo Cisco de Texas (Pensilvánico Superior) EUA.

Buitrón *et. al.* (1987) publicaron varias especies del Pensilvánico Superior (Virgiliano) del mismo género, *Cyclocaudex costatus*, *C. insaturatus* y *C. jucundus* de la Formación del Monte en la región de Calnali, Hidalgo; las especies del género *Cyclocaudex* han sido reportadas para el Pensilvánico Superior de Olinalá (Formación Olinalá), en el estado de Guerrero (Flores de Dios y Buitrón, 1982). La diferencia entre *C. jucundus* y *C. costatus* es que la primera tiene una areola más amplia y un a crenularium con crenelas y cúlmenes más angostos.

Familia FLORICYCLIDAE Moore y Jeffords, 1968.

Diagnosis. Columna heteromórfica y aparentemente homeomórfica en algunos géneros, compuesta de placas columnares de lados rectos o convexos, nodales comúnmente con cirros. La faceta articular tiene lumen floriforme conspicuo, bordeado en la mayoría de los géneros de la familia por un perilumen denticulado o tuberculado. Presenta areola, el crenulario ocupa la mitad del diámetro de la superficie y está formado por cúlmenes rectos o ligeramente bifurcados en la periferia de la placa, crenelas menos anchas que los cúlmenes (Moore y Jeffords, 1968).

Género *Lamprosterigma* Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna homeomórfica o débilmente heteromórfica, placas columnares angostas, de contorno recto o convexo, sin crenulación, faceta articular caracterizada por un crenulario moderadamente ancho de crenelas rectas, areola lisa prolongada hasta el borde del lumen grande y de forma pentalobulada o ligeramente separada del lumen por un perilumen muy estrecho (Moore y Jeffords, 1968).



Figura 12. *Lamprosterigma mirificum* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La columna es moderadamente larga y de lados rectos. El contorno de la placa articular es circular y de bordes lisos. El crenulario ocupa la tercera parte de la superficie articular y está formado por cúlmenes ligeramente más gruesos que las crenelas, que tienden a ser bifurcadas cerca de la periferia; areola ancha y lisa; lumen amplio de tipo petaloide, con bordes redondeados, sin perilumen (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 8.2 mm de diámetro, el lumen, 3.1 mm de ancho, la areola 1.2 mm y el crenulario 1.6 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. *Lamprosterigma mirificum* (Moore y Jeffords, 1968), fue descrita por primera vez de la Formación Cabaniss, del Grupo Cherokee (Pensilvánico Medio) en el suroeste de Kansas, EUA.

Buitrón *et. al.* (2008) registraron esta especie en las localidades de Cerros Mesteñas y Sierra Agua Verde de la Formación La Joya, Sonora; Buitrón (1977), también encontró esta especie en Chiapas. La diferencia entre los ejemplares de la Formación Cabaniss y los mexicanos, es que en los segundos, las escotaduras del lumen son menos profundas.



Figura 13. *Lamprosterigma erathense* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La columna es similar a la de *L. mirificum* pero más grande y proporcionalmente con menos placas articulares, las cuales son ligeramente

convexas en el perfil. Las características de la faceta articular, también son muy similares, excepto por la presencia de un perilumen débil alrededor de un lumen amplio (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 10.1 mm de diámetro, el lumen, 4.9 mm de ancho, la areola 0.6 mm y el crenulario 0.9 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. *Lamprosterigma erathense* (Moore y Jeffords, 1968) fue descrita por primera vez para el Grupo Strawn (Mingus Shale) del Pensilvánico Medio en Texas, EUA. También se ha registrado en Polonia (Gluchowski, 1981, 2001).

Buitrón *et. al.* (2008) describieron a *L. erathense* de la Formación La Joya en la Sierra Agua Verde del estado de Sonora. La especie mexicana difiere de la de Texas, EUA por que la placa articular es de mayor tamaño, además de tener una superficie articular y el perilumenen amplio; también presenta mayor número de estrías radiales.

Familia LEPTOCARPHIDAE Moore y Jeffords, 1968.

Diagnosis. Columna distintivamente heteromórfica, gruesa a delgada, formada por nodales e internodales con cirros. Faceta articular caracterizada por cúlmenes grueso y cortos, separados por crenelas estrechas; areola lisa, estrecha o ancha, en algunos géneros ligeramente cóncava; lumen circular, pequeño y en algunos géneros con perilumen ancho a poco notable (Moore y Jeffords, 1968).

Género *Cyclocrista* Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna delgada de tamaño medio, noditaxis de cuatro a ocho placas, nodales con uno a tres cirros o ninguno, lados de las columna con salientes

angulosas en la parte media. Faceta articular con crenulario estrecho, costilloso, formado por cúlmenes gruesos y cortos; crenelas estrechas; areola generalmente algo cóncava, con perilumen muy ancho, lumen circular y estrecho (Moore y Jeffords, 1968).

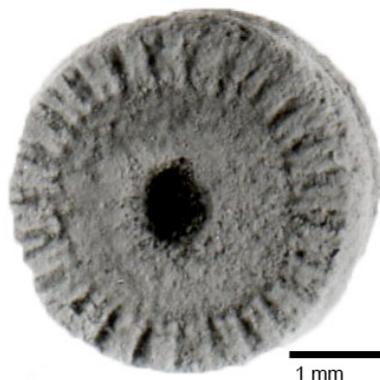


Figura 14. *Cyclocrista martini* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La columna es heteromórfica, delgada y mediana; el noditaxis de seis a ocho placas articulares con lados angulares escasamente ornamentados con nódulos y gránulos; con uno a tres cicatrices cirrales en las placas nodales; el lumen es pequeño o de tamaño mediano y circular a quinquelobulado; areola cóncava, sin perilúmen (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 3.8 mm de diámetro, el lumen, 0.8 mm de ancho, la areola 0.9 mm y el crenulario 0.5 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. *Cyclocrista martini* (Moore y Jeffords, 1968), fue descrita por primera vez del Miembro Wayland Shale (Pensilvánico Superior) de la Formación Graham (Grupo Cisco), Texas, EUA. La especie se distingue de otras del Pensilvánico Superior porque tiene lados angulosos. Los cúlmenes de esta especie son más numerosos y se incrementan en número con el crecimiento.

C. martini ha sido reportada por Buitrón *et. al.* (2008) en las localidades de los Cerros Las Mesteñas, de la Formación La Joya en la Sierra Agua Verde y de los Cerros El Tule.

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

Diagnosis. Columna de tamaño medio, con cuatro placas nodales y las internodales con cicatrices de cirros, faceta articular estrecha, con cúlmenes gruesos, cortos e intercalados con crenelas estrechas, ligeramente hundidas. La areola es ancha, algo deprimida y provista de perilumen granuloso y estrecho; lumen pequeño de contorno circular. Noditaxis de cuatro columnas (Moore y Jeffords, 1968).

