



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

**LOS BRAQUIÓPODOS DEL CÁMBRICO DE SAN JOSÉ DE GRACIA EN LA
REGIÓN CENTRAL DEL ESTADO DE SONORA. SISTEMÁTICA Y
PALEOECOLOGÍA.**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS.

PRESENTA:
ALEJANDRO RODRÍGUEZ OCHOA.

TUTOR PRINCIPAL:
DRA. BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ
Instituto de Geología.

COMITÉ TUTOR:
DR. ALFREDO LAGUARDA FIGUERAS
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.
DR. FRANCISCO SOUR TOVAR
Facultad de Ciencias.
DR. FRANCISCO A. SOLÍS MARÍN
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.
DR. JESÚS ALVARADO ORTEGA.
Instituto de Geología.

México, D.F., Enero 2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México



LOS BRAQUIÓPODOS DEL CÁMBRICO DE SAN JOSÉ DE GRACIA EN LA
REGIÓN CENTRAL DEL ESTADO DE SONORA. SISTEMÁTICA Y
PALEOECOLOGÍA.

T E S I S

que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

(Geología Marina).

presenta

ALEJANDRO RODRÍGUEZ OCHOA.

Director de Tesis:

DRA. BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ.

Comité Tutorial:

DR. ALFREDO LAGUARDA FIGUERAS.

DR. FRANCISCO SOUR TOVAR.

DR. FRANCISCO A. SOLÍS MARÍN.

DR. JESÚS ALVARADO ORTEGA.

México, D.F., Enero 2016.

DEDICATORIA.

A Martha Ochoa Cervantes y a María del Rosario Rodríguez Ochoa, quienes me han ofrecido todo su apoyo y su comprensión en cada momento de mi vida.

Agradezco infinitamente a mis hermanos, Alicia, María del Carmen, Norma Leticia, Sandra, Roberto y Jorge, quienes me han apoyado en todos aspectos ayudándome a cumplir con todos mis objetivos en la vida.

De igual manera quiero dedicar este trabajo a mi familia en general, por estar a mi lado en cualquier situación, siempre brindándome y deseando lo mejor para así lograr cada una de mis metas propuestas.

Hago un agradecimiento muy especial a Anayelli Chávez Ortíz, quien me ha enseñado a valorar cada instante de mi vida desde el momento en que le conocí, con quien he pasado los momentos más agradables e inolvidables de mi vida, quien ha sido mi fuente de inspiración, que ha estado para escucharme y apoyarme en todo. A quien estimo y quiero con todo mi corazón.

A mi directora de tesis, la Doctora Blanca Estela Buitrón Sánchez, por brindarme su gentileza, confianza, sabiduría, tiempo y profesionalismo, pero sobre todo por ofrecerme su más sincera amistad.

Por último, quiero agradecer a mis compañeros de Posgrado, Berenice Rojo, Manuel Bautista, José Carlos Jiménez, Jorge Luis Garcés y Rafael Villanueva, por permitirme conocerles, además de brindarme su amistad, de quienes valoro sus consejos, apoyo y confianza hacia mi persona y con quienes viví momentos muy agradables. A todos ellos, ¡Gracias!

RECONOCIMIENTOS.

El presente trabajo constituye la tesis del autor para obtener el título de Maestro en Ciencias del Mar y Limnología, cuya investigación fue llevada a cabo en el Instituto de Geología en la Universidad Nacional Autónoma de México. La Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez sugirió el tema, así como el seguimiento en el trabajo y el apoyo tanto en campo como en la revisión de gabinete. El trabajo de campo fue realizado con la asesoría del Dr. Juan José Palafox Reyes y del Maestro Francisco Javier Cuen Romero del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora.

Se agradece el apoyo otorgado para el trabajo de campo a los Proyectos UNAM-DGAPA-PAPIIT No. IN105012, CONACyT No. 165826 y ECOS-Francia-México No. M13U01, 87 "Evolución de los Ecosistemas del Paleozoico de México".

El autor reconoce las facilidades brindadas por el Departamento de Paleontología del Instituto de Geología en especial a la Directora Doctora Elena Centeno García.

Finalmente, el autor expresa su agradecimiento a los miembros del Comité Tutorial integrado por los Doctores Francisco Sour Tovar, Alfredo Laguarda Figueras, Francisco A. Solís Marín y Jesús Alvarado Ortega por los comentarios y sugerencias con las que se mejoró el presente trabajo.

ÍNDICE.

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Sistema Cámbrico en México	3
1.2. Generalidades del Phylum Brachiopoda	4
1.3. Ecología y paleoecología de los braquiópodos	5
1.4. Morfología de un braquiópodo	6
2. ANTECEDENTES	8
3. OBJETIVOS	9
3.1. Objetivo General	9
3.2. Objetivos Particulares	9
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. MÉTODO	9
5.1. Trabajo de Gabinete	9
5.2. Trabajo de Campo	10
5.3. Trabajo de Laboratorio	10
6. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
6.1. Localización Geográfica	11
6.2. Fisiografía y Geomorfología.....	11
6.3. Geología Regional	12
6.4. Estratigrafía.....	13
7. RESULTADOS.....	16
7.1. Paleontología Sistemática	16
8. CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS	30
9. CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS	33
10. CONSIDERACIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS	35
11. CONCLUSIONES	39
12. GLOSARIO	41
13. LITERATURA CITADA	46

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Localidades del Paleozoico en México	4
Figura 2. Morfología general de un braquiópodo	7
Figura 3. Modificaciones de la valva ventral de <i>Lingulella</i> sp. y <i>Prototreta</i> sp.	7
Figura 4. Brigada de campo en el cerro El Chihuarruita	10
Figura 5. Mapa índice de San José de Gracia	11
Figura 6. Fotografía panorámica del cerro El Chihuarruita	12
Figura 7. Mapa geológico del área de estudio	13
Figura 8. Sección estratigráfica del cerro El Chihuarruita.....	15
Figura 9. Principales grupos pertenecientes al periodo Cámbrico.....	33
Figura 10. Reconstrucción ambiental del Cámbrico temprano.....	35
Figura 11. Mapa global del Cámbrico temprano-medio	37
Figura 12. Paleogeografía del Cámbrico temprano-medio de Norteamérica.....	38
Figura 13. Valva ventral de <i>Lingulella proveedorensis</i> y <i>Lingulella</i> sp.....	62
Figura 14. Valva ventral de <i>Prototreta attenuata</i> y <i>Prototreta</i> sp.....	63
Figura 15. Valva ventral de <i>Linnarssonina ophirensis</i> y <i>Linnarssonina</i> sp.	64
Figura 16. Valva ventral de <i>Pegmatreta rara</i>	65
Figura 17. Valva ventral de <i>Acrothele concava</i> y <i>Acrothele</i> sp.....	66
Figura 18. Valva ventral de <i>Dictyonina minutipuncta</i>	67
Figura 19. Valva ventral de <i>Dictyonina ornatella</i>	68
Figura 20. Valva ventral de <i>Acrothele</i> sp.....	69

RESUMEN.

La revisión de los braquiópodos que forman parte de la asociación faunística de los yacimientos marinos del Cámbrico del ejido San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, permitió determinar siete especies de las familias Obolidae King, 1846; Acrotretidae Schuchert, 1893 y Paterinidae Schuchert, 1893. Entre las especies se incluye a *Lingulella proveedorensis* Cooper, 1952, *Prototreta attenuata* Meek, 1873, *Linnarssonina ophirensis* Walcott, 1902, *Pegmatreta rara* Cooper, 1952, *Acrothele concava* Cooper, 1952, *Dictyonina minutipuncta* Cooper, 1952 y *Dictyonina ornatella* Linnarsson, 1876. Estas especies sugieren que la asociación faunística a la que pertenecen se desarrolló sobre una plataforma carbonatada bañada por mares tropicales, someros y bien oxigenados. El conjunto de braquiópodos de San José de Gracia es semejante a los de otras localidades al norte de México (Caborca y Arivechi), Estados Unidos de Norteamérica (Dakota del Sur, Minnesota, Montana, Nevada y Utah) y norte de Europa (Noruega y Suecia), que sugiere la proximidad paleogeográfica de estas regiones durante el Cámbrico.

ABSTRACT.

The review of the brachiopods that are part of the faunal assemblage of the marine deposits of the Cambrian from San José de Gracia, town of Ures, allowed determine seven species of the families Obolidae King, 1846; Acrotretidae Schuchert, 1893 and Paterinidae Schuchert, 1893. Between species are included to *Lingulella proveedorensis* Cooper, 1952, *Prototreta attenuata* Meek, 1873, *Linnarssonina ophirensis* Walcott, 1902, *Pegmatreta rara* Cooper, 1952, *Acrothele concava* Cooper, 1952, *Dictyonina minutipuncta* Cooper, 1952 and *Dictyonina ornatella* Linnarsson, 1876. This species suggest that faunal assemblage belong to a carbonate platform covered by tropical, shallow seas and well oxygenated. The set of brachiopods of San José de Gracia is similar to others locations in northern of Mexico (Caborca and Arivechi), United States of America (South Dakota, Minnesota, Montana, Nevada and Utah) and northern of Europe (Norway and Sweden), this suggest a paleogeographic proximity of this regions during the Cambrian.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Sistema Cámbrico en México.

Las rocas del Paleozoico en México y particularmente del Cámbrico, han sido escasamente estudiadas, debido a sus escasos y aislados afloramientos en varios estados del Territorio Nacional, identificados hasta ahora en Baja California Norte en el área de San Marcos, en Baja California Sur en la región de San Felipe (Gastil, 1985), en Sonora los estudios más relevantes sobre esta edad son en las regiones de Caborca, Cobachi, Cananea, Arivechi, Agua Prieta y San José de Gracia (Cooper y Arellano, 1946; Fries, 1962; López-Ramos, 1969; Anderson *et al.*, 1978; Malpica-Cruz y de la Torre-López, 1980; Stewart *et al.*, 1984; Almazán-Vázquez, 1987; Poole *et al.*, 1991; Buitrón, 1992; Almazán-Vázquez, 2002), una región importante de rocas paleozoicas en Chihuahua está expuesta y abarca las Sierras de Palomas, Los Chinos, Santa Rita y el área de Plomosas-Placer de Guadalupe, además de Ojinaga (Bridge-Wadsworth, 1964), rocas sedimentarias del Paleozoico se encuentran en la región de Las Delicias-Acatita, Coahuila (Wardlaw *et al.*, 1979), en Ciudad Victoria y en el cañón de La Peregrina, Tamaulipas afloran rocas paleozoicas y precámbricas (Buitrón, 1992), en el estado de Sinaloa, el Paleozoico se distribuye en San José de Gracia y Mazatlán (Malpica-Cruz, 1972), mientras que en San Luis Potosí, específicamente en la Sierra de Catorce se registran afloramientos paleozoicos, al igual que en Pemuxco, Hidalgo (Buitrón, 1992). Vázquez-Contreras, (1986); Brunner, (1987); Villaseñor-Martínez, (1987) reportan afloramientos en Patlanoya, Puebla y hacia el suroeste del país, en Olinalá, Guerrero fueron descubiertas rocas sedimentarias con fósiles del Paleozoico (Corona-Esquivel, 1983), en el estado de Oaxaca, en la región de Nochixtlán han sido localizadas rocas sedimentarias pertenecientes al Paleozoico inferior (Pantoja-Alor, 1970; González-Mora y Sour-Tovar, 2014), otras investigaciones se han expandido en áreas de afloramientos a las regiones de Mixtepec y Acatlán (Flores-de Dios y Buitrón, 1982). Finalmente, en la región de Chicomuselo, Chiapas existe un área considerable de rocas marinas del Paleozoico (Buitrón, 1992), (Figura 1).



Figura 1. Localidades del Paleozoico en México (Modificado de Corona, 2014).

1.2. Generalidades del Phylum Brachiopoda.

Se conocen para el Cámbrico 15,000 especies de invertebrados, todos ellos marinos de los cuales 60% corresponden a trilobites y el 30% a braquiópodos (Hansen, 1997). Los braquiópodos fueron muy exitosos durante el Paleozoico y Mesozoico, pues desarrollaron una extraordinaria diversidad en las conchas. Es un grupo que tiene mayor importancia en la Paleontología que en la Zoología, debido a su valor estratigráfico porque se utilizan como fósiles índice ya que la extensión temporal que abarcan sus registros comprende períodos de tiempo definidos y porque su distribución espacial es amplia. En la actualidad son escasos, existen alrededor de 120 géneros que comprenden aproximadamente 400 especies, mientras que sobre el pasado geológico se han descrito alrededor de 5,000 géneros y 30,000 especies (Emig *et al.*, 2013). El alcance estratigráfico del phylum es del Cámbrico al Reciente, con la mayor diversidad durante el Devónico (Clarkson, 1986; Camacho y Longobucco, 2008).

Los primeros braquiópodos conocidos se presentan en rocas del Cámbrico inferior, existen en su registro ejemplares que datan de hace 550 millones de años, siendo algunos de ellos pruebas importantes de estabilidad evolutiva y aunque su historia se ha visto muy afectada en el registro paleontológico, puede estudiarse en ellos procesos evolutivos a nivel genérico y supra-genérico (Rudwick, 1970).

Desde que se clasificó por primera vez al Phylum Brachiopoda, éste ha sufrido considerables cambios. En la actualidad el uso de las clases Articulata e Inarticulata ha sido descartado, y se utiliza la propuesta de clasificación del *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H Brachiopoda* (Kaesler, 1997-2006; Selden, 2007), además de las recientes actualizaciones en línea, *Brachiopoda and Brachiopodologist* y en la base de datos de *World Register of Marine Species*. El phylum se divide en tres subphyla, el Linguliformea, el Craniiformea y el Rhynchonelliformea basados principalmente en la morfología y en la composición mineralógica de la concha (Williams *et al.*, 1996; 2000).

1.3. Ecología y paleoecología de los braquiópodos.

Los braquiópodos son organismos solitarios y sésiles, viven en el mar a profundidades que varían desde la intermarea hasta más de 5000 m y algunos viven en el agua salobre de los estuarios (Emig *et al.*, 2013). Se encuentran asociados a organismos bentónicos conformando una rica diversidad de esponjas, corales, briozoarios, vermes, moluscos, bivalvos y gasterópodos. Las asociaciones de estas comunidades proporcionan información importante para conocer las condiciones ambientales de salinidad, temperatura y profundidad en las que conviven estos organismos (Stevens, 1966; Cocks, 1967; Fürsich y Hurst, 1974).

Fürsich y Hurst, (1974), mencionan que los braquiópodos que habitan en zonas de turbulencia presentan una serie de adaptaciones morfológicas, entre las que incluyen engrosamiento de la concha, el desarrollo de costillas gruesas y formación de aberturas pedunculares conspicuas. Los braquiópodos que habitan en aguas tranquilas desarrollan conchas delgadas, resupinadas y presentan amplias zonas de contacto con el sustrato. Para los braquiópodos de aguas de fondos suaves, estos mismos autores, señalan que su crecimiento está condicionado a la profundidad en la que habitan. También es común encontrar incrustaciones en las conchas de los braquiópodos hechas por algas, foraminíferos, briozoarios y vermes, entre otros. En la actualidad se ha encontrado una mayor presencia de individuos, así como de especies en ambientes de aguas templadas y someras en zonas árticas a subárticas, mientras que quedan un tanto confinados a ambientes muy profundos en zonas tropicales; sin embargo, Ager, (1967) menciona que en el registro de la mayoría de los braquiópodos pertenecientes al Paleozoico y Mesozoico se encontraban en mares cálidos epicontinentales y en ambientes de baja profundidad.

Según Rudwick, (1962); Ager, (1967); Fürsich y Hurst, (1974) la diversidad y abundancia de los braquiópodos en el registro fósil, está condicionada a una serie de aspectos ambientales

como la profundidad, el tipo de sustrato y la disponibilidad de alimento. Debe mencionarse que, los braquiópodos son importantes como indicadores paleoambientales, debido a que en las conchas quedan registradas fluctuaciones de las condiciones del medio en el que habitaron.

1.4. Morfología de un braquiópodo.

Los braquiópodos tienen una concha con dos valvas, la valva ventral que es generalmente convexa y la valva dorsal que frecuentemente es cóncava; las valvas se encuentran en contacto entre sí, mediante comisuras anteriores y laterales. En el caso de los braquiópodos articulados, la unión posterior de las valvas es mediante la charnela.

En la valva ventral, la interárea se divide formando una abertura triangular conocida como delthyrium, que puede presentarse parcialmente cerrada por una extensión en forma de “V”, la cual se desarrolla a partir del margen posterior en la valva ventral y forma una estructura conocida como lofidium. La cara interna del lofidium puede extenderse ventralmente y formar una cresta angular adherida a la cara externa de los procesos cardinales (Muir-Wood y Cooper, 1960).

Una diferencia importante entre la valva dorsal y la ventral, es que esta última se proyecta hacia atrás del margen formando el umbo; en la concha pueden presentarse acanaladuras u ondulaciones hacia el margen ventral de la misma, también se pueden presentar extensiones laminares con terminación redondeada o alada en dirección al margen posterior de la charnela.

