



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**INVERTEBRADOS MARINOS PÉRMICOS DE LA CALIZA LA CUEVA
(CISURALIANO SUPERIOR) DE SONORA CENTRAL, MÉXICO.
IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS.**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(GEOLOGÍA MARINA)**

PRESENTA:

Pablo Emiliano Cuevas Saldaña

TUTOR PRINCIPAL:

**DR. MIGUEL ANGEL TORRES MARTÍNEZ
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM**

COMITÉ TUTOR:

**DRA. MA. DEL PILAR NAVAS-PAREJO GARCÍA
ESTACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE, UNAM
DR. JUAN FRANCISCO SÁNCHEZ BERISTAIN
FACULTAD DE CIENCIAS JURQUILLA, UNAM
DRA. MARÍA LUISA MACHAIN CASTILLO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM
DR. JOSEP ANTON MORENO BEDMAR
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM**

MÉXICO, CD. MX., AGOSTO, 2023



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.



**INVERTEBRADOS MARINOS PÉRMICOS DE LA CALIZA LA CUEVA
(CISURALIANO SUPERIOR) DE SONORA CENTRAL, MÉXICO.
IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(GEOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:
PABLO EMILIANO CUEVAS SALDAÑA

TUTOR PRINCIPAL:
DR. MIGUEL ANGEL TORRES MARTÍNEZ
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR:
DRA. MA. DEL PILAR NAVAS-PAREJO GARCÍA
ESTACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE, UNAM
DR. JUAN FRANCISCO SÁNCHEZ BERISTAIN
FACULTAD DE CIENCIAS JURQUILLA, UNAM
DRA. MARÍA LUISA MACHAIN CASTILLO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM
DR. JOSEP ANTON MORENO BEDMAR
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

MÉXICO, CD. MX., AGOSTO, 2023

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) por los proyectos que subsidiaron esta tesis, registrados con los números IA103920, IN114623 (responsable Dr. Miguel Torres) e IN106920 (responsable Dra. Pilar Navas-Parejo).

A mi comité de titulación integrado por la Dra. Ma. del Pilar Navas-Parejo García, de la Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM; al Dr. Juan Francisco Sánchez Beristain de la Facultad de Ciencias-Juriquilla, UNAM; a la Dra. María Luisa Machain Castillo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y al Dr. Josep Anton Moreno Bedmar del Instituto de Geología, UNAM. Les agradezco todas las sugerencias y comentarios que enriquecieron la presente tesis.

Al Dr. Miguel Angel Torres Martínez, por su apoyo y guía constante como asesor y tutor principal a lo largo de este trabajo de investigación.

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, el cual facilitó este trabajo a través de su programa de maestría.

A la M. en C. Adriana Aimé Orcí Romero del Laboratorio de Corte y Laminación de la Estación Regional del Noroeste, UNAM, por la elaboración de las secciones delgadas del material de la ERNO.

Al M. en C. José Roberto Ovando Figueroa por sus aportaciones en el proceso de fotografía realizado en el Instituto de Geología de la UNAM.

Al Dr. Rafael Villanueva Olea, por su ayuda en la elaboración de los “*peels*” de acetato en el Taller de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Al M. en C. Aaron Lara-Peña, por su valioso apoyo en el trabajo de campo dentro de la localidad estudiada de la Caliza La Cueva, así como por sus aportaciones en la estratigrafía general de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A la Universidad Nacional Autónoma de México, la Facultad de Ciencias y el Instituto de Geología por brindarme un segundo hogar.

A mis padres, Sergio Cuevas García y Judith Saldaña Malagamba, quienes me han apoyado en cada paso de este camino, y que me han demostrado el valor del trabajo y el amor incondicional, jamás tendré palabras para decirles lo que significan para mí.

A mi hermana Eugenia y a Cheché, quienes me han enseñado el valor de la constancia y han sido mis consejeros en cada momento que lo he necesitado, siempre los tengo presentes.

A Enrique, que desde que tengo memoria ha sido mi hermano, mi apoyo y un pilar en mi vida.

A mi familia de Ciencias, Jimena, Mariana, Juan, Aída, Gerardo, Guadalupe, Andrés, Bárbara, Marina, Oscar, Ireri. Todos y cada uno de ustedes han aportado a mi formación, en las desveladas, los exámenes, y conversaciones que han cambiado por completo mi forma de pensar.

A Juan José, Daniela y Metzner, mi equipo de trabajo y chisme en el Instituto de Geología, aprendí mucho de ustedes.

A mi familia fuera de casa, Pablo, Diego, Andrick, Manuel, Maite, Isabel, Diego. Ustedes me han levantado y me llevan consigo a donde van.

A Miguel, que más que un tutor de tesis ha sido un amigo y un gran consejero a lo largo de este largo y difícil proceso para mí, gracias por tu disposición incansable en este proyecto, y por siempre confiar en mí.

"Hay grandeza en esta visión de la vida, con sus diversas facultades, habiendo sido originalmente respirada por el Creador en unas pocas formas o en una; y que, mientras este planeta ha girado en círculo según la ley inmutable de la gravedad, a partir de un comienzo tan simple han surgido y siguen evolucionando infinitas formas hermosas y maravillosas."

(El origen de las especies, 1859, Charles Darwin)

ÍNDICE

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Objetivo General	12
3. Objetivos particulares	12
4. Antecedentes	13
5. Generalidades de los grupos estudiados	
a. Esponjas (Filo Porifera)	15
b. Lophophorados (Clase Lophophorata)	20
c. Briozoos (Filo Bryozoa)	20
d. Braquiópodos (Filo Brachiopoda)	26
e. Crinoideos (Filo Echinodermata)	31
6. Area de estudio	34
7. Estratigrafía general	34
8. Metodología general	
a. Trabajo de campo	37
b. Trabajo de gabinete y laboratorio	38
9. Resultados	41
a. Paleontología Sistemática	41
b. Análisis Tafonómico	60
c. Análisis de microfacies	63
10. Discusión	
a. Paleoambiente	64

b. Paleoecología	65
c. Paleobiogeografía	67
d. Tafonomía	70
11. Conclusiones	71
12. Literatura citada	72
13. Anexo	79

Índice de Figuras

1. Diagrama de una esponja asconoide seccionada parcialmente. **p. 17.**
2. Morfología general de un briozoo, mostrando un corte transversal con morfología interna. **p. 25**
3. Sección longitudinal de un braquiópodo, mostrando esquemáticamente las características principales de su anatomía interna. **p. 29**
4. Morfología general externa de la concha de un braquiópodo. **p. 29**
5. Morfología general de un crinoideo fósil, pedúnculo representado parcialmente. **p. 33**
6. Mapa Geológico y de localización de los afloramientos de plataforma de la Caliza La Cueva y de la Formación Mina México del centro de Sonora. **p. 34**
7. Columna estratigráfica representativa de la Sección Sierra Martínez 1 que muestra la distribución y biozonaciones de los fósiles encontrados. **p. 36**
8. Clasificación de rocas carbonatadas de Dunham (1962). **p. 38**
9. Modelo de facies de Wilson para una plataforma carbonatada bordeada. **p. 39**
10. Láminas de las rocas calizas portadoras de fósiles, roca tipo wackestone. **p. 61**

11. Modelo tafonómico propuesto, representando el transporte a través de un flujo de detritos, y un posterior enterramiento diferencial de algunos ejemplares encontrados en la Caliza La Cueva. Se resaltan aquellos ejemplares como Poríferos, Briozoos y un género indeterminado de la familia Cyclomischidae que se desarrollaban en zonas más profundas y que fueron enterrados con muy pocas señales de transporte. **p. 68**

Índice de Tablas

1. Medidas de la colonia del rhabdomesino indeterminado 1. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas. **p. 45**
2. Medidas de la colonia del rhabdomesino indeterminado 2. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas. **p. 43**
3. Medidas de la colonia del fenestrado indeterminado 1. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas. **p. 44**
4. Medidas de la colonia del fenestrado indeterminado 2. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas. **p. 47**
5. Resumen del análisis tafonómico mostrando el número de ejemplares o fragmentos de cada taxa, abrasión y desgaste (0 a 10, siendo 10 la mayor evidencia de desgaste), fragmentación (presente o ausente), desarticulación (presente o ausente), deformación (presente o ausente), completitud de partes (PEC= Parte esquelética completa, PED= Parte esquelética diagnóstica y FPE= Fragmento de parte esquelética), preservación (BSA= buena sin alteración, BMA=buena con mínima alteración, MBA=mala con baja alteración y MAA=mala con alta alteración) y grado de transporte (bajo, medio o elevado). **p. 59**

RESUMEN

El Paleozoico de la zona central de Sonora está constituido por las rocas de la plataforma carbonatada del suroeste de Laurencia (Cámbrico–Pérmico) y por las rocas de ambientes profundos del Alóctono de Sonora (Ordovícico–Pensilvánico). Los ambientes de plataforma del Pérmico están bien representados en la Caliza La Cueva, la cual posee un alto contenido fósil, compuesto principalmente por foraminíferos e invertebrados marinos. Al sur de la Sierra Martínez, localizada a 25 km al sureste del poblado de Mazatán, se ubicó una localidad del Pérmico inferior (Kunguriano inferior). Aquí, se pudo estudiar una comunidad conformada por diversos grupos de invertebrados marinos bien preservados como fósiles calcáreos. El material descrito incluye una esponja perteneciente al orden Epipolasida (?*Coelocladia* sp.), cuatro especies indeterminadas de briozoos (dos del orden Cryptostomata y dos del orden Fenestrata), seis especies de braquiópodos (*Thamnosia* sp., *Dasysaria* sp., *Meekella* sp., Wellerellidae indeterminado, *Hustedia* cf. *shumardi*, *Neospirifer* cf. *amphigyus*) y tres morfoespecies de crinoideos, dos pertenecientes a la Familia Leptocarphiidae (*Cyclocrista* cf. *martini*, *Preptoprepnum* cf. *rugosum*) y una de la Familia Cyclomischidae, la cual se mantiene en género indeterminado. Se realizó un análisis de microfacies a través del cual fue posible establecer las condiciones de depósito, pudiendo relacionar el ambiente con una zona del frente arrecifal o de la pendiente de la rampa carbonatada. El análisis tafonómico demostró que existe una preservación y transporte diferencial de los ejemplares encontrados en la localidad, presentando evidencia de transporte de una gran cantidad de material esquelético desde zonas someras, proveniente de la zona post-arrecifal (FZ-6 o FZ-7). Con esta información se propone un modelo tafonómico de como se pudo haber formado la asociación fósil de la localidad. La fauna reportada en la Caliza La Cueva (principalmente braquiópodos), permite sugerir que existió una afinidad faunística entre la región de Sonora central y la Provincia Biótica Grandiana durante el Kunguriano temprano (Cisuraliano tardío).

ABSTRACT

The Paleozoic of central Sonora is composed by carbonated platform rocks of Southwest Laurentia (Cambrian-Permian) and by deep Sonoran Alloctonous rocks (Ordovician-Pennsylvanian). Permian platform environments are well represented in the La Cueva Limestone, which possesses a high fossil content, composed primarily by foraminifera and marine invertebrates. In the southern part of the Sierra Martínez, 25 km southeast of the town of Mazatán, a lower Permian (lower Kungurian) locality was analyzed. In this locality, a community composed by a diverse groups of marine invertebrates preserved as calcareous fossils was studied. The described material includes a sponge belonging to the Order Epipolasida (?*Coelocladia* sp.), four undetermined bryozoan species (two from the Order Cryptostomata and two from the Order Fenestrata), six species of brachiopods (*Thamnosia* sp., *Dasysaria* sp., *Meekella* sp., undetermined Wellerellidae, *Hustedia* cf. *shumardi*, *Neospirifer* cf. *amphigyus*) and three morphospecies of crinoids, two belonging to the Leptocarphiidae Family (*Cyclocrista* cf. *martini*, *Preptoprepnum* cf. *rugosum*) and one to the Cyclomischidae Family, which remains as an undetermined genera. A microfacies analysis was conducted in order to establish the conditions of deposit, which was established on the carbonate slope subsequent to the to the reef margin. The taphonomic analysis demonstrated that there is a differential transport and preservation of the fossil specimens found in the locality, and that there is evidence of transport from shallow zones prior to the reef margin (FZ-6 or FZ-7) in some of these specimens. With this information a taphonomic model about the formation of the fossil assemblage of the La Cueva Limestone is proposed. The fauna described in this work (mainly brachiopods), allows the suggestion of a faunistic affinity between central Sonora and the Grandian Biotic Province during the early Kungurian (late Cisuralian).

INTRODUCCIÓN

El estado de Sonora presenta una gran diversidad de yacimientos fósiles, los cuales afloran en diferentes partes de su territorio. Con respecto a las sucesiones paleozoicas, las del Pérmico están ampliamente representadas, y en su mayoría forman parte del denominado Cratón Norteamericano, caracterizadas por calizas, dolomías, lutitas y areniscas formadas en ambientes de plataforma (Lara-Peña, 2019). En dichas sucesiones se ha reportado la presencia de un abundante registro fósil del Paleozoico superior, consistente de fusulínidos, esponjas, corales, moluscos, braquiópodos, briozoos, crinoideos y conodontos, los cuales han sido herramientas muy importantes para conocer la estratigrafía, paleoambientes y evolución geológica del estado.

Así, es en la Sierra Martínez donde se pueden encontrar dos de las unidades litoestratigráficas pérmicas más importantes de la región central sonorensis: la Formación Mina México y la Caliza La Cueva. De estas, es en la Caliza La Cueva donde se presentan rocas de ambientes marinos someros tipo mudstone y packstone con presencia de fusulínidos y abundantes esponjas, equinodermos, braquiópodos, gastrópodos, briozoos y ostrácodos (Stevens et al., 2014). Aunque se ha sugerido que pertenece al Artinskiano-Kunguriano (Cisuraliano superior) (Stevens et al., 2014), la ocurrencia de algunos fusulínidos y conodontos índice (p.e. *Neostreptognathodus exsculptus* y el género *Sweetognathus*), ha permitido afinar su edad al Kunguriano temprano. Cabe resaltar, que a la fecha, no se ha estudiado o descrito ninguno de los invertebrados reportados para la unidad, habiendo muy poca información relacionada con las biotas que se depositaron en las rocas de la Caliza La Cueva durante el Pérmico temprano.

Dicha escasez de información ha repercutido, no solo en el conocimiento de los grupos bentónicos que habitaron la región a finales del Paleozoico sino también en el establecimiento de posibles correlaciones faunísticas con otras zonas geográficas. En este sentido, el único antecedente previo asociado con los invertebrados de Sonora, es aquel donde Cooper et al. (1953) describieron diferentes esponjas, braquiópodos y moluscos del Pérmico medio de la Formación Monos, los cuales fueron posteriormente relacionados con la denominada provincia biótica Grandiana (Yancey, 1975), la cual se extendía en parte de lo que actualmente pertenece a Nuevo México, Texas (en Estados Unidos), Coahuila, Chiapas, Sonora (en México), Huehuetenango (en Guatemala) y Palmarito (en Venezuela) (Yancey,

1975; Torres-Martínez et al., 2016, 2019a, 2019b). Precisamente, resalta que la inclusión de Sonora en esta paleoprovincia solo se basó en la fauna descrita en el trabajo de Cooper et al. (1953) de la Formación Monos del Guadalupiano superior, la cual no solo es de una edad más reciente (Capitaniano) a la de la Caliza La Cueva sino también ocurre en la región oeste del estado, cuya área estuvo sometida a eventos y procesos geológicos diferentes (Lara-Peña et al., 2021). Por lo tanto, la falta de conocimiento vinculado con los invertebrados de la región central sonorensis no había permitido corroborar ninguna correlación, hipótesis o propuesta relacionada con esta paleoprovincia biótica.

Dado que no existe información de los invertebrados de la Caliza La Cueva del Cisuraliano superior es que se plantea el presente estudio, ya que la identificación de los diferentes grupos taxonómicos (esponjas, crinoideos, briozoos y braquiópodos) no solo permitirá enriquecer el conocimiento de las biotas pérmicas de Sonora, sino también coadyuvará a identificar como se relacionaban paleoecológicamente entre ellas y con su ambiente; además de que será posible ubicarlas en un contexto paleogeográfico, al correlacionar la fauna estudiada con la de otras regiones de México y el mundo.

OBJETIVO GENERAL

Describir la biota de invertebrados de una localidad de la Caliza La Cueva, identificando las posibles relaciones paleoecológicas entre grupos y con el paleoambiente de depósito, además de comprobar la posible pertenencia de los taxones descritos con alguna provincia biótica durante el Pérmico.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar y describir los diferentes invertebrados depositados en rocas de una localidad de la Caliza La Cueva, Sonora central, México.
- Establecer, mediante el análisis de microfacies, cómo fueron las condiciones de depósito en un contexto paleoambiental.
- Identificar las posibles interacciones existentes entre los invertebrados y con su ambiente deposicional.
- Examinar la pertenencia de la biota estudiada con la denominada provincia biótica Grandiana.

ANTECEDENTES

El estado de Sonora se localiza al noroeste de México, y colinda al norte con Estados Unidos, al sur con Sinaloa, al este con Chihuahua y al oeste con el Golfo de California. Geológicamente, esta zona resalta por la gran cantidad de formaciones litoestratigráficas presentes en la región, siendo el único estado de la República Mexicana en el que es posible encontrar afloramientos de todos los sistemas fanerozoicos y precámbricos (González-Alcaraz, 2017). A causa de esta enorme riqueza natural de fósiles, Sonora ha sido centro de estudio de diferentes trabajos en una plétora de enfoques y grupos de estudio diferentes. No obstante, aún existe una clara escasez de trabajos relacionados con las biotas pérmicas, así como de las unidades en donde se encuentran depositadas.

Uno de los estudios más completos sobre las biotas de invertebrados de Sonora corresponde al de Cooper et al. (1953), donde se describieron algunos corales, esponjas, braquiópodos, bivalvos, escafópodos, ammonoideos y gastrópodos de la Formación Monos que aflora en el oeste de Sonora, atribuyéndoles una edad del Pérmico medio (Wordiano). Posteriormente, Stevens (2010) reportó y describió los corales rugosos *Protowentzelella* sp. y *Pararachnastraea illipahensis*, además del fusulínido *Eoparafusulina linearis*, que han permitido conocer más acerca de la historia geológica del este y centro de Sonora. Estos fueron encontrados en la sección Arivechi de Sonora central, en una secuencia de 170 m de espesor compuesto de limolitas arenosas de color rojo-café, intercaladas con capas de areniscas y limolitas delgadas; además, de que existe la presencia de fragmentos de fusulínidos, crinoideos, briozoos y braquiópodos. La fauna aquí encontrada proporcionó suficiente información para catalogar el área con una edad del Artinskiano-Kunguriano (Cisuraliano tardío).

Después, Pérez-Ramos y Palafox-Reyes (2013) describieron algunos fusulínidos de la región de Sonora central, como *Skinnerella diabloensis*, *Paraskinnerella brookensis*, *Skinnerella montijoeae*, *Parafusulina vachardi*, *P. buitronae* y *Cuniculinella yaquinensis*, encontrados en la localidad de Cerro Prieto de la Sierra Santa Teresa, ayudando a afinar la edad de las rocas portadoras, la cual se relacionó con el Pérmico inferior (Sakmariiano-Artinskiano). Stevens (2014), realizó un estudio sobre tres faunas distintivas de fusulínidos pertenecientes al Paleozoico tardío de Sonora, siendo el único trabajo donde se estudia directamente la fauna de la Caliza La Cueva, la cual el autor sitúa en aguas continentales

someras con una edad de Sakmario tardío-Artinskiano tardío. Además, se menciona la presencia de fusulínidos depositados *in situ*, así como otros mega fósiles no especificados. Posteriormente, Navas-Parejo y colaboradores (2018) estudiaron y correlacionaron las rocas de la Sierra Las Pintas, Baja California, con aquellas depositadas en el alóctono de Sonora, detectando que derivan de las rocas metamórficas del cratón continental y de encrinidas carboníferas que caracterizan las rocas de aguas someras del centro y norte de Sonora. Para 2019, Lara-Peña estudió la taxonomía e implicaciones bioestratigráficas de los conodontos depositados en rocas del Cerro Los Monos en el noroeste de Sonora (Formación Monos), así como del Cerro Las Rastras y Sierra Martínez en Sonora central (Caliza La Cueva y Formación Mina México), con lo cual se realizaron propuestas de edad e historia paleogeográfica de la región. Así, el autor obtuvo una serie de asociaciones de conodontos características del Kunguriano tardío-Roadiano para la Caliza La Cueva, del Kunguriano tardío y Roadiano temprano-tardío para la Formación Mina México y del Capitaniano temprano-medio para la Formación Monos. Además, en este trabajo se analizó por medio de microfacies el paleoambiente presente en la Caliza La Cueva, y se determinó su pertenencia a aguas marinas abiertas y ambiente de talud, de acuerdo al modelo de cinturón de facies de Wilson (1975).

A través del estudio de la fauna de conodontos proveniente de la Formación Monos (noroeste de Sonora), Lara-Peña et al. (2021) describieron una asociación conformada por las especies *Jinogondolella* cf. *J. nankingensis*, *J. aserrata*, *J. postserrata*, así como también *Mesogondolella bitteri*, *Sweetognathus fengshanensis*, *Hindeodus excavatus*, *H. permicus* y una forma transicional de *H. typicalis*. Este hallazgo permitió asociar a la fauna de la Formación Monos con la Provincia Ecuatorial de Agua Cálida (EWWP), señalando una pertenencia y origen autóctono del centro y noroeste de Sonora. Además, se hace la propuesta del cambio de edad estratigráfica (Capitaniano, Guadalupiano superior) para los niveles superiores de la Formación Monos, cuyos estratos habían sido considerados como del Wordiano (Guadalupiano medio) por Cooper et al. (1953).

Finalmente, Avendaño-Pazos (2023) estudió los fusulínidos provenientes de tres secciones estratigráficas del Cerro Las Rastras y la Sierra Martínez, las cuales contienen rocas de la Caliza La Cueva, interpretando su paleoambiente y contexto paleobiogeográfico. Este trabajo reporta la presencia del fusulínido *Eoparafusulina* cf. *linearis*, el cual se asocia a una edad del Artinskiano medio.