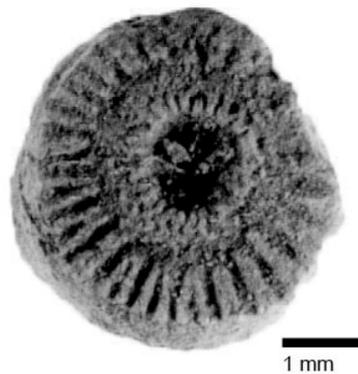


Figura 15. *Preptopremnum rugosum* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. La columna es de tamaño medio, con placas de lados redondeados y finamente granulares, suturas crenuladas, nodales con uno o dos cirros, los cuales generalmente tienen un diámetro más pequeño, que la altura del nodal, pero que puede exceder a éste, así como incidir sobre los internodales contiguos; faceta articular con características típicas del género, incluyendo desarrollo indistinto de la areola dentro del perilumen, lumen grande y circular (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 3.3 mm de diámetro, el lumen, 1 mm de ancho, la areola 0.4 mm y el crenulario 0.8 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. *Preptopremnum rugosum* fue asignada al Grupo Cyclici por Moore y Jeffords (1968) y Wright (1983). Esta especie se describió por primera vez del Miembro Chaffin Limestone de la Formación Thrifty y de los Miembros Gunsight Limestone y Wayland Shale de la Formación Graham del Grupo Cisco de Texas (Pensilvánico Superior), EUA.

Hay una variación morfológica entre los individuos de esta especie, generalmente en la forma y la talla del crenularium (Jeffords y Miller, 1968). *P. rugosum*, ha sido reportada en trabajos de Cerros las Mesteñas y Sierra Agua Verde, Sonora (Buitrón *et. al.* (2008), pero también en la localidad de Pemuxco en Hidalgo (López-Lara, 2002).

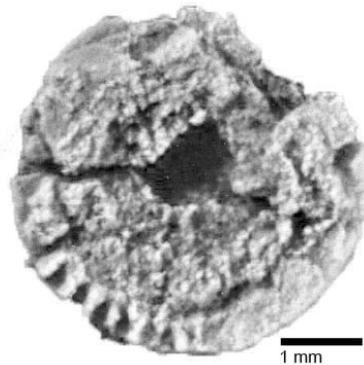


Figura 16. *Preptopremnum leave* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. *Preptopremnum leave* es similar a *P. rugosum* pero con la columna más delgada con placas lisas y rectas, las suturas distintivamente crenuladas; algunas crenelas son más gruesas que en *P. rugosum* y la areola es más grande, el perilumen es estrecho, el lumen es circular y grande con septos (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 2.9 mm de diámetro, el lumen, 0.7 mm de ancho, la areola 1.5 mm y el crenulario 0.6 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Inferior (180 m).

Discusión. *Preptopremnum leave* (Moore y Jeffords, 1968), fue descrita por primera vez del Grupo Strawn (Mingus Shale, Pensilvánico Medio) de Texas, EUA. *P. leave* se ha reportado en las las localidades de Sierra Agua Verde y de Cerros El Tule por Buitrón *et. al.* (2008).

Género *Cycloscapus* Moore y Jeffords, 1968

Diagnosis. Columna heteromórfica, placas agrupadas en número de ocho en el noditaxis, internodales igual de altas que algunas nodales, pero más bajas que otras, nodales comúnmente con tres a cinco cicatrices de cirros circulares; faceta articular gruesa, crenelas rectas, formando un amplio crenulario, areola concava, lumen circular y relativamente grande (Moore y Jeffords, 1968).



Figura 17. *Cycloscapus laevis* Moore y Jeffords, 1968.

Descripción. *Cycloscapus laevis* presenta las mismas características morfológicas del género (Moore y Jeffords, 1968).

Dimensiones. La placa articular mide 4.4 mm de diámetro, el lumen, 1.4 mm de ancho, la areola 1.3 mm y el crenulario 0.5 mm de ancho.

Posición estratigráfica. El material descrito fue encontrado en Cerros El Tule. El nivel se asigna al Pensilvánico Medio (260 m).

Discusión. *Cycloscapus laevis* (Moore y Jeffords, 1968) fue descrita por primera vez del Grupo Strawn (Mingus Shale) del Pensilvánico Medio de Texas, EUA. *C. laevis*, ha sido reportada de la Formación La Joya en Sierra Agua Verde (Buitrón *et. al.*, 2008).

VIII. CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

La asociación de la biota de los Cerros El Tule, localizados al noreste del estado de Sonora, está constituida por foraminíferos-fusulinidos como *Millerella presa* Thompson, 1944 y *Millerella marblensis* Thompson, 1942 que son indicativas del Pensilvánico Inferior (Buitrón *et. al.*, 2012); esta edad se refuerza por la presencia de *Asteroarchaediscus postrugosus* (Reitlinger, 1949) identificada por Peiffer-Rangin, además González-León reportó varias especies como *Fusulinella velmae* Thompson, 1936, *Fusulinella deveza* Thompson, 1936, *Fusulinella iowensis* Thompson, 1936, que son de edad del Pensilvánico Inferior.

También se encuentran esponjas arrecifales (*Chaetetes*), corales solitarios zafrentidos y corales coloniales (*Syringopora*), briozoarios fenestélidos, braquiópodos terebratulidos, productidos y espiriféridos (*Neospirifer*, *Punctospirifer*), crinoides (*Cyclocaudex jucundus* Moore y Jeffords, 1968, *Preptopremnum laeve* Moore y Jeffords, 1968, *Lamprosterigma erathense* Moore y Jeffords, 1968, *L. mirificum* Moore y Jeffords, 1968, *Cyclocrista martini* Moore y Jeffords, 1968, *Preptopremnum rugosum* Moore y Jeffords, 1968, *Cycloscapus laevis* Moore y Jeffords, 1968, *Baryschyr anosus* Moore y Jeffords, 1968, *Pentaridica rothi* Moore y Jeffords, 1968, *Cyclocaudex costatus*, Moore y Jeffords, 1968) y algas calcáreas (*Komia* y *Eugonophyllum*). Esta asociación compleja de organismos es típica de mares someros, que además aporta información para hacer una reconstrucción paleoecológica.

Las grandes extensiones de la plataforma continental de aguas someras y tranquilas, se debe a que en el Carbonífero superior (Pensilvánico), todos los mares en el Océano Rhéico eran someros y se desarrollaron plataformas muy extensas con aguas tranquilas y circulantes (Gómez *et. al.*, 2008; Buitrón *et. al.*, 2012). En general los ambientes de baja energía estuvieron dominados por crinoides filtradores con órganos de alimentación muy desarrollados que producían sus propias corrientes de agua, encontrándose mayor diversidad en

lugares cercanos a la costa, donde hallaron microhabitats de baja energía (Holterhoff, 1997).

La presencia de placas articulares en afloramientos del Paleozoico superior de México, sugiere un contexto de aguas someras epicontinentales. Adicionalmente, los crinoides se excluyen de ambientes con bajas concentraciones de oxígeno y a su vez, estos organismos dependen de ambientes con corrientes de agua (Simms 2000; Ausich *et. al.*, 2002).