Cuando la ornamentación de la concha de los braquiópodos es más o menos marcada longitudinalmente se dice que la superficie es *capilada*, cuando la concha está cubierta con líneas radiales en número mayor a 25 por cada centímetro, en este caso las estructuras son llamadas estrías. Las *costellae* se presentan en números de 15 a 25 por cada centímetro, si estas estructuras están fuertemente redondeadas se les llama *costae* y a las líneas radiales que se observan más gruesas se les conoce como *costillas* (Muir-Wood y Cooper, 1960). En algunos casos, la ornamentación consiste en arrugas adicionalmente a las líneas radiales, cuando se presentan estas últimas se forman ondulaciones regulares e irregulares que se sitúan concéntricamente o pasan tangencialmente entre las líneas de crecimiento (Muir-Wood y Cooper, 1960).

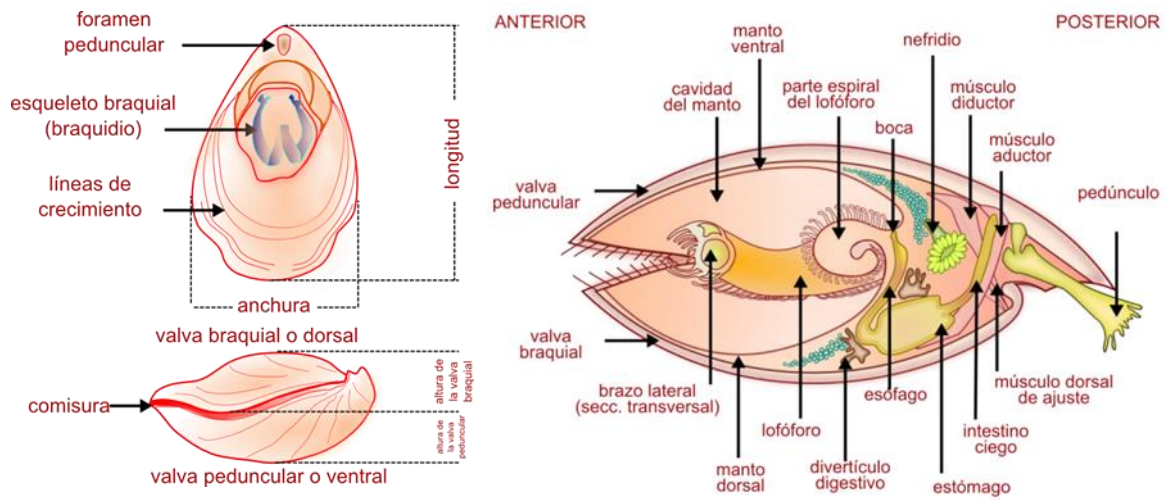


Figura 2. Morfología general de un braquiópodo (Tomada de Williams *et al.*, 1965).

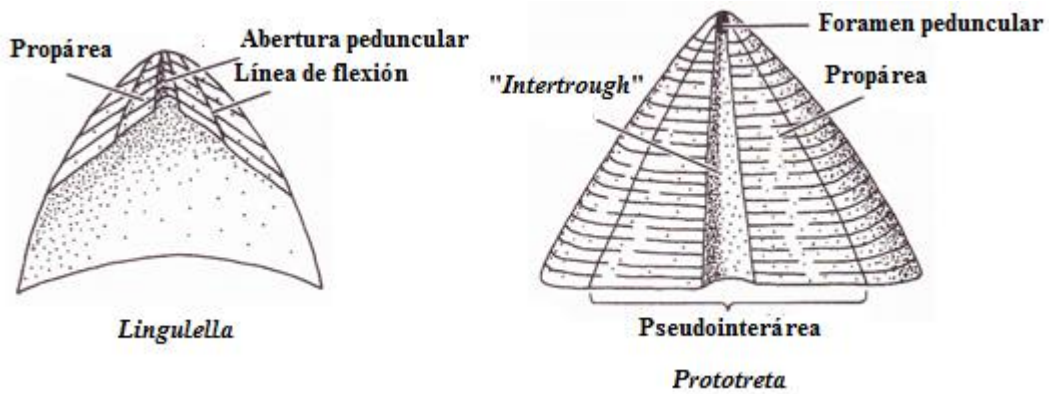


Figura 3. Modificaciones de la parte posterior de la valva ventral de *Lingulella* sp. y *Prototreta* sp. (Tomada de Williams *et al.*, 1965).

2. ANTECEDENTES.

Las investigaciones del Paleozoico de Sonora, comienzan con King, (1940) sobre el estudio de la Sierra Madre Occidental, en el que citó rocas del Cámbrico-Ordovícico de la región de Cobachi. Cooper y Arellano, (1946) y Cooper *et al.*, (1956) describieron nuevos géneros y especies de invertebrados procedentes de Caborca, además aportan datos sobre la paleoecología de la región. Entre la biota se mencionan algas, arqueociatos, trilobites y braquiópodos. Con relación a la fauna de braquiópodos determinaron las especies, *Lingulella proveedorensis*, *Obolella mexicana*, *Pegmatreta rara*, *Pegmatreta arellanoi*, *Acrothele concava*, *Diraphora arrojensis* y *Dictyonina minutipuncta*.

Posteriormente, Stewart *et al.*, (1984) identificaron los taxa *Lingulella sp.*, *Lingulella proveedorensis*, *Acrothele sp.*, *Acrothele concava*, *Pegmatreta rara*, *Dictyonina sp.*, *Dictyonina minutipuncta*, *Alisina mexicana*, *Diraphora arrojensis*, *Linnarssonina arellanoi*, *Micromitra sp.*, *Nisusia sp.*, *Paterina sp.* y *Wimanela sp.* en la misma región de Caborca, en donde también aplicaron estudios bioestratigráficos y sobre paleocorrientes. González-León, (1986) describió para la Sierra El Tule, del norte de Sonora, una secuencia de rocas sedimentarias constituidas principalmente por arenisca, caliza, capas de lodolita, limolita y arenisca de grano muy fino, datadas para el Cámbrico medio y superior (Furongiano). La fauna que contiene estas rocas corresponde principalmente a trilobites de los géneros *Tricrepicephalus*, *Llanoaspis*, *Coosella* y *Coosia*. Para la región de Arivechi, localizada al oriente de Sonora, Almazán-Vázquez, (1987) realizó el estudio de un afloramiento del Cámbrico medio y superior constituido por lutita, arenisca, caliza oolítica y oncolítica en el que identificó braquiópodos de los géneros *Acrothele*, *Linnarssonina*, *Micrometra*, *Pegmatreta* y *Prototreta*. Otras investigaciones geológicas, estratigráficas y paleontológicas fueron realizadas por McMenamin, (1987); Rivera-Carranco, (1988a, 1988b); Cirett y Aguilar, (1989).

El primer trabajo publicado sobre rocas cámbricas del área de San José de Gracia fue el de Maytorena-Silva y Esparza-Yáñez, (1990) en el que se citó la presencia de rocas cámbricas y se hizo el estudio tectónico del área. Almazán-Vázquez, (1996) describe la secuencia estratigráfica del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora. Bartolini *et al.*, (2001) efectuaron estudios geocronológicos (K-Ar) y estratigráficos en las rocas pertenecientes al Cámbrico y Cenozoico de San José de Gracia, donde se definió un paquete de conglomerados y rocas volcánicas del Cenozoico orientados en dirección norte-sur, con bloques inclinados, estas secuencias vulcanoclásticas yacen sobre secuencias del Paleozoico. Almazán-Vázquez, (2002) realizó el

primer estudio estratigráfico-paleontológico y propone siete Miembros (A-G) para las rocas del Cámbrico de San José de Gracia, particularmente sobre el cerro El Chihuarruita. Posteriormente, Buitrón y Almazán-Vázquez, (2006); Cuen *et al.*, (2009); Nardin *et al.*, 2009; Huerta, (2011); Cuen, (2012); Cuen *et al.*, (2012); Cuen, (2013); Regalado-Fernández, (2013); Corona, (2014) estudiaron diferentes aspectos sobre la geología, paleontología y estratigrafía en la misma localidad.

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo General.

- ❖ Contribuir al conocimiento de los braquiópodos del Cámbrico temprano y medio del estado de Sonora.

3.2. Objetivos Particulares.

- ❖ Estudiar las especies de braquiópodos desde los puntos de vista morfológico y taxonómico para su determinación específica, particularmente del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora.
- ❖ Establecer correlaciones estratigráficas con otras localidades del Cámbrico inferior y medio del estado de Sonora, Estados Unidos de Norteamérica y otras partes del mundo.
- ❖ Contribuir al conocimiento de la paleobioestratigrafía, paleoecología y paleobiogeografía de la región.

4. JUSTIFICACIÓN.

La biota del Cámbrico temprano y medio de la localidad de San José de Gracia es abundante y diversa y no obstante que se han realizado diversos trabajos, de diferente índole, entre ellos el de Almazán-Vázquez, (1987); Nardin *et al.*, (2009); Regalado-Fernández, (2013) y algunas tesis en las que se describe la geología, estratigrafía y paleontología (Huerta, 2011; Cuen, 2012; 2013; Corona, 2014), no existen trabajos sobre la paleontología sistemática de los braquiópodos de la región.

5. MÉTODO.

5.1. Trabajo de Gabinete.

- ❖ Se consultó la bibliografía pertinente sobre los trabajos geológicos y paleontológicos que se han elaborado previamente sobre el área de San José de Gracia, Sonora.

- ❖ Para el estudio sistemático de los braquiópodos recolectados en el cerro El Chihuarruita, se utilizó literatura especializada sobre el tema. La clasificación se realizó siguiendo la propuesta en el *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Williams *et al.*, 1965, 2000 y 2007, *Tomo H – Brachiopoda Revised*). La determinación y descripción de los ejemplares se hizo mediante comparación con ilustraciones y descripciones de la literatura especializada.

5.2. Trabajo de Campo.

- ❖ Se realizó trabajo de campo en la región de estudio, la primera etapa se llevó a cabo en febrero de 2014, y la segunda en noviembre del mismo año, con el fin de reconocer el área. Asimismo, se hizo el muestreo sistemático de rocas y fósiles en los diferentes miembros de la columna estratigráfica. Esta actividad se realizó con la asesoría de la Dra. Blanca E. Buitrón del Instituto de Geología, UNAM, el Dr. Juan José Palafox Reyes y el Maestro Francisco Javier Cuen Romero del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora.



Figura 4. Brigada de campo en el cerro El Chihuarruita.

5.3. Trabajo de Laboratorio.

- ❖ Se llevó a cabo la limpieza de los braquiópodos con agujas de disección y cepillos dentales para la remoción de la matriz rocosa.
- ❖ Las mediciones de los parámetros principales de los braquiópodos (longitud y anchura), se llevó a cabo mediante un calibrador Vernier digital.

❖ Las fotografías se elaboraron con una cámara digital Samsung SL 202 y mediante un microscopio óptico electrónico, con el objetivo de 10 (10x).

6. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

6.1. Localización Geográfica.

La localidad de estudio se ubica en la parte central del estado de Sonora, México, particularmente en el cerro El Chihuarruita, situado en el Municipio de Ures, en el ejido de San José de Gracia, con coordenadas geográficas 29° 17' Latitud N y 110° 35' Longitud W. Está situado aproximadamente a 36 kilómetros al NE de la ciudad de Hermosillo (Figuras 4, 5y 6).

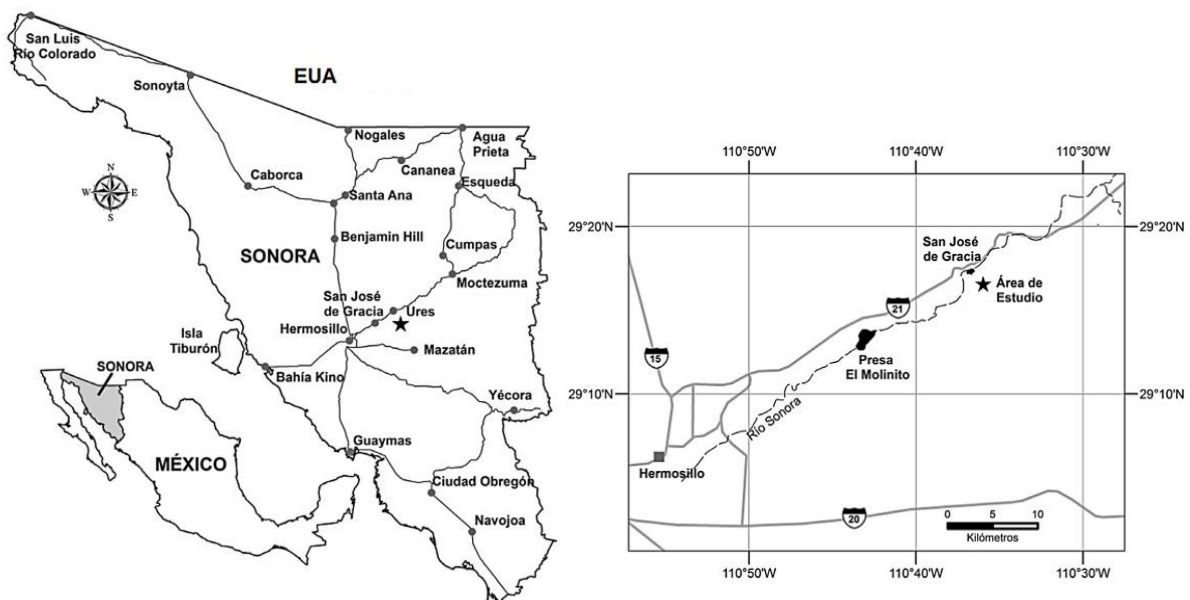


Figura 5. Ubicación de San José de Gracia (Tomada de Cuen, 2012).

6.2. Fisiografía y Geomorfología.

Fisiográficamente el área forma parte de la transición entre las provincias del Desierto de Sonora y de la Sierra Madre Occidental (INEGI-SEMARNAP, 1998), y en cuanto a la geomorfología existe un conjunto de altos topográficos, como cerros orientados y dispuestos sobre una franja norte sur. La parte más baja del valle está a 300 msnm y la parte más alta, que corresponde a la cima del cerro El Chihuarruita es de 470 msnm (Cuen, 2012).



Figura 6. Vista panorámica del cerro El Chihuarruita.

6.3. Geología Regional.

El área de San José de Gracia presenta una geología compleja en relación a la estratigrafía de las rocas cámbricas (Steward *et al.*, 2002; Cuen *et al.*, 2009; Nardin *et al.*, 2009; Buitrón *et al.*, 2011; Cuen, 2012). Las rocas más antiguas del área son del Paleozoico inferior, constituidas principalmente por caliza, lutita y arenisca que afloran hacia el sureste del ejido de San José de Gracia y están cubiertas por rocas volcánicas del Neógeno. Existen también rocas paleozoicas indiferenciadas, correspondientes al resto de los afloramientos de caliza y arenisca consideradas del Ordovícico-Pérmico y se distinguen por contener más horizontes de arenisca cuarcítica. En el lugar también afloran rocas del Cretácico Superior-Eoceno como toba riolítica, andesita, y riolita que fueron afectadas por cuerpos intrusivos granito-granodioríticos. Posteriormente, y cubriendo en forma discordante se observan rocas del Mioceno tales como toba riolítica, riolita, conglomerado polimíctico y arenisca. Discordantemente sobre las rocas preexistentes se tienen derrames de andesita, andesita basáltica y basalto. Los depósitos cuaternarios están constituidos por conglomerados y gravas de edad pleistocena, así como gravas y arenas (Cuen, 2012), (Figura 7).

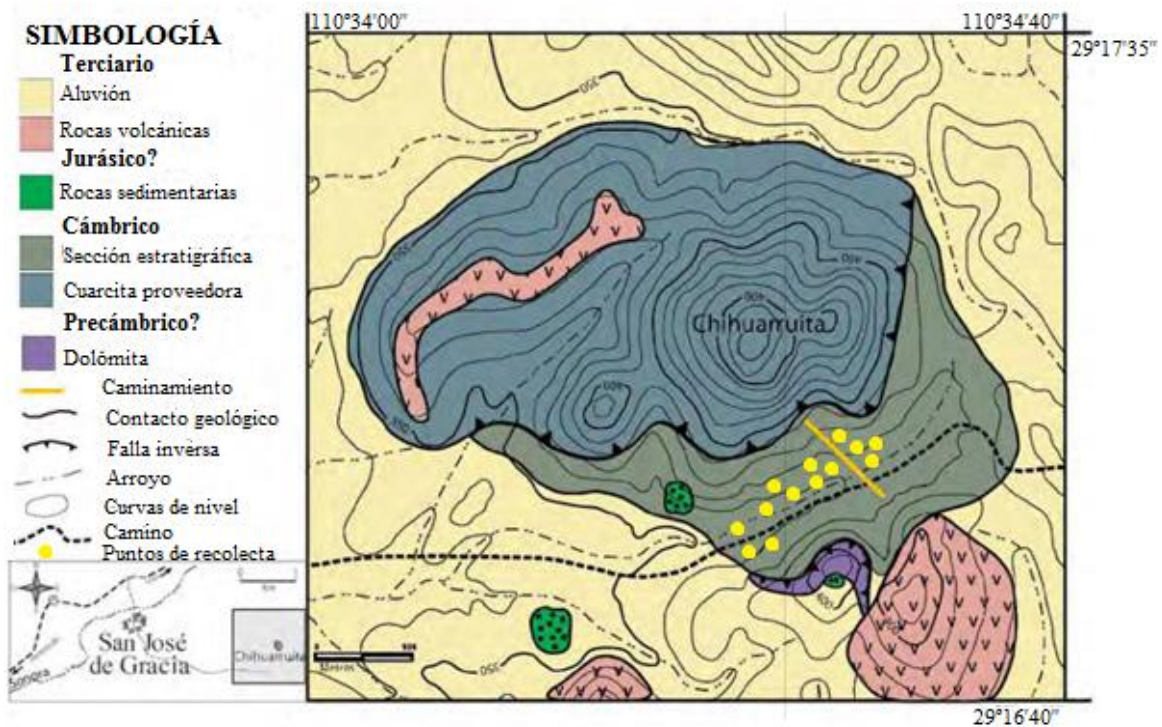


Figura 7. Mapa Geológico del área de estudio San José de Gracia, Sonora y las zonas de muestreo (Modificada de Almazán-Vázquez, 2002).