GENERALIDADES DE LOS GRUPOS ESTUDIADOS

Esponjas (Filo Porifera) (Braga et al., 2009)

El filo Porifera (del latín, *porus*: poro, y *fero*: portador) incluye a todas las esponjas fósiles y actuales. Es un grupo que constituye animales acuáticos sésiles que presentan organización celular, pero a la vez sin tejidos verdaderos u órganos. Son organismos que suelen presentar asimetría, o en algunos casos simetría radial. Su cuerpo está organizado por un sistema de canales, los cuales tienen poros inhalantes y exhalantes, y que están conectados por cámaras de coanocitos filtradores, presentando este grupo una digestión exclusivamente intracelular. Los coanocitos son células que poseen una corona de microvellosidades, las cuales rodean un único flagelo. Este grupo se caracteriza por presentar una alta motilidad celular. Otro rasgo distintivo de las esponjas es la presencia de células totipotenciales, es decir que pueden convertirse en casi cualquier tipo celular. Están divididas en capas internas y externas, encontrando entre estas dos capas el mesohilo o mesoglea, la cual es una capa intermedia con células móviles, presentando regularmente uno o varios tipos de material de sostén, los cuales pueden estar formados por fibras de colágeno, espongina y esqueleto mineral de origen silíceo o calcáreo. Los poríferos pueden reproducirse tanto por medios sexuales (los espermatozoides son liberados en la columna de agua en grandes cantidades, en busca de esponjas femeninas, donde se transportan hacia los huevos) como asexuales (a través de hermafroditas que producen esperma y huevos en tiempos distintos).

Plan Estructural

Las esponjas son organismos sésiles en su estado adulto, sin embargo tienen un estadio larvario libre, lo cual les facilita la dispersión. La estructura de sus cuerpos está determinada por el desplazamiento de una corriente unidireccional de agua a través del sistema de canales. Incorporan alimento en suspensión gracias a las cámaras de coanocitos. El agua entra al sistema de las esponjas a través de los poros inhalantes, los cuales tienen la capacidad de cerrarse y controlar la entrada de agua, y que suelen tener diámetros de entre 50 – 175 μm . Los poros atraviesan la capa externa de células epiteliales (pinacocitos) y acceden a las cavidades internas de la esponja, las cuales están conformadas por coanocitos, dispuestos en un sistema complejo de canales. Existen diferentes formas de organización en las esponjas. Las formas más sencillas se denominan tipo ascon, donde los coanocitos recubren el atrio o espongocele, que es la cavidad interna corporal. Las formas más complejas

se denominan tipos sycon y leucon, en ellas se pueden encontrar cámaras especiales de coanocitos, o canales radiales donde se encuentran los coanocitos.

El sistema de producción de corrientes de las esponjas funciona gracias al movimiento de los flagelos de los coanocitos, pero también es asistido por un efecto pasivo relacionado con el principio de Bernoulli, el cual sostiene que la velocidad de un fluido que circula por un conducto depende de la sección del canal que lo transporta. Las esponjas explotan este principio de modo que los canales se reducen para aumentar la velocidad de los fluidos y viceversa. Los fluidos de agua se ralentizan al entrar a las cámaras de coanocitos para optimizar la captación de alimento, mientras que en las secciones de los canales exhalantes y el ósculo (aberturas para la salida del agua) los conductos son considerablemente menores, lo cual determina que el agua adquiera máxima velocidad al ser expulsada, por lo que puede alcanzar grandes distancias fuera de las esponjas.

Las esponjas han desarrollado un esqueleto como forma de sostén, el cual puede estar compuesto por fibras de colágeno, espongina, espículas (silíceas o calcáreas) o esqueleto calcificado masivo (Fig. 1). Cuando se trata de espículas, las que son silíceas están compuestas por dióxido de silicio en forma hidratada, mientras que las espículas calcáreas pueden ser de carbonato de calcio o aragonita. Se denomina como esqueleto orgánico a la presencia de fibras de colágeno a través del mesohilo o mesoglea, las cuales actúan como elementos de sostén, estas fibras de colágeno pueden estar organizadas en complejas redes fibrilares que solamente en el caso de las demosponjas se conocen como espongina. La presencia de espículas se ha perdido en algunos grupos, sin embargo la mayoría aún las presenta. Las espículas pueden dividirse de acuerdo a su tamaño en megascleras (más de 100 μm de longitud y radios de más de 3 μm de diámetro) y microscleras (entre 10 y 100 μm de longitud y radios de menos de 1 μm de diámetro). Estas espículas se pueden clasificar en función del número de actinas (radios) o axonas (ejes de simetría), además de su forma y ornamentación. Las microscleras se encuentran siempre libres entre las células de las esponjas, mientras que las megascleras pueden encontrarse libres, articuladas, entrelazadas o fusionadas entre sí. Finalmente se conocen como esqueletos masivos a las esponjas que también se identifican como esponjas coralinas o hipercalcificadas, y son las que presentan una microestructura policristalina fabricada a partir de agujas de calcita o aragonita y que están suspendidas en una matriz fibrilar orgánica. Este material orgánico que rellena la densa estructura calcárea les da a las esponjas que lo presentan una enorme dureza.

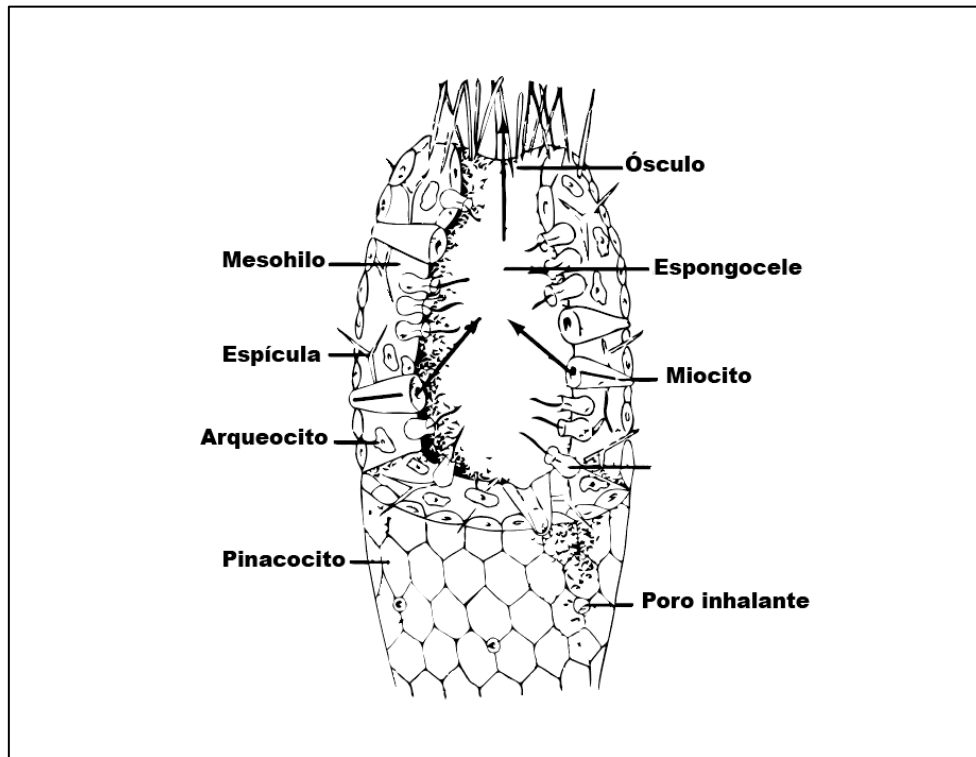


Figura 1. Diagrama de una esponja asconoide seccionada parcialmente. (Modificado de Ruppert y Barnes, 1996).

La clasificación actual de las esponjas es debatida, y se basa principalmente en la presencia, forma y tipo de esqueleto que presentan. Como manera general pueden considerarse en el filo Porifera las clases Demospongea, Calcarea, Hexactinellida, Archaeocyatha (extinto) y Stromatoporoidea (extinto).

Clase Demospongea: Las demosponjas constituyen prácticamente el 85% de todas las especies actuales de esponjas. Tienen representantes de aguas marinas, salobres y dulceacuícolas. Tienen espículas de tipo silíceo con monoaxonas o tetraxonas, las cuales pueden estar acompañadas de una red de fibras de colágeno (espongina). La presencia de radios en las espículas se presenta de forma triangular o hexagonal. A veces pueden encontrarse micro y megascleras. Su primer registro se reconoce en el Proterozoico superior, mientras que en el Cámbrico inferior se produce una diversificación en los principales clados de Demospongea, donde se pueden encontrar restos de diferentes tipos de espículas.

Clase Calcarea: Las esponjas calcáreas carecen de espongina, además de que son un grupo únicamente marino. Cuentan con sistemas de canales internos de tipo ascon, sycon y leucon.

Se pueden encontrar principalmente en aguas costeras someras. Tienen espículas de carbonato de calcio únicamente, en forma de calcita y sus espículas se pueden encontrar de tipo mono, tri o tetraxonas. Las esponjas calcáreas no tienen diferenciación entre micro y megascleras. Su esqueleto puede estar formado por espículas libres de tipo diactina, triactina, tetractina y poliactina, pueden estar cementadas o incluidas en una envuelta de cemento calcáreo.

Clase Hexactinellida: Todas las esponjas de la clase Hexactinellida son marinas. Suelen conocerse como esponjas vítreas. Presentan una organización celular conocida como tipo sincitial, en la cual se puede encontrar un citoplasma indiviso y plurinucleado, sin presencia de paredes intercelulares. Casi todas las esponjas hexactinélidas habitan a grandes profundidades. Presentan prostalia basal que es un mechón radicular de espículas el cual le sirve de anclaje. Con espículas de tipo silíceo y hexactina, aunque pueden presentar estauractinas y diactinas. Estas esponjas pueden presentar tanto megascleras como microscleras, y los radios de las espículas tienen una sección cuadrada. Ninguna esponja Hexactinellida es capaz de precipitar carbonato de calcio, por lo que no se pueden encontrar esponjas de este tipo con esqueletos calcáreos masivos.

Clase Archaeocyatha: Las esponjas arqueociatas están todas extintas, por lo que su interpretación ha sido controversial. Los arqueociátidos se conocen por restos de organismos marinos, bentónicos, sésiles filtradores. Tienen un esqueleto formado por calcio y no presentan espículas. Sus esqueletos por lo general tienen formas cónicas y cilíndricas con una microestructura primaria de calcita, además de que suelen presentar un alto contenido de carbonato de magnesio. Vivieron en aguas someras de las plataformas carbonatadas del Cámbrico. Sus esqueletos suelen estar formados por una o dos láminas con perforaciones concéntricas. Presentan muralla externa e interna, con una capa intermedia llamada intervalo, dentro de la cual se pueden encontrar elementos esqueléticos. En las murallas se puede encontrar la cavidad central, que suele estar vacía. En los poros de las murallas se pueden encontrar diferentes tipos de estructuras, sobre los cuales se basa la taxonomía de estos organismos. Algunos arqueociátidos pueden también presentar un esqueleto secundario el cual suele ser una lámina curvada y perforada formada por vesículas. Esta estructura suele presentarse en el cáliz o atravesando el intervalo y la cavidad central de la esponja.

Clase Stromatopoidea: Las esponjas estromatoporoideas son un grupo extinto que habitó durante el Paleozoico, formando numerosos arrecifes. Son fósiles de ocurrencia común y han

sido ampliamente estudiados, sin embargo su afinidad taxonómica aún es discutida debido a que algunos autores consideran que los estromatoporoideos del Ordovícico-Devónico son una clase independiente de esponjas extintas, y las esponjas estromatoporoideas posteriores pueden tener un origen diverso, el cual puede relacionarse a otras clases de esponjas. De acuerdo a los especialistas en estromatoporoideos paleozoicos (Stearn *et al.*, 1999), se puede asumir que los estromatoporoideos *sensu stricto* constituyen un grupo monofilético, que corresponde a una clase dentro del filo Porifera. Debido a la ausencia de otros caracteres, la clasificación de estos organismos se puede basar exclusivamente en la interpretación de su esqueleto basal calcáreo. Los estromatoporoideos secretaban un esqueleto calcáreo que pudo conformarse, ya sea de aragonito o de calcita rica en magnesio. La secreción de este esqueleto se daba a través de células especializadas conocidas como pinacodermos. Los estromatoporoideos secretaban su esqueleto en espesores variables, y a medida que este crecía los tejidos vivos iban migrando hacia zonas más superficiales, mientras que las zonas inferiores se iban sellando por medio de una formación de estructuras esqueléticas. Estas esponjas eran organismos modulares, lo cual puede derivar en una alta plasticidad morfológica derivada de controles genéticos y ambientales.

Lofoforados (Clado Lophophorata) (Sour-Tovar et al., 2017)

Los briozoos y braquiópodos forman junto con los foronídeos parte del grupo de los lofoforados, organismos que comparten la presencia de un lofóforo. El lofóforo es un órgano formado por un anillo de tentáculos con cilios los cuales rodean la boca. Estos tentáculos son prolongaciones del celoma y se utilizan principalmente para capturar alimento por medio de corrientes de agua. El lofóforo también tiene una función de intercambio de gases ya que estos organismos no tienen estructuras respiratorias especializadas. Este grupo presenta huevos con segmentación total y radial, además de que tienen un estado larvario similar a una diplérula o una trocófora. Todos los organismos de este grupo tienen presentan un tubo digestivo en forma de U, carecen de cabeza y tienen un cuerpo dividido en tres partes: prosoma, mesosoma y metasoma, cada una con una cavidad celómica independiente.

Briozoos (Clado Lophophorata, Filo Bryozoa) (Aguirre, 2009)

Los briozoos son un filo de organismos coloniales, los cuales se pueden encontrar ampliamente, tanto en comunidades bentónicas actuales como aquellas del pasado. En su parte externa, los briozoos, forman colonias que tienen un parecido a pequeños arbustos, lo cual originó su nombre, que refiere a pequeños animales con apariencia de musgo. Estos organismos son de hábitos acuáticos bentónicos y casi exclusivamente marinos, presentes en océanos de todo el planeta y en un rango muy amplio de profundidades. Poseen un esqueleto mineralizado calcáreo, lo cual le permite a este grupo de animales tener un excelente potencial de conservación y por lo tanto una gran representación en el registro fósil. El reporte más antiguo de este filo es del Cámbrico medio (Zhang et al., 2021), y se estima que han existido alrededor de 15,000 especies fósiles.

Los briozoos son animales coloniales, por lo que su anatomía tiene que dividirse en individuos (zooides) y en arreglos coloniales en conjunto (zoario). Cada zooide en la colonia de briozoos puede tener una talla cercana o menor a un milímetro de diámetro, mientras que una colonia entera puede alcanzar varios decímetros. Internamente, los zooides tienen una anatomía simple constituida por un aparato digestivo con una morfología general en forma de "U" y el cual está suspendido en la cavidad corporal que también se conoce como celoma. De extremo a extremo se puede encontrar la boca, conectada con el estómago a través de un esófago, seguida del intestino finalizando en el ano. En la parte basal del estómago se puede encontrar un filamento conocido como funículo, el cual actúa como un conductor de nutrientes hacia diferentes zonas de la colonia. En zooides especializados, el funículo puede

generar el espermatozoides masculino. La boca de los briozoos se puede observar como una abertura o puede estar rodeada de una membrana fina llamada epistoma; además de que se puede observar un penacho formado por 8 a 10 tentáculos con cilios rodeando la boca, los cuales forman el lofóforo. Estos tentáculos se utilizan, al igual que en los braquiópodos, para crear corrientes de agua que transportan partículas alimenticias hacia la boca. El ano se encuentra próximo a la boca pero fuera del lofóforo, y por ahí se defecan los desechos de la digestión. Todo el sistema digestivo, incluyendo los tentáculos se conoce como polípido. El lofóforo de los briozoos tiene la capacidad de extenderse o retraerse gracias a el movimiento de una serie de músculos que pueden producir aumento de la presión hidrostática en la cavidad corporal para extenderlo o invaginarlo. Una vez que se ha retraído el lofóforo, el orificio por el cual se retrae se cierra por medio de un esfínter o un opérculo.

Todos los briozoos marinos tienen un exoesqueleto de carbonato de calcio, mientras que el grupo Phylacolemata, por ser dulceacuícola, carece de esqueleto mineralizado. En los demás, el esqueleto calcáreo está compuesto de aragonito, calcita con alto o bajo contenido en magnesio o una combinación de aragonito-calcita. Algunas colonias generan crecimientos extra de carbonato de calcio que sirven para darle soporte o reforzar la colonia además de rellenar espacios huecos que se generen en la colonia, estas se conocen como zonas extrazoidales. Los zoarios, por lo general están integrados por decenas a miles de zooides individuales, a veces incluso millones. Existen colonias que únicamente se dedican a la alimentación, sin embargo lo común es encontrar zoarios conformados por zooides con funciones especializadas. Por ello, se les denomina autozooides a los zooides especializados únicamente en la alimentación, los cuales suelen encontrarse en zonas específicas como las chimeneas que son zonas huecas por donde transitan las corrientes exhalantes de agua. Los zooides que se especializan en funciones distintas a la alimentación se denominan heterozooides, pueden tener una estructura interna muy modificada con respecto a los autozooides dependiendo de la función que desempeñen. Las funciones varían entre protección, reproducción, refuerzo, locomoción, conexión, o limpieza de la colonia. Algunos tipos de heterozooides son los siguientes:

Avicularios: por lo general son asociados con una función de defensa, aunque pueden mostrar una gran diversidad morfológica. Internamente el polípido está muy reducido mientras que los músculos están muy desarrollados. Los avicularios tienen una forma de cabeza de buitre (de ahí su nombre) y tienen un opérculo con forma de garfio (puede

calcificarse) que se denomina mandíbula y que en ocasiones puede cerrarse muy rápidamente.

Vibracularios: son avicularios modificados, donde el opérculo está hipertrofiado y se convirtió en un largo filamento que está fijado al zooide gracias a unos músculos muy desarrollados. Este filamento puede rotar para producir un movimiento de barrido o puede utilizarse como un látigo. Por lo general estos heterozooides se consideran como los limpiadores de la colonia, aunque también pueden generar corrientes que sirven para atrapar partículas alimenticias.

Gonozooides: son zooides modificados que generan las células para la reproducción. No son muy comunes ya que los autozooides también son capaces de producir espermatozoides y óvulos. En los gonozooides femeninos se puede encontrar una cámara diferenciada para desarrollar embriones. Los gonozooides masculinos no son comunes y en ellos se puede apreciar un arreglo distinto de tentáculos sin penacho.

Ovicelas: son cámaras especializadas para incubar a los huevos fertilizados, se localizan en los extremos distales de los gonozooides femeninos o a veces de los autozooides. Se desarrollan al mismo nivel que el resto de la colonia pero en ocasiones son recubiertas por precipitación de calcita o por el crecimiento de heterozooides complejos asociados a autozooides femeninos, por lo que la reproducción es resultado de una cooperación entre zooides distintos.

Cenozooides: son un grupo muy diverso de zooides que no tienen polipido ni orificio. Pueden desarrollar una gama enorme de funciones, pero la mayoría cumple una función principal de refuerzo, soporte, anclaje o relleno de zonas vacías debido al crecimiento de la colonia. Algunas veces crecen en forma de espinas, por lo que se les asocia también la función de defensa. Pueden encontrarse de forma aleatoria en la colonia y con arreglos complejos.

Nanozooides: son pequeños zooides que presentan un orificio muy reducido además de un polipido con solamente un tentáculo. De muchos de estos zooides se desconoce la función principal, aunque en algunos se asocia a una función de limpieza ya que pueden producir movimientos de barrido. Algunos se sitúan en el extremo distal de los autozooides por lo que reducen el diámetro del orificio.

En prácticamente todas las especies de briozoos, los zooides que los integran tienen algún tipo de comunicación fisiológica, esta conexión se da a través de poros en las paredes que separan cada zooide adyacente o también por una conexión directa donde no existe pared

entre zooides distintos. Un aspecto importante en la integración de las colonias es el transporte de nutrientes, el cual puede llevarse a través de poros o mediante el funículo previamente mencionado. Es así como los nutrientes pueden llegar hasta las zonas más distales del zoario, que se dedican al crecimiento. Una vez que se establece un tránsito de nutrientes hacia alguna dirección, se puede generar una polaridad de crecimiento hacia esa dirección.

Formas de crecimiento de las colonias

Hay varios factores intrínsecos y extrínsecos que definen la forma de una colonia. Algunos que se pueden mencionar son la orientación, la existencia de una polaridad en el crecimiento o en el flujo de nutrientes, la posición con la cual se generan nuevos zooides en relación con los previos y la tasa de adición de nuevos zooides. Algunos factores extrínsecos que pueden afectar el crecimiento de la colonia son la energía hidráulica del medio, la profundidad o la disponibilidad de sustrato y nutrientes. La morfología de las colonias de briozoos en el medio fósil puede aportar información bastante precisa de las condiciones ambientales. Para definir los tipos de crecimiento que presentan los briozoos, se ha adoptado una clasificación descriptiva muy simple, con cuatro tipos de crecimiento: encostrante, erecto, de vida libre y enraizado.

El tipo encostrante refiere a colonias adheridas por completo a una superficie rígida o flexible y los cuales pueden ser de tipo uniseriales, multiseriales laminados y multiseriales masivos dependiendo de su tipo de extensión y crecimiento.

El erecto denota un crecimiento vertical que genera colonias de tipo arborescente, las cuales suelen presentar nanozooides en su zona basal, las cuales les sirven de refuerzo. En este tipo de crecimiento también podemos encontrar colonias uniseriales o multiseriales. Pueden tener crecimientos foliares en forma de abanico o colonias adeniformes (con forma de pequeños arbustos).

El de vida libre refiere a varias categorías de briozoos. Los más comunes son colonias pequeñas que tienen cierta capacidad de movimiento, las cuales se denominan lunulitiformes. Pueden moverse gracias a la presencia de vibraculorios situados en los límites de la colonia. En esta categoría también se agrupan aquellos briozoos que generan formas pseudoesféricas o que puedan rodar sobre el sustrato por su forma de crecimiento. También aquí se consideran aquellas colonias que crecen como láminas sobre el sustrato horizontal, en forma de tapiz. El resto de las colonias pueden ser nodulares multiseriales, o colonias muy precoces.

El enraizado se caracteriza por colonias de pequeños tamaños, las cuales tienen una morfología parecida a las arborescentes. Estas se fijan por medio de una serie de zooides especializados o por medio de crecimientos extrazoidales parecidos a raíces que se adhieren al sustrato.

La forma final del zoario depende mucho de qué tan fuertemente integrados o especializados están los zooides de la colonia, se puede observar que las formas encostrantes tienen muy baja integración estructural, mientras que las formas de crecimiento erecto o de vida libre existe un alto grado de integración funcional y estructural (Fig. 2).