Muchos de los organismos marinos son sésiles, como los crinoides y tienen la capacidad de formar arrecifes. La mayoría de estas comunidades, particularmente las del Paleozoico, se desarrollaron en condiciones ecológicas y ambientales muy distintas a las que existen actualmente. La contribución de carbonato orgánico e inorgánico se produjeron de diferente manera. Los arrecifes Paleozoicos parecen haberse desarrollado en ausencia de fotosímbiosis y en muchos casos la biodiversidad que se conservó se ubica dentro de las comunidades crípticas. Además estas construcciones arrecifales se constituyeron por organismos relativamente frágiles, como los crinoides, que fue posible gracias a la ausencia de bioerosión y por las altas tasas de litificación resultantes de los procesos microbianos y de la cementación inorgánica (Briggs y Crowther, 2003).

Respecto al tipo de alimentación, los equinodermos crinoides fueron filtradores o depositívoros. La principal diferencia entre los distintos equinodermos filtradores radica en la altura de la columna de agua en donde vivían (Zamora, 2010); el alcance y por lo tanto, la longitud de la columna de los crinoides, fue un factor que permitió su coexistencia con otros organismos en un mismo hábitat. Los organismos con una columna de mayor longitud tenía ventajas sobre los de menor longitud, que permitía elevar el órgano recolector de alimentos y colocar la teca en las corrientes rápidas de la columna de agua (Hess *et. al.*, 2003).

Es importante resaltar la ausencia de elementos de la teca y de los noditaxis completos en los crinoides que se describieron. El ambiente de depósito fue en una plataforma carbonatada con aguas tranquilas, que permitió la

desarticulación parcial de las columnas de los organismos. Aunque el ambiente de depósito se asocia a una plataforma carbonatada de aguas tranquilas, la pérdida de elementos del cuerpo de los crinoides se puede atribuir a diferentes factores (corrientes, oleaje, transporte, tormentas), pues estos procesos pueden afectar las partes más rígidas de los diferentes organismos de invertebrados marinos (moluscos, crustáceos, equinodermos). Alexandersson (1972) hizo una propuesta sobre los efectos de la disolución de las estructuras calcáreas en invertebrados marinos en aguas frías y de su precipitación en aguas calidas de regiones tropicales o subtropicales. La disolución, particularmente en ambientes tropicales y subtropicales es común en el registro fósil (Boucot, 1981).

Existe una correlación entre la longitud de la columna, densidad cirral y la energía del ambiente. Los crinoides que presentan gran cantidad de cirros están presentes en facies con alta energía. En los crinoides de los Cerros El Tule, es rara la presencia de nodales completos, que sugiere que carecieron de cirros en la columna y por lo tanto, vivieron en facies de baja energía (Hunter y Underwood, 2009).

IX. CONSIDERACIONES PALEOGEOGRAFICAS

Los crinoides encontrados en los Cerros El Tule tienen afinidades con los de otras localidades de México y de otros lugares del mundo.

La Formación Patlanoaya (San Salvador, Patlanoaya, Puebla) contiene especímenes del género *Cyclocaudex* con dos especies, de las cuales, una de ellas es *Cyclocaudex jucundus*, también se reportan en el presente trabajo y que además se han registrado de Kansas, Ohio, Colorado y Texas en EUA (Buitrón *et. al.*, 2008). Además fueron reportadas por Gluchowski en 2001, en el Misisípico Medio de Polonia.

Por otro lado, en el Estado de Sonora, existen localidades fosilíferas que contienen numerosas especies de crinoides. En la localidad Sierra Agua Verde, Formación la Joya (Buitrón *et. al.*, 2008), se encontraron numerosos géneros de crinoides, de los cuales *Cyclocaudex*, *Cyclocrista*, *Lamprosterigma*, *Preptopremnum*, *Cycloscapus* y *Pentaridica*, también se hallaron en los Cerros El Tule. No en todos los casos, las especies fueron las mismas para cada género, sin embargo, *Cyclocrista martini*, *Lamprosterigma erathense*, *Lamprosterigma mirificum*, *Preptopremnum laeve*, *Preptopremnum rugosum* y *Cycloscapus laevis*, son las mismas reportadas por Buitrón *et. al.* (2007). Las especies *Cyclocrista martini*, *Preptopremnum rugosum* y *Lamprosterigma erathense* han sido registradas para el Misisípico Medio de Polonia (Gluchowski 1981, 2001).

Buitrón *et. al.* (2008) reportó de Cerros Las Mesteñas seis géneros de crinoides, de los cuales cuatro corresponden a los descritos en el presente estudio con las especies *Preptopremnum rugosum*, *Lamprosterigma mirificum* y *Cyclocrista martini*. *Cyclocaudex* tiene dos registros de especies para esta localidad, pero, ninguna de éstas coincide con las encontradas en Cerros El Tule.

Las especies encontradas en los Cerros Las Mesteñas, también tienen una distribución en los estados de Colorado, Ohio, Kansas y Texas en EUA (Buitrón *et. al.*, 2008; Piña, 2007), además de presentarse también en algunas localidades de

México como Sierra Agua Verde, Sonora; Calnali y Pemuxco, Hidalgo; Patlanoaya, Puebla; y Chicomuselo- La Concordia, Chiapas (Buitrón, 1977). *Lamprosterigma mirificum* ha sido reportada en Kazakhstan (Misisípico) (Dubatolova y Duvatolova, 1984).

También en el estado de Sonora, Buitrón *et. al.* (2007) reportaron especies de crinoides en los Cerros Los Monos, Caborca, con edades que pertenecen al Pensilvanico Superior y al sistema Pérmico. Las especies son *Pentaridica rothi*, *Cyclocaudex jucundus*, *C. costatus* y *Preptopremnum rugosum*.

En el Estado de Tamaulipas, en la Formación Del Monte, localizada en el Cañón de Peregrina, se han estudiado tres especies de crinoides, dos de las cuales son las mismas que se encontraron en los Cerros El Tule como *Cyclocaudex costatus* y *C. jucundus*, sin embargo, estas especies pertenecen al Pensilvánico Medio (Buitrón *et. al.*, 1998).

La localidad de Calnali en Hidalgo (Formación Del Monte) contiene numerosas especies de crinoides. *Baryschyr anosus*, *Cyclocaudex costatus* y *C. jucundus*, son las especies que también se reportaron en los Cerros El Tule (Moreno y Patiño, 1981; Buitrón *et. al.*, 1987; Arellano *et. al.*, 1998; Carrillo-Bravo, 1961, 1965). Las especies de esta localidad se han encontrado en localidades de Oklahoma, Texas, Kansas y Ohio en EUA (Simon y Geizer, 1976).

Pemuxco es una localidad del estado de Hidalgo, en la cual se han reportado a las especies *Cyclocaudex jucundus* y *Preptopremnum rugosum* del Pensilvánico Superior (Virgiliano) (López-Lara, 2002), aunque también se han reportado en el Misisípico Medio de Polonia (Gluchowski, 1981 y 2001).