6.4. Estratigrafía.

En la proximidad de San José de Gracia existe un paquete expuesto de rocas clásticas y carbonatadas, depositadas al inicio de la Era Paleozoica. La secuencia estratigráfica cubre un área restringida en las inmediaciones del cerro El Chihuarruita y tiene 232 metros de espesor divididos de la base a la cima de la siguiente manera:

El Miembro A, tiene 12 m de espesor de cuarzo-arenita de color marrón oscuro, esta unidad posiblemente incompleta debido a que su base está cubierta por una falla inversa. Las rocas clásticas están constituidas por granos milimétricos de cuarzo sub-redondeados, con tendencia al engrosamiento. Los estratos de este miembro superan con frecuencia el metro de espesor.

El Miembro B presenta cinco metros de espesor y se considera una facies clástica. Las rocas consisten en arenisca bioturbada rica en cuarzo-arenita de color marrón amarillento, la fuerte bioturbación elimina las estructuras sedimentarias.

El Miembro C se encuentra concordantemente sobre el miembro anterior con 10 m de espesor, cuarzo-arenita oscuro de color marrón. Los elementos epiclásticos son subangulares y presentan dimensiones menores de un milímetro de diámetro. Las condiciones hidrodinámicas de la sedimentación dieron origen a una clara gradación del tamaño de grano (de gruesos a medios).

La roca fue piritizada y es posible observar concentraciones de acumulaciones dispersas de cristales euhedrales de pirita hasta de un milímetro de longitud, parcialmente oxidada.

El Miembro D denota un claro cambio en la sedimentación a horizontes clásticos y carbonatados. Su espesor total es de 40 m. La litología predominante es arenisca rojiza y amarillenta. La parte inferior del miembro se compone de capas de arenisca, con lentes de pedernal, que varían en longitud lateral de 5 a 15 m. La mayoría de las capas se identifican topográficamente debido a su moderada silicificación, induciendo una mayor resistencia a la erosión.

En la parte media hay caliza con bioturbación cuyo espesor es de 20 m, con estructuras oncoidales de algas del género *Collenia* con dimensiones entre 0.5 a 4 cm de diámetro. Estas capas contienen abundantes moluscos hiolítidos de las especies *Hyolithes sonora* Lochman y *Haplophrentis reesei* Bobcock y Robison (Huerta, 2011), también algunas placas de la teca y de la columna de pelmatozoarios-eocrinoideos de la especie *Gogia granulosa* Robison (Nardin *et al.*, 2009) y fragmentos de trilobites identificados con la especie de *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis* Resser. Es probable que el depósito de estas rocas se produjera entre los 515 a 510 Ma aproximadamente y probablemente corresponda a la parte superior de la biozona *Bonnia-Olenellus* Palmer.

La parte superior de este miembro está formada por lutita gris con estructura masiva. Está intensamente fracturada y erosionada con láminas finas (0.5 a 3 cm). Esta lutita localmente evolucionan a limolita con tonos verdosos y horizontes delgados de caliza color gris, con frecuencia contienen conchas de hiolítidos asociados con varios fragmentos de trilobites (Nardin *et al.*, 2009).

El Miembro E se encuentra concordantemente sobre el Miembro D, está constituido por 15 m de caliza gris oscura, sus estratos varían de 60 cm a 5 m de espesor. Contiene oolitos (con diámetro menor a un milímetro). Además, la caliza presenta microfauna y algunos nódulos de hematita y pirita.

El Miembro F constituye una de las unidades mejor expuestas de la secuencia del Cámbrico de San José de Gracia, ya que éste tiene un espesor de aproximadamente 110 m, constituido principalmente por estratos arcillosos de color rojizo claro, con estratificación masiva y parcialmente cementadas por carbonatos (Almazán-Vázquez, 1987; Nardin *et al.*, 2009). La intensa fracturación tiene como resultado la separación de la roca en láminas pequeñas de menos

de 2 cm de longitud. Existen intercalaciones de rocas calcáreas, sedimento arcilloso y limolita. Las capas de caliza están intercaladas con capas de material clástico. Gran parte de la caliza presenta una intensa bioturbación, así como gran cantidad de conchas de braquiópodos inarticulados y articulados, además de fragmentos de trilobites, que le confieren una estructura típica de coquina. En la base del miembro hay varias capas de caliza que contienen abundantes espículas de esponjas Hexáctinellidas de la especie *Chancelloria eros* Walcott (Cuen *et al.*, 2013). La abundante y bien conservada fauna de braquiópodos inarticulados y trilobites se distribuyen regularmente a lo largo de los 50 m de la alternancia clástica y calcárea en el estrato. Finalmente, la parte superior de la columna (Miembro G) está formada predominantemente por 40 m de horizontes de tamaño mediano de caliza que varían de 2 a 20 cm de espesor con intercalaciones delgadas de arcilla calcárea de espesor de 3 a 35 cm. El Miembro G está cubierto por rocas dolomíticas probablemente precámbricas y riolíticas del Cenozoico (Almazán-Vázquez, 1987; Nardin *et al.*, 2009).

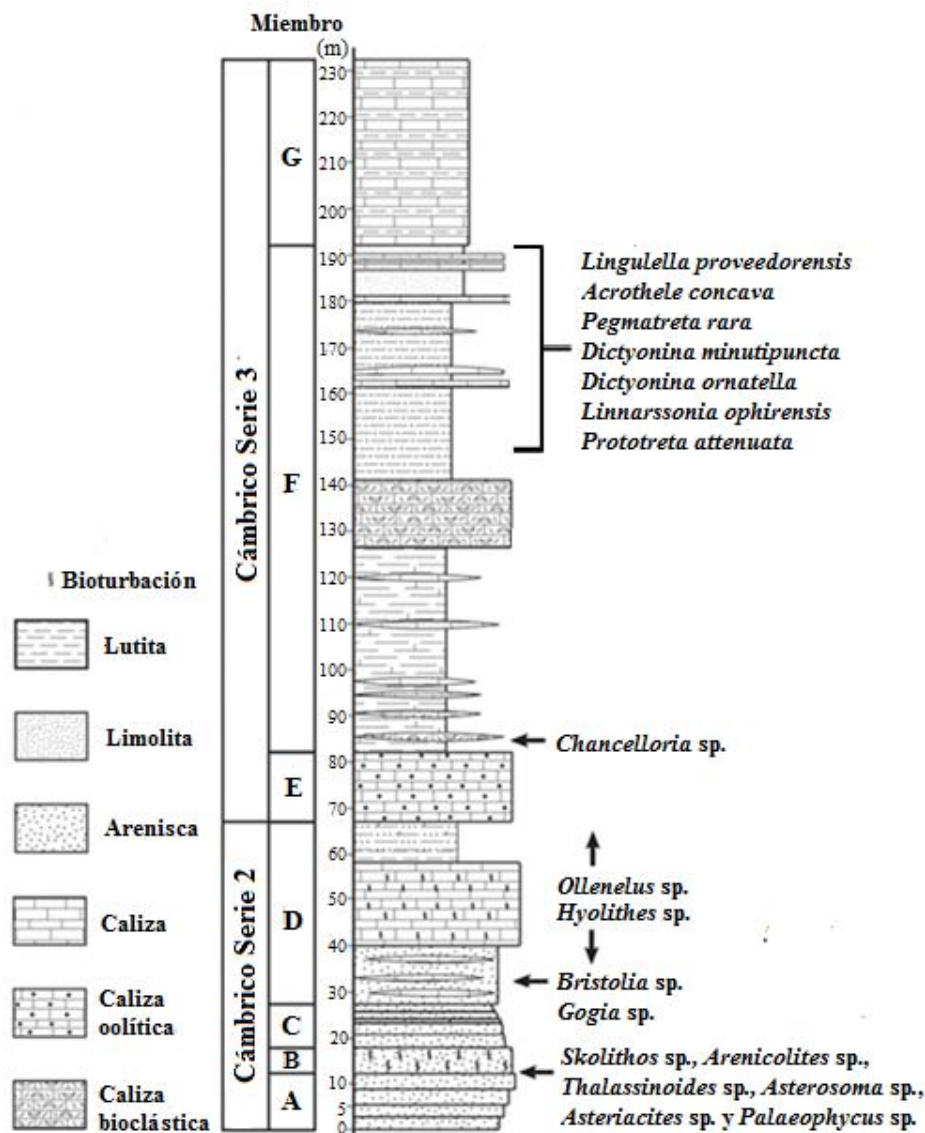


Figura 8. Sección estratigráfica del cerro El Chihuarruita de San José de Gracia, Sonora (Modificada de Almazán-Vázquez, 2002).

7. RESULTADOS.

7.1. Paleontología Sistemática.

El material estudiado se encuentra depositado en la Colección de Paleontología “Dr. Emilio Almazán Vázquez” del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y están catalogados con las siglas USON-DG-201-USON-DG-356. La determinación taxonómica de los ejemplares se llevó a cabo con base a la clasificación propuesta por Williams *et al.*, (1965 y 2007).

Phylum BRACHIOPODA Dumeril, 1805.

Subphylum LINGULIFORMEA Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996.

Clase Lingulata Gorjansky y Popov, 1985.

Orden Lingulida Waagen, 1885.

Superfamilia Linguloidea Manke, 1828.

Familia Obolidae King, 1846.

Género *Lingulella* Salter, 1866.

Especie tipo: *Lingula davisii* M'Coy, 1851.

Diagnosis.- Concha alargada oval a semitriangular de baja convexidad, con margen posterior redondeado, el ápice forma una pequeña protuberancia que sobresale de las deflexiones laterales, presenta pseudointerárea ventral estrecha, foramen triangular, propáreas ventrales con líneas de flexión bien definidas, áreas viscerales de ambas valvas ligeramente impresas, área dorsal visceral con una cresta baja y mediana, que se extiende hacia el lado anterior a la mitad de la valva, tanto los márgenes laterales anteriores, así como las cicatrices musculares se encuentran estrechamente espaciadas (Biernat y Tomczykowa, 1968; Williams *et al.*, 2007).

Lingulella provedorensis Cooper, 1952.

(Figs. 13 a-d).

Diagnosis.- Concha pequeña, alargada longitudinalmente, más ancha hacia el margen anterior, ornamentada con finas líneas de crecimiento y ondulaciones concéntricas. Valva ventral adelgazada, márgenes laterales y el contorno anterior ligeramente convexos. Perfil lateral algo convexo con máxima curvatura cerca de la mitad de la valva. El margen anterior de la valva ventral es más amplio y convexo que los márgenes laterales. La región del umbo tiene una pequeña protuberancia con pendientes umbonales. La protuberancia continúa hacia la parte

anterior de la valva y decae hacia la mitad de la misma, donde la convexidad se mantiene uniforme hasta el margen anterior (Cooper *et al.*, 1952).

Descripción.- La concha presenta forma oval, casi plana, alargada longitudinalmente, la valva ventral es conspicuamente puntiaguda, tenuemente convexa, casi plana cerca de los márgenes laterales y con mayor convexidad en la proximidad hacia el orificio peduncular.

La ornamentación de la valva ventral consiste en líneas de crecimiento y estrías bien marcadas que cruzan el área paralelamente a la base, también tiene una protuberancia umbonal a lo largo de la valva que disminuye en dirección hacia el margen anterior de la valva.

Discusión.- Cooper *et al.*, (1952) reportan a *Lingulella proveedoraensis* en la Formación Puerto Blanco en Caborca, Sonora, para el Cámbrico temprano de la región. Esta especie tiene gran parecido con *Lingulella ampla* Owen, 1852 (Walcott, 1912, p. 477, lám. 28, figs. 1, 1a-j) reportada para el Cámbrico medio de Dakota del Sur y Minnesota, Estados Unidos de Norteamérica, debido a que ambas tienen una protuberancia umbonal, pero *L. ampla* difiere por la presencia de papilas que indican que la superficie interna de la concha es puntiforme. También se asemeja a *Lingulella ferruginea* Salter, 1867 (Walcott, 1912, p. 496, lám. 29, figs. 1, 1a-w, 2, 2a-f; lám. 30, fig. 1; lám. 31, figs. 3, 3a-c; lám. 35, figs. 4, 4a-b) perteneciente al Cámbrico Superior de Salta, Argentina, debido a que las valvas ventrales muestran líneas de crecimiento concéntricas muy similares y los márgenes laterales son paralelos entre sí, similar a *L. proveedoraensis*, sin embargo, las valvas de *L. ferruginea* son más alargadas hacia el contorno, con forma pentagonal y esquinas redondeadas. *Lingulella lepis*, Salter, 1866 (Walcott, 1912, p. 514, lám. 31, figs. 4, 4a-f) del Cámbrico Superior de Gales puede ser comparado con *L. proveedoraensis* pero se diferencia porque las valvas ventrales de *L. lepis* son de forma ovalada a semicuadrada hacia el contorno anterior. Es parecida a *Lingulella vistulae* Gürich, 1892 (Walcott, 1912, p. 531, lám. 31, figs. 2, 2a) del Cámbrico medio de Sandomierz, Polonia, pero las valvas son más angostas hacia el contorno, además de ser menos convexas que en *L. proveedoraensis* (Biernat y Tomczykowa, 1968).

Lingulella prima (Conrad) Hall, 1847 (Walcott, 1912, p. 526, lám. 27, figs. 1, 1a-c) del Cámbrico Superior de Nueva York, EUA, tiene ornamentación con líneas de crecimiento concéntricas muy parecidas a las de *L. proveedoraensis*, no obstante, las valvas ventrales de *L. prima* son más puntiagudas y alargadas. *L. proveedoraensis* también es similar a *Lingulella granvillensis* Walcott, 1887 (Walcott, 1912, p. 504, lám. 22, figs. 1, 1a-d) reportado para el

Cámbrico temprano de la localidad de North Granville, New York, EUA, en medidas y proporciones, pero tiene una valva ventral más disminuida.

Material referido.- Ejemplares USON-DG-232, USON-DG-254 y USON-DG-255, todos exponen la superficie externa de la valva ventral.

Dimensiones de los ejemplares de *Lingulella proveedorensis* provenientes del cerro El Chihuarruita, ejido de San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, México. (Medidas expresadas en mm).

Ejemplar	Longitud	Anchura
USON-DG-232	2.51	1.60
USON-DG-254	2.43	1.68
USON-DG-255	2.69	*

*incompleto.

Orden Acrotretida Kuhn, 1949.

Superfamilia Acrotretoidea Schuchert, 1893.

Familia Acrotretidae Schuchert, 1893.

Género *Prototreta* Bell, 1938.

Especie tipo: *Prototreta trapeza* Bell, 1938.

Diagnosis.- Concha semicircular a transversalmente ovalada con margen anterior ampliamente convexo, la curvatura de la concha hacia el perfil lateral es ligera y uniformemente convexa. Valva ventral cónica a muy cónica, pseudointerárea ventral larga de proclina a apsaclina con un canal o depresión, foramen abierto en el estadio larval, la valva dorsal es ligeramente convexa, pseudointerárea dorsal larga, presenta anaclina con una amplia ranura mediana y triangular, proceso apical amplio, fosas apicales pos-laterales al foramen, septo dorsal mediano con forma triangular, a veces digitado, o bien, con barras gruesas o con una plataforma cerca de la parte superior. La ornamentación consiste en rugosidades finas (Shergold *et al.*, 1974; Williams *et al.*, 2007; Popov *et al.*, 1996).

Prototreta attenuata Meek, 1873.

(Figs. 14 a-g).

Sinonimia.

- 1873 *Acrotreta attenuata* Meek, p. 463.
1884 *Acrotreta gemma* Walcott, p. 17-18.
1891 *Acrotreta gemma* Walcott, p. 608.
1899 *Acrotreta gemma* Walcott, p. 449.
1905 *Acrotreta attenuata* Meek, Walcott, p. 298.
1941 *Prototreta attenuata* Bell, 15, p. 223.
2000 *Prototreta attenuata* Holmer y Popov, p. 61, fig.2 a-h.

Diagnosis: Valva ventral elevada con pseudointerárea estrecha y curvada, la valva dorsal es menos convexa que la ventral y ornamentación definida por líneas de crecimiento concéntricas tenues (Brock y Percival, 2006).