Taxonomía

La clasificación de los briozoos está basada fuertemente en caracteres esqueléticos, tanto en organismos actuales como fósiles. Trata principalmente los rasgos morfológicos de los zooides, las estructuras ornamentales, las dimensiones de los zooides, el tipo de construcción de su esqueleto, la presencia de heterozooides, su distribución y tipo de crecimiento, así como la abertura del zooide. Este grupo también se ha estudiado internamente mediante el uso de láminas delgadas, e incluso, recientemente se ha abordado el estudio de los briozoos a partir de la taxonomía numérica. Para formas actuales se pueden utilizar datos sobre la anatomía interna, o rasgos del tejido no calcificado, el número de tentáculos en el lofóforo, color de las colonias, modo de vida o comportamiento.

Existen tres clases dentro del filo Bryozoa: Phylactolaemata (la cual está limitada a ambientes de agua dulce), Stenolaemata y Gymnolaemata (ambas representadas por miembros de agua marina).

La clase Phylactolaemata se caracteriza por carecer de un esqueleto mineral. Su pared consta de dos capas (peritoneo y epidermis), y el polípido existe suspendido dentro de la cavidad corporal confluyente, y que comparten todos los zooides. Su lofóforo tiene una forma de herradura característico, la boca se sitúa en la parte inferior rodeada de una estructura prominente denominada epostosoma. Esta clase principalmente se desarrolla de manera asexual por medio de estatoblastos. Su potencial de fosilización es muy bajo por no presentar estructuras calcificadas y solo existe registro de los estatoblastos. El reporte más antiguo de este grupo proviene del Jurásico-Cretácico y se extiende hasta la actualidad.

La clase Stenolaemata se representa por zooides cilíndricos o tubulares que muestran muy poco polimorfismo. La abertura está recubierta por una membrana y su pared está calcificada por completo. Dentro de esta clase, algunos organismos desarrollan una banda

calcificada en la pared frontal la cual está en contacto con la cutícula, son denominados como estenolamelados de pared fija. Los estenolamelados de pared libre son aquellos donde la cutícula no se fija a las paredes de los zooides, los cuales presentan sus polípidos dentro de sacos membranosos. Mientras las colonias crecen, se acumulan los zooides en el fondo y forman los denominados cuerpos marrones, que son encerrados por una membrana y se encuentran debajo del polípedo activo. La boca se encuentra en el centro del lóforo, con sus tentáculos arreglados de forma circular. Su alcance temporal se extiende desde el Ordovícico hasta la actualidad.

La clase Gymnolaemata se caracteriza por briozoos que muestran una gran variabilidad morfológica. Se pueden encontrar colonias simples, con zooides no calcificados y sin polimorfismo o especialización. También existen colonias compuestas por zooides densamente calcificados, con alto grado de polimorfismo e integración funcional en cada parte de la colonia. Sus zooides son cilíndricos con una morfología clásica de caja o saco donde se puede observar una clara simetría bilateral. La pared de los zooides tiene perforaciones que facilitan la comunicación entre zooides. Las aperturas de los zooides se cierran por medio de un opérculo que funciona a través de un sistema de músculos. En esta clase es común encontrar tanto autozooides como heterozooides, especialmente avicularios, ovicelas y cenozooides. Al igual que los estenolamelados, los gimnolamelados se extienden desde el Ordovícico hasta la actualidad.

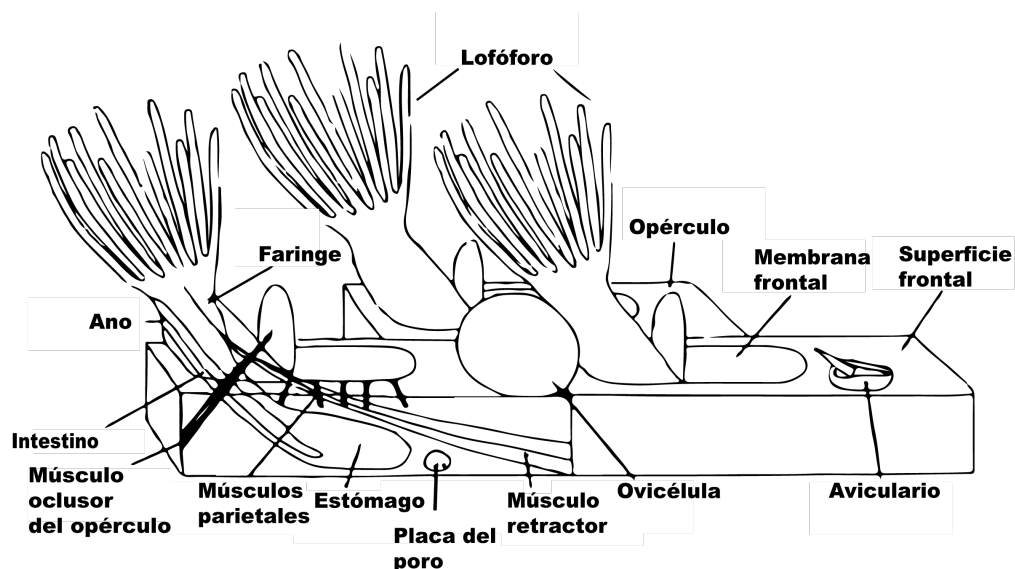


Figura 2. Morfología general de un briozo, mostrando un corte transversal con morfología interna (Modificado de Hayward y Ryland, 1998).

Braquiópodos (Filo Brachiopoda) (Álvarez y Martínez-Chacón, 2009)

Los braquiópodos se caracterizan por ser organismos sésiles epibentónicos (con algunas excepciones como los Linguliformea, endobentónicos), son organismos marinos con celoma, protostomados y suspensívoros. Uno de sus rasgos distintivos es la presencia del lofóforo, que es un órgano provisto de tentáculos, el cual está dispuesto simétricamente alrededor de la boca, y es suspendido de la pared anterior del cuerpo, necesario para la alimentación y la respiración. Los braquiópodos no se consideran animales coloniales, son solitarios que pueden formar bancos o incluso fijarse unos a otros formando racimos. Estos organismos secretan una concha bivalva en forma de exoesqueleto que les sirve a manera de protección se sus partes blandas, mostrando una alta semejanza con los moluscos bivalvos. Una de las principales diferencias entre braquiópodos y moluscos es la disposición de su simetría, ya que los braquiópodos tienen una valva ventral y otra dorsal, las cuales son bilaterales con respecto a un plano perpendicular a la superficie de separación de las valvas, mientras que en los bivalvos la simetría bilateral más bien dividiría entre las dos valvas, seccionando una valva derecha y una izquierda. Los braquiópodos son capaces de cerrar su concha, ajustando perfectamente las dos valvas de acuerdo con una línea curva. Se considera la región posterior a aquel lado donde se encuentra el pedúnculo, y anterior a la zona opuesta, por donde se pueden entreabrir las valvas (comisura). Además estos animales pueden seccionarse de forma ventral y dorsal por medio de las diferencias en sus valvas, siendo la valva ventral por lo general más larga. Ambas valvas pueden tener tamaño, forma e incluso ornamentación diferente.

El cuerpo de los braquiópodos está situado en la parte posterior interna de la concha, dentro de la cavidad celómica. Dicho cuerpo tiene una pared conformada por dos epitelios: epitelio externo que es responsable de la secreción de las valvas, mientras que el epitelio interno presenta cilios y se encuentra en continuidad con el lofóforo (Fig. 3). Esta pared se extiende anterior y lateralmente, plegándose, por lo que da lugar a dos mantos que recubren anteriormente la superficie interna de ambas valvas y recubren por completo la cavidad del manto, también conocida como cavidad braquial. Estas dos cavidades (celómica y braquial), están separadas por medio de la pared anterior del cuerpo. Dentro de la cavidad celómica se pueden encontrar los músculos, además de los órganos asociados a la digestión, la reproducción y la excreción. En la cavidad braquial se pueden encontrar el sistema nervioso, el sistema circulatorio y el lofóforo. Estos invertebrados presentan un pedúnculo muscular,

el cual les ayuda a sujetarse al sustrato, sin embargo existen excepciones donde la valva ventral es capaz de cementarse a un sustrato duro, e incluso algunos son seminafaunales de vida libre. También están los lingúlidos, de naturaleza infaunal con presencia de pedúnculo, los cuales habitan madrigueras verticales excavadas en sustratos o sedimentos.

La concha de los braquiópodos se encuentra formada principalmente por minerales como el fosfato cálcico (apatita) en el grupo de Linguliformea, mientras que todos los demás grupos se mineralizan con carbonato de calcio (calcita). Los braquiópodos pueden variar enormemente en el tamaño de sus conchas, desde poco más de un milímetro hasta 20 cm de longitud y 30 de ancho en algunas especies. Existe una cutícula orgánica, delgada y vesicular que envuelve externamente a todos los braquiópodos denominada periostraco, la cual no se ha podido encontrar fosilizada. Algunas de las conchas calcáreas de los braquiópodos pueden estar penetradas por canales o huecos tubulares conocidos como puntos y puntuaciones; en el caso de estas últimas se muestran a manera cónica apuntando hacia afuera sobre la concha. Existen también los denominados pseudopuntos, que son flexiones internas en la concha las cuales están dirigidas hacia el interior de la concha, dando lugar a tubérculos. También existen conchas carentes de puntos o pseudopuntos, y se denominan impuntuadas. La primera sección de la concha se denomina protégulo, y a partir de ahí crece el animal por la constante adición de nuevo material depositado por las células del cuerpo en los bordes de las valvas, lo cual ocurre durante toda la vida de estos animales. Entonces, la parte más gruesa de la concha está situada cerca de las puntas de los umbos, donde inicia el crecimiento de la misma. Dependiendo de la dirección y área de crecimiento, las conchas presentarán variaciones en su desarrollo, siendo de tipo holoperiférico, hemiperiférico y mixoperiférico.

Las conchas pueden clasificarse por medio de su contorno, el cual varía considerablemente cuando se observa en vista dorsal (Fig. 4). El más común se denomina elíptico-alargado, pero también existen conchas semiovaladas, subcirculares, elíptico-transversas y triangulares. Cuando se observa el perfil de las conchas adultas, comúnmente es de forma biconvexa, pero puede presentar diferentes morfologías como dorsi-biconvexo, ventri-biconvexo o cóncavoconvexo dependiendo de la convexidad de las valvas. Existe además un tipo de crecimiento conocido como resupinación, el cual consiste de un crecimiento cóncavoconvexo en la etapa juvenil, cambiando por convexo cóncavo en la fase adulta. Cuando existe una desviación o cese en el crecimiento radial de alguna de las valvas, se denomina geniculación. Tanto el contorno como el perfil de los braquiópodos pueden

modificarse por medio del desarrollo de pliegues y surcos, los cuales pueden a su vez modificar la comisura anterior, que es inicialmente recta. Por su parte externa, las conchas pueden presentar una gran variedad de estructuras, las cuales se disponen de manera concéntrica o radial. Entre ellas se pueden distinguir los elementos concéntricos y las líneas de crecimiento, que se pueden generar debido a cambios súbitos en el metabolismo, los cuales detuvieron en su momento el crecimiento de la concha. El análisis de estos elementos puede indicar diversos comportamientos y alteraciones ambientales que afectaron al individuo en vida. También pueden denotarse sobre la concha lamelas de crecimiento, arrugas, y elevaciones conocidas como costillas, cóstulas y capilas. Además de los elementos anteriores, las conchas pueden estar ornamentadas por protuberancias finas conocidas como tubérculos y espinas. Las áreas que carecen de éstas últimas estructuras y donde se pueden observar únicamente las líneas de crecimiento se conocen como interáreas.

En la sección posterior de la concha de los braquiópodos suele existir una perforación sobre la valva ventral, llamada foramen o abertura peduncular, a través de esta perforación pasa el pedúnculo. La abertura peduncular puede estar formada por ambas valvas, además de que existen casos en los que los braquiópodos se fijan a sustratos duros, por lo que esta abertura puede ampliarse por abrasión. La posición del foramen o abertura peduncular puede cambiar con respecto a la punta ventral y la ubicación, con lo cual se le pueden asignar diferentes nombres como anfitírida, hipotírida, submesotírida, mesotírida, permesotírida y epitírida. Además, en algunas especies del grupo Rhynchonellata se pueden desarrollar diferentes tipos de estructuras anillares o tubulares (collar peduncular) en el interior del umbo ventral, y que sirven para soportar el pedúnculo.

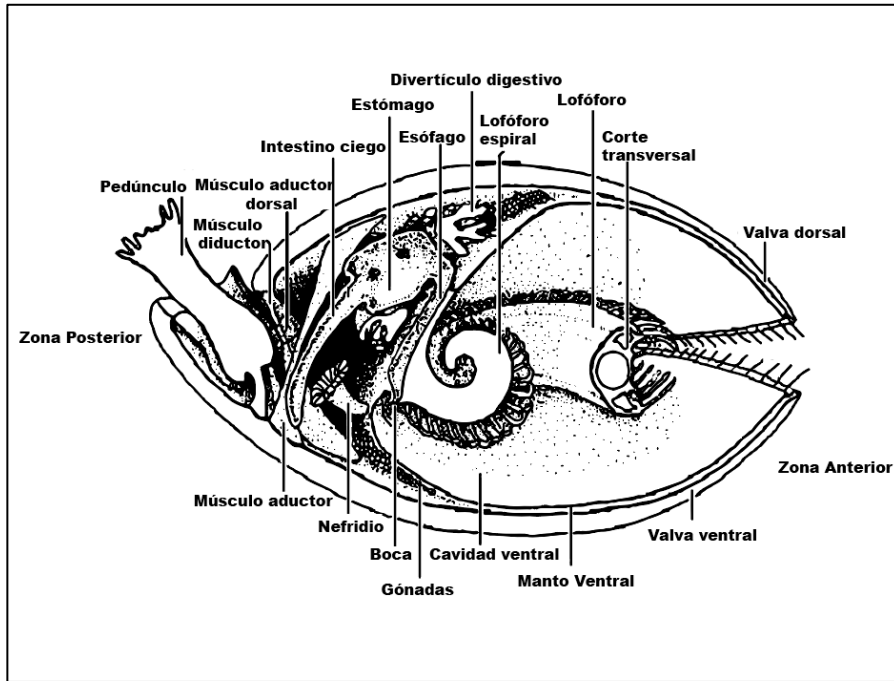


Figura 3. Sección longitudinal de un braquiópodo, mostrando esquemáticamente las características principales de su anatomía interna (Modificada de Williams y Rowell, 1965).

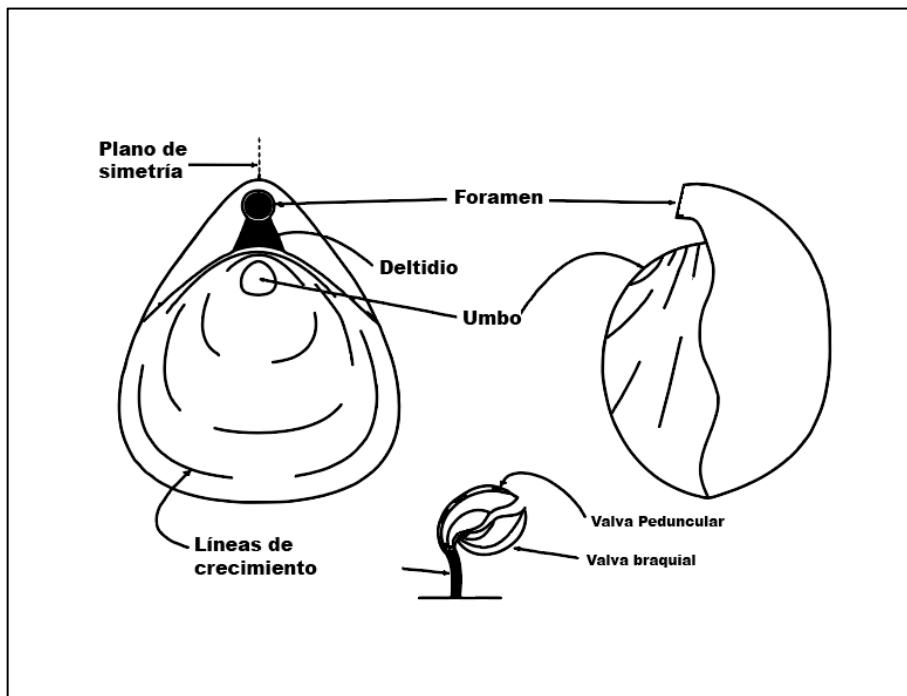


Figura 4. Morfología general externa de la concha de un braquiópodo (Modificada de Gottrop, 2005).

Los braquiópodos son animales de naturaleza filtradora, por lo que su alimento consta de partículas suspendidas en la columna de agua las cuales son atrapadas con el lofóforo. La captura de alimento se lleva a cabo mediante la formación de corrientes inhalantes y exhalantes por el mismo lofóforo. Estas corrientes a la vez son utilizadas para la respiración, así como el desecho de residuos.

Casi todos los braquiópodos vivientes presentan diferenciación sexual, aunque existen algunos casos de hermafroditismo, y en todos la reproducción es de tipo sexual. En algunas especies las hembras presentan en la valva ventral una bolsa que les sirve para portar a las crías, y en otras especies actuales se puede distinguir el sexo gracias a la coloración (por lo general naranja) de las gónadas maduras. Comúnmente la fecundación de estos animales se realiza de manera externa, donde ambos sexos liberan las células sexuales al agua marina por medio de las corrientes exhalantes, aunque en algunas hembras se retienen las células y estas se fecundan por medio de la entrada de esperma al cuerpo del braquiópodo con las corrientes inhalantes.

Crinoideos (Phylum Echinodermata, Clase Crinoidea) (Domínguez et al., 2009)

Los equinodermos son un filo de animales invertebrados marinos, los cuales secretan un esqueleto interno de carbonato de calcio. La mayor parte de este grupo está conformada por animales de un tamaño considerable, con varios centímetros de diámetro y engloba por lo general a animales bentónicos. Las formas de este grupo se pueden dividir en cinco clases: los equinoideos o erizos de mar, los asteroideos o estrellas de mar, los ofiuroideos, los crinoideos o lirios de mar y los holoturoideos o pepinos de mar. Todos estos animales presentan una simetría pentarradial y carecen de cefalización. Los tres rasgos distintivos de los equinodermos actuales son su esqueleto de carbonato de calcio, el sistema ambulacral que presentan y su típica simetría pentarradial.

Clase Crinoidea

Conocidos también comúnmente como lirios de mar, los crinoideos son los equinodermos más antiguos que aún viven en nuestro planeta. Presentan un endoesqueleto formado de una plétora de placas de calcita magnesia, las cuales se fusionan a través de suturas rígidas o flexibles. Su cuerpo puede dividirse normalmente en tres partes fácilmente diferenciables.

El pedúnculo, también conocido como tallo está compuesto de artejos apilados. Este es el sostén de la corona (cáliz + aparato branquial) y permite que el organismo se fije al sustrato (Fig. 5). La teca o cáliz está conformada por muchos ciclos de placas, y contiene a la masa visceral, cumpliendo un papel de protección. El aparato branquial, que sirve para capturar sedimentos particulados suspendidos en la columna de agua marina, está formado por brazos simples o ramificados, los cuales pueden presentar expansiones laterales, conocidas como pínulas. Los crinoideos presentan una simetría pentámera donde los brazos se insertan en posiciones radiales en los radios, separados por interradios. Dada la constitución de estos organismos, se permite definir la posición de las partes corporales con relación al cáliz o cara oral, por lo que se utilizan los términos proximal y distal con respecto a la distancia que estos representan del cáliz. Cabe resaltar que si se les observa verticalmente, es posible también distinguir una simetría bilateral.

Anatomía

Gran parte del organismo está compuesto de fracciones minerales, en donde la microestructura de las placas u oscículos que lo forman se comportan de igual manera que el resto de los equinodermos. Cada pieza independiente del esqueleto se comporta como un

cristal único con particularidades que se pueden observar con luz polarizada. El aparato braquial está conformado por surcos alimentarios, los cuales tienen células sensoriales con cilios y células secretoras, cuya función es garantizar el transporte de sedimentos particulados hacia la parte oral. Desde la boca, el tubo digestivo está formado por varias espiras y desemboca inferiormente entre dos de los radios, en el ano. El sistema ambulacral, también conocido como sistema acuífero es un sistema de tubos ramificados que transporta un fluido similar al agua de mar. Este último se compone de un canal anular (un tubo circular que rodea al esófago) del que surgen cinco canales ambulacrales, los cuales se ramifican en los brazos o pínulas; aquí se originan los podios (o pies ambulacrales), los cuales se agrupan en triadas. El sistema nervioso de los crinoideos se divide en dos conjuntos, el ectoneural que tiene posición adoral (cercano a la boca) y el meso dermal. También carecen de un sistema circulatorio bien definido, y presentan más bien un sistema hemal de tipo lagunar, con un anillo peri esofágico ramificado hacia el aparato braquial.

Los crinoideos actuales contienen sus gónadas en las pínulas proximales en los brazos. Estos equinodermos presentan diferenciación sexual y se reproducen por fecundación externa. Después de la fecundación aparece una breve etapa de gástrula, y posteriormente de larva doliolaria plantónica. Finalmente, en el estado cistoideo la larva se fija al fondo y continúa la formación del pedúnculo, cáliz y su característica simetría pentámera gracias a una torsión de 90°. Posteriormente el desarrollo continúa con un estado llamado pentacrínido, donde se forman los brazos sobre los radios. Los pedúnculos van creciendo gracias a la secreción de nuevas placas columnares en la zona proximal.

Los crinoideos formaron parte importante de la epifauna bentónica sésil del Paleozoico, encontrándose comúnmente asociados con braquiópodos, trilobites, corales, moluscos y briozoos. En zonas de alta proliferación sus cuerpos, tallos y artejos dieron lugar a calizas encriníticas. Estos organismos aparecieron por primera vez en el Paleozoico inferior, diversificándose ampliamente en una plétora de ecosistemas; sin embargo, a finales del Pérmico desaparecieron cuatro subclases (Camerata, Flexibilia, Disparida y Cladida), perdurando únicamente Articulata desde el Triásico Temprano, siendo la única subclase actual. La diversidad filética de los crinoideos requiere un análisis complejo de evolución por clase o subclase, pero se pueden evaluar algunas tendencias generales, como la simplificación de la arquitectura de la teca, a través de la eliminación progresiva de placas. Además se puede observar un cambio en el aspecto de los cálices, los cuales han cambiado desde formas

esféricas o globulares envolventes, posteriormente a formas de copa y finalmente se convirtió en una pequeña plataforma que soporta la masa visceral, así como puede observarse en los crinoideos actuales de vida libre.