En el estado de Guerrero, en la localidad de Olinalá (Formación Olinalá) se ha encontrado encrinita, de la cual se han podido identificar diferentes géneros y especies. Los taxones que corresponden con los encontrados en los Cerros El Tule, son del género *Pentaridica* y de las especies *Cyclocaudex costatus* y *C. jucundus* (Flores de Dios y Buitrón 1982; Esquivel-Macías *et. al.*, 2000). Algunas

localidades de EUA, en las que también se han reportado las especies son Colorado, Texas, Kansas y Ohio (Simon y Geizer, 1976).

En la Formación Ixtaltepec de Santiago Ixtaltepec, Oaxaca, Buitrón *et al.* (2000) han reportado dos especies de dos géneros, pero sólo *Cyclocaudex* corresponde con uno de los reportados en Cerros El Tule. También Villanueva-Olea *et al.* (2011) reportan varias especies de crinoides de distintos géneros, pero únicamente *Cyclocaudex* se reporta en el presente trabajo.

Buitrón (1977) reportó dos especies de crinoides de la Formación Santa Rosa (Pensilvánico), en el estado de Chiapas, pero solo *Lamprosterigma mirificum* coincide con una de las reportadas en los Cerros El Tule. Se ha encontrado que esta especie es característica del Pensilvánico de Kansas y Texas, EUA. Además se ha reportado también de Kazakhstan y Pribalkhash, Rusia (Dubatolova y Dubatolova, 1984).

Finalmente, se realizó un trabajo previo en la localidad de los Cerros El Tule (Buitrón *et al.*, 2008), en donde se identificaron las especies de crinoides *Cyclocaudex insaturatus*, *Cyclocrista martini*, *Heterosteleschus keithi*, *Lamprosterigma mirificum*, *Preptopremnum laeve*, *Cyclocaudex costatus* y *Cyclocaudex jucundus*.

Las especies encontradas en esta localidad, también han sido reportadas en localidades de los estados de Ohio, Texas y Kansas en EUA (Moore y Jeffords, 1968) y Kazakhstan y Pribalkhash en Rusia (Dubatolova y Dubatolova, 1984).

Según Buitrón *et al.* (2008), la distribución de los crinoides, puede ser explicada por el hecho de que el Océano Rhéico sirvió como un enlace entre el Océano Pantalásico y el Paleotethys (325 Ma), lo que permitió una amplia distribución de estos organismos a través de larvas planctotróficas en regiones tropicales poco profundas (Fig. 18). Además Vachard *et al.* (2000) propuso que una parte de los afloramientos aislados del Paleozoico de México, entre ellos, los Cerros El Tule, pertenecieron al Cratón Norteamericano y otros afloramientos son terrenos independientes dentro del Océano Rhéico (Fig. 19).

El Cratón Norteamericano se encontraba separado del Cratón Sudamericano-Gondwana por el Océano Rhéico, donde se localizaron terrenos separados tecnoestratigráficamente por plataformas carbonatadas como el Terreno Coahuila, Bloques Maya, Oaxaquia y Chortis (Vachard *et. al.*, 2000; Gómez-Espinosa *et. al.*, 2008; Buitrón *et. al.*, 2012).

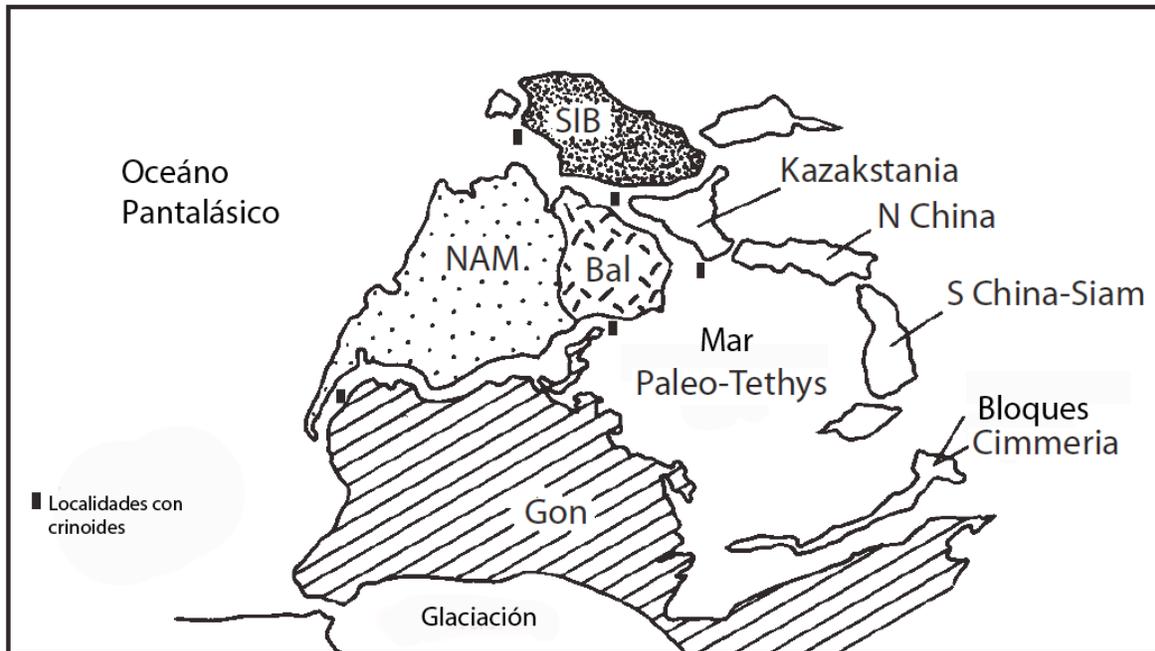


Figura 18. Mapa paleogeográfico del Carbonífero (300 Ma) con localidades de crinoides (Tomado de Buitrón *et. al.*, 2008).