Descripción.- La concha es semicircular a transversalmente ovalada hacia el margen anterior, el margen posterior es anguloso, la valva ventral es cónica y convexa, presenta elevación en la parte media posterior, con pseudointerárea curvada. La valva ventral tiene estructuras ornamentales que consisten en líneas y estrías de crecimiento de forma concéntrica.

Discusión.- Almazán-Vázquez, (1987) y Cuen *et al.*, (2013) hallaron especímenes pertenecientes a *Prototreta attenuata* en las Formaciones El Mogallón y La Huera, en la localidad de Arivechi, en la región centro-oriental del estado de Sonora.

Prototreta attenuata es similar de manera general a *Prototreta millsii* Brock y Percival, (2006, p. 94, fig. 9A-M; p. 96, fig. 10A-O) del Cámbrico de las Formaciones Pincally y Wydjah, en Australia, pero la valva ventral de *P. attenuata* es menos convexa. *Prototreta venusta* Koneva, 1990 (Holmer *et al.*, 2001, lám. 30, figs. 15-17; lám. 32, figs. 1-11) del Cámbrico medio de Kazajistán, tiene una valva ventral menos cónica y un septo transversal mediano más corto, mientras que *Prototreta flabellata* Bell, (1941, lám. 31, figs. 55, 56, 57) del Cámbrico medio de Gordon, Montana, Estados Unidos de Norteamérica (Brock y Percival, 2006), se distingue por su ornamentación externa entrecruzada o arrugada. Finalmente, discrepa de *Prototreta trapeza* Bell, (1938, lám. 31, figs. 34-48) del Cámbrico medio de Gordon, Montana, EUA, porque la pseudointerárea ventral es más recta.

Material referido.- Ejemplares USON-DG-205, USON-DG-234, USON-DG-240, USON-DG-244, USON-DG-318, USON-DG-331 y USON-DG-341.

Dimensiones de los ejemplares de *Prototreta attenuata* provenientes del cerro El Chihuarruita, ejido de San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, México. (Medidas expresadas en mm).

Ejemplar	Longitud	Anchura
USON-DG-205	2.66	2.79
USON-DG-234	2.66	3.16
USON-DG-240	1.88	2.68
USON-DG-244	2.83	3.39
USON-DG-318	1.78	*
USON-DG-331	2.14	2.54
USON-DG-341	2.27	2.02

*incompleto.

Orden Acrotretida Kuhn, 1949.

Superfamilia Acrotretoidea Schuchert, 1893.

Familia Acrotretidae Schuchert, 1893.

Género *Linnarssonina* Walcott, 1885.

Especie tipo: *Obolella transversa* Dawson, 1868.

Diagnosis.- Concha semicircular a transversalmente ovalada y corta, con margen posterior convexo, la valva ventral es convexa con tendencia a ser semicónica, pseudointerárea con cataclina a proclina, raramente presenta apsaclina con intercanales, sin foramen dentro de las conchas larvarias. La valva dorsal generalmente convexa en estado vestigial, pseudointerárea completa, proceso apical alto, probablemente con protuberancia, anterior al foramen. Valva dorsal interior con una cresta de altura mediana a muy alta y un estribo mediano, cicatrices antero-centrales bien definidas (Holmer *et al.*, 2001; Williams *et al.*, 2007).

Linnarssonina ophirensis Walcott, 1902.

(Figs. 15 a-f).

Sinonimia.

- 1868 *Obolella transversa* Dawson, p. 644.
- 1885 *Linnarssonina transversa* Walcott, p. 116.
- 1902 *Acrotreta ophirensis* Walcott, p. 591.
- 1902 *Aerotreta ophirensis rugosa* Walcott, p. 592.

- 1912 *Aerotreta ophirensis rugosa* Walcott, p. 697, lám. 74, fig. 1, la-lp.
 1912 *Aerotreta ophirensis rugosa* Walcott, p. 699, lám. 74, fig. 2, 2a-2e.
 1941 ?*Pegmatreta rotunda* Bell, p. 232, lám. 30, figs. 27-31, text fig. 17.
 1964 *Pegmatreta ophirensis* Robinson, p. 558, lám. 91, fig. 1-9.
 1966 *Linnarssonina ophirensis* Rowell, p. 24, lám. 4, figs. 1-11; tabla 6; texto-figs. 24-25.

Diagnosis: Concha semicircular a transversalmente ovalada en el contorno. Valva ventral convexa algo semicónica, ligeramente de cataclina a proclina, pseudointerárea plana o poco cóncava, dividida por una estrecha y moderada depresión, foramen peduncular externo pequeño, circular, inmediatamente posterior al ápice, margen anterior de la valva convexo. Ornamentación de la valva ventral con líneas de crecimiento concéntricas bien definidas con espacios ligeramente superficiales formados debido a la interrupción del crecimiento radial, protuberancias poco salientes hacia las zonas laterales de la valva.

Valva ventral interior con espesor semitriangular sobre la pendiente anterior y delimitada lateralmente, apertura apical interna antero-dorsalmente dirigida hacia la cavidad, depresiones apicales cerradas en la cavidad hacia el lado lateral del foramen interno, cicatrices del músculo cardinal comúnmente elevadas, semicircular hacia el contorno (Rowell, 1966).

Descripción.- La concha tiene forma semicircular a transversalmente ovalada hacia el contorno, la valva ventral es convexa y algo semicónica, dividida por una estrecha y moderada depresión, la altura máxima de la valva se encuentra aproximadamente en la parte media de la misma, el foramen peduncular es externo, pequeño y próximo al ápice.

La ornamentación de la valva ventral consiste en líneas de crecimiento concéntricas bien marcadas y con anchos espacios ligeramente superficiales formados debido a que el crecimiento radial fue interrumpido y a la presencia de protuberancias poco salientes hacia las zonas laterales de la valva.

Discusión.- Se ha reportado la presencia de braquiópodos de la especie *Linnarssonina ophirensis* para el Cámbrico del área de Arivechi, Sonora (Almazán-Vázquez, 1987; Cuen *et al.*, 2013). *L. ophirensis* se diferencia de *Linnarssonina ophirensis-rugosa* Rowell, 1966 (Walcott, 1912, p. 699, lám. 74, figs. 2, 2a-2e) perteneciente al Cámbrico de Utah, EUA, debido a que esta última presenta líneas de crecimiento más gruesas y rugosas, además de que carece de protuberancias salientes en la valva ventral. Por otra parte, Robinson, (1964), considera como sinónimo de *L.*

ophirensis a *Pegmatreta rotunda* Bell, (1941, p. 232, lám. 30, figs. 27-31) que pertenece al Cámbrico de Montana, EUA.

Material referido.- Ejemplares USON-DG-202, USON-DG-203, USON-DG-235 USON-DG-239, USON-DG-319 y USON-DG-347.

Dimensiones de los ejemplares de *Linnarssonina ophirensis* provenientes del cerro El Chihuarruita, ejido de San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, México (Medidas expresadas en mm).

Ejemplar	Longitud	Anchura
USON-DG-202	2.62	2.88
USON-DG-203	1.95	2.12
USON-DG-235	3.00	3.78
USON-DG-239	2.40	3.48
USON-DG-319	1.93	2.54
USON-DG-347	2.61	2.56

Orden Acrotretida Kuhn, 1949.

Superfamilia Acrotretoidea Schuchert, 1893.

Familia Acrotretidae Schuchert, 1893.

Género *Pegmatreta* Bell, 1941.

Especie tipo: *Obolella transversa* Dawson, 1868.

Diagnosis.- Concha pequeña, valva ventral cónica, pseudointerárea posterior corta y foramen diminuto. Pedúnculo interior con una gran protuberancia justo en la parte anterior al foramen. Valva dorsal circular hacia el contorno y más o menos convexa, valva dorsal interior sin propáreas y con septo mediano, alargado y algo elevado (Cooper *et al.*, 1952).

Pegmatreta rara Cooper, 1952.

(Figs. 16 a-h).

Diagnosis.- Concha pequeña, formando un pequeño y circular cono hacia el contorno, superficie marcada por finas y elevadas líneas concéntricas, foramen pequeño. Valva ventral suavemente convexa, plana y larga hacia los lados, más profunda en la región umbonal, inclinación anterior larga algo convexa que declina ligeramente cerca del margen frontal, pendiente posterior pequeña. Pseudointerárea estrecha, apertura mediana poco profunda y estrecha. Propáreas amplias pero cortas (Cooper *et al.*, 1952).

Descripción.- La concha es de contorno circular y en la parte posterior hay una pseudointerárea muy bien definida y un tanto aplanada, la valva ventral es un poco convexa con el margen anterior y los laterales inclinados. En ejemplares preservados sobresalen hacia los lados un par de rebordes ligeramente salientes en la proximidad del foramen que es pequeño.

La ornamentación consiste en líneas de crecimiento concéntricas finas y gruesas bien marcadas y espacios hundidos entre ellas. En algunas conchas son evidentes las líneas de crecimiento gruesas, en cambio, en otras son más finas y numerosas, que se acentúan particularmente hacia los lados. La pseudointerárea es estrecha.

Discusión.- *Pegmatreta rara* ha sido reportada por Cooper *et al.*, (1952), en la Formación Arjos para el Cámbrico temprano del área de Caborca, Sonora. Los ejemplares recolectados y determinados para *P. rara*, de la región de San José de Gracia, se distinguen de otras especies porque tienen líneas de crecimiento concéntricas muy marcadas y espacios hundidos entre ellas, además hay una pseudointerárea aplanada en la parte posterior de la valva ventral con el foramen pequeño.

La especie es muy parecida a *Acrothele (Redlichella) granulata* Linnarsson 1876 (Bruton y Harper, 2000, p. 43, fig. 9A-F; Henningsmoen, 1952, p. 20, lám. 2, fig. 3) descrita del Cámbrico medio de Suecia y Noruega, pero se diferencia debido a que esta última, posee una valva ventral externa con superficie granulosa, la abertura peduncular es más larga y las dimensiones de la valva ventral son mayores, de 9 mm de longitud por 10.5 mm de amplitud.

Esta especie difiere de *Pegmatreta arellanoi* Cooper, 1952 (Cooper *et al.*, 1952, lám. 13C figs. 7-12) reportada para el Cámbrico medio de la región de Caborca, Sonora, México, porque es más redonda hacia el contorno, tiene una pseudointerárea más larga, el perfil es menos convexo y la callosidad subapical está muy desarrollada en la valva ventral.

Material referido.- Se cuenta con 62 ejemplares de valvas ventrales muy bien conservadas.

Dimensiones de los ejemplares de *Pegmatreta rara* provenientes del cerro El Chihuarruita, ejido de San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, México. (Medidas expresadas en mm).

Ejemplar	Longitud	Anchura	Ejemplar	Longitud	Anchura
USON-DG-211	3.75	4.28	USON-DG-287	3.17	3.94
USON-DG-212	3.24	4.10	USON-DG-290	3.29	3.63
USON-DG-214	3.07	3.29	USON-DG-295	3.46	4.55
USON-DG-215	3.30	*	USON-DG-297	*	*
USON-DG-218	2.92	3.62	USON-DG-298	3.78	*
USON-DG-219	1.99	2.99	USON-DG-299	3.33	2.84
USON-DG-223	3.31	3.73	USON-DG-300	3.60	4.58
USON-DG-224	4.04	*	USON-DG-304	3.38	4.28
USON-DG-225	3.71	4.76	USON-DG-305	3.35	4.27
USON-DG-228	3.29	3.69	USON-DG-306	2.67	4.27
USON-DG-230	2.94	3.71	USON-DG-307	2.87	3.46
USON-DG-231	3.61	3.85	USON-DG-308	3.56	4.68
USON-DG-237	3.31	3.74	USON-DG-310	3.30	5.09
USON-DG-243	4.61	4.64	USON-DG-311	3.06	3.81
USON-DG-245	2.39	2.95	USON-DG-313	3.27	4.84
USON-DG-246	3.55	4.39	USON-DG-314	2.91	3.22
USON-DG-247	3.85	5.08	USON-DG-322	3.29	3.90
USON-DG-250	3.91	4.28	USON-DG-323	2.72	3.29
USON-DG-252	0.77	1.08	USON-DG-326	3.79	*
USON-DG-259	*	3.56	USON-DG-336	*	1.95
USON-DG-264	3.84	4.55	USON-DG-337	2.00	1.82
USON-DG-265	2.75	3.38	USON-DG-344	2.18	2.84
USON-DG-266	2.71	3.03	USON-DG-345	2.14	1.70
USON-DG-269	2.19	3.02	USON-DG-346	2.53	2.67
USON-DG-275	1.68	*	USON-DG-347	2.61	2.56
USON-DG-279	2.79	3.15	USON-DG-349	2.21	2.08
USON-DG-280	2.31	2.73	USON-DG-350	2.30	2.33
USON-DG-281	3.18	5.13	USON-DG-352	3.29	4.85
USON-DG-282	2.00	2.49	USON-DG-353	6.68	8.46
USON-DG-283	3.70	5.25	USON-DG-354	2.50	3.04
USON-DG-285	3.49	4.27	USON-DG-356	2.37	2.57

*incompleto.

Clase Lingulata Gorjansky y Popov, 1985.

Orden Lingulida Waagen, 1885.

Superfamilia Acrotheloidea Walcott y Schuchert, 1908.

Familia Acrothelidae Schuchert, 1893.

Género *Acrothele* Linnarsson, 1876.

Especie tipo: *Acrothele granulata* Linnarsson, 1876.

Diagnosis.- Concha semicircular hacia el margen, umbo pequeño poco saliente, excéntrico y en algunos ejemplares rodeados por un contorno saliente. La valva ventral es ligeramente cónica en el área apical y algo aplanada hacia los márgenes. La ornamentación consiste en líneas de crecimiento concéntricas, onduladas, que varían de finas a gruesas, estas últimas forman rebordes irregulares, con gránulos finos. El interior de la concha tiene cicatrices musculares separadas por una cresta longitudinal hacia la mitad de la misma (Williams *et al.*, 1965; 2007).

Acrothele concava Cooper, 1952.

(Figs. 17 a-f; figs. 20 a-h).

Diagnosis.- Concha semicircular a transversalmente elíptica hacia el contorno, todos los márgenes redondeados. Superficie marcada por notables ondulaciones concéntricas, marcas oscuras radiales aparecen a la mitad de cada valva y se extienden desde la punta apical hasta el margen anterior.

Valva ventral cónica, con el ápice del cono localizado aproximadamente a una quinta parte de la longitud desde el margen posterior. En el margen lateral la pendiente anterior es larga y moderadamente cóncava, la pendiente posterior tiende a ser plana y un poco convexa. Las pendientes laterales son más pronunciadas que la pendiente anterior y moderadamente cóncava. Foramen pequeño, longitudinalmente y estrechamente elíptico, localizado hacia el lado posterior, cerca del ápice. Pseudointerárea moderadamente ancha, un poco plana pero con ligeras impresiones de surcos que se extienden desde el foramen hasta el margen posterior (Cooper *et al.*, 1952).

Descripción.- La concha es de forma semicircular, transversalmente ancha hacia los contornos laterales con márgenes redondeados, la valva ventral es convexa hacia el ápice, evidentemente cónica y algo ovalada en el contorno anterior, el ápice está bien definido y presenta el foramen diminuto rodeado por dos rebordes pequeños y alargados con una depresión estrecha y alargada entre ellos, que varían en forma y tamaño en diferentes ejemplares, la pseudointerárea tiene forma triangular, ancha y está dividida a la mitad por una línea.

La ornamentación consiste en líneas de crecimiento concéntricas que varían en grosor dispuestas desde el ápice hasta el margen anterior, con abundantes gránulos distribuidos irregularmente sobre las gruesas líneas de crecimiento.

Discusión.- *Acrothele concava* fue reportada por Cooper *et al.*, (1952) en la parte superior de la Formación Arrojos, para el Cámbrico temprano en Caborca, Sonora. Los ejemplares de *A. concava*, de San José de Gracia muestran gran similitud con la especie *Acrothele subsidua* White, 1874 (Rowell, 1980, lám. 2, figs. 7-8) del Cámbrico medio de Utah, EUA, pues la concha tiene el contorno anterior circular y la valva ventral es cónica hacia al ápice. *A. concava* también tiene gran semejanza con *Acrothele subsidua hera* Walcott, 1908 (Rowell, 1980, lám. 3, fig. 8) del Cámbrico temprano de Pioche District, Nevada, Estados Unidos de Norteamérica, pero la

diferencia de esta última, estriba en que la valva ventral es más ovalada hacia el contorno anterior y hacia el ápice.

A. concava es muy parecida a *Acrothele colleni* Walcott, 1912 (Walcott, 1912, p. 640, lám. 63, figs. 6, 6a-b) del Cámbrico medio de la Columbia Británica, Canadá, pues ambas tienen valvas ventrales piramidales. Las diferencias consisten en que *A. concava* tiene una concavidad umbonal que cubre gran parte del área de la parte posterior y presenta mayor convexidad en la parte media de la valva ventral. La pseudointerárea de *A. concava* es más amplia. *A. colleni*, tiene el ápice más estrecho y la pendiente más cóncava.