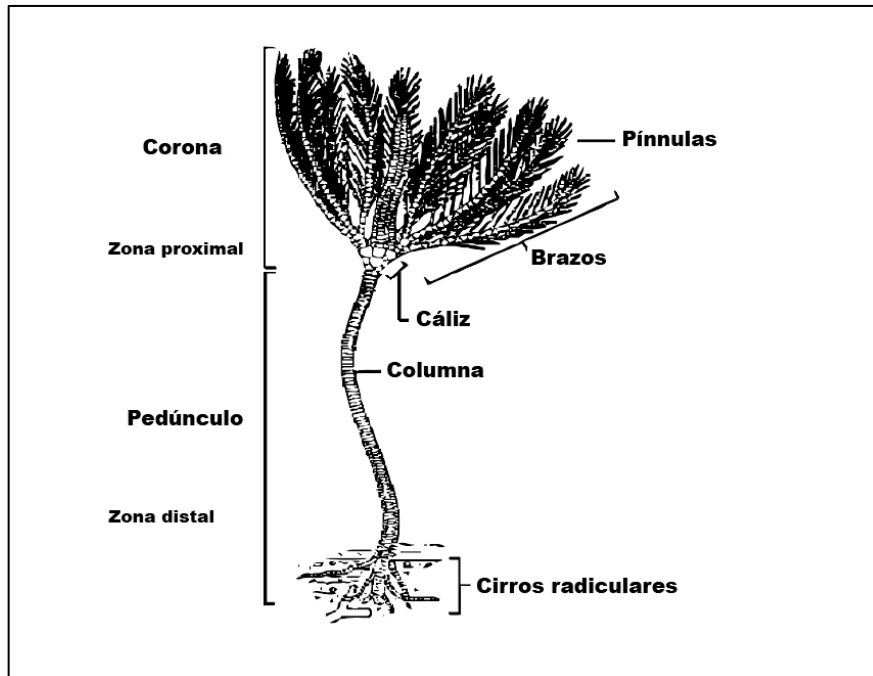


Figura 5. Morfología general de un crinoideo fósil, pedúnculo representado parcialmente (Modificado de Hess et. al., 1999).

ÁREA DE ESTUDIO

Sierra Martínez y la Caliza La Cueva

La zona de estudio está delimitada en la zona sur de la Sierra Martínez. Se localiza a 26 km al sureste del poblado de Mazatán, dentro del Rancho El Pescadero. La localidad se ubica en las coordenadas 26° 22 '42.3" N y 102° 55 '57.0" W, ocupando un área aproximada de 1 km² (Fig. 6).

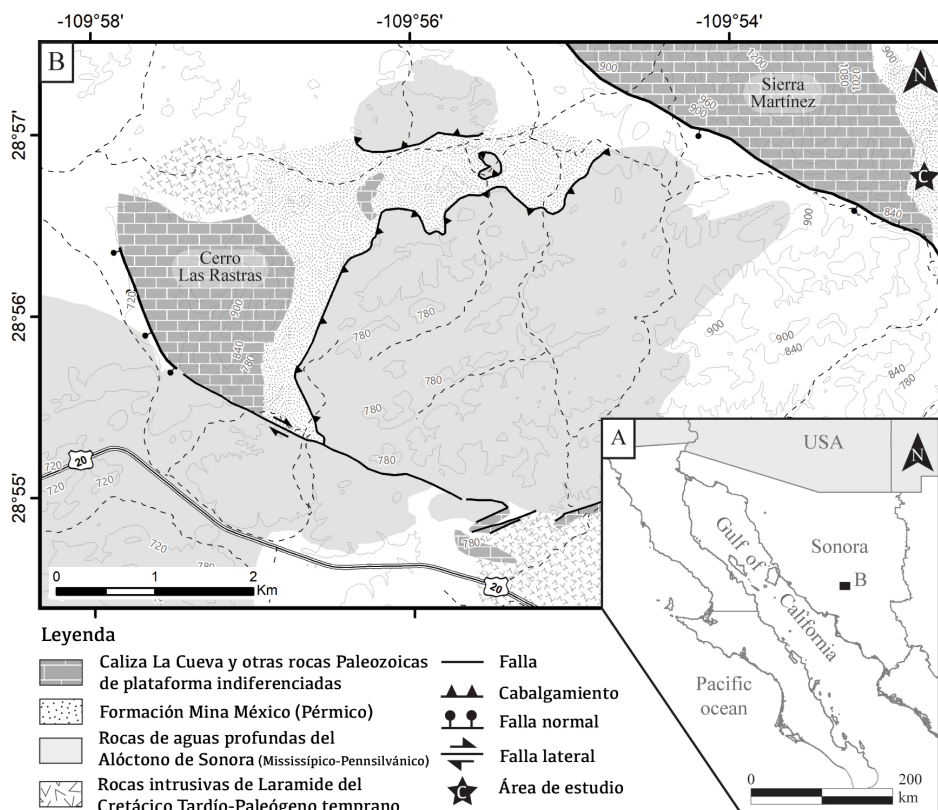


Figura 6. Mapa Geológico y de localización de los afloramientos de plataforma de la Caliza La Cueva y de la Formación Mina México del centro de Sonora (tomado de Poole *et al.*, 2005 en Lara-Peña, 2019). Estrella A: Sección Sierra Martínez 2 (sitio de estudio).

Estratigrafía General

El nombre de Caliza La Cueva se utiliza para denominar a la caliza del Pérmico inferior de la parte central y centro-este de Sonora. La Caliza La Cueva se encuentra dentro de la plataforma carbonatada autóctona de Laurencia, considerada la unidad más alta de esta plataforma. Engloba todos los afloramientos depositados durante el Pérmico temprano en la parte centro-este del estado. Fue denominada por Hewett (1978) y Schmidt (1978) como

“miembro La Cueva” de la “Formación El Tigre” en la zona del Cerro Santo Domingo, al este de Sonora. Sin embargo, la “Formación El Tigre” incluía rocas con edades que van del Ordovícico al Pérmico por lo que Poole *et al.* (2005) propusieron establecer el Grupo Cerro Santo Domingo para reunir a dichas unidades, abandonando el nombre Formación El Tigre” y utilizando el de Caliza La Cueva para referirse solamente a las rocas de plataforma del Pérmico inferior (Lara-Peña, 2019).

Esta unidad consta de una sucesión de rocas calizas limosas con facies de zonas marinas someras, compuestas de *mudstones* y *packstones*, las cuales comúnmente contienen pelmatozoos (equinodermos pedunculados), braquiópodos, fusulínidos, gasterópodos, briozoos, ostrácodos y otros mega fósiles. Localmente, afloran calizas perimareales en ciclos de aguas someras, cuyas facies comienzan en calizas fosilíferas submareales, posteriormente pasa a zonas intermareales y termina con laminitas de algas supramareales. Un ejemplo tomado de esta zona en la parte sur terminal del Cerro Las Rastras expone una serie de ciclos que se hacen someros hacia la parte superior, compuesta de unidades menores de caliza somera submareal (0.2-8 m de grosor) con fusulínidos y otros fósiles. Las unidades siguientes son de caliza intermareal (90 ± cm de grosor); y finalmente las unidades superiores son de caliza con yeso (15 ± cm de grosor). Se estima que el intervalo de ciclos estudiado en el cerro las rastras se encuentra a unos 150-170 m debajo de la cima de la formación (Stevens et al., 2014).

Por encima de la Caliza La Cueva, se encuentra la Formación Mina México, la cual es una unidad litoestratigráfica de tipo “foredeep” que se desarrolló sobre la plataforma carbonatada de Laurencia como resultado del plegamiento de la corteza; además de la carga isostática asociada con la colisión de los continentes Gondwana y Laurencia. Está conformada de limolitas turbidíticas, areniscas finas y escasas calizas de tipo *grainstone* que contienen fusulínidos transportados, pelmatozoos y otros fragmentos de mega fósiles. El nombre Formación Mina México ahora se acepta como un nombre formal para los sedimentos que rellenan el “foredeep” Pérmico. Además, la secuencia predominantemente de turbiditas silisiclásticas contiene abundantes fósiles traza de océano profundo (Stevens et al., 2014).

El contacto entre la Caliza La Cueva y la Formación Mina México es de tipo gradacional y las dos unidades se entrelazan a través de un intervalo transicional de un grosor

de hasta 50 m. Los datos provenientes de fusulínidos estudiados por Stevens (2014) indican que este entrelazamiento entre las dos formaciones ocurrió durante un periodo de 2-3 millones de años, del Leonardiano temprano al medio (Pérmico temprano). En particular, la localidad estudiada pertenece a un nivel de la Sección Sierra Martínez 2, cuyas rocas representan la parte superior de la Caliza La Cueva (Fig. 7).

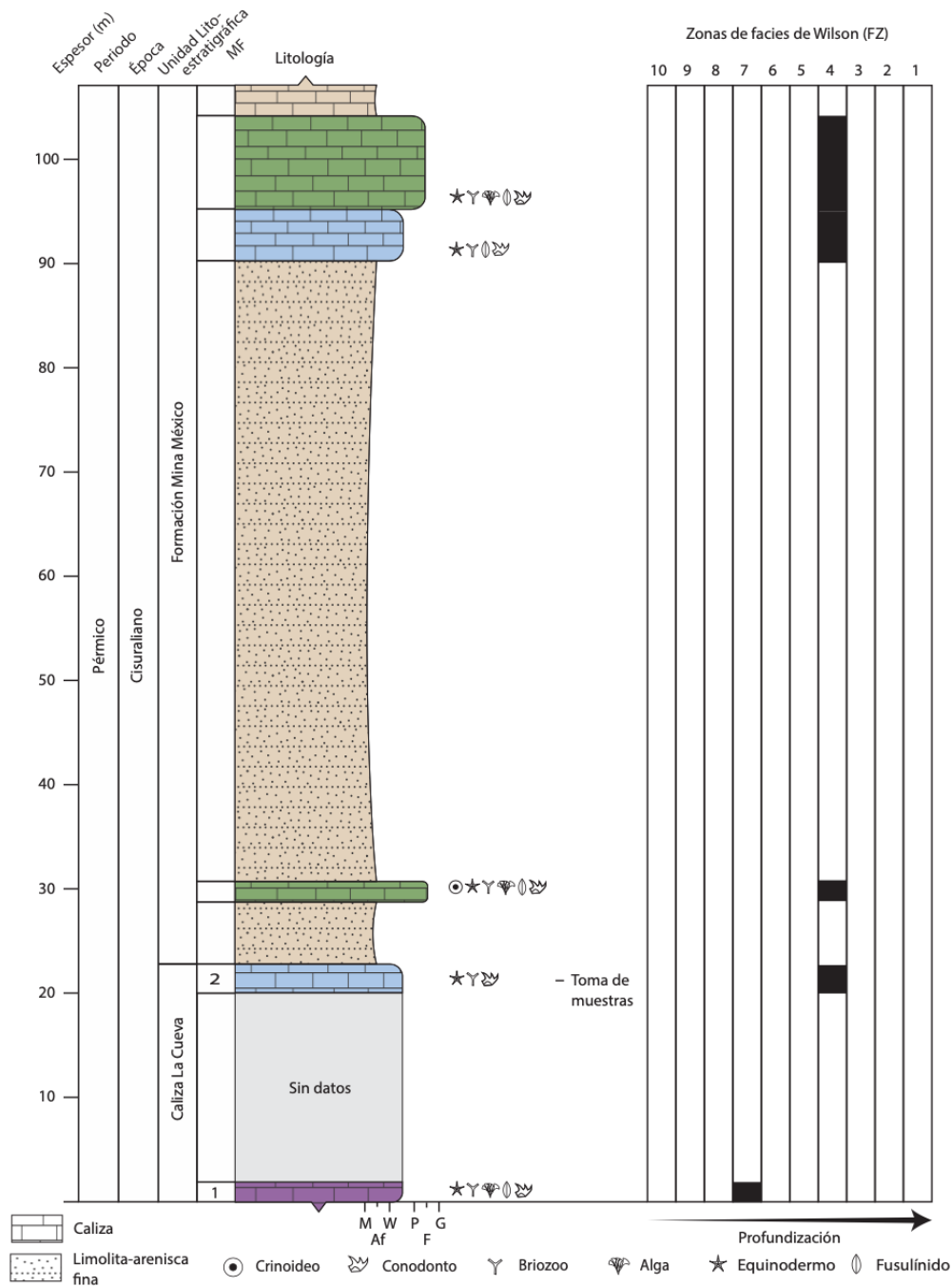


Figura 7. Columna estratigráfica representativa de la Sección Sierra Martínez 2 que muestra la distribución y biozonaciones de los fósiles encontrados (Modificado de Lara-Peña, 2019).

METODOLOGÍA GENERAL

La metodología estuvo compuesta por dos partes principales; el trabajo de campo y el trabajo de gabinete y laboratorio. Se observaron un total de 23 especímenes de los diferentes invertebrados estudiados: uno de esponja perteneciente al Orden Epipolasida; 10 ejemplares de braquiópodos, de los cuales se identificaron seis especies (dos del orden Productida, uno del orden Orthotetida, uno del orden Rhyconellida, uno del orden Athyridida y uno del orden Spiriferida); ocho ejemplares de osículos columnares de crinoideos, de los cuales fue posible identificar tres taxones, dos morfoespecies pertenecientes a la Familia Leptocarphiidae y uno perteneciente a la Familia Cyclomischidae, la cual se mantiene en género indeterminado; además de cuatro ejemplares de briozoos, de los cuales se identificaron dos especies indeterminadas de rhabdomesinos y dos especies indeterminadas de fenestrados.

Trabajo de campo. Se realizó una salida a campo (12 – 15 de noviembre 2021) a la región de la Sierra Martínez, Sonora, con el fin de recolectar el material paleontológico y litológico necesario para el estudio, además de llevar a cabo la toma de datos de campo como el nivel estratigráfico, estructuras sedimentarias y coordenadas geográficas. También se analizó *in situ* qué tanta relación paleoecológica tenían los grupos de invertebrados estudiados, identificando si existía alguna relación intra o interespecífica.

Trabajo de gabinete y laboratorio. Se consultaron la bibliografía y clasificaciones más actualizadas sobre los grupos estudiados para llegar a nivel genérico. Posteriormente, se realizó una revisión bibliográfica de literatura especializada para describir los ejemplares a nivel de especie. Para la identificación taxonómica de los especímenes primero se realizó el proceso curatorial, el cual consistió en quitar el sedimento remanente por medio de un percutor, continuando con la limpieza de los ejemplares utilizando agua y un cepillo. A los especímenes fósiles mejor conservados se les tomaron fotografías con cámara convencional, lo cual se llevó a cabo mediante la técnica de blanqueamiento por cloruro de amonio en el Laboratorio de Fotografía del Instituto de Geología, UNAM.

Para el estudio de los ejemplares de briozoos, se realizaron cortes de las rocas portadoras de fósiles, para después elaborar “*peels*” de acetato, un proceso por el cual se pulieron las rocas, posteriormente se limpiaron con ácido y se obtuvieron impresiones de la superficie de las rocas en láminas de acetato impregnadas de acetona. Este procedimiento se

realizó en el Taller de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Los “peels” fueron montados en portaobjetos de vidrio para su observación y fotografiado en el Laboratorio de microscopios petrográficos Francisco J. Fabregat del Instituto de Geología, UNAM.

Para el análisis paleoambiental, se siguió la técnica de análisis de microfacies, para lo cual se realizaron secciones delgadas de las rocas portadoras de fósiles. Se describieron las características petrográficas de la roca (aloquímicos y ortoquímicos) de acuerdo con los lineamientos y la clasificación de rocas carbonatadas de Dunham (1962) (Fig. 8).

Textura deposicional reconocible					Textura deposicional reconocible
Componentes originales no enlazados durante la deposición				Los componentes originales se encuentran juntos durante la deposición	
Contiene lodo (arcilla y limo fino de carbonato)		Sin lodo soportada por granos			Subdivididos por clasificaciones relacionadas con la textura física o diagénesis
Soportada por lodo		Soportada por granos			
Granos: <10%	Granos: >10%				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Carbonato cristalino

Figura 8. Clasificación de rocas carbonatadas de Dunham (1962).

Las láminas fueron observadas y fotografiadas en los microscopios petrográficos del Laboratorio Francisco J. Fabregat del Instituto de Geología, UNAM. Después, se realizó una interpretación de las características obtenidas en un contexto paleoambiental, esto con la finalidad de establecer y definir las condiciones de depósito de acuerdo con el modelo de cinturón de facies de Wilson, del cual se pueden identificar 10 zonas de facies distintas (Fig. 9). Flügel (2010) propuso un modelo de microfacies estándar tipo que sirve como criterio adicional y mediante el cual es posible determinar los ambientes sedimentarios que formaron parte de los cinturones de facies del pasado. La identificación de la fauna fósil asociada,

sumada al conocimiento de las condiciones de depósito permitirá llevar a cabo las correlaciones estratigráficas y paleobiogeográficas correspondientes con biotas de otras regiones.

Este modelo de cinturón de facies describe de una forma lateral, la sucesión de facies característica de los carbonatos en una plataforma, describiendo características petrográficas, sedimentológicas y bióticas estándar para cada una.

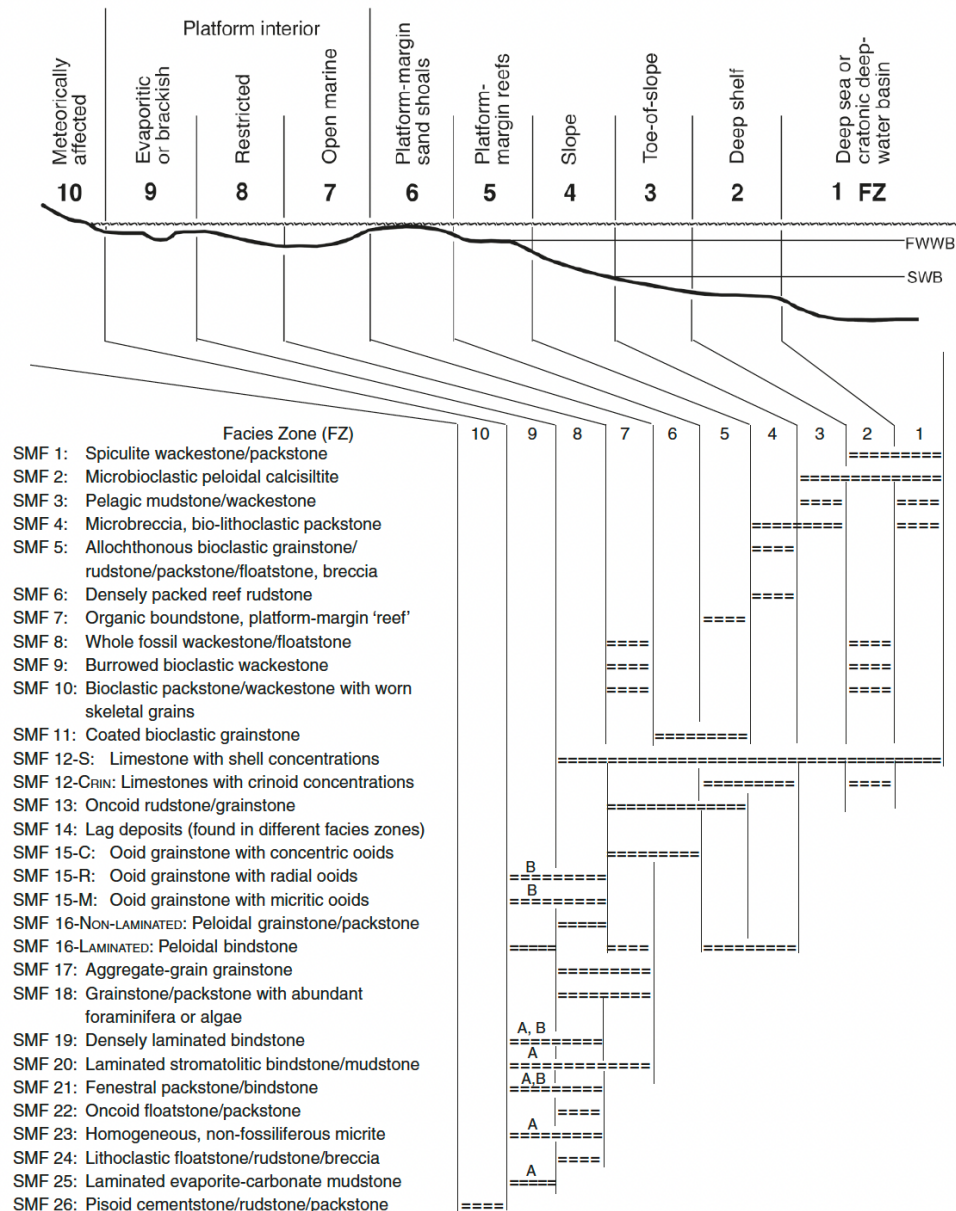


Figura 9. Modelo de cinturón facies de Wilson sensu Flügel (2010). A: evaporítica, B: salobre (Tomada de de Flügel, 2010).

Análisis Tafonómico

Para el estudio del proceso tafonómico de los fósiles provenientes de la Caliza La Cueva, se realizó un estudio basado en los modelos empleados por Hammond (2014), en donde se clasificaron los fósiles con respecto a la completitud de sus partes esqueléticas. La clasificación se compone de partes esqueléticas completas (aquellas que presenten más del 90% del fragmento esquelético y algún Elemento No Repetitivo (ENR) diagnóstico); partes esqueléticas diagnósticas (aquellas que presenten menos del 90% del fragmento esquelético + ENR); y fragmentos de partes esqueléticas (que se utilizarán únicamente para calcular abundancias. Aunado a este análisis se realizó un análisis biométrico que reflejara el posible tipo de enterramiento. Los procesos tafonómicos que se estudiaron fueron la presencia de abrasión, deformación, fragmentación, desgaste y desarticulación, así como la selección por tamaños y formas. De acuerdo con las características de cada ejemplar, estos fueron clasificados considerando su calidad de preservación, basada en el modelo de Kidwell (1986). Así, se agruparon siguiendo los siguientes grados de preservación: buena preservación sin alteración, buena preservación con mínima alteración, mala preservación con baja alteración y mala preservación con alta alteración.

RESULTADOS

Paleontología Sistemática

Los ejemplares que se describen a continuación se encuentran resguardados en el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. El material está catalogado con el prefijo CLC y su número correspondiente. Cabe resaltar que estos números son informales y son válidos únicamente para este trabajo.