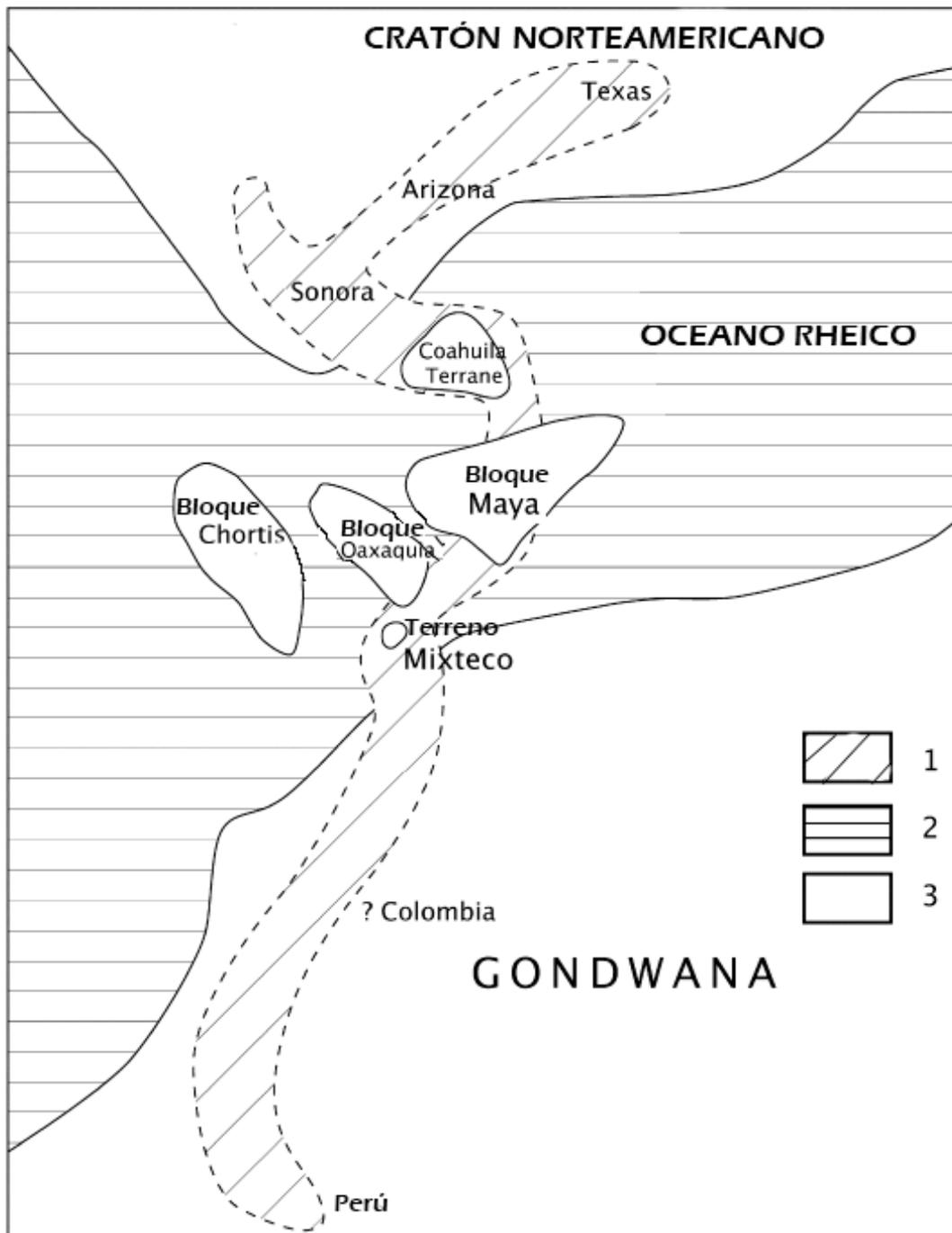


Figura 19. Reconstrucción paleogeográfica que muestra las conexiones entre Sonora, el Cratón Norteamericano (Arizona, Texas) y el dominio sudamericano a través de terrenos mexicanos: Coahuila, Maya, Oaxaquia y Mixteco. 1) plataformas carbonatadas, 2) cuencas de flysch y 3) islas y continentes (Tomado de Gómez-Espinosa *et. al.*, 2008).

X. CONCLUSIONES

- Se identificaron diez especies de crinoides correspondientes a *Cyclocaudex jucundus* Moore y Jeffords, 1968, *Preptopremnum laeve* Moore y Jeffords, 1968, *Lamprosterigma erathense* Moore y Jeffords, 1968, *L. mirificum* Moore y Jeffords, 1968, *Cyclocrista martini* Moore y Jeffords, 1968, *Preptopremnum rugosum* Moore y Jeffords, 1968, *Cycloscapus laevis* Moore y Jeffords, 1968, *Baryschyr anosus* Moore y Jeffords, 1968, *Pentaridica rothi* Moore y Jeffords, 1968, *Cyclocaudex costatus* Moore y Jeffords, 1968.
- Las especies pertenecen a cuatro familias (Pentacauliscidae, Cyclomischidae, Floricyclidae y Leptocarphidae) y a siete géneros (*Pentaridica*, *Baryschyr*, *Cyclocaudex*, *Lamprosterigma*, *Cyclocrista*, *Preptopremnum* y *Cycloscapus*).
- La edad de los crinoides corresponde al Pensilvánico Inferior y Medio, que se corroboró con fauna asociada como foraminíferos-fusulínidos entre ellos, *Millerella presa*, *Millerella marblensis*, *Asteroarchaediscus postrugosus*, *Fusulinella velmae*, *Fusulinella deveza* y *Fusulinella iowensis*.
- Existe afinidad de especies de crinoides con los de otras localidades del territorio nacional como las procedentes de San Salvador Patlanoaya en Puebla (*Cyclocaudex jucundus*), Sierra Agua Verde (*Cyclocrista martini*, *Lamprosterigma erathense*, *Lamprosterigma mirificum*, *Preptopremnum laeve*, *Preptopremnum rugosum* y *Cycloscapus laevis*) y Cerros Las Mesteñas (*Preptopremnum rugosum*, *Lamprosterigma mirificum* y *Cyclocrista Martini*) en Sonora, Cañón de Peregrina en Tamaulipas (*Cyclocaudex costatus* y *Cyclocaudex jucundus*), Calnali (*Baryschyr anosus*, *Cyclocaudex costatus* y *C. jucundus*) y Pemuxco (*Cyclocaudex*

jucundus y *Preptopremnum rugosum*) en Hidalgo, Olinalá (*Cyclocaudex costatus* y *Cyclocaudex jucundus*) en Guerrero, Chicomuseno-La Concordia en Chiapas (*Lamprosterigma mirificum*), todas ellas del Pensilvánico.