Material referido.- Ejemplares USON-DG-209, USON-DG-238, USON-DG-284, USON-DG-289 y USON-DG-293.

Dimensiones de los ejemplares de *Acrothele concava* Cooper, 1952 provenientes del cerro El Chihuarruita, ejido de San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, México. (Medidas expresadas en mm).

Ejemplar	Longitud	Anchura
USON-DG-209	3.69	3.67
USON-DG-238	2.30	2.09
USON-DG-284	1.96	2.33
USON-DG-289	3.12	4.52
USON-DG-293	2.91	3.18

Clase Paterinata Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996.

Orden Paterinida Rowell, 1965.

Superfamilia Paterinacea Schuchert, 1893.

Familia Paterinidae Schuchert, 1893.

Género *Dictyonina* Cooper, 1942.

Especie tipo: *Trematis pannulus* White, 1874.

Diagnosis.- Concha biconvexa, semicircular con mayor longitud transversalmente, línea de charnela casi recta, valva ventral convexa con ápice saliente, pseudointerárea variablemente definida, alta, apsaclina, con homeodeltidium comúnmente ausente o no muy bien definido. Valva dorsal moderadamente convexa con pseudointerárea baja y con ausencia de crestas en la protégula.

Ornamentación de la concha presenta líneas de crecimiento finas alternadas con depresiones delimitadas por crestas estrechas que aumentan en tamaño distalmente, también hay costillas radiales poco aparentes que parten de la región umbonal hacia el margen anterior (Rowell, 1980; Liñán y Mergl, 2001; Williams *et al.*, 2007).

Dictyonina minutipuncta Cooper, 1952.

(Figs. 18 a-e).

Diagnos.- Concha bicovexa, larga, transversalmente elíptica hacia el contorno, márgenes laterales y anteriores redondeados, superficie marcada por ondulaciones y finas líneas de crecimiento concéntricas, arrugas radiales colocadas irregularmente con pequeñas depresiones que se colocan de manera longitudinal y elíptica (Cooper *et al.*, 1952).

Descripción.- La valva ventral es transversalmente ovalada a semicircular en el contorno, con la máxima convexidad hacia la parte media de la valva.

La ornamentación consiste en depresiones poco profundas colocadas de forma longitudinal en la valva ventral, con arrugas radiales y líneas concéntricas de tamaño variable de manera proporcional al grado de madurez de la concha.

Discusión.- Cooper *et al.*, (1952) determinaron la especie *Dictyonina minutipuncta* perteneciente al Cámbrico medio de la región de Caborca, Sonora en la parte superior de la Formación Arrojos. Las muestras de *D. minutipuncta*, recolectadas en San José de Gracia, denotan una considerable similitud con *Dictyonina pannula* White, 1874 (Rowell, 1980, lám. 7, figs. 1,2,5) pertenecientes al Cámbrico temprano y medio de la región de Pioche District, Nevada, EUA (Rowell, 1980), pero la diferencia estriba en que *D. minutipuncta* presenta arrugas radiales en toda la valva ventral, mientras que en *D. pannula* se ausenta esta característica, asimismo en esta especie las depresiones localizadas en la valva ventral tienen forma hexagonal. *Dictyonina minutipuncta* es parecida a *Micromitra burgessensis* Walcott, 1908 (Cooper *et al.*, 1952, lám. 13A, figs. 1-3) perteneciente al Cámbrico medio de la Columbia Británica, Canadá, pero esta última es más finamente ornamentada (Cooper *et al.*, 1952).

Los ejemplares recolectados en San José de Gracia presentan la valva ventral con depresiones poco profundas de forma poligonal, interrumpidas por una serie de líneas concéntricas en el margen anterior de la valva. La valva ventral supera los ocho milímetros de

longitud y anchura en algunos ejemplares, lo que indica un alto grado de madurez en el tamaño de los especímenes.

Material referido.- Ejemplares USON-DG-206, USON-DG-207, USON-DG-210 y USON-DG-351.

Dimensiones de los ejemplares de *Dictyonina minutipuncta* Cooper, 1952, provenientes del cerro El Chihuarruita, ejido de San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, México. (Medidas expresadas en mm).

Ejemplar	Longitud	Anchura
USON-DG-206	4.59	6.81
USON-DG-207	5.18	6.60
USON-DG-210	8.31	8.20
USON-DG-351	*	*

*incompleto.

Dictyonina ornatella Linnarsson, 1876.

(Figs. 19 a-e).

Sinonimia.

- 1876 *Iphidea ornatella* Linnarsson, p. 25, lám. 3, figs. 42, 43.
 1903 *Iphidea ornatella* Linnarsson, Wiman, p. 55, lám. 2, fig. 9.
 1912 *Micromitra (Iphidella) ornatella* Linnarsson, Walcott, p. 360, lám. 3, figs. 6, 6 a-d.
 1936 *Micromitra (Iphidella) ornatella* Linnarsson, Saito, p. 355, lám. 1, figs. 18-21.
 1936 *Micromitra (Iphidella) ornatella* Linnarsson, Westergård, p. 22, lám. 8, figs. 8-10.
 1968 *Dictyonina ornatella* Linnarsson, Martinsson, p. 148, figs. 9 A, F.
 1985 *Dictyonina ornatella* Linnarsson, Berg-Madsen, p. 138, figs. 4A-B.
 1989 *Dictyonina cf. D. ornatella* Linnarsson, Bruton *et al.*, p. 232. fig. 3-1,3.

Diagnosis. Concha ventribiconvexa con contorno transversalmente semicircular con anchura máxima cerca a la mitad de la valva, línea de charnela recta, contorno obtuso y redondeado con comisura anterior rectimarginal.

Valva ventral un poco más ancha que larga, perfil anterior con máxima convexidad hacia la mitad de la valva, con flancos casi planos que se inclinan lateralmente, perfil lateral con umbo bajo, superficie de la zona anterior ligeramente convexa. Pseudointerárea relativamente corta,

curvada, apsaclina, con delthyrium virtualmente cerrado por un homeodeltidium robusto con las líneas de crecimiento más gruesas. Valva dorsal con márgenes convexos, flancos planos inclinados lateralmente, umbo convexo y pequeño pero prominente, Pseudointerárea curvada con apsaclina, chilidium abierto, parcialmente cerrado, apicalmente, por un homeodeltidium pequeño con líneas de crecimiento engrosadas.

La ornamentación consiste en líneas de crecimiento gruesas, concéntricas, variablemente acentuadas y distintiva microornamentación poligonal, con depresiones poco profundas (Bruton y Harper, 2000).

Descripción.- La valva ventral es transversalmente semicircular con anchura máxima y mayor convexidad en la parte media de la valva, los flancos son moderadamente planos e inclinados hacia los márgenes laterales que son redondeados, la línea de charnela y la comisura anterior son casi rectos, con el umbo pequeño y convexo, asimismo la pseudointerárea se presenta en forma curvada.

La ornamentación de la valva ventral consiste en escasas líneas de crecimiento concéntricas gruesas, intercaladas con líneas finas que se entrecruzan con un distintivo arreglo poligonal ligeramente curvo a lo largo de la valva, además existen depresiones no muy profundas con forma hexagonal, también hay costillas radiales poco aparentes que parten de la región umbonal hacia el margen anterior.

Discusión.- Las muestras recolectadas en el cerro El Chihuarruita y determinadas para *Dictyonina ornatella* Linnarsson, 1876 presentan un gran parecido a la descripción propuesta por Bruton y Harper, (2000, p. 45, figs. 10E-G; Bruton *et al.*, 1989, p. 232. fig.3-1,3) para el Cámbrico medio en Ritland, Noruega, debido particularmente, a la ornamentación similar que se presenta en las valvas ventrales, la cual consiste en un sistema de líneas de crecimiento y depresiones entrecruzadas, que dan como resultado un diseño poligonal conspicuo hacia la parte anterior de las valvas. Difiere de *Dictyonina minutipuncta* Cooper, 1952 (Cooper *et al.*, 1952, lám. 11A, figs. 1-6) reportada para el Cámbrico temprano de Caborca, Sonora, México y de *Dictyonina pannula* White, 1874 (Rowell, 1980, lám. 7, figs. 1,2,5) asignada para el Cámbrico temprano y medio de la región de Pioche District, Nevada, EUA, porque estas últimas dos especies tienen arrugas radiales dispersas en toda la valva ventral, además de poseer líneas de crecimiento concéntricas que interrumpen el desarrollo de las depresiones en la valva.

Material referido.-USON-DG-208, USON-DG-248, USON-DG-262, USON-DG-272 y USON-DG-296.

Dimensiones de los ejemplares de *Dictyonina ornatella* Linnarsson, 1876 provenientes del cerro El Chihuarruita, ejido de San José de Gracia, Municipio de Ures, estado de Sonora, México. (Medidas expresadas en mm).

Ejemplar	Longitud	Anchura
USON-DG-208	3.18	4.11
USON-DG-248	4.02	4.51
USON-DG-262	3.69	5.10
USON-DG-272	3.01	*
USON-DG-296	*	*

*incompleto.

8. CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS.

Snelling, (1964) propone que para determinar las zonaciones bioestratigráficas del Cámbrico se realicen principalmente con la presencia de fósiles. En San José de Gracia se han reconocido numerosas especies de invertebrados que se consideran índices estratigráficos de diferentes localidades y con distribución mundial amplia.

En el cerro Chihuarruita, los Miembros A y B son similares a la Formación Proveedora del área de Caborca por su litología y posición estratigráfica, esta unidad contiene fragmentos de *Olenellus* sp., conchas de *Lingulella* sp. y abundantes *Skolithos* (Cooper *et al.*, 1952). Debido a que la Formación Proveedora de Caborca presenta laminación cruzada y cuarzo-arenita con icnofósiles como *Skolithos* (Rivera-Carranco, 1988a), y aunado a que Corona, (2014) reporta la presencia de los géneros de fósiles traza como *Skolithos*, *Arenicolites*, *Thalassinoides*, *Asterosoma*, *Asteriacites* y *Palaeophycus* en el cerro El Chihuarruita se puede deducir que los Miembros A y B de San José de Gracia se depositaron en un ambiente somero intermareal o submareal, así como lo proponen estos dos últimos autores.

Los Miembros C y D del área de San José de Gracia, se correlacionan con la Formación Buena pues tienen una composición litológica similar. El Miembro D está constituido por caliza oolítica y arenisca, es común encontrar numerosos especímenes de hiolítidos como *Hyolithes sonora* Lochman y *Haplophrentis reesei* Babcock y Robison (Huerta, 2011) y tecas de especímenes de Echinodermata-Blastoidea, representadas por la especie *Gogia granulosa* Robison, índice del Cámbrico temprano-medio (Nardin *et al.*, 2009), también se encuentran

trilobites del género *Bristolia* y algas oncolíticas. La base de la Formación Buelna está compuesta de caliza arenosa gris intercalada con arenisca que contiene fragmentos de *Olenellus* sp., hacia la parte media de la unidad se observa caliza con abundante *Collenia* sp., mientras que en la parte superior de la formación es común hallar trilobites. El contenido litológico, la posición estratigráfica así como el grosor son similares en ambas unidades.

El ambiente de depósito de los Miembros C y D del cerro El Chihuarruita es marino, somero de aguas agitadas, la litología está compuesta de calizas y fragmentos de granos de cuarzo angulosos, lo que hace suponer un aporte brusco de material proveniente del exterior. En la Formación Buelna es común encontrar fósiles, aunque la mayoría rotos, pertenecientes a moluscos identificados como *Hyolithes sonora* Lochman, *Haplophrentis reesei* Babcock y Robison, así como *Salterella* sp., en asociación con abundantes *Olenellus* sp. y *Bristolia* sp. cf. *B.bristolensis*.

El Miembro E del cerro El Chihuarruita está correlacionado con la Formación Cerro Prieto debido a que las dos unidades presentan afloramientos de caliza oscura gris, con acantilados y alto desgaste cárstico. La posición estratigráfica de las unidades es similar, ambas yacen sobre las Formaciones de Buelna y Arrojos de la región de Caborca. La presencia de oolitas está relacionada con aguas someras, sobresaturadas de carbonatos, agitadas por acción del intenso oleaje y/o corrientes continuas. Las oolitas es común encontrarlas en plataformas carbonatadas de mares tropicales; en ambientes submareales o intermareales. La gran abundancia de oolitas en el Miembro E del cerro El Chihuarruita hace suponer que el ambiente de depósito del lugar ocurrió en una zona somera, con alta energía, cerca de la línea de costa.

Los Miembros F y G están correlacionados con la parte superior de la Formación Carrara, en California (Palmer y Halley, 1979) y con la Formación Emigrante localizada en Groom Range, Nevada, EUA, debido a que ambas formaciones fueron depositadas en mar abierto, en aguas profundas, esto porque es común encontrar lutita y caliza con bandas de pedernal y trilobites (Sundberg, 2011), del mismo modo que en San José de Gracia. Estos miembros del cerro El Chihuarruita pueden ser correlacionados también con el Miembro Grassy Spring de la Formación Pioche, en Delamar, Nevada, EUA. En esta zona, con dirección oeste-este existe un depósito dominado por aguas someras, que incluyen bioturbación, presencia de oolitas, arenisca con oncolitos, además de lutita y una gran cantidad de trilobites.

Los estratos de Delamar, representan un ambiente de aguas profundas de mar abierto. Estas capas incluyen lutita negra, con abundante caliza oncolítica en la parte superior e inferior de la

secuencia. Sundberg, (2011) reconoce en este ambiente la presencia de trilobites *Peronopsis bonnerensis*, *Ogygopsis typicalis*, *Pagetia resseri*, *Elrathina antiqua*, *Pagetia rugos*, *Oryctocephalus maladensis* entre otros. Los Miembros F y G presentan una abundante fauna compuesta por trilobites, braquiópodos, espículas de esponjas, *Chancelloria* sp. y *Hyolithes* sp. El Miembro F está conformado por intercalaciones de rocas calcáreas, sedimento arcilloso y limolita. En la parte inferior del Miembro F los braquiópodos *Lingulella* sp., *Acrothele* sp., *Prototreta* sp., *Linnarssonina* sp. y *Dictyonina* sp. son muy comunes y pertenecen al Cámbrico temprano y medio de Sonora (Nardin *et al.*, 2009; Cuen *et al.*, 2013), así como a otras regiones del mundo. Hacia la parte superior, la fauna comienza a ser más abundante con trilobites como *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis*, *Oryctocephalus* sp., *Oryctophalites walcotti*, *Elrathina antiqua*, *Ogygopsis typicalis*, *Bathyriscus* sp. y *Pagetia resseri* (Cuen *et al.*, 2012) además de espículas de esponjas hexactinélidas, así como aislados escleritos de *Chancelloria eros* y *Diagoniella* sp. (Nardin *et al.*, 2009; Cuen *et al.*, 2013). Si se tiene en cuenta que la fauna mencionada es la misma que se registra en los estratos de Delamar, además de la presencia de trilobites agnóstidos se puede deducir que los Miembros F y G fueron depositados en un ambiente de mar abierto. Por otro lado, Cuen, (2012) asignó a las rocas de estos Miembros como parte de la Formación Arrojos del área de Caborca.

Los braquiópodos recolectados en San José de Gracia, Sonora muestran una distribución estratigráfica entre el Cámbrico temprano (Serie 2) al Cámbrico medio (Serie 3), es decir, una edad entre 541 Ma y 500 Ma aproximadamente. Las especies *Lingulella provedorensis*, *Acrothele concava* y *Pegmatreta rara* se han asignado para el Cámbrico temprano, en relación a las edades de los ejemplares que se han recolectado en las Formaciones Puerto Blanco y Arrojos, en Caborca, NW de Sonora (Cooper *et al.*, 1952).

Las especies *Prototreta attenuata*, *Linnarssonina ophirensis* y *Dictyonina minutipuncta* tienen un alcance estratigráfico que llega hasta el Cámbrico medio, esto correlacionado con la biota de Arivechi y Caborca, Sonora (Cooper *et al.*, 1952; Stewart *et al.*, 1984; Almazán-Vázquez, 1987), además de los braquiópodos descritos en afloramientos de Dakota del Sur, Minnesota, Utah, Montana y Nevada, EUA (Cooper *et al.*, 1952; Holmer y Popov, 2000) y con los de la Formación Sarykumy, Kazajistán (Holmer *et al.*, 2001). Los ejemplares determinados como *Dictyonina ornatella* provenientes de San José de Gracia, se correlacionan estratigráficamente con el Cámbrico medio de Ritland, Noruega (Bruton y Harper, 2000).

9. CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS.

Durante el Paleozoico temprano aparecen la mayoría de los phyla que hoy existen. La vida en este periodo se desarrolló en su mayoría en el mar con organismos de cuerpo blando que a través del tiempo formaron conchas en relación a la defensa de los depredadores (McAlester, 1973). Al comienzo del Cámbrico los mares estuvieron habitados por una diversidad de organismos, que incluyó representantes de la mayoría de los grupos de los invertebrados actuales, tales como esponjas, braquiópodos, moluscos, artrópodos, equinodermos e icnofósiles (McAlester, 1973; Liñán y Gámez-Vintaned, 1999), (Figura 9).