Filo Porifera Grant, 1836

Clase Demospongiae Sollas, 1875

Orden Epipolasida Sollas, 1888

Familia Heliospongiidae Finks, 1960

Género *Coelocradiella* Finks, 1960

Especie tipo. *Coelocradiella lissa* Finks, 1960. Carbonífero Superior y Pérmico inferior, Texas, Estados Unidos.

?*Coelocradiella* sp.

Lám. 1, Fig. 1

Descripción. Esponja con forma cilíndrica a cónica y tubular, con una red esquelética regular y abierta; posee tractos esbeltos, aplanados que se curvan frecuentemente; superficie externa lisa, con poros regularmente espaciados a una distancia mayor al tamaño de los poros, los cuales miden aproximadamente 0.5 mm de largo; el diámetro del fragmento tubular es de 5 mm en el extremo más delgado, el cual mide 13.0 mm de ancho. Aquí se origina un “nodo” (15.0 mm de ancho) con ramificaciones de otros fragmentos cónicos tubulares, los cuales tienen diámetros de 4.0, 5.0 y 6.0 mm.

Material. Un fragmento corporal que exhibe 3 ramificaciones (CLC001).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. Las dos especies que se conocen de este género se separan principalmente por cuatro características: la forma corporal, el grosor de la pared del cuerpo, el tamaño y distribución de los poros y el grosor de los tractos de espículas. De los rasgos anteriores, el material colectado en la Caliza La Cueva solamente exhibe el tamaño y tipo de distribución de los poros, por lo que no se puede asignar fehacientemente el género al ejemplar. En el trabajo de Finks (1960) se menciona que no se observan espículas en este taxón, por lo que tiene que identificarse utilizando únicamente su morfología general y rasgos externos. Los ejemplares de *Coelocradiella lissa.*, que son aquellos con más afinidad a *Coelocradiella* sp. de la Caliza La Cueva, se conocen únicamente por fragmentos, los cuales pertenecen a tubos cilíndricos de paredes delgadas y con diámetros de entre 7 a 30 mm.

Filo Bryozoa Ehrenberg, 1831

Clase Stenolaemata Borg, 1926

Orden Cryptostomata Vine, 1884

Suborden Rhabdomesina Astrova y Morozova, 1956

Rhabdomesino indeterminado 1

Lám. 1, Fig. 5; Lám. 2, Fig. 2

Descripción. Cryptostomado rhabdomesino de colonia dendroidea, fragmento de aproximadamente 13.0 mm de largo que presenta una ramificación dicotómica después de 7.0 mm de longitud recta; las ramas presentan un diámetro constante de aproximadamente 1.0 mm de grosor; sobre la superficie de la rama se pueden observar autozoecios arreglados de manera irregular en hileras de 4-6 aperturas autozoeciales, las cuales tienen una forma elipsoidal y se encuentran ligeramente espaciadas sobre la superficie del zoario, muchas veces rodeando un cilindro axial; presenta estiletes arreglados en filas de manera irregular entre las aperturas autozoeciales. Medidas morfológicas en la Tabla 1.

Tabla 1. Medidas de la colonia del rhabdomesino indeterminado 1. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas.

	Ancho aperturas autozoeciales	Largo aperturas autozoeciales	Número de cámaras por rama
X	0.08	0.12	4.90
SD	0.02	0.02	0.74
CV	0.21	0.18	0.15
MAX	0.12	0.15	6.00
MIN	0.05	0.09	4.00
N	20.00	20.00	10.00

Material estudiado. Colonia preservada en un fragmento con ramificación dicotómica en forma de Y (CLC 006).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. La mayor parte de los miembros del suborden Rhabdomesina formaban retenciones incrustantes, que los anclaban al sustrato. También, la mayor parte de los miembros del suborden desarrollaron ramas cilíndricas relativamente angostas (0.5 a 3 mm), las cuales son constantes en diámetro y entre las bifurcaciones o ramificaciones. El espécimen estudiado presenta cierta afinidad con la familia Rhabdomesidae, y en particular con el *Rhabdomeson* sp. del Carbonífero de la Formación Ixtaltepec de Oaxaca, descrito por González-Mora en 2017, el cual presenta una colonia erecta con un cilindro axial central con ramas de medidas similares al ejemplar de este trabajo, sin embargo no ostenta ramificaciones ni estiletos. El fragmento analizado no permitió observar el patrón de

ramificación completo, por lo que no se pudo descartar su posible construcción de modo fenestélido, al igual que tampoco se logró asignar un rango taxonómico más específico.

Rhabdomesino indeterminado 2

Lám. 1, Fig. 10; Lám. 2, Fig. 6

Descripción. Fragmento de colonia erecta, con una rama cilíndrica axial recta, se bifurca dicotómicamente en un ángulo de aproximadamente 60°; la rama central tiene un diámetro de 1.4 mm y las ramas resultantes tienen un diámetro de 1.3 mm; sobre la superficie de las ramas se pueden observar 7-10 hileras de aperturas autozoeciales, las cuales se arreglan de manera regular, separadas por un espacio menor al de las cámaras autozoeciales; se observan sutilmente los restos de lunarios con forma de luna, los cuales están ubicados en la parte inferior de las cámaras, teniendo al parecer una forma de tazón abierto con dirección opuesta a la parte basal del zoario; la forma de las aperturas autozoeciales es ovoide o elipsoidal, con la parte más angosta en su base inferior, no se observaron estiletos. Medidas morfológicas en la Tabla 2.

Tabla 2. Medidas de la colonia del rhabdomesino indeterminado 2. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas.

	Ancho Apertura Autozoecio s	Largo Apertura Autozoecio s	Número de Cámaras en cada rama	Ancho rama
X	0.11	0.15	8.10	1.41
SD	0.02	0.02	1.10	0.03
CV	0.17	0.13	0.14	0.02
MAX	0.15	0.18	10.00	1.48
MIN	0.08	0.12	7.00	1.38

N	20.00	20.00	10.00	10.00
---	-------	-------	-------	-------

Material estudiado. Fragmento de una colonia dendoide erecta que exhibe las aperturas autozoeciales y una ramificación de tipo Y (CLC 012).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. El ejemplar de Sonora puede compararse con formas de la familia Rhabdomesidae, específicamente con el ejemplar de *Rhabdomeson* del Pérmico del área de Khao Hin Kling, Tailandia, descrito por Sakagami (1999) el cual presenta un tallo cilíndrico con un diámetro de medidas similares; sin embargo, el ejemplar de la Caliza La Cueva no muestra de un eje central hueco, pudiendo sugerir también una similitud con la familia Rhomboporidae, especialmente con el género *Rhombopora*, con quien comparte la forma oval de las aperturas autozoeciales (Boardman *et al.*, 1985). Dado que en el ejemplar estudiado no se pudieron observar estiletos o pauroestilos, cuyas características son diagnósticas, no se pudo lograr una identificación más confiable.

Orden Fenestrata Elías y Condra, 1957

Fenestrado indeterminado 1

Lám. 1, Fig. 6; Lám. 2, Fig. 3

Descripción. La forma general de los zoarios es de abanico, cono o embudo; presenta redes regulares con ramas rectas, fenestras cuadradas y dispimientos sin autozoocios delgados a medios; sobre las ramas de la superficie anversa puede haber una o dos hileras de autozoocios arreglados de manera alternada regular, la forma de la apertura de los autozoocios es cónica o elipsoidal; no fue posible observar hemiseptos, ni quilla. Medidas morfológicas en la Tabla 3.

Tabla 3. Medidas de la colonia del fenestrado indeterminado 1. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas.

	Ancho aperturas autozoeciales	Largo aperturas autozoeciales	Número de cámaras por rama	Ancho Disepimen- tos	Largo Disepimen- tos	Ancho fenestras	Largo fenestras
X	0.09	0.15	1.40	0.13	0.30	0.36	0.38
SD	0.02	0.02	0.52	0.03	0.05	0.08	0.06
CV	0.25	0.16	0.37	0.24	0.18	0.21	0.16
MA							
X	0.13	0.20	2.00	0.18	0.40	0.50	0.52
MIN	0.05	0.09	1.00	0.09	0.23	0.24	0.28
N	20.00	20.00	10.00	10.00	10.00	20.00	20.00

Material estudiado. Colonia asociada a una estructura reticulada (CLC 007).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. A pesar de que el ejemplar estudiado se puede asociar con el género *Fenestella*, principalmente por la red regular de ramas unidas por disepimentos (Morozova, 2001), solo se pudo estudiar la superficie anversa de la colonia, por lo que no se pudieron observar estrías u otros caracteres diagnósticos de la superficie reversa, los cuales permitirían realizar una asignación más específica.

Fenestrado indeterminado 2

Lám. 1. Fig. 7; Lám. 2, Fig. 5

Descripción. El zoario presenta forma de abanico o palma, con dimensiones de 23.0 mm de ancho y 27.0 mm de largo; la superficie anversa se observa como una red regular que se extiende de manera semi radial; las fenestras tienen forma elíptica u ovalada en la parte más

basal, pero a medida que las ramas se alejan y se curvan, las fenestras se tornan más bien de forma circular o semipentagonal; sin cámaras o aperturas autozoeciales en los disepimentos; en la base de cada fenestra se observa una ramificación dicotómica de tipo Y, de la base de esta ramificación parten los disepimentos hacia ambos lados, formando ángulos de casi 90°, los disepimentos son más angostos que las ramas; en la parte basal se pueden observar 4 ramas, y en la parte media (ancho máximo) ocurren aproximadamente 14 ramas; sobre las ramas se pueden presentar 5-7 hileras de aperturas autozoeciales; las ramas tienen un diámetro de 0.6-0.7 mm; en un corte tangencial inclinado las cámaras tienen forma cilíndrica, alargada y con los ápices redondeados; no fue posible observar estiletos, lunarios u otras características específicas. Medidas morfológicas en la Tabla 4.

Tabla 4. Medidas de la colonia del fenestrado indeterminado 2. X= media; SD= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; Max= máximo valor; Min= mínimo valor; N= número de medidas.

	Ancho aperturas autozoeciales	Largo aperturas autozoeciales	Número de cámaras por rama	Ancho Disepimen- tos	Largo Disepimen- tos	Ancho fenestras	Largo Fenestras
X	0.12	0.32	5.80	0.43	0.58	2.23	3.45
SD	0.02	0.11	1.03	0.45	0.85	0.31	1.86
CV	0.17	0.33	0.18	0.25	0.27	0.31	0.36
MA							
X	0.15	0.51	8.00	0.48	0.62	3.10	4.41
MIN	0.08	0.18	5.00	0.39	0.53	2.00	2.87
N	20.00	20.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

Material estudiado. Colonia reticulada en superficie anversa (CLC 008).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. La forma de este ejemplar y la presencia de fenestras arregladas en una red regular de ramas unidas por diseamientos le confieren una posible afinidad con la familia Fenestellidae (Morozova, 1974). No obstante, la forma del zoario es similar a aquel de los Septopóridos, donde el zoario es de forma de abanico, y los diseamientos se conectan en intervalos semi regulares. El patrón de ramificación del ejemplar CLC008 también es similar al de este grupo, así como lo son las medidas de los diseamientos, los cuales tienen un diámetro menor al de las ramas (Sakagami, 1999). El zoario del ejemplar proveniente de la Caliza La Cueva se puede distinguir de uno del género *Polypora* por la forma de las fenestras y las ramas, que son rectas y paralelas, unidas por diseamientos en intervalos regulares (Sakagami, 1999).

Filo Brachiopoda Duméril, 1806

Subfilo Rhyconelliformea Williams *et al.*, 1996

Clase Strophomenata Williams *et al.*, 1996

Orden Productida Sarytcheva y Sokolskaya, 1959

Suborden Productidina Waagen, 1883

Superfamilia Productoidea Gray, 1840

Familia Productidae Gray, 1840

Subfamilia Productinae Stehli, 1954

Género *Thamnosia* Cooper y Grant, 1969

Especie tipo. *Thamnosia anterospinosa* Cooper y Grant, 1969. Pérmico inferior, Texas, Estados Unidos.

***Thamnosia* sp.**

Lám. 3, Fig. 1.

Descripción. Valva ventral de tamaño mediano con línea externa subrectangular, con un tamaño de 31 mm de largo por 29 mm de ancho; un surco poco profundo se origina en la zona visceral, haciéndose más ancho y profundo hacia la región anterior; la valva presenta ligera geniculación en perfil lateral; la ornamentación consiste de costillas completas,

simples, agudas, de grosores similares (0.8 mm), las cuales están separados por espacios muy angostos; se observan algunas espinas esparcidas sobre la superficie de la valva; otras espinas están agrupadas en los flancos laterales.

Material. Una valva ventral (CLC 016).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. El material de Sonora presenta similitudes con el género *Kutorginella*, pero se diferencia principalmente en la presencia de varias filas de espinas en las partes posterior y laterales (Cooper y Grant, 1969). Con respecto al género *Thamnosia*, el espécimen estudiado presenta semejanza con *Thamnosia silicica* de la Formación Hess (Cisuraliano inferior) de Texas (Cooper y Grant, 1975), ya que comparten la forma y el acomodo de las espinas; sin embargo, es disimilar a la especie de Estados Unidos en su ancho y tamaño considerablemente mayor, además de que posee una mayor área de reticulación. Dada la falta de material, ausencia de extensiones alares y la mala conservación del ejemplar es que no se pudo hacer una asignación taxonómica específica.

Subfamilia Dictyoclostinae Stehli, 1954

Género *Dasysaria* Cooper y Grant, 1969

Especie tipo. *Dasysaria undulata* Cooper y Grant, 1969. Pérmico inferior, Texas, Estados Unidos.

***Dasysaria* sp.**

Lám. 3, Figs. 2, 3

Descripción: Valvas ventrales de tamaño mediano a grande, línea externa subcuadrada, el ancho mayor se ubica en la región posterior, con una cola larga simple; el espécimen más grande mide 48.3 mm de largo por 46.9 mm de ancho; se presenta un surco poco profundo que se origina a la mitad del largo total; la ornamentación consiste de costillas bien definidas, redondeadas, paralelas, de grosor medio (alrededor de 1.2 mm de ancho), algunas costillas

aparentan una ligera deformación, espacios entre costillas muy estrechos; con espinas ventrales robustas y esparcidas; estructuras marginales no observadas.

Material. Dos valvas ventrales (CLC 017, CLC 018).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. El ejemplar muestra características afines a las reportadas para la familia Dictyoclostinae, principalmente por la forma externa, características del surco, el tamaño de los ejemplares y el acomodo de las costillas (Cooper y Grant, 1969). Dentro del género *Dasysaria*, los ejemplares provenientes de la Caliza La Cueva presenta similitudes con las especies *D. undulata* y *D. welleri*. En los ejemplares de *D. undulata* es posible observar costillas bien definidas, así como un redondeamiento parcial de los márgenes laterales, que son rasgos observables en *Dasysaria* sp., sin embargo la preservación ha alterado estas características; además en *D. undulata* se reportan alrededor de 7 costillas por cada 10 mm del margen anterior, número que es menor en los ejemplares de la Caliza La Cueva. *D. welleri* también presenta algunas afinidades con *Dasysaria* sp. como los bordes redondeados, el número de costillas por cada 10 mm en el margen anterior y la forma de la valva, sin embargo se diferencian por que *D. welleri* presenta una valva semireticulada, mayor convexidad en la parte posterior de la valva ventral y un tamaño menor de ambas valvas (Cooper y Grant, 1975).

Orden Orthotetida Waagen, 1884

Superfamilia Orthotetoidea Waagen, 1884

Familia Meekellidae Stehli, 1954

Subfamilia Meekellinae Stehli, 1954

Género *Meekella* White y St. John, 1867

Especie tipo. *Plicatina striatocostata* Cox, 1858. Carbonífero y Pérmico, Texas, Estados Unidos.

***Meekella* sp.**

Lám. 3, Fig. 4

Descripción. La valva ventral tiene una forma subcónica, convexa, de tamaño medio para el género, el ejemplar de mayor tamaño mide 13 mm de largo por 15 mm de ancho, con forma ligeramente alargada hacia el umbo, el cual tiene un grosor aproximado de 3 mm, mayormente gibosa en la región posterior, región anterior subredondeada; pico con márgenes fuertemente marcados, con un largo de 2 mm, que convergen en un ángulo muy agudo; con una ligera depresión en la parte media de la valva, que va de la región umbonal al margen anterior; la ornamentación consta de plicaciones estrechas y redondeadas, aumentan por bifurcaciones hacia el margen frontal; más finas en la región umbonal.

Material. Dos valvas ventrales (CLC 019).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. *Meekella* sp. de la Caliza La Cueva presenta similitud con *Meekella angustiplicata* del Artinskiano (Cisuraliano superior) de la Formación Bone Spring de Texas, principalmente por su valva ventral con forma cónica, con cuatro plicaciones por cada 5 mm de ancho en el área del margen posterior y presencia de flancos redondeados; no obstante, *M. angustiplicata* difiere del material de Sonora en la línea externa subelíptica. Debido a la falta de valvas dorsales e interiores es que no fue posible asignar una especie de manera fehaciente.

Clase Rhynconellata Williams *et al.*, 1996

Orden Rhynconellida Kuhn, 1949

Superfamilia Wellerelloidea Licharew, 1956

Familia Wellerellidae Licharew, 1956

Subfamilia Wellerellinae Licharew, 1956

Wellerellino indeterminado

Lám. 3, Fig. 5

Descripción. Valva pequeña con línea externa subpentagonal, midiendo 11 mm de largo por 15 mm de ancho, el ancho mayor se encuentra cerca de la mitad del largo total de la valva, con un pliegue central aplanado poco notorio, originado sobre la zona visceral, con una región umbonal ligeramente gibosa, formando un ángulo de aproximadamente 85°; la valva está ornamentada por 11 costillas simples, angulares, separadas por un interespacio estrecho, se originan en el pico y se van haciendo más anchas hacia la parte anterior, alcanzando un ancho de 2 mm en promedio; el pliegue presenta 3 costillas, mientras que los flancos ostentan aparentemente 3 o 4 costillas.

Material. Una valva dorsal desarticulada (CLC020).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. Este ejemplar puede relacionarse con los braquiópodos de la Subfamilia Wellerellinae, compartiendo la forma externa y el número y arreglo de las costillas (Cooper y Grant (1975); sin embargo, dado que el espécimen perteneciente a la Caliza La Cueva está deformado, fracturado y no conserva rasgos morfológicos claros no se puede establecer una asignación genérica confiable.

Orden Athyrida Boucot *et al.*, 1964

Suborden Retziidina Boucot *et al.*, 1964

Superfamilia Retzoidea Waagen, 1883

Familia Neoretziidae Dagens, 1972

Subfamilia Hustediinae Grunt, 1986

Género *Hustedia* Hall y Clarke, 1983

Especie tipo. *Terebratula mormoni* Marcou, 1858. Pensilvánico, Nebraska, Estados Unidos.

***Hustedia cf. schumardi* Torres-Martínez, Sour-Tovar y Barragán, 2016**

Lám. 3, Fig. 6

Sinonimia

Hustedia cf. meekana Cloud Jr., 1944, p. 64, lám. 18, figs. 9-11.

Hustedia meekana Cooper *et al.*, 1953, p. 65–66, lám. 20D, figs 16-24.

Hustedia shumardi Torres-Martínez *et al.*, 2016, p. 76, fig. 4.1-4.6.

Descripción. Espécimen de tamaño grande para el género, ligeramente más larga, midiendo 14 mm de largo por 10 mm de ancho, con el ancho mayor a la mitad del largo total, línea externa subpentagonal redondeada, más convexa hacia la parte posterior; comisura aserrada; exhibe un surco medio poco profundo, aparentando ser una depresión central en la valva; los márgenes laterales y anteriores son redondeados; con flancos escarpados; ornamentada con 10 costillas simples, redondeadas, se originan en el umbo donde son más estrechas y agudas, se van haciendo más anchas hacia la comisura, alcanzando 1 mm de ancho.

Material. Una valva ventral desarticulada (CLC 021).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. El ejemplar de Sonora presenta los rasgos típicos de *Hustedia shumardi* tal como la forma externa, el número totales de costillas y el surco que asemeja una depresión en la superficie de la valva (Torres-Martínez *et al.*, 2016). A pesar de que presenta semejanza con *Hustedia hessensis* y *Hustedia spicata*, el material estudiado se diferencia de estas últimas especies en que presenta un número menor de costillas, así como una depresión central. Dada la falta de otros especímenes y la ausencia de una valva dorsal es que se asigne la especie con nomenclatura abierta.

Orden Spiriferida Waagen, 1883

Suborden Spiriferidina Waagen, 1883

Superfamilia Spiriferoidea King, 1846

Familia Trigonotretidae Schuchert, 1893

Subfamilia Neospiriferinae Waterhouse, 1968

Género *Neospirifer* Frederiks, 1924

Especie tipo. *Spirifer fasciger* Keyserling, 1846. Pérmico inferior, Timan-Pechora, Rusia.

***Neospirifer cf. amphigyus* Cooper y Grant, 1976**

Lám. 3, Figs. 7-10

Sinonimia

Neospirifer amphigyus Cooper y Grant, 1976, p. 2175, lám. 592, fig. 11; lám. 593, figs. 1-15; lám. 594, figs.

Neospirifer amphigyus Sour-Tovar *et al.*, 2005, p. 31, fig. 4f, g.

Descripción. Concha biconvexa, transversa de tamaño medio, el ancho mayor se ubica en la línea de la charnela, con un tamaño que alcanza los 16.3 mm de largo por 58.9 mm de ancho; extremidades cardinales ligeramente curvas hacia la región anterior, extensiones alares mucronadas, elongadas, con costillas finas en las pendientes laterales, las cuales presentan diversas bifurcaciones. Valva ventral con un surco poco profundo, que se hace más amplio hacia el margen anterior, alcanzando hasta 7.3 mm de ancho; ornamentado con 4 costillas dicotómicas. Valva dorsal con un pliegue moderadamente alto, estrecho en el ápice, con 8 costillas dicotómicas.