- También se encontró afinidad de los crinoides de los Cerros El Tule con géneros y especies de localidades de otras partes del mundo (Kansas, Ohio, Colorado y Texas en EUA, Polonia, Kazakhstan y Pribalkhash, Rusia).
- La distribución de crinoides en el mundo se explica por hecho de que el Océano Rhéico sirvió como un enlace entre el Océano Pantalásico y el Paleotethys (325 Ma), permitiendo una amplia distribución a través de larvas planctotróficas en regiones tropicales poco profundas.
- Se encontró una asociación faunística constituida por foraminíferos-fusulínidos (*Millerella presa* y *M. marblensis*, *Asteroarchaediscus postrugosus*), esponjas arrecifales (*Chaetetes*), corales solitarios zafrentidos y corales coloniales (*Syringopora*), briozoarios fenestélidos, braquiópodos terebratulidos, productidos y espiriféridos (*Neospirifer*, *Punctospirifer*) y crinoides (*Cyclocaudex jucundus*, *Preptopremnum laeve*, *Lamprosterigma erathense*, *L. mirificum*, *Cyclocrista martini*, *Preptopremnum rugosum*, *Cycloscapus laevis*, *Baryschyr anosus*, *Pentaridica rothi*, *Cyclocaudex costatus*).
- El ambiente de depósito de los crinoides está asociado a una plataforma carbonatada de aguas someras y tranquilas, que permitió la desarticulación parcial de las columnas de los organismos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilera, J. C., 1987. Sinopsis de la geología mexicana. *Boletín del Instituto de Geología* 4-6: 189-250.
- Alexandersson, E. T., 1972. Micritization of carbonate particles: Processes of precipitation and dissolution in modern shallow-marine sediments. *Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala*, N. S. 3: 201-236.
- Almazán, V. E., Buitrón-Sánchez, B. E. y O. Franco-Vega, 2006. Formación Pozo Nuevo: una secuencia litoestratigráfica de plataforma del Ordovícico Temprano de la región central de Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23: 23-38.
- Angerman, E., 1904. Apuntes sobre el paleozoico en Sonora. *Instituto Geológico de México*, Parergones, 1: 81-90.
- Aponte, M., 1974. Estratigrafía del Paleozoico (Cámbrico-Pensilvánico) del centro de Sonora, México. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional Superior Ingeniería en Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, 67 p.
- Arellano J., D. Vachard, S. Yussim y A. Flores de Dios, 1998. Aspectos estratigráficos, estructurales y paleogeográficos del Pérmico Inferior al Jurásico Inferior en Pemuxco, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 15: 9-13.
- Ausich W.I., S.K. Donovan, H. Hess y M.J. Simms, 2002. Fossil occurrence, Cambridge University Press, New York, 31-40 p.
- Barbeau, D. L., 2003. A flexural model for the Palafox Basin: Implications for the tectonics of the Ancestral Rocky Mountains. *Basin Research*, 15, 97-115.

- Böese, E., 1905. Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco. *Instituto Geológico de México Boletín*, 20: 113 p.
- Boucot, A. J., 1981. Principles of Benthic Marine Paleocology. Academic Press, San Francisco, EUA. 445 p.
- Briggs, D. E. G. y Crowther, P., 2003. Paleobiology II. Blackwell Publishing, Mandeln, USA. 583 p.
- Brunner, P., 1984. Catálogo de microfósiles índice del Paleozoico-Medio Jurásico Superior-Cretácico y microfacies del paleozoico de México, parte I: Fusulinacea. *Instituto Mexicano del Petróleo*. Subdirección General de Exploración y Explotación, parte I, tomo I: 1-120.
- Buitrón, B. E., 1977. Invertebrados (Crinoidea y Bivalvia) del Pensilvánico de Chiapas. Revista, UNAM. *Instituto de Geología* 1:144-150.
- Buitrón, B. E., 1992. Las rocas sedimentarias marinas del Paleozoico Inferior de México y su contenido biótico. In: J. C. Gutiérrez, Saavedra, J. y Rábano I. (Eds). Paleozoico Inferior de Iberoamérica. Universidad de Extremadura, España, 193-201.
- Buitrón, B.E., Almazán, E. y D. Vachard, 2004. Benthic invertebrates of Carboniferous-Permian age, from Sonora: Their paleogeographic implications. 32nd International Geological Congress, Florence, Italy. 202 p.
- Buitrón, B. E., Almazán, V. E. y Gómez, E. C., 2010. Paleontología General, Invertebrados. UNAM, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología, 317 p.
- Buitrón B. E., Arellano, J. y L. A. Flores de Dios, 1998. Crinoideos del Pensilvánico

del Cañón de la Peregrina, estado de Tamaulipas, México. *In*: Alanis S., L. Ferrari y A.F. Nieto (eds.). Memorias de la Primera Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM, México DF, México, 55 p.

Buitrón, B. E., Flores de Dios, A. y D. Vachard, 2000. Nuevos hallazgos de invertebrados paleozoicos (Scyphozoa-Conulata, Archaeogastropoda-Trochina y Echinodermata-Crinoidea) en la región de Nochixtlán-Ixtaltepec, Oaxaca. GEOS Unión Geofísica Mexicana, A. C. Boletín Informativo Época II, 2ª Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Resúmenes y Programa 20: 398.

Buitrón, S. B. E. y Gómez-Espinosa, C., 2012. Manual para el trabajo de campo. Pp 246-261. *In*: R. G. Silva y R. C. Mendoza (Eds), Paleontología y Colecta de Fósiles. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, 368 p.

Buitrón, B. E., Gómez-Espinosa, C., Almazán, E. y D. Vachard, 2007. A late Atokan regional encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora State, NW Mexico. 201-209. *In* Alvaro, J. J., Aretz, M., Boulvain, F., Munnecke A., Vachard D. y Vennin E. (eds), Paleozoic Reefs and Bioaccumulations: Climatic and Evolutionary Controls. Geol. Soc. London, Special Publication, 275 p.

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

Buitrón, B. E., Patiño, P. y A. Moreno, 1987. Crinoides del Paleozoico Tardío (Pensilvánico) de Calnali, Hidalgo. III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Oaxtepec, México, Memoria: 125-136.

- Buitrón, S. B. E., Vachard, D., Almazán-Vázquez, E. y J. J. Palafox, 2012. Una secuencia cratónica del Carbonífero al Pérmico inferior expuesta en los Cerros El Tule, noreste de Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 29(1): 39-62.
- Carrillo-Bravo, J., 1961. Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Cd. Victoria, Tamaulipas. *Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Boletín* 13, 98 p.
- Carrillo- Bravo, J., 1965. Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla. *Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Boletín* 17, p. 73-96.
- Cooper, G. A, Arellano, A. R. V., Johnson, J. H., Okulitch, V. J., Stoyanow, A. y C. Lochman, 1952. Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwest Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 119 (1): 1-184.
- Cooper, G. A., Dunbar, C. O., Duncan, H., Miller, A., A. K. y J. B. Knight, 1953. Permian fauna at El Antimonio, western Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 119 (2): 1-11.
- Dubatolova Y. A. y E. V. Dubatolova, 1984. Typ Echinodermata, Klass Crinoidea [Phylum Echinodermata, Class Crinoidea]. p. 158-165. In: Kanygin A. V. (ed.) Paleozoic yugo-vostoka zapadnosibirskoi plity Akademiya Nauk USSR, Sibirskoe Otdeleni Trudy Instituta Geologii i Geofiziki 568 p.
- Esquivel-Macías, C., Ausich, W., Buitrón, B.E. y A. Flores de Dios, 2000, Pennsylvanian and Mississippian pluricolumnal assemblages (Class Crinoidea) from Southern Mexico and new occurrence of column with a tetralobate lumen. *Journal of Paleontology*, 74(6), 1187-1190.