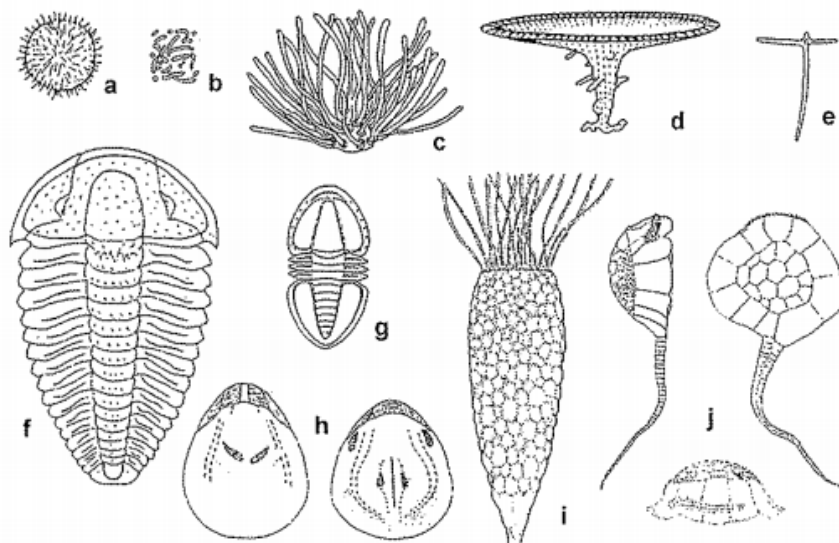


Figura 9. Principales grupos pertenecientes al periodo Cámbrico. (a) acritarca, (b) calcimicrobio, (c) alga, (d) arqueociato, (e) espícula de esponja hexactinélida, (f, g) trilobites, (h) braquiópodo (i) eocrinoideo, (j) carpoideo (Modificado de Liñán y Gámez-Vintaned, 1999).

En el estado de Sonora, los fósiles más abundantes incluyen algas, esponjas, braquiópodos, trilobites, equinodermos e icnofósiles pertenecientes al Cámbrico temprano y medio (Lochman, 1952; Nardin *et al.*, 2009; Cuen, 2012; Cuen *et al.*, 2013; Regalado-Fernández, 2013).

La comunidad biótica de San José de Gracia está constituida por diversos taxa de invertebrados. Entre los artrópodos, los trilobites se encuentran en gran abundancia y bien conservados, los cuales ocuparon ambientes bentónicos marinos de salinidad normal con abundantes nutrientes propiciando una gran diversidad y pronta evolución del grupo (Sprinkle, 1973; Jablonski *et al.*, 1983; Liddell *et al.*, 1997; Lefebvre y Fatka, 2003).

Los moluscos comprenden dos grupos, los helcinéllidos y los hiolítidos. El género *Helcionella* vivió en ambientes bentónicos de mares tranquilos con hábitos probablemente

detrívoros. Los hiolítidos (*Hyolithes sonora* Lochman y *Haplophrentis reesei* Babcock y Robison) cuyos hábitos de vida han sido estudiados por varios autores, quienes proponen diversas interpretaciones entre ellas, como un organismo planctónico, sedentario, cavador, nectónico, nectobentónico o de desplazamiento en los mares cámbricos en los que se desarrollaron (Syssoiev, 1957; Yochelson, 1961; Fisher, 1966; Malinky, 1988; Marti-Mus y Bergstrom, 2005; Huerta, 2011).

Es posible que en la localidad fosilífera del cerro El Chihuarruita, en la región de San José de Gracia, existieran durante el Cámbrico organismos del tipo vermes conservándose únicamente los fósiles traza además de fragmentos pequeños de partes duras como las espículas de esponjas hexactinélidas (Cuen *et al.*, 2013; Corona, 2014).

Los braquiópodos de esta localidad, son muy abundantes en número de ejemplares con relativa diversidad, entre ellos se determinaron los géneros *Lingulella*, *Prototreta*, *Pegmatreta*, *Acrothele*, *Dictyonina*, y *Linnarssonina*.

Las especies *Lingulella proveedorensis*, *Dictyonina ornatella* y *Dictyonina minutipuncta* presentan conchas planas con gran envergadura, mientras que *Prototreta attenuata*, *Pegmatreta rara*, *Acrothele concava* y *Linnarssonina ophirensis* tienen conchas más convexas, en ambos casos, estas características morfológicas representan una ventaja debido a que existe una mejor adaptación a aguas poco profundas de circulación baja a moderada (Kitwell *et al.*, 1986). Estos organismos prefirieron asimismo, zonas de bajo oleaje y poca perturbación del medio debido al socavamiento del fondo por acción de las olas (Kitwell *et al.*, 1986; Buitrón *et al.*, 2007).

En la especie *Pegmatreta rara* fue difícil de diferenciar los morfotipos juveniles, sin embargo, los ejemplares adultos presentan un margen circular más amplio y líneas de crecimiento concéntricas muy marcadas y espacios hundidos entre ellas, además de poseer típicamente una deflexión anterior. Por otra parte, la variabilidad morfológica de algunos taxones está directamente influenciada por factores del medio. Por ejemplo, en los especímenes de *Dictyonina ornatella* y *Dictyonina minutipuncta* a medida que las corrientes del medio son menos energéticas, las conchas de estas especies desarrollan una charnela amplia y generan al mismo tiempo líneas radiales. Respecto al tipo de alimentación, los braquiópodos fueron filtradores, colocándose contracorriente con las valvas abiertas capturando principalmente diatomeas, foraminíferos, así como larvas de moluscos y equinodermos (Beresi, *et al.*, 2012).

Según Kitwell *et al.*, (1986) y Buitrón *et al.*, (2007), la asociación de braquiópodos está relacionada con un tipo de ambiente de depósito intermareal a submareal somero con presencia de gasterópodos cuyos restos se acumulaban en zonas cercanas pertenecientes ambientes mareales. Sin embargo, Sundberg, (2011) y Cuen *et al.*, (2013) consideran que de manera general los ambientes de baja energía estuvieron dominados por trilobites y braquiópodos filtradores con órganos especializados para su alimentación.

Los braquiópodos identificados en San José de Gracia son característicos de conjuntos faunísticos que vivieron en un ambiente marino, al borde externo del margen de la plataforma que rodeaba a Norteamérica, es decir, en mar abierto durante el Cámbrico temprano-medio. La asociación biótica del lugar es típica de mares tropicales, profundos, de aguas tranquilas, poca luminosidad y con abundancia de alimento (Figura 10).

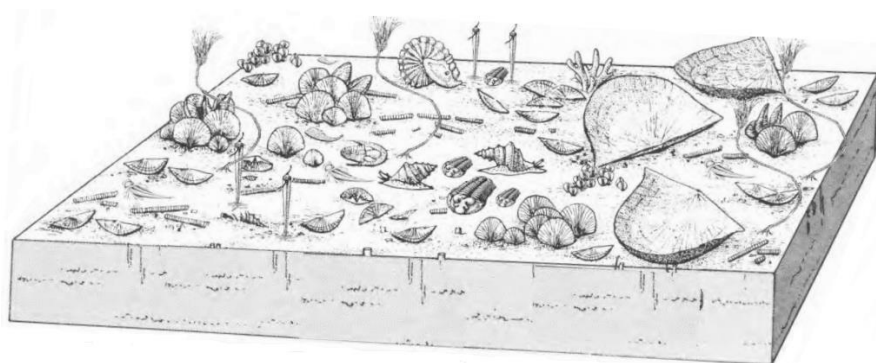


Figura 10. Reconstrucción ambiental del Cámbrico temprano (Modificada de Huerta, 2011).

10. CONSIDERACIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS.

Rocas del Neoproterozoico tardío y Paleozoico temprano afloran en la mayor parte del estado de Sonora. Particularmente, en algunas localidades de la parte central del estado se encuentran rocas sedimentarias que contienen una biota abundante y diversa (Stewart *et al.*, 2002; Almazán-Vázquez *et al.*, 2006; Nardin *et al.*, 2009).

La evidencia geológica y paleomagnética indica que durante el Proterozoico existió un supercontinente llamado *Rodinia*, que a través del tiempo se fragmentó de tal manera que en el Cámbrico, hubo masas terrestres menores, rodeadas de mar ocupando las zonas ecuatoriales del planeta, que provocó que la fauna marina de este tiempo haya sido muy diversa (Stanley, 2005).

En la región de San José de Gracia, la biota está conformada por algas calcáreas pertenecientes al género *Collenia* distribuidas ampliamente en el Paleozoico de casi todo el mundo como en China, Australia, Francia, Canadá y Estados Unidos de Norteamérica (Johnson, 1952). El equinodermo de la especie *Gogía granulosa* es índice del Cámbrico temprano-medio y se reporta además de México, en Canadá, EUA, España y Australia (Sprinkle y Guensburg, 2006; Parsley y Shao, 2006; Nardin *et al.*, 2009).

Los trilobites de los géneros *Peronopsis* y *Pagetia* se han hallado en Groenlandia, Canadá, EUA, México, Australia e India. El género *Oryctocephalus* se ha reportado de EUA, México, Europa, Asia y Australia. *Ehmaniella*, es un género distribuido en Canadá, EUA, México y el continente Asiático. *Kootenia*, se cita en Groenlandia, EUA, México, el norte de Europa, Asia y el noreste de Australia; *Bathyriscus*, descrito para EUA, México e Inglaterra; mientras que el género *Elrathia*, se distribuye en Groenlandia, Canadá, EUA, México y Asia (Sundberg y McCollum, 1997; Huerta, 2011; Cuen, 2012).

El phylum Brachiopoda representado por los géneros *Lingulella*, *Prototreta*, *Acrothele*, *Pegmatreta*, *Linnarssonina* y *Dictyonina* en área de estudio, también se encuentran ampliamente distribuidos en el Cámbrico de Norteamérica (Dakota del Sur, Minnesota, Utah, Montana y Nevada); en Europa (Noruega y Suecia); Asia (Kazajistán, Kirguistán y China) y en Oceanía (Australia) (Walcott, 1912; Cooper *et al.*, 1952; Rowell, 1966; Rowell, 1980; Bruton y Harper, 2000; Holmer y Popov, 2000; Holmer *et al.*, 2001).

Los braquiópodos determinados en San José de Gracia, Sonora son característicos de conjuntos faunísticos de ambientes marinos miogeosinclinales, particularmente de las zonas externas contiguas al margen de la plataforma (Almazán-Vázquez, 1987), y tienen afinidades con los de otras localidades de México y otras partes del mundo (Figuras 11 y 12).

Cooper *et al.*, (1952), reportan que la Formación Puerto Blanco en Caborca, Sonora contiene especímenes pertenecientes a *Lingulella proveedorensis*, mientras que la Formación Arrojos se registran las especies *Pegmatreta rara*, *Acrothele concava* y *Dictyonina minutipuncta*. Posteriormente, Stewart *et al.*, (1984), lograron identificar a *Lingulella proveedorensis* y confirman la presencia de *Pegmatreta rara*, *Acrothele concava* y *Dictyonina minutipuncta* en la Formación Arrojos de Caborca, Sonora.

Almazán-Vázquez, (1987), determinó *Linnarssonina ophirensis* para la región de Arivechi, Sonora. Esta misma especie es citada para el Cámbrico medio de las montañas de Oquirrh

Range, Utah, EUA (Holmer y Popov, 2000), también es reportada en la Formación Sarykumy, Kazajistán y en el Cámbrico de la frontera de Kazajistán, Kirguistán y China (Holmer *et al.*, 2001). *Prototreta attenuata*, se ha reportado para la Formación La Huerta, en Arivechi, Sonora (Almazán-Vázquez, 1987), así como para el Cámbrico medio de Utah, Estados Unidos de Norteamérica (Holmer y Popov, 2000).

Cabe destacar que las especies *Lingulella proveedorensis*, *Pegmatreta rara*, *Acrothele concava* y *Dictyonina minutipuncta* sólo habían sido descritas para Caborca, Sonora y ahora son reportadas en el presente estudio para el cerro El Chihuarruita, lo que confirma lo propuesto por Vachard *et al.*, (2000), quienes consideraron que los afloramientos aislados del Paleozoico de México, entre ellos los de la región de San José de Gracia, pertenecieron al Cratón Norteamericano. Finalmente, la especie *Dictyonina ornatella* ha sido reportada para el Cámbrico medio de la localidad de Ritland, Noruega (Bruton y Harper, 2000).

Por otra parte, la amplia distribución de los braquiópodos hacia otras regiones del mundo puede ser explicada debido a los movimientos continentales durante el Precámbrico-Cámbrico, específicamente a la fracturación del supercontinente *Rodinia* hace unos 750 Ma. Otros continentes como el Báltica y Amazonia se separaron de Laurentia, lo que provocó la abertura del Océano Iapetus y como consecuencia el nacimiento del enorme Océano Pantalásico, lo que seguramente permitió una buena distribución de las larvas de estos organismos en regiones poco profundas por casi todo el planeta (Stanley, 2005).



Figura 11. Mapa global del Cámbrico temprano-medio en donde se señala la zona de estudio (Modificada de Stanley, 2005).



Figura 12. Paleogeografía del Cámbrico temprano-medio de Norteamérica y ubicación de los principales yacimientos cámbricos correlacionados con los braquiópodos de San José de Gracia (Modificada de Cuen, 2012).

11. CONCLUSIONES.

- ❖ Se describieron siete especies de braquiópodos: *Lingulella proveedorensis* Cooper, 1952, *Prototreta attenuata* Meek, 1873, *Linnarssonina ophirensis* Walcott, 1902, *Pegmatreta rara* Cooper, 1952, *Acrothele concava* Cooper, 1952, *Dictyonina minutipuncta* Cooper, 1952 y *Dictyonina ornatella* Linnarsson, 1876, pertenecientes a cuatro Familias: Obolidae King, 1846; Acrotretidae Schuchert, 1893; Acrothelidae Schuchert, 1893 y Paterinidae Schuchert, 1893, que proceden de afloramientos del cerro El Chihuarruita en San José de Gracia, Sonora.
- ❖ La edad de los braquiópodos corresponde al Cámbrico temprano (Serie 2) - Cámbrico medio (Serie 3), que se corroboró con la fauna asociada como *Collenia* sp., *Bristolia* sp., cf. *B. bristolensis*, y *Hyolithes* sp., *Bathyriscus* sp., *Ehamniella?* sp., *Elrathina?* sp., *Kootenia* sp., *Oryctocara* sp., *Oryctocephalus* sp., *Pagetia* sp., *Peronopsis* sp., cf. *P. bonnerensis* Resser, *Peronopsis* sp. y *Gogia granulosa* Robison.
- ❖ Se corroboró la afinidad y ocurrencia con otras localidades de Sonora, como la de Caborca (*Lingulella proveedorensis*, *Pegmatreta rara*, *Acrothele concava*); Arivechi (*Linnarssonina ophirensis* y *Prototreta attenuata*). También se encontró afinidad con otras partes del mundo: *Dictyonina ornatella* hallada en Noruega; *Linnarssonina ophirensis* determinada en Kazajistán, China y Estados Unidos (Utah), mientras que *Prototreta attenuata* se identificó para Utah, EUA.
- ❖ La distribución de los géneros *Acrothele*, *Dictyonina*, *Lingulella*, *Linnarssonina*, *Pegmatreta* y *Prototreta* en diferentes países en el mundo permitió constatar la amplia distribución de los mismos, lo que comprueba que las rocas paleozoicas de Canadá, Rusia, Noruega, Suecia, Kazajistán, China, Australia, además de Nevada, Montana, Utah, y Nueva York, EUA se correlacionan con las del cerro El Chihuarruita de San José de Gracia, Sonora, México debido a que se reportan los mismos géneros de braquiópodos.
- ❖ Las rocas cámbricas de Sonora fueron depositadas en la parte occidental del Cratón Norteamericano, durante el Cámbrico temprano-medio; en este periodo Laurentia debió constituir masas terrestres cercanas al ecuador, alineadas en dirección este-oeste, con mares tropicales lo que favoreció a tener una fauna abundante de invertebrados marinos.
- ❖ En los Miembros A y B del cerro El Chihuarruita el ambiente de depósito tuvo lugar en un ambiente somero intermareal o submareal debido a la abundancia de icnofósiles así como a la presencia de cuarzo-arenita y al tipo de estructura sedimentaria (laminación cruzada). Estos

miembros pertenecen al Cámbrico temprano debido a su correlación con la Formación Proveedora del área de Caborca.

- ❖ Los Miembros C y D están constituidos por caliza oolítica y arenisca, abundancia de hiolítidos, tecas de Echinodermata-Blastoidea (*Gogia granulosa* Robison), trilobites (del género *Bristolia*) y algas oncolíticas que tienen un alcance estratigráfico del Cámbrico temprano al Cámbrico medio. La presencia de caliza oolítica hace suponer que el ambiente de esta sección de depósito se dio en aguas poco profundas y agitadas.
- ❖ El Miembro E presenta oolitas lo que indica que el ambiente de depósito se llevó a cabo en aguas muy agitadas, someras, sobresaturadas de carbonatos y en una zona submareal o intermareal, es decir, cerca de la línea de costa.
- ❖ Los Miembros F y G fueron depositados en un ambiente de aguas profundas de mar abierto, esto debido a la abundancia de trilobites y braquiópodos, además de la presencia de lutita. El hallazgo de trilobites y la determinación de los braquiópodos permiten constatar que el alcance estratigráfico de estos Miembros es del Cámbrico temprano al Cámbrico medio.
- ❖ Las determinaciones realizadas de los especímenes recolectados contribuyen a ampliar el conocimiento sistemático, bioestratigráfico, paleoecológico y paleobiogeográfico, corroborando así que existió una amplia provincia faunística compuesta principalmente por algas, artrópodos, esponjas, braquiópodos, moluscos y equinodermos del Cámbrico temprano-medio.