Material. Una valva ventral (CLC 025) y tres valvas dorsales (CLC 022, CLC 023, CLC 024).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. El material presenta semejanza con los especímenes del Guadalupiano de los miembros China Tank, Willis Ranch y Appel Ranch de la Formación Word de Texas (Cooper y Grant, 1976), así como con los ejemplares del Cisuraliano tardío de la Formación Tuzancoa de Hidalgo (Sour-Tovar *et al.*, 2005). *Neospirifer cf. amphigyus* de la Caliza La Cueva presenta una fuerte mucronación, además de que se pueden observar costillas divididas de forma dicotómica a lo largo de los flancos de este ejemplar. No es posible corroborar completamente la especie dada la falta de interiores y material mejor conservado. Las principales diferencias que existen entre *N. amphigyus* y *N. bakeri* del Roadiano de la

Formación Road Canyon de Texas son la forma mucronada de las extensiones alares y la presencia de costillas ramificadas.

Filo Echinodermata Klein, 1754
Clase Crinoidea Miller, 1821
Subclase y orden inciertos
[Grupo Pentameri] Moore y Jeffords, 1968
Familia Leptocarphiidae Moore y Jeffords, 1968
Género *Cyclocrista* Moore y Jeffords, 1968

Especie tipo. *Cyclocrista lineolata* Moore y Jeffords, 1968. Pensilvánico Superior, Texas, Estados Unidos.

Diagnosis. Tallos angostos a medianos. Noditaxos conformados por 4 a 8 columnares, los nodales portan de 1 a 3 cicatrices de cirros, el perfil longitudinal de los columnares presenta una quilla angosta o angulación a media altura, la faceta articular se conforma por un crenulario angosto que porta crénulas gruesas, rectas y cortas, las cuales están separadas de la areola por un declive. La areola es cóncava y puede confundirse con un perilumen muy ancho. El lumen es de tipo circular y de tamaño pequeño a mediano (Moore y Jeffords, 1968).

***Cyclocrista cf. martini* Miller, 1968**

Lám. 4, Fig. 1

Sinonimia

Cyclocrista martini Miller, 1968, p. 80, lám. 26, figs. 1-6.

Cyclocrista martini Buitrón-Sánchez *et al.*, 2015, p. 526, fig. 25.

Descripción. Columna de tipo heteromórfico de grosor delgado a mediano; diámetro del oscículo de 6.6 mm; lumen de tamaño pequeño a mediano (0.9 mm), con forma circular; areola cóncava (1.0 mm), puede confundirse con lumen, sin perilumen; crenulario estrecho (1.3 mm), con crénulas cortas, rectas y gruesas.

Material. Un oscículo mostrando la faceta articular, crenulario, areola y lumen (CLC026).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. Esta morfoespecie se puede distinguir de *Cyclocrista lineolata* (Moore y Jeffords, 1968) por tener un tamaño del oscículo mayor y angulación más evidente en los lados del oscículo. *Cyclocrista cheneyi* se diferencia de *Cyclocrista cf. martini* por la presencia de un mayor número de crénulas (Moore y Jeffords, 1968). Esta especie se ha reportado para diferentes unidades y localidades pensilvánicas de Sonora como la Formación La Joya (Buitrón-Sánchez *et al.*, 2005), Cerro El Tule (Buitrón-Sánchez *et al.*, 2008) y Sierra Agua Verde (Buitrón-Sánchez *et al.*, 2015); al igual que ha sido registrada para el Pensilvánico Tardío de Wayland Shale, Texas (Moore y Jeffords, 1968). Este es el primer reporte de la morfoespecie para el Pérmico temprano (Kunguriano temprano) a nivel global.

Género *Preptopremnum* Moore y Jeffords, 1968

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

Diagnosis. Tallo de tamaño mediano con facetas articulares ligeramente más angostas que el ancho del columnar, los cuales tienen un perfil longitudinal poco o muy redondeado. Crenulario angosto con crénulas medianas a gruesas que se diferencian bien de la areola amplia y que puede ser cóncava o pobremente convexa, invariablemente marcada por irregularidades vermiculares o granulares; lumen circular grande bordeado por un perilumen angosto o un margen acentuado de la areola que asemeja un perilumen. El lumen contiene claustros a media altura de los columnares, y se pueden observar yúgulos estelares en organismos con buena preservación.

Preptopremnum cf. rugosum Moore y Jeffords, 1968

Lám. 4, Fig. 2

Sinonimia

Preptopremnum rugosum Moore y Jeffords, 1968, p. 81, lám. 27, fig. 1-9, lám. 28, fig. 1.

Preptopremnum rugosum Arellano-Gil *et al.*, 1998, p. 11.

Preptopremnum rugosum Esquivel-Macías *et al.*, 2000, p. 1188.

Preptopremnum rugosum Buitrón-Sánchez *et al.*, 2007, p. 347, fig. 3.

Descripción. Tallo columnar heteromórfico de tamaño mediano-grande (diámetro ~8.4 mm); faceta articular más angosta que el ancho del columnar; columnares pueden tener un perfil longitudinal redondeado; crenulario angosto (~1.06 mm), con crénulas medianas a gruesas que se bifurcan en la parte distal del crenulario; clara separación con la areola, la cual es ancha (~1.1 mm), plana o convexa, por lo general presenta irregularidades granulares en su superficie; lumen grande (2.4 mm), circular, rodeado por un perilumen angosto o un margen acentuado de la areola.

Material. Un oscículo mostrando la faceta articular, crenulario, areola y lumen (CLC027).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. *Preptopremnum rugosum* es similar a *Preptopremnum laeve*, pero son diferentes en la forma y tamaño del tallo, siendo que *P. laeve* presenta columnares más estrechos y prácticamente rectos. Ambos son distintivamente crenulados, sin embargo *P. laeve* presenta crénulas más gruesas, las cuales carecen de bifurcaciones en la parte distal. La especie se ha reportado previamente en México, tanto para el Pensilvánico de Sierra Agua Verde, Sierra Las Mesteñas y Cerro El Tule de Sonora (Buitrón-Sánchez *et al.*, 2007, 2008; Morales-Palacios 2015; Villanueva-Olea *et al.*, 2016;) como para el Pérmico medio (Wordiano) de la Formación Las Delicias de Coahuila (Villanueva-Olea *et al.*, 2021). Este es el primer reporte de la morfoespecie para el Pérmico temprano (Kunguriano temprano) de México.

[Grupo Cyclici] Moore y Jeffords, 1968

Familia Cyclomischidae Moore y Jeffords, 1968

Género indeterminado

Lám. 4, Figs. 3-8

Descripción. Columnar homeomórfico a ligeramente heteromórfico de tamaño grande (18.7 mm), con presencia de suturas enclavadas entre oscículos vecinos, los cuales tienen un grosor cercano a 1.8 mm; faceta articular compuesta por un crenulario amplio (5.4 mm) que en la parte central se vuelve ligeramente cóncavo, con crénulas rectas, a veces pueden parecer discontinuas debido al relieve de la faceta articular; cerca de la mitad del ancho del crenulario se observan crénulas enclavadas y discontinuas formando un margen circular, a partir de ese margen y hacia afuera las crénulas vuelven a ser rectas; las crénulas son más anchas que los cúlmenes. Sobre el crenulario se observan líneas radiales concéntricas, paralelas y de grosores variables (0.6-0.9 mm), las cuales le confieren un relieve irregular a toda la faceta articular; areola y perilumen ausentes; el lumen es de tipo circular con un tamaño de 4.4 mm.

Material. Secciones de columnares articulados y desarticulados, de forma transversal y longitudinal al tallo; oscículos disociados en vistas superficial y lateral (CLC028, CLC029, CLC030, CLC031, CLC032).

Ocurrencia. Caliza La Cueva (Kunguriano inferior), Sierra Martínez, Sonora, México.

Discusión. La forma de los oscículos y del crenulario, así como la presencia de las líneas circulares concéntricas, las cuales previamente han sido asociadas a líneas de crecimiento (Meyer, 1965), no permitieron asociar el material con un morfógeno particular. Sin embargo, el material se pudo clasificar dentro de la familia Cyclomischidae por la presencia de un lumen circular, un crenulario ancho y la carencia de perilumen y areola (Moore y Jeffords, 1968).

Tafonomía

El análisis tafonómico realizado con la fauna fósil reveló que la biota perteneciente a esta localidad tiene diferentes grados de preservación y transporte. Además, fue posible distinguir aquellos ejemplares y taxones que vivieron cerca de su sitio de enterramiento y aquellos que fueron transportados desde zonas más someras de la rampa bordeada. Así, se pudo denotar que los especímenes de esponja, briozoos y el morfogénero de crinoideo indeterminado fueron los que presentaron las señales de transporte de bajo grado, señalando que se depositaron en o cerca de su hábitat original. Por el contrario, los braquiópodos y dos morfoespecies de crinoideos tuvieron evidentes señales de transporte (abrasión, fractura, desarticulación, etc), sugiriendo que estos grupos se encontraban en una zona diferente a donde se depositaron. En la tabla 5 se resume el análisis tafonómico realizado en la Caliza La Cueva.

Tabla 5. Resumen del análisis tafonómico mostrando el número de ejemplares o fragmentos de cada taxa, abrasión y desgaste (0 a 10, siendo 10 la mayor evidencia de desgaste), fragmentación (presente o ausente), desarticulación (presente o ausente), deformación (presente o ausente), completitud de partes (PEC= Parte esquelética completa, PED= Parte esquelética diagnóstica y FPE= Fragmento de parte esquelética), preservación (BSA= buena sin alteración, BMA=buena con mínima alteración, MBA=mala con baja alteración y MAA=mala con alta alteración) y grado de transporte (bajo, medio o elevado).

Filo	Taxa	# de ejemplares o fragmentos	Abrasión/d esgaste	Fragmen tación	Desartic ulación	Deform ación	Completitud de partes	Preserv ación	Grado de transporte
Porifera	? <i>Coelocladia</i> sp.	1	2	+	-	-	PED	BMA	bajo
Bryozoa	Rhabdomesino indet, 1	2	1	-	-	-	PED	BSA	bajo
Bryozoa	Rhabdomesino indet. 2	2	1	-	-	-	PED	BSA	bajo
Bryozoa	Fenestrado indt. 1	3	1	+	-	-	PED	BSA	bajo
Bryozoa	Fenestrado indt. 2	2	1	-	-	-	PED	BSA	bajo
Brachiopoda	<i>Thamnosia</i> sp.	1	4	-	+	-	PEC	BMA	medio
Brachiopoda	<i>Dasysaria</i> sp.	2	5	+	+	+	PEC	MBA	elevado
Brachiopoda	<i>Meekella</i> sp.	1	4	+	+	-	PEC	BMA	medio

Brachiopoda	Wellerellino indet.	1	6	+	+	+	PED	MBA	elevado
Brachiopoda	<i>Hustedia</i> cf. <i>schumardi</i>	1	5	-	+	-	PEC	BMA	medio
Brachiopoda	<i>Neospirifer</i> cf. <i>amphigyus</i>	4	7	+	+	-	PED + FPE	MBA	elevado
Echinodermata	<i>Cyclocrista</i> cf. <i>martini</i>	1	7	-	+	-	PED	MAA	elevado
Echinodermata	<i>Preptopremnum</i> cf. <i>rugosum</i>	1	7	-	+	-	PED	MAA	elevado
Echinodermata	Género indeterminado	173	3	+	ambas	-	PEC + PED	BSA	bajo

Análisis de microfacies

Las muestras de la localidad estudiada, observadas en sección delgada, exhiben características sedimentológicas que se pueden relacionar con un wackestone con una matriz micrítica de color gris oscuro, con abundantes fragmentos de equinodermos, principalmente crinoideos, y presencia de numerosos briozoos y espículas de esponja; además de fusulínidos y fragmentos de braquiópodos como elementos traza (Fig. 10).

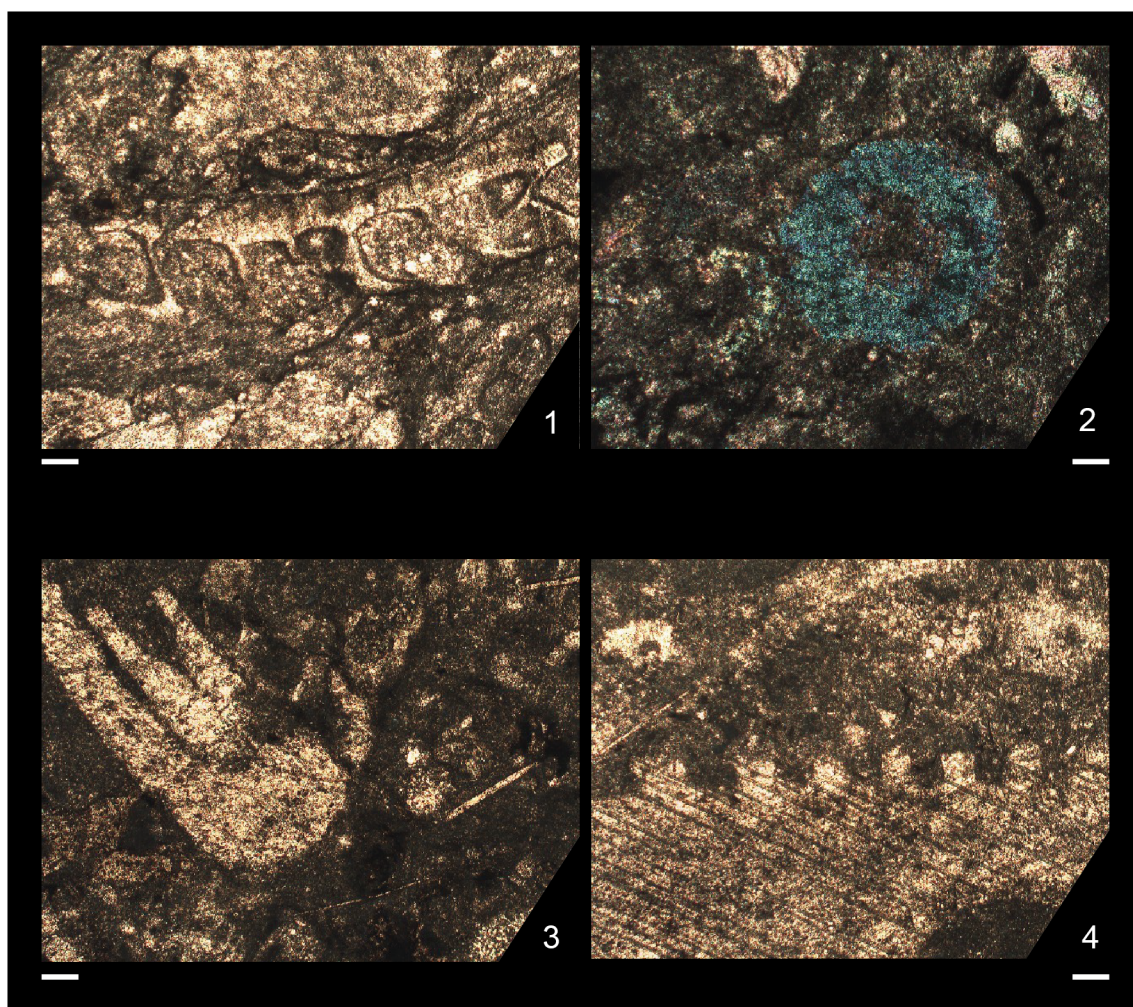


Figura 10. Secciones delgadas de las rocas portadoras de fósiles de la localidad estudiada. 1) Fragmento de colonia de briozoos. 2) Fragmento de equinodermo, exhibiendo extinción total. 3) Pínulas de crinoideo (izquierda) y espículas de esponja (derecha). 4) Fragmento de columnar de crinoideo (abajo) y espícula de esponja (izquierda). Escala de fotomicrografías = 0.1 mm.

DISCUSIÓN

Paleoambiente

Con el análisis de microfacies se pudieron observar diversas características sedimentológicas, como son la presencia de calcita microcristalina, abundantes restos de fusulínidos y evidencia de abrasión en los granos esqueléticos presentes en las rocas. Algunos ejemplares, principalmente los braquiópodos, presentan una leve fragmentación y señales de transporte moderado. Las características de preservación de los diferentes elementos y las observaciones en campo permiten señalar que la asociación estudiada se depositó en una zona relacionada con el frente arrecifal o la pendiente de la rampa carbonatada (FZ-5 o FZ-4). Esto se sustenta por la abundante presencia de crinoideos, los cuales se pueden ubicar en estas zonas de facies de las rampas bordeadas (Flügel, 2010); además, dichos aloquímicos están asociados con espículas de esponja, comunes en ambientes de mayor profundidad (Flügel, 2010). La dominancia de fragmentos de equinodermos, briozoos y espículas señala que las condiciones del medio fueron favorables para el desarrollo de estos organismos filtradores, con una buena oxigenación, salinidad normal y un aporte constante de nutrientes (Flügel, 2010). En tanto que, la ocurrencia de fusulínidos mal preservados y fragmentos de braquiópodos sugiere que hubo un transporte de algunos granos esqueléticos de zonas someras, provenientes de la zona post-arrecifal (FZ-6 o FZ-7).

Previamente, Lara-Peña (2019) realizó un estudio sobre la sección Sierra Martínez 2, el cual incluyó el sitio de estudio de la Caliza La Cueva. En este trabajo se describieron tres asociaciones de facies, las cuales se relacionaron con ambientes sedimentarios de pendiente de rampa y de aguas marinas abiertas (sensu Flügel, 2010). Cabe resaltar que, dentro de las conclusiones mencionadas por Lara-Peña (2019) se destaca la presencia de una matriz calcáreo-arenosa con alto contenido de bioclastos desgastados dentro de un depósito interpretado como un flujo de detritos para una asociación, cuyos elementos se relacionaron con la zona de facies FZ-4. Así, se propuso que para esta asociación de facies hubo una resedimentación de partículas provenientes de zonas más someras, las cuales fueron arrastradas por la pendiente de la rampa.

Paleoecología

Un gremio se define como un grupo de especies que explotan la misma clase de recursos ambientales y de una manera muy similar; sin embargo, esto no refleja de ninguna manera la posición taxonómica, pero las especies pueden superponer sus requerimientos de nicho significativamente. Por lo general, este concepto enfoca su atención en todas las especies que se involucran en una interacción competitiva, resaltando que una especie puede ser miembro de más de un gremio (Root, 1967). En las comunidades bentónicas marinas, sobre todo en las de sistemas arrecifales, donde el espacio para vivir es por lo general el recurso limitante y por el cual existe la competencia más intensa, la presencia de un esqueleto orgánico duro representa una oportunidad ecológica para disminuir la competencia dentro de la comunidad altamente diversa (Fagerstrom, 1987). Esta subdivisión espacial en “clases” de la comunidad está basada en la ubicación y orientación de los organismos bentónicos con respecto a la superficie del sustrato disponible. Así, se agrupan en gremios, que son unidades funcionales mayores, donde la competencia será menor dentro del gremio que entre ellos (Fagerstrom, 1987).

En comunidades arrecifales exitosas, estos taxones viven en asociaciones densamente empaquetadas, compitiendo por el espacio y los beneficios energéticos de la columna de agua, dado que generalmente se alimentan del material suspendido. En situaciones donde los constructores son particularmente grandes, su superficie esquelética se puede considerar como un sustrato (Fagerstrom, 1987).

En dichas comunidades arrecifales existen dos gremios, tanto para habitarlo como para sus requerimientos energéticos. Estos son el gremio constructor y el deflector, en los cuales los miembros de estos presentan su principal vector de crecimiento de manera vertical, desarrollándose hacia arriba. Debido a este tipo de crecimiento los miembros de ambos gremios funcionan de dos maneras similares e interrelacionadas. Primeramente, impiden o cambian el flujo de agua (deflectores) a lo largo de la superficie de las comunidades marinas, y por lo tanto las protegen de la destrucción física. La segunda es que reducen la velocidad de corriente, por lo que promueven el proceso de deposición de sedimentos marinos internos y externos (Fagerstrom, 1987). Sin embargo, desde el punto de vista de la esquelización, tamaño esquelético y taxonomía, los dos gremios presentan sus diferencias. Los miembros del gremio constructor están bien esquelizados y son coloniales o gregarios, siendo la construcción de la estructura del arrecife su objetivo primordial, mientras que la deflexión de

la corriente de agua representa su rol funcional secundario. Por contraste, los miembros del gremio deflector son pobremente esqueléticos o no presentan esqueleto, además de que muchos de ellos no son coloniales, por lo que su papel funcional primario es la deflexión de la corriente. El gremio deflector es muy efectivo en reducir la velocidad de corriente en los ambientes arrecifales, esto depende de su tamaño, forma, orientación y cercanía con otros de sus miembros, así como en los factores geológicos y físicos que influyen en la velocidad de corriente (Fagerstrom, 1987). Los miembros de este gremio se caracterizan por una fuerte sujeción al sustrato, y un crecimiento dominante hacia arriba. Difieren de otros gremios por la carencia de un esqueleto grande y pesado, aunque algunos miembros del gremio tienen esqueletos delgados de calcio y sílice. Además, algunos miembros de este gremio son flexibles y se mecen con las mareas. La mayor parte de los miembros son coloniales, pero también existen muchos que son solitarios, como las esponjas y los pelmatozoos. Asimismo, en las comunidades arrecifales, existen organismos que son capaces de unir o aglutinar diferentes elementos orgánicos e inorgánicos del arrecife, lo que incluye la estructura y los sedimentos internos, los organismos que llevan a cabo esta función se conocen como el gremio aglutinante (Fagerstrom, 1987). La energía que requieren los organismos aglutinantes debe llegar hasta el sustrato por lo que sus integrantes no son buenos competidores por energía, sin embargo, localmente los briozoos que se alimentan de depósitos y algunos foraminíferos son muy exitosos. Pueden ser esqueléticos o no esqueléticos, y pueden cementarse a un sustrato duro (incrustantes). Los miembros no esqueléticos de este gremio son principalmente algas filamentosas con vainas mucilaginosas. Algunos de los aglutinantes de no se conforman con el sustrato y son capaces de formar arcos, sombrillas y puentes que conectan entre depresiones en el sustrato, y dejan huecos con sedimentos y agua dentro de ellos (Fagerstrom, 1987).

Dentro de la comunidad biológica de la Caliza La Cueva se han encontrado organismos que se pueden relacionar a los gremios propuestos por Root (1967) y Fagerstrom (1987). Uno de los principales componentes de la asociación faunística, reportado en este sitio, son los crinoideos que parecen haber sido organismos dominantes en el ecosistema del frente arrecifal, donde la población del género indeterminado pudo haber constituido una subcomunidad. Con respecto a su pertenencia a un gremio específico, los crinoideos forman parte del gremio deflector, y juegan un rol ecológico importante al reducir la velocidad de corriente y permitir la sedimentación de alimento para otros organismos que se puedan

encontrar en zonas más profundas a la de los crinoideos (Fagerstrom, 1987). Aunado a la presencia de los crinoideos, Fagerstrom (1987) reporta la presencia de braquiópodos productidos como parte del gremio deflector, los cuales también fueron encontrados en la asociación estudiada, representados por los géneros *Thamnosia* y *Dasysaria*; mientras que, el gremio constructor de la asociación faunística de la Caliza La Cueva está representado por el porífero *Coelocladia* sp. Dentro de las rocas portadoras de fósiles del sitio, los briozoos fenestrados fueron de los componentes más comunes, los cuales al estar asociados principalmente al gremio aglutinante pueden brindar estabilidad a la comunidad arrecifal.