- Esquivel-Macías C., F. Solís-Marín y B. Buitrón, 2004. Nuevos registros de placas columnares de crinoideos (Echinodermata, Crinoidea) del Paleozoico Superior de México, algunas implicaciones paleobiogeográficas y paleoambientales. *Coloquio de Paleontología* 54: 15-23.
- Flores de Dios, A. y Buitrón, B. E., 1982. Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero: Universidad de Guerrero. Serie Técnico-Científica 12, 28 p.
- Gluchowski, E., 1981. Paleozoic crinoid columnals and pluricolumnals from Poland: *Zeszyty Naukowe Akademii Gorniczo-Hutniczej. Geologia*, 7: 29-57.
- Gluchowski, E., 2001. Crinoidea. In: L. Malinowska (ed.) *Budowa geologiczna Polski. Atlas skamienialosci przewodnich i charakterystycznych III*, 1c/z.1: 383-395.
- Gómez-Espinosa, C., Vachard, D., Buitrón-Sánchez, B., Almazán-Vázquez, E. y C. Mendoza-Madera, 2008. Pennsylvanian fusulinids and calcareous algae from Sonora (Northwestern Mexico), and their biostratigraphic and paleobiogeographic implications. *Comptes Rendus Palevol*, 7: 259-268.
- Gómez-Tagle, A., 1967. Estudio geológico de la Sierra de Las Mestefías, Municipio de Fronteras, Estado de Sonora. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 59 p.
- González-León, C., 1982. Bioestratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, norte de Sonora. VI Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana, 40-41.
- González-León, C., 1986. Estratigrafía del paleozoico de la Sierra del Tule, Noreste de Sonora. *Instituto de Geología*, 6(2): 117-135.

- Gordon, H., Miller, J. E., Pawson, D. L. y M. K. Porter, 1995. Sea stars, sea urchinus and allies. Smithsonian Institution Press, Washinton, 390 p.
- Hess, H., William, I. A., Brett, C. E. y M. J. Simms, 2003. Fossil Crinoids. Cambridge University Press, New York, 292 p.
- Holterhoff, P. F., 1997. Filtration models, guilds, and biofacies: Crinoid paleoecology of the Stanton Formation (Upper Pennsylvanian), midcontinent, North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 130, 177-208.
- Hunter, A. W. y .J. Unedwood, 2009. Palaeoenvironmental control on distribution of crinoids in the Bathonian (Middle Jurassic) of England and France. *Acta Palaeontologica Polonica* 54 (1): 77–98.
- Jeffords, M. y T. H., Miller, 1968. Ontogenetic development in Late Pennsylvanian crinoids columnals and pluricolumnals: University of Kansas, Paleontological Contributions, Echinodermata, Article10 (47), 1-14.
- Kluth, C.F. y Coney, P. J., 1981. Plate tectonics of the Ancestral Rocky Mountains: *Geology*, 10-15.
- Kottlowski, F. E., 1958. Pennsylvanian and Permian rocks near the late Paleozoic Florida islands: Roswell Geological Society, 11th Field Conference Guidebook, 79-87.
- Kottlowski, F. E., 1960. Summary of Pennsylvanian sections in southwestern New Mexico and southeastern Arizona: New Mexico Bureau Mines and Mineral Resources, 66, 187 p.

- Kottlowski, F. E., 1962. Pennsylvanian rocks of southwestern New Mexico and southeastern Arizona. Pennsylvanian System in the United States: American Association of petroleum Geologists, 331-371.
- López-Lara, O., 2002. Crinoides (Echinodermata-Crinoidea) del Paleozoico Tardío de la región de Pemuxco, Hidalgo: Consideraciones estratigráficas y Paleogeográficas. Tesis Profesional, UNAM, México DF, Mexico, 80 p.
- Mack, G. H., Suttner, L. J. y J. R. Jennings, 1979. Permo-Pennsylvanian climatic trends in the ancestral Rocky Mountains, Four Corners Geological Society Guidebook, 9 th Field Symposium, 7-12.
- Martínez, C. M. L. y P. Rivas, 2009. Paleontología de Invertebrados. Sociedad Española de Paleontología, Oviedo, 524 p.
- Meléndez, B., 1986. Importancia de los equinodermos fósiles en bioestratigrafía. Memorias I Jornadas de Paleontología, Zaragoza, 7-18 p.
- Moreno, C.A. y J. Patiño-Ruiz. 1981. Estudio paleozoico en la región de Calnali, Hidalgo (en la Sierra Madre Oriental). Tesis Profesional, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, México, 65 p.
- Moore, R. C., y R. M., Jeffords, 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. C., Jeffords, M. R. y T. H. Miller, 1968. Morphological features of crinoid columns. University of Kansas, Paleontological Contributions, Echinodermata, Article 8 (45), 1-30.

- Moore, R. C., y R. M., Jeffords, 1978. Treatise on Invertebrate Paleontology. The Geological Society of America, Inc and The University of Kansas, Kansas, 395 p.
- Moore, R.C. y Teichert, (Eds.) 1978. Treatise on Invertebrate Paleontology (T) Echinodermata. Geological Society of America. University of Kansas, 1027 p.
- Palafox, J. J., 2011. Du Craton au Rheïque: Le Nord et le Centre de l'état du Sonora (Mexique) au Paleozoïque superior (Devonien-Pennsylvanien), Lithostratigraphie, Biostratigraphie, Approche Geochimique et Implications Geologiques. These de Doctorat en Sciences de la Terre, Université de Lille1, 315 p.
- Peiffer-Rangin, F., 1987. Biostratigraphic study of Paleozoic rocks of northeastern and central Sonora. Thèse de Doctorat, Université de Paris, 109 p.
- Peiffer-Rangin, F., Echavarrri-Pérez, A., Salas-Piza, G. y Rangin, C., 1980. Sur la présence de l'Ordovicien supérieur à Graptolites dans le nord-ouest du Mexique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 290 : 13-16.
- Piña Flores, S. U., 2007. Sistemática de los crinoideos (Echinodermata-Crinozoa) del Pensilvánico de Los Cerros Las Mestefias: Consideraciones Bioestratigráficas y Paleogeográficas. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis Licenciatura, 55 p.
- Ransome, F. L., 1904. The geology and ore deposits of the Bisbee Quadrangle, Arizona. U. S. Geological Survey, Professional Paper, 21:1-163.

- Raup, D. M. y Stanley, S. M., 1971. Principles of Paleontology. W. H. Freeman (Editor), San Francisco, 388 p.
- Reitlinger, E.A., 1949. Melkie foraminifery nizhnei chasti srednego Karbona Srednego Urala i Prikamya (Pequeños foraminíferos en la parte inferior del Carbonífero Medio en los Urales Centrales): Akademiya Nauk SSSR, Izvestia Seriya Geol., 149-164.
- Ross, C. A., 1973. Pennsylvanian and Early Permian depositional history, Southeastern Arizona. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 57(5), 887-912.
- Simms, H.J., 2000. Systematic, Phylogeny and evolutionary History. In Hess H., W.I. Ausich, C.E. Brett y M.J. Simms (eds). Fossil crinoids, Cambridge, England, 31-40 p.
- Simon, P.R. y H.N. Geizer., 1976. A pluricolumnal assemblage from the Ames Limestone in eastern Ohio. *The Compass of Sigma Gamma Epsilon* 53: 85-106.
- Soreghan, G. S., 1994. Stratigraphic responses to geologic processes: late Pennsylvanian eustasy and tectonics in the Pedregosa and Orogrande basins, Ancestral Rocky Mountains. *Geological Society of America Bulletin*, 106, 1195-1211.
- Soreghan, M.J. Soreghan, G.S., y M. A. Hamilton, 2002. Paleowinds inferred from detrital-zircon geochronology of upper Paleozoic loessite, western equatorial Pangea. *Geology*, 30(8), 695-698.
- Stearn, W. C. y L. R. Carroll, 1999. Paleontology: The Record of Life. John Wiley Sons, Inc., New York, 516 p.