12. GLOSARIO.

Abertura peduncular: Orificio variablemente formado en la concha por la cual emerge el pedúnculo (Williams *et al.*, 1965).

Anaclina: Situación habitual del interárea en la concha de un braquiópodo estrófico. Describe la situación en el que el interárea está en un ángulo inferior a 90° con el plano de la comisura (Aracil *et al.*, 2000).

Ápice: Primera parte de la valva en formarse, de donde la concha crece subsecuentemente (término usualmente restringido para valvas que tienen este punto colocado de manera central o no tan centrada) (Aracil *et al.*, 2000).

Apsaclina: Situación del interárea de la concha de un braquiópodo estrófico en la que la inclinación del área cardinal en relación al plano de la comisura es de 90° a 180°. En situaciones más comunes (Aracil *et al.*, 2000).

Área apical: Espacio indivisible bajo el umbo en cualquier valva (Aracil *et al.*, 2000).

Área cardinal: Sector posterior de la valva articulada exclusiva del delthyrium o nothyrium (Aracil *et al.*, 2000).

Biconvexo: Ambas valvas convexas (Williams *et al.*, 1965).

Cataclina: Inclinación del área cardinal o pseudointerárea (Williams *et al.*, 1965).

Charnela: En los braquiópodos el área de la comisura donde las dos valvas están en permanente contacto (Williams *et al.*, 1965).

Chilidium: Placa creciente que cubre el ápice del nothyrium (pseudointerárea), comúnmente externa y que se extiende a distancias variables ventralmente sobre el extremo proximal del proceso cardinal y las placas chidiales cuando están presentes (Williams *et al.*, 1965).

Comisura: Línea de junción entre los bordes o márgenes de las valvas (Williams *et al.*, 1965).

Cicatriz: Impresión o elevación sobre la valva más o menos situada al final de la unión muscular (Williams *et al.*, 1965).

Cresta: Elevación relativamente larga y estrecha situada en la concha secundaria, indicado en braquiópodos articulados una variable profundidad dentro de la base subyacente de la valva, con amplias deflexiones de calcita fibrosa normales a lo largo del eje de la cresta y en los braquiópodos inarticulados las deflexiones se comparan con las laminillas en la concha (Williams *et al.*, 1965).

Delthyrium: Abertura mediana triangular o semitriangular que se bifurca en la pseudointerárea y normalmente sirve como abertura peduncular (Williams *et al.*, 1965).

Estrías: Surcos finos o incisiones (Williams *et al.*, 1965).

Foramen: Perforación en la concha semicircular a circular a través de la cual pasa el pedúnculo (Williams *et al.*, 1965).

Homeodeltidium: Placa externamente convexa triangular casi cerrada por completo (Williams *et al.*, 1965).

Interárea: Sector posterior de la concha con crecimiento hacia el borde de la línea de la charnela; también, más comúnmente usado para cualquier plano o superficie curvada situada entre la punta y el margen posterior de la valva y atravesado por el delthyrium o notothyrium (Williams *et al.*, 1965).

“Interthrough”: Abertura mediana, estrechamente triangular que divide la pseudointerárea de la valva ventral (Williams *et al.*, 1965).

Línea de flexión: Línea que se extiende desde la punta al borde anterior de las propáreas de ambas valvas, y en algunos especímenes marcada por la deflexión de líneas de crecimiento (Williams *et al.*, 1965).

Líneas de crecimiento: Líneas concéntricas que crecen en el lado exterior de la superficie de la concha, formadas cuando el crecimiento lado anterior y posterior de la concha fue temporalmente suspendido (Williams *et al.*, 1965).

Lofidium: Proyección en forma de “V” invertida, de la parte posterior de la valva dorsal o de la cara externa del proceso cardinal (Muir-Wood, 1925).

Lofóforo: Órgano alimenticio con prolongaciones filamentosas, dispuestas simétricamente alrededor de la boca, típicamente suspendido en la parte anterior de la pared del cuerpo pero puede estar fijada al manto dorsal, y que ocupa la cavidad del manto (Williams *et al.*, 1965).

Manto: Prolongación de la pared del cuerpo, como un pliegue del epitelium ectodermal (Williams *et al.*, 1965).

Músculo aductor: Músculos que se contraen para cerrar la concha. Dos músculos aductores se dividen dorsalmente, comúnmente presentes en braquiópodos articulados produciendo un par de cicatrices localizadas entre las impresiones del musculo diductor en la valva ventral y dos pares (anterior, posterior) en la valva dorsal. Dos pares de músculos aductores (anterior, posterior) están presentes comúnmente en braquiópodos inarticulados, pasando casi directamente dorsiventralmente entre las valvas (Williams *et al.*, 1965).

Músculo diductor: Músculos que sirven para abrir las valvas de braquiópodos articulados, comúnmente compuesto por dos pares unidos a la valva dorsal inmediatamente posterior a la punta; un par de músculos principales generalmente insertados en la valva ventral a cada lado de los músculos aductores y un par secundario posterior a ellos (Williams *et al.*, 1965).

Nototheryum: Abertura mediana semitriangular que se bifurca en la pseudointerárea (Williams *et al.*, 1965).

Ornamenta: Cualquier crecimiento exterior con un cambio mínimo o interrupción no patológica encontrada sobre la superficie de la concha (Williams *et al.*, 1965).

Pedúnculo: Variablemente desarrollado, cubierto de cutícula, comúnmente sobresale de la valva ventral y es responsable de la fijación del animal al sustrato (Williams *et al.*, 1965).

Propárea: Par de mitades semitriangulares de la pseudointerárea dividida medialmente por varias estructuras como por ejemplo el homeodeltirium, interárea, abertura peduncular, etc. (Williams *et al.*, 1965).

Protégula: Primera formación de la concha de material orgánico (quitina o proteína), secretado simultáneamente por ambas valvas (Williams *et al.*, 1965).

Proclina: Inclinación del área cardinal o pseudointerárea (Williams *et al.*, 1965).

Proceso apical: Conformado variablemente por una protuberancia en la región umbonal de la valva ventral (Williams *et al.*, 1965).

Pseudodelthyrium: Placaconvexa o plana que proporciona una cubierta variablemente de delthyrium pero con el ángulo apical cerrado cuando el foramen es supra-apical o se encuentra ausente y que siempre envuelve dorsalmente al foramen apical (Williams *et al.*, 1965).

Pseudointerárea: Algo aplanada, colocada en el sector posterior de algunos braquiópodos inarticulados, secretado por el sector posterior del manto no fusionada con la valva opuesta (Williams *et al.*, 1965).

Sector anterior: Dirección en plano de simetría o paralelo lejos del pedúnculo en trayectoria hacia la cavidad del manto (Williams *et al.*, 1965).

Sector posterior: Dirección en plano de simetría o paralelo hacia el pedúnculo y lejos de la cavidad del manto (Williams *et al.*, 1965).

Septo: Elevación estrecha de la concha, relativamente larga, comúnmente como una “hoja”, colocada dentro y subyacente a la base de la valva, persistentemente alta, con deflexiones de calcita fibrosa, se origina cerca de la capa primaria y en braquiópodos inarticulados se compara con las deflexiones de las laminillas en la concha (Williams *et al.*, 1965).

Umbo: Porción apical de cualquiera de las dos valvas en donde se encuentra la punta de la concha (Williams *et al.*, 1965).

Valva dorsal: Valva que invariablemente contiene un esqueleto que soporta el lofóforo, comúnmente más pequeña que la valva ventral y tiene distinto patrón de tejido muscular (Williams *et al.*, 1965).

Valva ventral: Valva de la cual emerge el pedúnculo, y que por lo regular es más larga que la valva dorsal (Williams *et al.*, 1965).

13. LITERATURA CITADA.

- Ager, D. V. 1967.** Brachiopod Palaeoecology. *Earth Science Reviews*, vol. 3, p. 157-179.
- Almazán-Vázquez, E. 1987.** El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región centro-oriental del estado de Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista, vol. 8, no. 1, p. 58-66.
- Almazán-Vázquez, E. 1996.** La secuencia estratigráfica del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora. Departamento de Geología, Universidad de Sonora, p. 3.
- Almazán-Vázquez, E. 2002.** El Cámbrico temprano y medio de San José de Gracia, Sonora central, México. *Unión Geofísica Mexicana*, vol. 8, no. 1, p. 58-66.
- Almazán-Vázquez, E., Buitrón, S. B. y Franco, O. 2006.** Formación Pozo Nuevo: Una secuencia litoestratigráfica de plataforma del Ordovícico Temprano de la región central de Sonora, México. Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 23, p. 23-38.
- Anderson, T. H., Eells, J. H. y Silver, L. T. 1978.** Rocas precámbricas y paleozoicas de la región de Caborca, Sonora, México. *En* Roldán-Quintana, Jaime, y Salas, G. A. (eds.), Primer simposio sobre la geología y potencial minero en el Estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Hermosillo, Libreto-guía, p. 5-34.
- Aracil, E., Barandica, J. M., Cervera, A., Chacón, B., Delgado, J. A., Barrenechea, J. F., Fregenal, M. A., García-Hidalgo, J., González-Casado, J. M., Herranz, P., Herrero, C., López-Gómez, J., Martín, J., Luque, F. J., Martínez-Díaz, J. J., Ortega, L., Pérez-Olea, D. E., Rey, D., Rodrigo, M., Rodríguez, S., Rossi, C., Santisteban, J. I., Temiño, J., Tsige, M. y Turrero, M. J. 2000.** *Diccionario Ciencias de la Tierra*. Oxford-Complutense, S. A. 1ª edición, 887 p.
- Bartolini, C., Morales-Montaño, M. y Damon, M. 2001.** Estratigrafía del Cenozoico y geocronología (K-Ar) del área de sur de San José de Gracia, Sonora central, México. *Geological Society of America*, vol. 24, p. 6.

- Bell, W. C. 1938.** *Prototreta*, a new genus of brachiopod from the Middle Cambrian of Montana. Papers of the Michigan Academy of Sciences, Arts and Letters, vol. 23, p. 403-408.
- Bell, W. C. 1941.** Cambrian Brachiopoda from Montana: Journal of Paleontology, vol. 15, p.193-255.
- Berg-Madsen, V. 1985.** The Middle Cambrian of Bornholm, Denmark: A stratigraphical revision of the Lower Alum Shale and associated anthraconites. Geologiska Föreningens I Stockholm Förhandlingar, vol. 106, p. 357-376.
- Beresi, M. S., Cabaleri, N. G., Buitrón, S. B., Rodríguez, M. C., Heredia, S. y Tortello, F. 2012.** Microfacies, biota y paleoambientes sedimentarios del Ordovícico Temprano-Medio del Cerro Salazar, Sonora central, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 29, no. 2, p. 330-345.
- Biernat, G. and Tomczykowa, E. 1968.** On the Upper Cambrian *Lingulella* Salter (Brachiopoda) from the Holy Cross mountains, Poland. Acta Palaeontológica Polonica, vol. 13, no. 2, p. 159-177.
- Bridge-Wadsworth, L. 1964.** Stratigraphy of Mina Plomosas-Placer de Guadalupe Area. In Geology of Mina Plomosas-Placer de Guadalupe Area, Chihuahua, Mexico, an Field Guidebook, West Texas Geological Society, Publication, vol. 64, no. 50, p. 50-59.
- Brock, G. A. and Percival, I. G. 2006.** Cambrian stratigraphy and faunas at Mount Arrowsmith, northwestern New South Wales. Memoirs of the Association of Australasian Paleontologists, vol. 32, p. 75-101.
- Brunner, P. 1987.** Estudio bioestratigráfico de las rocas del Paleozoico en Izúcar de Matamoros, Puebla: México, D. F., Instituto Mexicano del Petróleo, informe técnico.
- Bruton, D. L., Harper, D. A. T. and Repetski, J. E. 1989.** Stratigraphy and faunas of the Parautochthon and Lower Allochthon of southern Norway. In Gayer, R.A. (ed.), The Caledonian Geology of Scandinavia. Graham and Trotman, p. 231-241.

- Bruton, D. L. and Harper, D. A. T. 2000.** A mid-Cambrian shelly fauna from Ritland, western Norway and its palaeogeographical implications. *Western Norway and its palaeogeographical implications. Bulletin of the Geological Society of Denmark, Copenhagen, vol. 47, p. 29-51.*
- Buitrón, S. B. 1992.** Las rocas sedimentarias marinas del Paleozoico Inferior de México y su contenido biótico. *En Gutiérrez-Marco, J. C., Saavedra, J. y Rábano, I. (eds.), Paleozoico Inferior de Ibero-América: España, Universidad de Extremadura, UNESCO, IGCP. Proyectos 249, 270, 271 y 277, p. 193-201.*
- Buitrón, S. B. y Almazán-Vázquez, E. 2006.** La fauna de braquiópodos del Paleozoico de Sonora, México y su contexto paleogeográfico. *European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America Cuadernos del Museo Geominero, no. 8. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2007. ISBN 978-84-7840-707-1. Instituto Geológico y Minero de España.*
- Buitrón, S. B., Gómez-Espinoza, C., Almazán-Vázquez, E. and Vachard, D. 2007.** A late Atokan regional encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora State, NW Mexico, p. 201-209. *In Alvaro, J. J., Aretz, M., Boulvain, F., Munnecke A., Vachard, D. and Vennin, E. (eds.), Paleozoic Reefs and Bioaccumulations: Climatic and Evolutionary Controls. Geology Society London, Special Publication, 275 p.*
- Buitrón, S. B., Vachard, D., Clausen, S. and Gómez, E. A. 2011.** A Cambrian Mollusks (*Hyolithida*, *Syssoiev*, 1957) from San José de Gracia, Sonora, North western Mexico. 2011 International Malacology Reunion, 175 p.
- Camacho, H. H. y Longobucco, M. I. 2008.** Los Invertebrados Fósiles. Vázquez Mazzini Editores, (Tomo I y II). Buenos Aires, Argentina, 950 p.
- Cirett, G. J. y Aguilar, R. F. 1989.** Características geológicas de hidrogeoquímicas del Valle de Ures, Sonora, México. Tesis Profesional de Licenciatura. Universidad de Sonora. Departamento de Geología. Hermosillo, Sonora, México. 100 p.

- Clarkson, E. N. K. 1986.** Invertebrate Paleontology and Evolution. University of Edinburgh, Scotland. Department of Geology, 357 p.
- Cocks, L. R. M. 1967.** Depth patterns in Silurian Marine Communities. *Marine Geology*, vol. 5, p. 379-382.
- Cooper, G. A. 1942.** New genera of North American brachiopods: *Journal of the Washington Academy of Sciences*, vol. 32, p. 228-235.
- Cooper, G. A. 1952.** Brachiopoda. *In* Cooper, G. A., Arellano, A. R. V., Johnson, J. H., Okulich, V. J., Stoyanow, A. and Lochman, C. Cambrian Stratigraphy and Paleontology near Caborca, northwestern Sonora, Mexico: *Smithsonian Miscellaneous Collections*, vol. 119, no. 1, 184 p.
- Cooper, G. A. and Arellano, A. R. V. 1946.** Stratigraphy near Caborca, northwestern Sonora, Mexico. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, vol. 30, no. 4, p. 606-619.
- Cooper, G. A., Arellano, A. R. V., Johnson, J. H., Okulich, V. J., Stoyanow, A. and Lochman, C. 1952.** Cambrian Stratigraphy and Paleontology near Caborca, Northwestern Sonora, Mexico, *Smithsonian Miscellaneous Collections*, vol. 119, no. 1, p. 1-178.
- Cooper, G. A., Arellano, A. R. V., Johnson, J. H., Okulich, V. J., Stoyanow, A. and Lochman, C. 1956.** Geología y paleontología de la región de Caborca, norponiente de Sonora. 1ª Parte. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. 259 p.
- Corona, G. N. 2014.** Icnofósiles de invertebrados del Cámbrico temprano-medio de la región de San José de Gracia, Sonora central. Consideraciones bioestratigráficas, paleoecológicas y paleogeográficas. Universidad Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional, 54 p.
- Corona-Esquivel, R. J. 1983.** Estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, noreste del Estado de Guerrero: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, vol. 5, p. 17-24.