Otra manera en la que se puede analizar la composición de la comunidad de este sitio es a través de un análisis trófico como aquel propuesto por Walker (1972). Bajo esta clasificación, gran parte de los organismos de la comunidad se pueden dividir entre aquellos de naturaleza suspensívora de bajo nivel, principalmente los braquiópodos productidos, así como los chaetetidos, y en suspensívoros de alto nivel, los cuales están compuestos principalmente por las tres especies de crinoideos reportados en el sitio. En esta propuesta es importante mencionar que la presencia de briozoos se podría incluir dentro de aquellos organismos con una dieta de depósitos infaunales, o como suspensívoros pasivos, sin embargo para esto es requerida la resolución taxonómica completa.

Tafonomía

El análisis tafonómico realizado con la fauna fósil de la Caliza La Cueva reveló que existe una preservación y transporte diferencial de los ejemplares encontrados en la localidad. Se resalta una fuerte consistencia por Filo, donde la mayor parte de los integrantes de un mismo grupo sufrieron condiciones similares de transporte y enterramiento. La única excepción a esta segregación se puede encontrar en el Filo Echinodermata, donde existe fuerte evidencia de que el Género indeterminado de la familia Cyclomischidae se desarrollaba en una zona de facies FZ-4, mientras que las especies *Cyclocrista* cf. *martini* y *Preptopremnum* cf. *rugosum* muestran rasgos de un transporte elevado, abrasión, desgaste, fragmentación y desarticulación. Los crinoideos, miembros del Filo Echinodermata, son organismos especializados para atrapar partículas orgánicas de la columna de agua. Como es discutido en el análisis por Gremios de Fagerstrom (1987), los crinoideos suelen ser considerados como miembros del gremio deflector, donde son capaces de sobrevivir en ambientes muy energéticos, colectando sedimentos dispersos a través de sus pinnulas. El género

indeterminado perteneciente a la familia Cyclomischidae fue el organismo con mayor presencia dentro de la Caliza La Cueva, del cual se encontraron 173 fragmentos esqueléticos dentro de las rocas carbonatadas, consistiendo de diversos oscículos columnares que pueden encontrarse desarticulados o como parte de secciones de una columna de hasta 5 cm de largo. Aquellos ejemplares que exhiben la faceta articular aún conservan detalles de las crénulas, el lumen y sus característicos anillos de crecimiento. Las fracturas en las secciones columnares muestran lados angulosos y sin redondeamiento, además de que pocos ejemplares tienen evidencia de transporte, desgaste o abrasión. Esto señala que el género indeterminado habitó la localidad estudiada, considerada como del frente arrecifal, donde aprovechaba las nubes de nieve marina generadas por el flujo de detritos proveniente la pendiente posterior al frente arrecifal.

Destaca la presencia de esponjas representadas por *Coelocladia* sp., dado que los organismos pertenecientes a este grupo se desarrollaban en diversos ambientes de plataforma, muchas veces profundos, donde aprovechan la nieve marina para alimentarse a través de sus canales inhalantes (Finks, 1960; Braga *et al.*, 2009). El ejemplar de *Coelocladia* sp. reportado en este estudio es un fragmento cilíndrico que parece haberse desprendido del resto del esqueleto; sin embargo, no muestra evidencias de abrasión ni desgaste por transporte, incluso, se pueden observar extremos angulosos en el sitio de fractura, lo cual no sería probable si el ejemplar hubiese viajado en un flujo de detritos. Por la evidencia de poco transporte se puede inferir que este individuo fue depositado cerca de su sitio de desarrollo. Como es reportado por Finks (1960), el Filo Porífera y en particular los Desmospóngidos forman una parte importante de las biotas bentónicas del Pérmico de Norteamérica. Su presencia suele y puede ser evidenciada no solo por partes esqueléticas presentes en las rocas carbonatadas, si no también por sus espículas, que pueden encontrarse disgregadas y embebidas dentro de las rocas portadoras de fósiles. Gracias a la elaboración de secciones delgadas de rocas portadoras de fósiles de esta localidad, se pudo evidenciar la presencia de una gran cantidad de espículas de esponja en los sedimentos de esta zona, lo cual permite plantear una presencia elevada de este Filo en la pendiente posterior al frente arrecifal.

Como es mencionado por Aguirre (2009), el Filo Bryozoa tiene una capacidad ecológica bastante plástica y puede desarrollarse en un rango bastante amplio de profundidades a lo largo de las plataformas carbonatadas. Gracias al estudio tafonómico que se realizó con los ejemplares fue posible evidenciar que los organismos pertenecientes a este

Filo (Rhabdomesino indterminado 1., Rhabdomesino indeterminado 2., Fenestrado indeterminado 1 y Fenestrado indeterminado 2.) muestran poca o casi nula evidencia de transporte, abrasión, fragmentación y desarticulación, además de exhibir una muy buena preservación de sus partes corporales. Por ello, se propone que es probable que estos organismos se hayan desarrollado en zonas cercanas a su sitio de enterramiento, el modelo de depósito aquí propuesto apoya la noción de una alta presencia de detritos, rocas y fragmentos esqueléticos, los cuales presentaban un sustrato ideal para que los briozoos colonizaran a través de colonias incrustantes y erectas.

Así como se encontraron especímenes de diferentes grupos bien conservados, hubo otros que se encontraron en menor cantidad, con evidentes señales tafonómicas (abrasión, desgaste, fragmentación y desarticulación). Primero, los organismos del Filo Brachiopoda, representado por *Thamnosia* sp., *Dasysaria* sp., *Meekella* sp., un wellerellino indeterminado, *Hustedia* cf. *shumardi* y *Neospirifer* cf. *amphigyus*, muestran clara evidencia de haber sido transportados desde una zona somera (FZ-7 ó FZ-6), a través de la pendiente hacia el frente arrecifal donde fueron depositados junto con otros fragmentos corporales de equinodermos mencionados previamente (*Cyclocrista* cf. *martini* y *Preptopremnum* cf. *rugosum*). Por otro lado, están los fragmentos de fusulínidos, los cuales se encontraron retrabajados y desplazados. En este caso, es claro que estos foraminíferos sufrieron de transporte, no solo por sus rasgos tafonómicos sino también porque estos organismos habitaban zonas de aguas someras de las rampas carbonatadas (FZ-7 y FZ-8) (Stevens, 2014).

Con esta información se puede proponer un modelo de como se pudo haber depositado la asociación de la localidad estudiada de la Caliza La Cueva (Fig. 11), incluyendo la mayoría de los elementos autóctonos y alóctonos. Así, se observa que hubo una mezcla de sedimentos proveniente de zonas más someras, posiblemente de las zonas de facies FZ-6 y FZ-7, cuyas partículas esqueléticas fueron depositados en zonas donde se desarrollaban diferentes organismos como poríferos, briozoos y crinoideos (con buena preservación), los cuales aprovechaban el flujo de nutrientes y detritos para desarrollarse de manera erecta o incrustante, siendo probablemente enterrados cerca de su hábitat original.

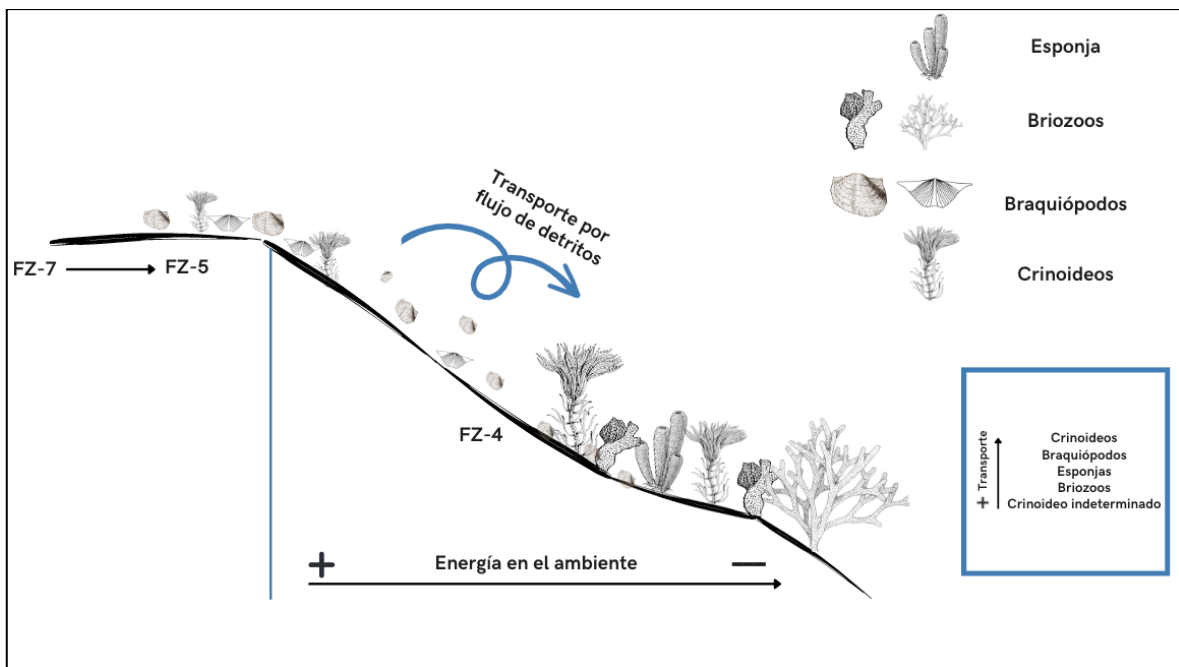


Figura 11. Modelo tafonómico propuesto, representando el transporte a través de un flujo de detritos, y un posterior enterramiento diferencial de algunos ejemplares encontrados en la Caliza La Cueva. Se resaltan aquellos ejemplares como poríferos, briozoos y el género indeterminado de la familia Cyclomischidae, los cuales se desarrollaron en zonas más profundas.

Paleobiogeografía

Las comunidades biológicas están constituidas por numerosas especies que interactúan en una composición y hábitat que se pueden predecir a grandes rasgos. La manera más rápida para reconocer comunidades particulares y distinguirlas de otras es determinar y comparar la composición de especies de ambas, así como los factores de hábitat no biológicos. La composición de especies se puede expresar en términos de diversidad taxonómica, biomasa total, o biomasa en cualquier nivel trófico. En una vista orgánica de las comunidades, estas son más que solo una asociación al azar de individuos y especies, estas especies interactúan de varias formas, dando una cohesión interna controlada a la composición de toda la comunidad (Fagerstrom, 1987).

Algunas comunidades (incluyendo arrecifes) presentan distribuciones equitativas de individuos y especies, por lo tanto, no están zonadas y carecen de subcomunidades. Sin embargo, en los sistemas arrecifales típicos, las distribuciones de individuos y especies no son equitativas, por lo que se pueden reconocer varias subcomunidades a través de varias

especies dominantes. En comunidades de arrecife es común encontrar barreras bien definidas por factores como el relieve, la turbulencia y la batimetría (Fagerstrom, 1987).

En este sentido, se puede observar provincialismo en las biotas pérmicas de varios continentes, notablemente en Norteamérica, Europa y Asia. En Norteamérica se puede observar el caso más claro de provincialismo, ya que ocurren cambios mayores en las biotas marinas, que se fueron produciendo desde el Carbonífero, de norte a sur (Yancey, 1975; Torres-Martínez y Sour-Tovar, 2023). La causa mayor para este provincialismo fue la presencia de un gradiente termal que afectó la distribución de especies tanto marinas como terrestres en el Pérmico. Antes de que se describiera la Provincia Biótica Grandiana por Yancey (1975), las biotas del Pérmico que se reconocían eran las Provincias bióticas de aguas cálidas y la de aguas frías; sin embargo, dentro de la provincia de aguas cálidas existen grandes diferencias que se pueden observar entre la fauna marina, por lo que fue necesario designar más provincias dentro de esta. Durante el Pérmico, el bloque continental de Norteamérica estaba localizado en el hemisferio norte del planeta (Smith *et al.*, 1973) y se extendía sobre diferentes paleo latitudes, las cuales definen de forma horizontal y de norte a sur las biotas pérmicas (Yancey, 1975).

La provincia Biótica Grandiana estaba compuesta de biotas tropicales y subtropicales que ocupaban los territorios actuales de Texas, Nuevo México, Coahuila y parte de Sonora. Estas biotas tienen una gran diversidad taxonómica e incluyen característicamente a grandes foraminíferos, corales compuestos, esponjas, algas, braquiópodos ornamentados y moluscos ornamentados en gran abundancia (Yancey, 1975).

Cabe resaltar que el endemismo de las faunas de braquiópodos de la Provincia Biótica Grandiana del Oeste de Texas estuvo fuertemente acentuado durante el Cisuraliano, continuando incluso hacia inicios del Guadalupiano (Shen *et al.*, 2012). Siendo así, es posible correlacionar algunos de los géneros y especies de braquiópodos reportados en la localidad de la Caliza La Cueva de Sonora central con los hallados en las rocas del Pérmico inferior de Texas, como *Thamnosia* sp., *Dasysaria* sp., *Hustedia* cf. *shumardi* y *Neospirifer* cf. *amphigyus* (Cooper y Grant 1969; Shen *et al.*, 2012; Torres-Martínez *et al.*, 2016).

Aparte de los braquiópodos, otros invertebrados de la Caliza La Cueva presentan afinidad con las faunas de la región del Pérmico del oeste de Texas. Por ejemplo, los osículos columnares de crinoideos, principalmente *Preptopremnum rugosum* (Escobedo-Aguilar, 2022), o la esponja del género *Coelocladia*, que es considerada como un componente

importante de las asociaciones cisuralianas de Texas. Por lo tanto, se puede denotar que existió una semejanza faunística entre ambas regiones durante el Kunguriano temprano (Cisuraliano tardío), no solo de invertebrados como los crinoideos o esponjas sino también de braquiópodos, considerados como uno de los grupos más importantes para delimitar la extensión de dicha provincia paleobiogeográfica.

CONCLUSIONES

El análisis de las especies del Pérmico de la Caliza La Cueva permitió establecer la presencia de una esponja (?*Coelocladia* sp.), cuatro taxones de briozoos (cryptostomado indeterminado 1, cryptostomado indeterminado 2, fenestrado indeterminado 1, fenestrado indeterminado 2), seis formas de braquiópodos (*Thamnosia* sp., *Dasysaria* sp., *Meekella* sp., Wellerellidae indeterminado, *Hustedia* cf. *shumardi*, *Neospirifer* cf. *amphigyus*) y tres morfoespecies de osículos columnares de crinoideos (*Cyclocrista* cf. *martini*, *Preptopremnum* cf. *rugosum* y un morfogénero indeterminado).

A través del análisis de microfacies fue posible establecer las condiciones de depósito en las que se preservó la asociación estudiada, detectando que la facies pertenecía a una zona relacionada con el frente arrecifal o la pendiente de la rampa carbonatada (FZ-5 o FZ-4).

El análisis tafonómico realizado con la fauna fósil de la Caliza La Cueva reveló que existe una preservación y transporte diferencial de los ejemplares encontrados en la localidad, sugiriendo que hubo un transporte de una gran cantidad de material esquelético desde zonas someras, principalmente de braquiópodos y crinoideos, provenientes de la zona post-arrecifal (FZ-6 o FZ-7). El estudio brindó información para señalar que las esponjas, briozoos y el morfogénero indeterminado de crinoideo eran las formas autóctonas de la localidad.

La presencia de los braquiópodos *Thamnosia* sp., *Dasysaria* sp., *Hustedia* cf. *shumardi* y *Neospirifer* cf. *amphigyus*, el crinoideo *Preptopremnum rugosum* y la esponja del género *Coelocladia* estudiados en la Caliza La Cueva permiten proponer una semejanza faunística entre la región de Sonora central y el resto de la Provincia Biótica Grandiana durante el Kunguriano temprano (Cisuraliano tardío), dado que todos estos taxones han sido reportados previamente en Texas, EUA, y/o diferentes regiones de México, en las cuales se ha señalado que se extendía dicha paleo provincia. Este es el primer trabajo donde se propone tal afinidad para una biota del Cisuraliano (Pérmico temprano) de Sonora, México.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, F., y Martínez-Chacón, M. L. (2009). Braquiópodos. En M. L. Martínez-Chacón y P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 377–418). Sociedad Española de Paleontología.
- Arellano-Gil J., Vachard, D., Yussim, S. y Flores de Dios-González, A. (1998). Aspectos estratigráficos, estructurales y paleogeográficos del Pérmico Inferior al Jurásico Inferior en Pemuxco, Estado de Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1), 9-13.
- Avendaño-Pazos, J.J. (2023). Fusulínidos del Pérmico de Sonora Central, México: Bioestratigrafía y Paleobiogeografía. Ciudad de México, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría. 74 p.
- Borg, F. (1926). Studies on recent cyclostomatous Bryozoa. *Zoologiska Bidrag fran Uppsala*, 10: 181-507.
- Boardman, R. S., Cheetham, A. H., Cheetham, D. B., Blake J. U., Karklins, O. L., Cook, P. L., Sandberg, P. A., Lutaud, G. y Wood, T. S. (1985). *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part G Revised, Volume 1. Introduction, Order Cystoporata, Order Cryptostomata*. Geological Society of America and University of Kansas, Kansas. 626 pp.
- Braga, J. C., Fernández-Martínez, E., García-Bellido, D., Méndez-Bedía, I., Moreno-Eiris, E., Perejón, A., Rodríguez, S., y Soto, F. (2009). Poríferos y Cnidarios. En M. L. Martínez-Chacón y P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 33–110). Sociedad Española de Paleontología.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Almazán-Vázquez, E., Vachard, D., Gómez-Espinoza, C., y Mendoza-Madera, C. (2005). Crinoides pensilvánicos asociados a facies “arrecifales” de chaetetidos en Sierra Agua Verde, Estado de Sonora, México. *Geos*. 21(1), 151.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Gómez-Espinoza, C., Almazán-Vázquez, E. y Vachard, D. (2007). A late Atokan regional encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora State, NW Mexico. *Geological Society London Special Publications*. 275(1), 201-209.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Gómez-Espinoza, C., Almazán-Vázquez, E., Vachard, D., Laguarda-Figueras, A. y Solís-Marín, F. (2008). A review of the crinoid columnals

- (Echinodermata-Crinoidea) from the Carboniferous of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 1–12.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Chacón-Wences, O., Vachard, D., Palafox-Reyes, J. J., Jiménez-López, J. C. y Sour-Tovar, F. (2015). Pennsylvanian biota of the Sierra Agua Verde, Sonora, México: biostratigraphic and paleogeographic considerations. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86, 521-527.
- Cloud Jr., P.E. (1944). Part III Permian brachiopods. En: King, R. E., Dunbar, C. O., Cloud Jr., P. E., y Miller, A. K. (1944). *Geology and paleontology of the permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, Mexico*. Geological Society of America Special Paper. 52, 49-69.
- Cooper, G. A., Dunbar, C. O., Duncan, H., Miller, A. K. y Knight J.B. (1953). Permian fauna at El Antimonio, Western Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 119, 21–82.
- Cooper, G. A. y Grant, R. E. (1969). New Permian brachiopods from West Texas. *Smithsonian Contributions Paleobiology*. 1, 40 p.
- Cox, E. T. (1858). A description of some of the most characteristic shells of the principal coal-seams in the western basin of Kentucky. *Geological survey of Kentucky. Reporte*. 3, 566-576
- Domínguez, P., Le Menn, J., Martí Mus, M., y Paz-Villalba, M. (2009). Equinodermos. En M. L. Martínez-Chacón y P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 447–496). Sociedad Española de Paleontología.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En: Ham, W. E. (ed.). *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologists, *Memoir*, 1, 108-121.
- Ehrenberg, C. G. (1831). *Animalia invertebrata exclusis insects*. *Symbolae Physicae, seu Icones et descriptiones Corporum Naturalium novorum aut minus cognitorum*. Pars zoologica 4, Mittler, Berlin, 831 p.
- Elias, M. K. y Condra, G. E. (1957). *Fenestella* from the Permian of west Texas. *Geological Society of America, Memoir*, 70, 1-158.
- Escobedo-Aguilar I. A.. 2022. Revisión de los crinoideos del Paleozoico superior de México y sus implicaciones paleoambientales, estratigráficas y paleobiogeográficas. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 p.

- Esquivel-Macías, C., Ausich, W., Buitrón, B.E. y Flores de Dios, A. (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.
- Fagerstrom, J. A. (1987). *The evolution of reef communities*. John Wiley & Sons. 579 p.
- Finks, R. M. (1960). Late Paleozoic sponge faunas of the Texas region. The siliceous sponges. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 120(1), 1-160.
- Flügel, E. (2010). *Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and application*. Springer-Verlag, 984 p.
- González-Alcaraz, J. (2017). *Recopilación de información sobre localidades Paleozoicas en Sonora, México*. Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Memoria de prácticas profesionales, 238 p.
- González-Mora, S. (2017). *Sistemática de los Briozoarios Carboníferos de Nochixtlán, Oaxaca; Modelado Geométrico y Determinación de Paleoambientes*, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría. 108 p.
- Hammond, H. (2014). Taphonomic análisis of archaeomalacological assemblages: shell middens on the northern coast of Santa Cruz (Patagonia, Argentina). *Intersecciones en Antropología* 15(1), 21-34.
- Kidwell, S. M. (1991). The stratigraphy of shell concentrations. En: *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. P. Allison y D. Briggs (eds.), 327-342. Academic Press, New York.
- Klein, T. (1754). *Ordre naturel des oursins de mer et fossiles, avec des observations sur les piquants des oursins de mer et quelques remarques sur les bélemnites*. C.J.B. Bauche, Paris. 235 p.
- Lara-Peña, R. A. (2019). *Conodontos del Pérmico de Sonora: Bioestratigrafía y Paleogeografía.*, Sonora, México, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de maestría. 177 p.
- Lara-Peña, R. A., Navas-Parejo, P., y Amaya-Martínez, R. (2020). New conodont data related to the western Ouachita-Marathon-Sonora orogen: Age of the autochthonous Laurentian deformation. *Journal of South American Earth Sciences*, 103, 102763.