- Taliaferro, N., 1933. An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora. *Journal of Geology*, 46 (1): 12-37.
- Thompson, M.L., 1942. New genera of Pennsylvanian fusulinids. *American Journal of Science*, 240(6), 409-431.
- Thompson, M.L., 1944. Pennsylvanian Morrowan rocks and fusulinids of Kansas. *University of Kansas Publications, State Geological Survey Bulletin*, 52, Part 7, 409-431.
- Thompson, M. L., 1936. Primitive Fusulinella from Southern Missouri. *A publication of the Society of economic Paleontologists and Mineralogists and the Paleontological Society with the generous support and cooperation of the American Association of Petroleum Geologists and the Geological Society of America*, 27(3): 321-348.
- Vachard, D., Flores de Dios, A., Pantoja, J., Buitrón, B., Arellano J. y M. Grajales, 2000. Les fusulinides du Mexique, une revue biostratigraphique et paléogéographique. *Géobios*, 33, 655–679.
- Velasco de León, M.P. y Buitrón, B.E., 1992. Algunos crinoides (Echinodermata–Crinoidea) del Misisípico–Pensilvánico de San Salvador Patlanoaya, Estado de Puebla. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 5, 71–81.
- Villanueva-Olea, R., Castillo-Espinoza, K. M., Sour-Tovar, F. Quiroz-Barroso, S. A y B. E. Buitrón-Sánchez, 2011. Placas columnares de crinoides del Carbonífero de la región de Santiago Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán, Oaxaca; consideraciones estratigráficas y paleobiogeográficas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 63 (3), 429-443.

Viveros, M. A., 1965. Geología del área Cabullona-Caloso, Municipio de Agua Prieta, Sonora, México. Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 80 p.

Woods, M. A. H., 1963. Paleontology Invertebrate. Cambridge at the University Press, New York, 477 p.

Wright, D.K., 1983. Crinoids ossicles in Upper Ordovician benthic marine assemblages from Snowdonia, North Wales. *Paleontology*, 16(3), 585-603.

Zamora, S., 2010. Equinodermos del Cámbrico: Planes corporales, paleoecología y registro fossil en España. *Cidaris*, 30, VIII EJIPT, 37-47 p.

Zeller, R. A. Jr., 1966. Stratigraphy of the Big Hatchet Mountains area, New Mexico: New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Memoir, 16, 1-128.

Anexo I. GLOSARIO

Areola: generalmente lisa, se encuentra entre el lumen y la línea marginal del crenulario, puede ser granular o estar formada por surcos y crestas (Moore *et. al.*, 1968).

Braquiola: Estructuras de alimentación de los crinoides, presentan un surco alimentario al centro de cada braquiola en toda su longitud (Moore *et. al.*, 1968).

Cicatriz del cirro: marca dejada por la estructura de sujeción (cirro) en las placas nodales (Moore *et. al.*, 1968).

Circular: forma de la placa articular redondeada (Moore *et. al.*, 1968).

Cirros: extensiones laterales y articuladas de la columna de un crinoide, se localiza en los nodales (Moore *et. al.*, 1968).

Claustro: Proyección fina o gruesa hacia el interior del lumen. Las secciones transversales del claustro, muestran que son extensiones del jugulum (hendiduras pentastaladas) (Moore *et. al.*, 1968).

Columna: estructura formada por placas auriculares subsecuentes (nodales y/o internodales), consistente en discos de calcita (Moore *et. al.*, 1968).

Cóncavo: depresión en la superficie, se aplica a la areola (Moore *et. al.*, 1968).

Convexo: curva sobresaliente de la superficie de la areola (Moore *et. al.*, 1968).

Crenela: surcos del crenulario (Moore *et. al.*, 1968).

Crenulario: porción de la articulación de la placa auricular y el cirro ocupado por las crenelas y los cúlmenes (Moore *et. al.*, 1968).

Cuadrado: forma de la placa articular con cuatro lados (Moore *et. al.*, 1968).

Cúlmen: crestas del crenulario (Moore *et. al.*, 1968).

Elíptico: placa articular en forma de óvalo (Moore *et. al.*, 1968).

Encrinita: matriz de roca sedimentaria con abundantes placas articulares de crinoides (Moore *et. al.*, 1968).

Estructuras de fijación: estructuras que se asemejan a raíces, se encuentran en la parte distal de animal y sirven para sujetar al organismo a un sustrato (Moore *et. al.*, 1968).

Faceta articular: superficie de la placa o del cirro, transverso al eje longitudinal, que permite la articulación entre las placas por la ornamentación que presenta (Moore *et. al.*, 1968).

Forma de la placa: puede ser circular, pentagonal, elíptica o cuadrangular (Moore *et. al.*, 1968).

Heteromórfico: Placas de columna desiguales, consisten de placas nodales y de placas internodales claramente distinguibles (Moore *et. al.*, 1968).

Homeomórfico: Columna compuesta por placas articulares idénticas (Moore *et. al.*, 1968).

Internodo: Placas intercaladas del tallo de los crinoides, se encuentran entre dos placas nodales (Moore *et. al.*, 1968).

Jugulum: Constricción localizada en el lumen, produciendo bordes adaxiales del claustro (circular, pentagonal o pentastalado) (Moore *et. al.*, 1968).

Lumen: espacio abierto que comprende el canal axial, localizado centralmente a lo largo de toda la columna, altamente variado en talla y forma (Moore *et. al.*, 1968).

Noditaxis: Conjunto de nodales e internodales (Moore *et. al.*, 1968).

Nodal: Placa heteromórfica de los crinoides (Moore *et. al.*, 1968).

Pentagonal: forma de la placa articular con cinco lados, pueden ser definidos o ligeramente visibles (Moore *et. al.*, 1968).

Pentalobulado: con cinco lóbulos, puede aplicarse al lumen y perilumen (Moore *et. al.*, 1968).

Perilumen: borde ensanchado del lumen, puede ser liso, granuloso, con túberculos o vermicular en su superficie (Moore *et. al.*, 1968).

Petaloide: con aspecto de pétalo, aplicado al lumen, perilumen y areola (Moore *et. al.*, 1968).

Placa articular: osículos que componen la columna y los cirros de un crinoide (disco calcáreo) (Moore *et. al.*, 1968).

Teca: cápsula globular cubierta por placas, de las que se inician las braquiolas (Moore *et. al.*, 1968).

Tegmen: Membrana superior en donde se localiza la boca y el ano (Moore *et. al.*, 1968).

Túberculo: prominencia redondeada que es parte de la ornamentación de superficies articulares y/o paredes laterales de las placas articulares (Moore *et. al.*, 1968).