- Lara-Peña, R.A., Navas-Parejo P. y Torres-Martínez M. A. (2021). Permian autochthony of northwestern Mexico based on conodont paleogeographic relationships with southwestern Laurentia. *Newsletters on Stratigraphy*, 54(3): 363 - 376.
- Li, L., Yang, D. L. y Feng, R. L. (1986). The brachiopods and the boundary of Late Carboniferous-early Permian in Longlin region, Guangxi. *Bulletin of the Yichang Institute of Geology and Mineral Resources*, 11, 199-258
- Logan, A. y McGugan, A. (1968). Biostratigraphy and faunas of the Permian Ishbel Group, Canadian Rocky Mountains. *Journal of Paleontology* 42(5), 1123-1139
- Marcou, J. (1858). *Geology of North America with two reports on the Prairies of Arkansas and Texas, the Rocky Mountains of New Mexico and the Sierra Nevada of California*, 1-144.
- Meyer, D. L. (1965). Plate Growth in some Platycrinid Crinoids. *Journal of Paleontology*, 39(6), 1207-1209.
- Moore, R. y Jeffords, R. (1968). Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts of their columns. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, 46, 1-86.
- Morales Palacios, A. (2015). Actualización sistemática de los crinoideos (Echinodermata, Crinoidea) del Paleozoico tardío de Sonora. Consideraciones estratigráficas (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Morozova, I. P. (1974). Reviziya roda Fenestella. *Paleontologicheskij Zhurnal*, 2: 54-67. En: González-Mora, S. (2017). *Sistemática de los Briozoarios Carboníferos de Nochixtlán, Oaxaca; Modelado Geométrico y Determinación de Paleoambientes*, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría. 108 p.
- Morozova I. P. (2001). Mshaki otryada Fenestellida (morfologiya, sistema, filogeniua, istoricheskoe razvitie). *Trudy Paleontologicheskogo instituta Rossijskoi akademii Nauk*, 277, 1-166.
- Muir-Wood, H. M. y Cooper, G. A. (1960). Morphology, classification and life habits of the Productoidea (Brachiopoda). *Geological Society of America Mem.* 81, 447 p.
- Navas-Parejo, P., Lara-Peña, R. A., Torres-Martínez, M. A. y Martini, M. (2018) Biostratigraphy and petrography of upper Paleozoic rocks of Sierra Las Pintas, northern Baja California. *Journal of South American Earth Sciences*, 84, 160-171.

- Pérez-Ramos, O. y Palafox-Reyes, J. J. (2013). Fusulínidos del Pérmico de Cerro Prieto, centro-oeste de Sonora, México. *Paleontología Mexicana*, 3(1), 38-50.
- Poole, F.G., Perry, W.J., Jr., Madrid, R.J., y Amaya-Martínez, R., (2005). Tectonic synthesis of the Ouachita-Marathon-Sonora orogenic margin of southern Laurentia: Stratigraphic and structural implications for timing of deformational events and plate-tectonic model. En: Anderson, T. H., Nourse, J. A., McKee, J. W., and Steiner, M. B., (Eds.), *The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper*, 393, 543–596.
- Root, R. B. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological monographs*. 97, 317-350.
- Sakagami, S. (1999). Permian Bryozoans from Some Localities in the Khao Hin Kling Area Near Phetchabun, North-central Thailand. *Bulletin Kitakyushu Museum of Natural History*. 18, 77-103.
- Shen, S., Zhang, H., Shi, G. R., Li, W., Xie, J., Mu, L. y Fan, L. (2012). Early Permian (Cisuralian) global brachiopod paleobiogeography. *Gondwana Research*, 24, 104-124.
- Smith, A. G., Briden, J. C. y Drewry, G. E. (1973). Phanerozoic world maps. En Hughes, N. F. (ed.), *Organisms and continents through time. The Palaeontological Association Special Paper*, 12, 1-42.
- Stehli, F. G. (1954). Lower Leonardian Brachiopoda of the Sierra Diablo. *American Museum of Natural History Bulletin*, 105, 257-358.
- Stevens, C. H., Poole, F. G., y Amaya-Martínez, R. (2014). Late Paleozoic fusulinids from Sonora, México: Importance for interpretation of depositional settings, biogeography, and paleotectonics. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(1), 14–27.
- Sour-Tovar, F., González-Mora, S., Navarro-Santillán, D. y Torres-Martínez, M. A. (2017) Lofoforados. En Cevallos-Ferriz, S. R. S. y Huerta-Vergara, A. R. (coordinadores) *Paleobiología. Interpretando procesos de la vida pasada: segunda parte.* (pp. 155-188). Facultad de Ciencias, UNAM.
- Torres-Martínez, M.A. y F. Sour-Tovar. (2023). New rhynchonellid and spire-bearing brachiopods from the Carboniferous of Mexico. Paleogeographical significance of the Oaxacan brachiopod fauna through the Serpukhovian–Moscovian. *Journal of Paleontology*, 97(1): 90-111.

- Torres-Martínez, M. A., Sour-Tovar, F. y Barragán, R. (2016). Permian (Leonardian) brachiopods from Paso Hondo Formation, Chiapas, southern Mexico. Paleobiogeographical implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 71, 71-81.
- Torres-Martínez, M. A., Heredia-Jiménez, D. A., Quiroz-Barroso, S. A., Navas-Parejo, P., Sour-Tovar, F. y Quiroz-Barragán, J. (2019a). A Permian (late Guadalupian) brachiopod fauna from northeast Mexico and their paleobiogeographic affinities. *Journal of South American Earth Sciences*, 92, 41-55.
- Torres-Martínez, M. A., Heredia-Jiménez, D. P., Sour-Tovar, F., Buitrón-Sánchez, B. E. y Barragán, R. (2019b). Permian brachiopods from Chiapas, Mexico: new stratigraphical and paleobiogeographical insights. *Paläontologische Zeitschrift*, 93(4), 607–624.
- Torres-Martínez, M. A., Villanueva-Olea R. y Sour-Tovar, F. (2020). Columnar ossicles of Permian crinoids, including two new genera from the Grupera Formation (Asselian-Sakmarian) of Chiapas, Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(2), 1-17.
- Villanueva-Olea, R., Buitrón-Sánchez, B., Palafox-Reyes, J. y Piña-Flores, S. (2016). Crinoides (Echinodermata: Crinoidea) del Pensilvánico de sierra Las Mesteñas, NE de Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1225–1234.
- Villanueva-Olea, R., Castillo-Espinoza, K. M., Sour-Tovar, F., Quiroz-Barro, S. A. y Buitrón-Sánchez, B. E. (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.
- Villanueva-Olea, R., Quiroz-Barroso, S.A., Quiroz-Barragán, J., Torres-Martínez, M.A. y Sour-Tovar, F. (2021). Placas columnares de crinoideos de la Formación Las Delicias, Pérmico inferior y medio de Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73(1), 1–11.
- Vine, G. R. (1884). Fourth report of the committee, consisting of Dr. H. C. Sorby and Mr. G. R. Vine, appointed for the purpose of reporting on fossil polyzoa. *British Association Advancement of Science, Report 53d, Meeting (Southport, 1883)*, 161-209.

- Walker, K. R. (1972). Trophic analysis: A method for studying the function of ancient communities. *Journal of Paleontology*, 46(1), 82-93.
- Wayne, R. (1970). Paleoecology of some upper Pennsylvanian benthic invertebrates. Tesis de maestría. Kansas State University. 90 p.
- Wilson, J. L. (1975). Carbonate facies in geological history. Springer-Verlag, Berlin. 471p.
- Yancey, T. E. (1975). Permian Marine Biotic Provinces in North America. *Journal of Paleontology*, 49(4), 758-766.
- Zhang, Z., Ma, J., Taylor, P. D., Strotz, L. C., Jacquet, S. M., Skovsted, C. B., Chen, F., Han, J. y Brock, G. A. (2021) Fossil evidence unveils an early Cambrian origin for Bryozoa. *Nature*, 599, 251-255.

ANEXO

Lámina I. 1) ?*Coelocradiella* sp., un fragmento corporal que exhibe 3 ramificaciones (CLC001). **2-4)** Fragmentos de briozoos no identificados. (CLC 002, CLC 003, CLC 004, CLC 005). **5)** Rhabdomesino indeterminado 1, colonia preservada en un fragmento con ramificación dicotómica en forma de Y (CLC 006). **6)** Fenestrado indeterminado 1, colonia asociada a una estructura reticulada (CLC 007). **7)** Fenestrado indeterminado 2, colonia reticulada en superficie anversa (CLC 008). **8, 9)** Fragmentos de briozoos no identificados. (CLC 009, CLC 010, CLC 011). **10)** Rhabdomesino indeterminado 2, fragmento de una colonia dendoide erecta que exhibe las aperturas autozoeciales y una ramificación de tipo Y (CLC 012). **11-14)** Fragmentos de briozoos no identificados. (CLC 013, CLC 014, CLC 015).
Escala = 10 mm.

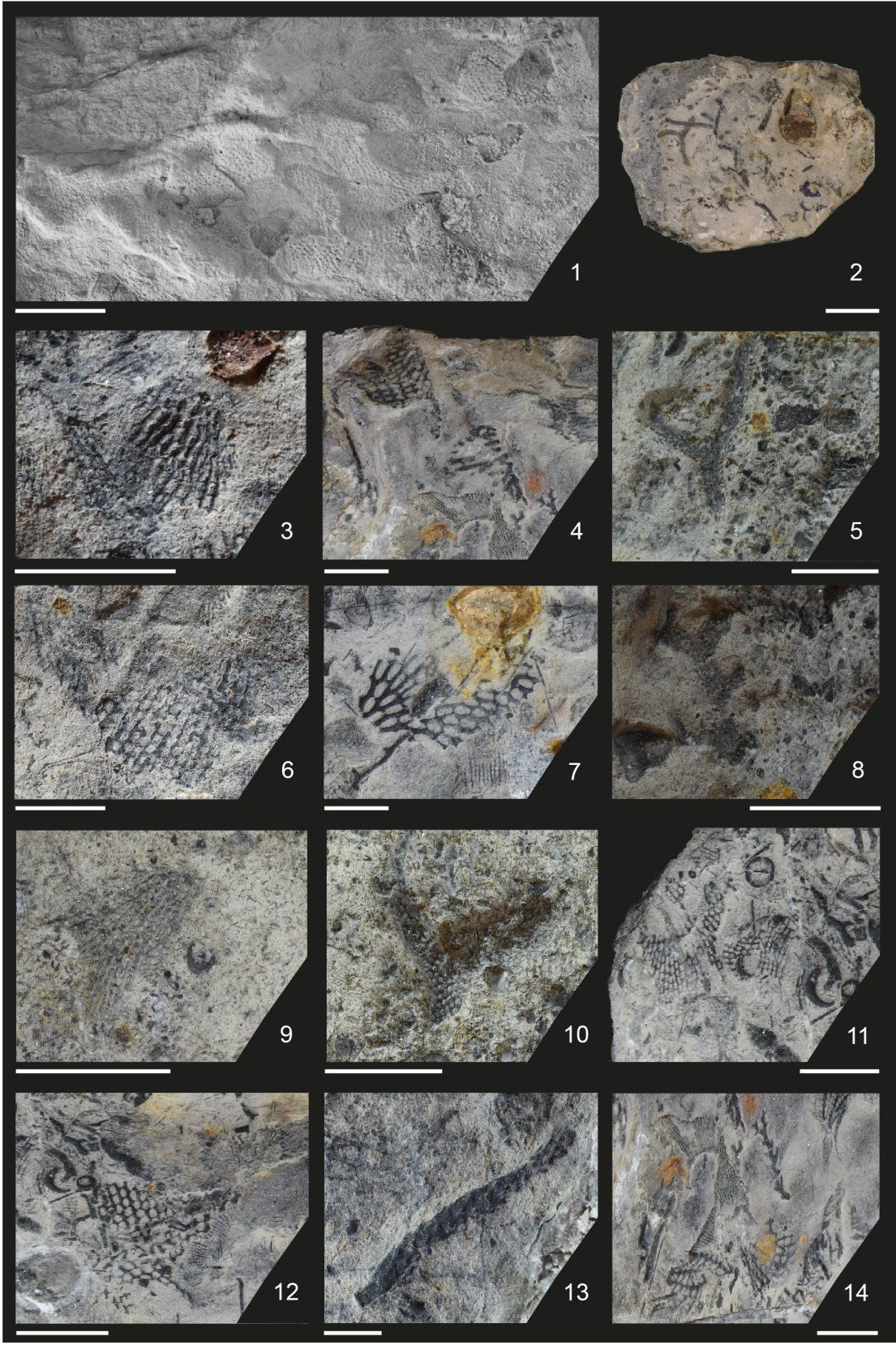


Lámina II. Microfotografías tomadas de peels elaborados con fragmentos de briozoos. **1)** Fragmento de briozoo no identificado. **2)** Rhabdomesino indeterminado 1, colonia preservada en un fragmento con ramificación dicotómica en forma de Y (CLC 006). **3)** Fenestrado indeterminado 1, colonia asociada a una estructura reticulada (CLC 007). **4)** Fragmento de briozoo no identificado. **5)** Fenestrado indeterminado 2, colonia reticulada en superficie anversa (CLC 008). **6)** Rhabdomesino indeterminado 2, fragmento de una colonia dendroide erecta que exhibe las aperturas autozoeciales y una ramificación de tipo Y (CLC 012). **7-9)** Fragmentos de briozoos no identificados. Escala = 1 mm.

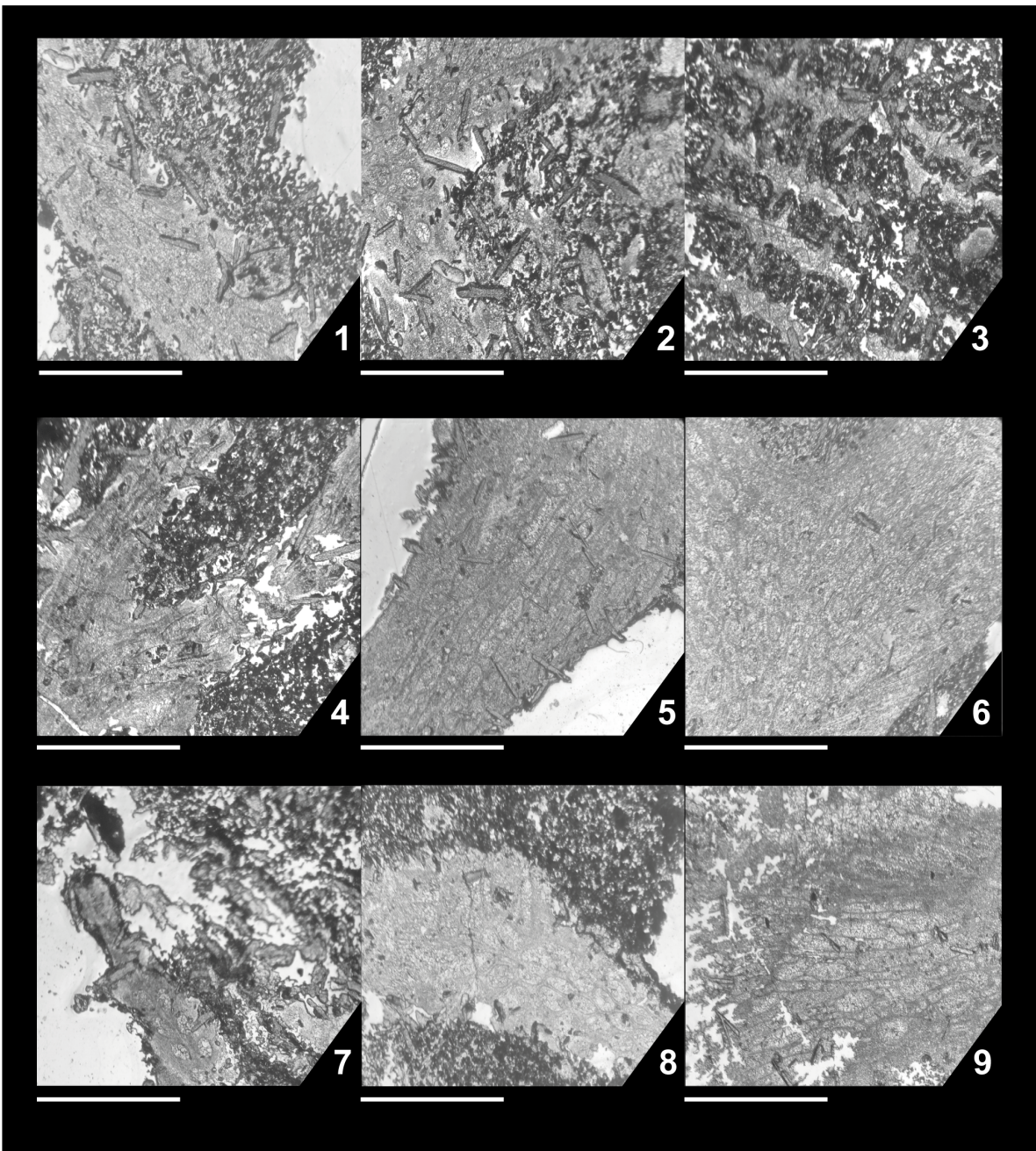


Lámina III. 1) *Thamnosia* sp., una valva ventral (CLC 016). **2, 3)** *Dasysaria* sp., dos valvas ventrales (CLC 017, CLC 018). **4)** *Meekella* sp., dos valvas ventrales (CLC 019). **5)** Wellerellino indeterminado, una valva dorsal desarticulada (CLC020). **6)** *Hustedia* cf. *schumardi* Torres-Martínez, Sour-Tovar y Barragán, 2016, una valva ventral desarticulada (CLC 021). **7-10)** *Neospirifer* cf. *amphigyus* Cooper y Grant, 1976, una valva ventral (CLC 025) y tres valvas dorsales (CLC 022, CLC 023, CLC 024). Escala = 10 mm.

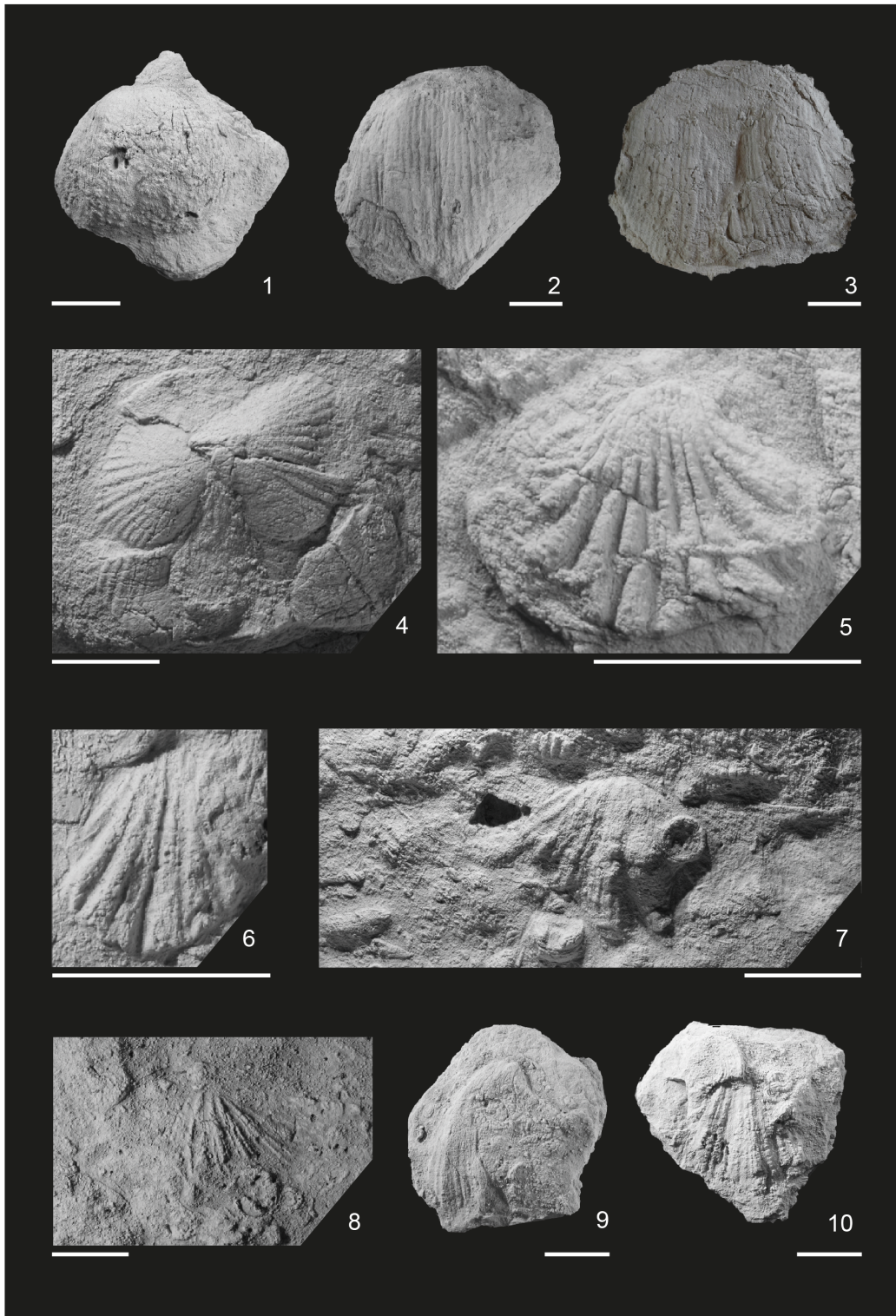


Lámina IV. 1) *Cyclocrista cf. martini* Miller (en Moore y Jeffords, 1968), faceta articular con crenulario, areola y lumen (CLC026). **2)** *Preptopremnum cf. rugosum* Moore y Jeffords, 1968, faceta articular con crenulario, areola y lumen (CLC027). **3-8)** Género indeterminado, secciones de columnares articulados y desarticulados, de forma transversal y longitudinal al tallo; osículos disociados en vistas superficial y lateral (CLC028, CLC029, CLC030, CLC031, CLC032). Escala = 0.5 mm.



1



2



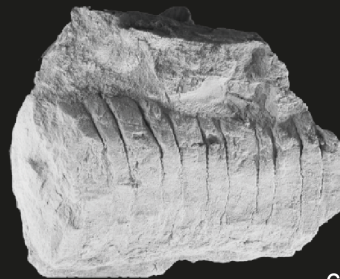
3



4



5



6



7



8