- Cuen, R. F. 2012.** Sobre la estratigrafía y paleontología del Cámbrico del área de San José de Gracia, Sonora central. Universidad de Sonora, Departamento de Geología. División de Ciencias Exactas y Naturales. Tesis profesional, 65 p.
- Cuen, R. F. 2013.** Bioestratigrafía del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora. Consideraciones paleogeográficas. Universidad de Sonora, División de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geología. Tesis de Maestro en Ciencias-Geología. 142 p.
- Cuen, R. F., Almazán-Vázquez, E., Montijo, G. A., Minjárez, S. I., Grijalva, N. F. J., Monreal, S. R., Schwenicke, T. y Ochoa, G. J. A. 2009.** Faunas marinas de invertebrados del Cámbrico temprano y medio en la parte central del estado de Sonora, México. GEOS. UMG (Unión Geofísica Mexicana) Resúmenes, vol. 29. no. 1, p. 91.
- Cuen, R. F., Almazán-Vázquez, E., Montijo, G. A., Minjárez, S. I., De la O, V. M., Buitrón, S. B. y Sundberg, F. 2012.** La biota del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora. Consideraciones bioestratigráficas, sistemáticas y paleogeográficas. Universidad de Sonora, División de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geología. XXXV Semana Cultural. Libro de Resúmenes.
- Cuen R. F., Beresi M., Montijo, G. A., Buitrón, S. B., Minjárez, S. I., De la O M. y Palafox, R. J. J. 2013.** *Chancelloriia* Walcott, 1920 y *Reticulosa* Reid, 1958 del Cámbrico Medio de San José de Gracia, Sonora, México Boletín Sociedad Geológica Mexicana, no. 65. p. 581-590.
- Dawson, J. W. 1868.** Acadian Geology. The Geological Structure, Organic Remains and Mineral Resources of Nova Scotia, New Brunswick, and Prince Edward Island. 2nd ed. Macmillan. London, xxvi + 694 p.
- Dumeril, A. M. C. 1805.** Zoologie Analytique, ou Méthode Naturelle de Classification des Animaux. Allais, Paris, xxiv + 344 p.

- Emig, C. C., Álvarez, F. and Bitner, M. A. 2013.** Phylum Brachiopoda. *In* Zhang, Z. Q. (ed.), Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness. Zootaxa, vol. 3703, p. 1–82.
- Fisher, D. W. 1966.** Small conoidal shells of uncertain affinities. *In* Hass W., Hantzschel, D. W., Fischer, F., Howell, T., Rhodes, J., Muller, R. C. and Moore A. Miscellanea, Conodonts, Conoidal shells of uncertain affinities, Worms, Trace fossils and problematic. Treatise on Invertebrate Paleontology, Geological Society of America and University of Kansas Press, p. W98-W143.
- Flores-de Dios, G. A. y Buitrón, B. E. 1982.** Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero: Universidad Autónoma de Guerrero, Serie Técnico Científica, p. 12, 28.
- Fries, C. 1962.** Reseña de la geología del Estado de Sonora, con énfasis en el Paleozoico: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, vol. 14, p. 257-273.
- Fürsich, F. T. and Hurst, J. M. 1974.** Environmental factors determining the distribution of brachiopods. *Palaeontology*, vol.17, no. 4, p. 879-900.
- Gastil, R. G. 1985.** Terranes of Peninsular California and adjacent Sonora. *In* Howell, D. G., (ed.), Terranes and resources: Proceedings Fourth Circum Pacific: Terranes Conference, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series, vol. 1, p. 273-283.
- Gorjansky, V. and Popov, L. E. 1985.** The morphology, systematic position, and origin of inarticulate brachiopods with carbonate shells. *Paleontologicheskii Zhud*, vol. 3, no. 3, p. 3-13.
- González-León, C. 1986.** Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, noroeste de Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Revista, vol. 6, no. 2, p. 117-135.

- González-Mora, S. y Sour-Tovar, F. 2014.** Briozoarios del Orden Fenestrída, Pensilvánico de la Formación Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán, Oaxaca; consideraciones paleoambientales: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol. 66, no. 3, p. 471-482.
- Gürich, G. 1892.** Uebereine cambdsche Fauna von Sandomir in Russisch-Polen. - N. Jb. Min., vol. 1, p. 69-70, Stuttgart.
- Henningsmoen, G. 1952.** Early Middle Cambrian fauna from Rogaland, SW Norway (*Paradoxides oelandicus* stage = 1ca). Norsk Geologisk Tidsskrift, vol. 30, p. 13-31.
- Hall, J. 1847.** Natural History of New York, Paleontology, Albany, New York, vol. 1.
- Hansen, C. M. 1997.** The Geology of Ohio - The Cambrian Ohio Geology. Division of Geological Survey, Bulletin 69, 8 p.
- Holmer, L. E. and Popov, L. E. 2000.** Class Lingulata. In Kaesler, R. L. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda Revised, Volume 2. The Geological Society of America, Boulder and University of Kansas Press, Lawrence, p. 30-146.
- Holmer, L. E., Popov, L. E., Koneva, S. P. and Bassett, M. G. 2001.** Cambrian - early Ordovician brachiopods from Malyi Karatau, the western Balkhash region, and Tien Shan, Central Asia. Special Papers in Palaeontology, no. 65, p. 1-180.
- Huerta, R. A. 2011.** Moluscos del Cámbrico (Hyolitida, Syssoiv, 1957) de San José de Gracia, Sonora. Consideraciones bioestratigráficas, paleoecológicas y paleogeográficas. Universidad Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional, 53 p.
- INEGI-SEMARNAT. 1998.** (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).
- Jablonski, D., Sepkoski, J. J., Bottjer, D. J. and Sheehan, P. M. 1983.** Onshore-offshore patterns in the evolution of Phanerozoic shelf communities. Science, vol. 222, p. 1123-1125.

- Johnson, J. H. 1952.** *Girvanella*. In Cooper, G. A., Arellano, A. Johnson, J., Okulitch, J. y Stoyanow, A. Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, Mexico, Smithsonian Miscellaneous Collections, vol. 119, no. 1, p. 60-107.
- Kaesler, R. L. 1997-2006.** Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda (revised), vol. 1-5. Geological Society of America, Boulder, Colorado, and University of Kansas Press, Lawrence, Kansas, p. 1 - 2702.
- King, R. E. 1940.** Pre-Tertiary history of the Sierra Madre Occidental of Sonora and Chihuahua and some adjacent parts of central Sonora, Mexico. 6th Scientific Congress, Proceedings, vol. 1, p. 217-222.
- King, W. 1846.** Remarks on certain genera belonging to the class Palliobranchiata: Ann & Mag. Nat. History, vol. 18, p. 26-42.
- Kitwell, S. M., Fürsich, F. T. and Aigner, T. 1986.** Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*, vol. 1, p. 228-238.
- Koneva, S. P. 1990.** New Middle Cambrian Acrotretidae (Brachiopod) of lower Karatau (en Ruso) - *Paleontologicheskij Zhurnal*, vol. 3, p. 47-56.
- Kuhn, O. 1949.** Lehrbuch der Paläozoologie. E. Schweizerbart, Stuttgart. 326 p.
- Lefebvre, B. and Fatka, O. 2003.** Paleogeographical and palaeoecological aspects of the echinoderms in Gondwanan Africa and peri-Gondwanan Europe. *Paleogeography, paleoclimatology and palaeoecology*, vol. 195, p. 73-97.
- Liddell, W. D., Wright, S. H. and Brett, C. E. 1997.** Sequence Stratigraphy and palaeoecology of the Middle Cambrian Spence Shale in northern Utah and southern Idaho. *Brigham Young University Geology Studies*, vol. 42, p. 59-78.
- Linnarsson, J. G. O. 1876.** Brachiopoda of the Paradoxides beds of Sweden: *Svenska Vetensk.-Akad. Handl.*, vol. 3, p. 1-34.

- Liñán, E. y Gámez-Vintaned, J. A. 1999.** La radiación Cámbrica ¿Explosión de biodiversidad o de fosilización? Evolución y Filogenia de Arthropoda. Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza, Zaragoza. Área de Paleontología. Universidad de Extremadura. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura, Badajoz, no. 26, p. 133-143.
- Liñán, E. and Mergl, M. 2001.** Lower and Middle Cambrian brachiopods from the Iberian Chains and Sierra Morena (Spain). *Revista Española de Paleontología*, vol. 16, p. 317-337.
- Lochman, C. 1952.** Trilobites. *In* Cooper, G. A., Arellano, A., Johnson, J., Okulitch, J. and Stoyanow, A. Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, Mexico, *Smithsonian Miscellaneous Collections*, vol. 119, no. 1, p. 60-107.
- López-Ramos, E. 1969.** Rocas paleozoicas marinas de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 32, p. 15-44.
- Malinky, J. M. 1988.** Early Paleozoic Hyolitha from North America: Reexamination of Walcott's and Resser's Type Specimens. *Journal of Paleontology*, vol. 62, no. 2, p. 218-233.
- Malpica-Cruz, R. 1972.** Rocas marinas del Paleozoico tardío en el área de San José de Gracia, Sinaloa: *Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 2, Mazatlán, Sinaloa*, p. 174-175.
- Malpica-Cruz, R. y De la Torre-López, G. 1980.** Integración estratigráfica del Paleozoico de México: *Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto C-1 079*.
- Manke, C. T. 1828.** *Sinopsis methodica molluscorum generum ómnium et specierum earum quae in Museo Menkeano adservantur*, 91 p.
- Marti-Mus, M. and Bergstrom, J. 2005.** The Morphology of Hyolithids and its Funcional Implications. *Journal of Paleontology*, vol. 48, no. 2, p. 1139-1167.
- Martinsson, A. 1968.** Cambrian palaeontology of Fennoscandian basement fissures. *Lethaia*, vol.1, p. 137-155.

- Maytorena-Silva, J. F. and Esparza-Yáñez, F. A. 1990.** The Cambrian succession of central Sonora: Tectonic implications: Geological Society of America abstracts with programs, vol. 22, no. 3, p. 65.
- McAlester, A. L. 1973.** La historia de la vida. Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Ediciones Omega, S. A., Barcelona, España. 151 p.
- McMenamin, M. A. 1987.** Lower Cambrian Trilobites, Zonation, and Correlation of the Puerto Blanco Formation, Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, vol. 61, no. 4, p. 738-749.
- M'Coy, F. 1851.** On some new Cambro-Silurian fossils. *Annals and Magazine of Natural History*, vol. 2, p. 387-409.
- Meek, F. B. 1873.** Preliminary paleontological report, consisting of lists and descriptions of fossils, with remarks on the ages of the rocks in which they were found, etc. Sixth Annual Report of the United States Geological Survey of Montana, Idaho, Wyoming and Utah 1872, p. 429-518.
- Muir-Wood, H. M. 1925.** Notes on the Silurian brachiopod genera *Delthyris*, *Uncinulina*, and *Meristina*: *Annals and Magazine Natural History*, service 9, vol. 15, p. 83-95, 11 text-fig.
- Muir-Wood, H. M. and Cooper, G. A. 1960.** Morphology, classification and life of the Productoidea. Geological Society of America. Memoir 81, 447 p.
- Nardin, E., Almazán-Vázquez, E. and Buitrón, S. B. 2009.** First report of *Gogia* (Eocrinoidea, Echinodermata) from the Early-Middle Cambrian of Sonora (Mexico), with Biostratigraphical and Paleoecological comments. *Geobios*, vol. 42, p. 233-242.
- Owen, D. D. 1852.** Report of a geological survey of Wisconsin, Iowa and Minnesota, appendix. Descriptions of new of imperfectly known genera and species of organic remains etc. 4^o Philadelphia, vol. 1, p. 573-587.

- Palmer, A. R. and Halley, R. B. 1979.** Physical stratigraphy and trilobite biostratigraphy of the Carrara Formation (Lower and Middle Cambrian) in the southern Great Basin. United States Geological Survey, vol. 1047, p. 131.
- Parsley, R. L. and Shao, Y. L. 2006.** Long stalked eocrinoids in the basal Middle Cambrian Kaili Biota. Taijiang Country. Guizhou Providence, China. *Journal of Paleontology*, vol. 80, p. 1050-1071.
- Pantoja-Alor, J. 1970.** Rocas sedimentarias paleozoicas de la región centro septentrional de Oaxaca: México, D. F., Sociedad Geológica Mexicana, Libro-guía de la excursión México-Oaxaca, p. 67-84.
- Poole, F. G., Madrid, R. J. and Oliva-Becerril, J. F., 1991.** Geological setting and origin of stratiform barite in central Sonora, Mexico. *In* Raines, G. L., Lisle, R. E., Schafer, R. W. and Wilkinson, W. H. (eds.), *Geology and ore deposits of the Great Basin: Geological Society of Nevada*, vol. 1, p. 517-522
- Popov, L. E., Holmer, L. E. and Gorjansky, V. J. 1996.** Middle Cambrian lingulate brachiopods from the Tarbagata and Range, Kazakhstan. *Acta Paleontológica Polónica*, vol. 41, no.3, p. 299-317.
- Regalado-Fernández, O. 2013.** Trilobites del Orden Agnostida Salter, 1864, del Cámbrico medio de la región San José de Gracia, Sonora, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis Profesional, 121 p.
- Rivera-Carranco, E. 1988a.** Condiciones paleoambientales de depósito de las formaciones cámbricas del área de Caborca, Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. *Revista del Instituto de Geología*, vol. 7, no. 1, p. 75-82.
- Rivera-Carranco, E. 1988b.** Génesis de la formación proveedora (Cámbrico inferior) del área de Caborca, Sonora noroccidental. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. *Revista del Instituto de Geología*, vol. 2, no. 2, p. 163-167.

- Robinson, R. A. 1964.** Late Middle Cambrian Faunas from Western Utah, *Journal of Paleontology*, vol. 38, no. 3, p. 510-566.
- Rowell, A. J. 1965.** Inarticulata. *In* Moore, R.C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part H, Brachiopoda. Geological Society of America and University of Kansas, New York and Lawrence, p. 6-57.
- Rowell, A. J. 1966.** Revision of some Cambrian and Ordovician inarticulate Brachiopods. Department of Geology University of Nottingham, Nottingham, England. *Paleontological Contributions*, p. 1-36.
- Rowell, A. J. 1980.** Inarticulate Brachiopods of the Lower and Middle Cambrian Pioche shale of the Pioche District, Nevada. *Museum of Invertebrate Paleontology and Department of Geology. University of Kansas. Paleontological Contributions.* p. 34.
- Rudwick, M. J. S. 1962.** Notes on the ecology of brachiopods in New Zealand. *Transactions of the Royal Society of New Zealand, Zoology*, vol.1, no. 25, p. 327-335.
- Rudwick, M. J. S. 1970.** *Living and fossil brachiopods.* Hutchinson and Co. Publishers LTD. London, United Kingdom. 199 p.
- Saito, K. 1936.** Older Cambrian Brachiopoda, Gastropoda, etc. from north-western Korea. Imperial University of Tokyo. *Journal of the Faculty of Science. Section 2*, vol. 4, p. 345-367.
- Salter, J. W. 1866.** Appendix. On the fossils on North Wales: Great Britain Geological Survey, *Memoirs*, vol. 3, p. 240-367. 3 pl.
- Salter, J. W. 1867.** *Siluria*, by Murchinson, 4th ed., 8° London.
- Schuchert, C. 1893.** A Classification of the Brachiopoda: *Am. Geologist*, vol. 11, no. 3, p. 141-167.

- Selden, P. A. 2007.** Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda (revised), vol. 6. Geological Society of America, Boulder, Colorado, and University of Kansas Press, Lawrence, Kansas, p. 2321-3226.
- Shergold, J. H., Cooper, R. A., Mackinnon, D. I. and Yochelson, E. L. 1974.** Late Cambrian fossils (Brachiopoda, Mollusca, Trilobita) from Northern Victoria Land, Antarctica. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Canberra. Record 1974/163.
- Snelling, J. N. 1964.** A review of recent Phanerozoic time-scales. The Phanerozoic Time-Scale. Quart Journal Geological Society of London, vol. 120, p. 29-36.
- Sprinkle, J. 1973.** Biostratigraphy and Palaeoecology of Cambrian echinoderms from Rocky Mountains. Brigham Young University Geology Studies, vol. 23, p. 302-322.
- Sprinkle, J. and Guensburg, T. E. 2006.** New eocrinoids from the Burgues Shale, southern British Columbia, Canada, and the Spence Shale, northern Utah, USA. Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 43, p. 303-322.
- Stanley, S. M. 2005.** Earth System History. Second edition. W. H. Freeman and Company. New York, United States of America, 567 p.
- Stevens, C. H. 1966.** Paleoecologic Implications of Early Permian Fossil Communities in Eastern Nevada and Western Utah. Bulletin of the Geological Society of America, vol. 77, p. 1121-1130.
- Steward, J. H., Amaya, M. R. and Palmer, A. R. 2002.** Neoproterozoic and Cambrian Strata of Sonora, Mexico. Rodinian Super Continent to Laurentian Cordilleran Margin. Geological Society of America, p. 9-15.
- Stewart, J. H., McMenemy, M. A. S. and Morales-Ramírez, J. M. 1984.** Upper Proterozoic and Cambrian Rocks in the Caborca Region, Sonora, Mexico Physical Stratigraphy, Biostratigraphy, Paleocurrent Studies, and Regional Relations. United States. Geological Survey Professional Papers, no. 1309, 36 p.

- Sundberg, F. A. 2011.** Delamar biostratigraphy and lithostratigraphy of the southern Nevada. Museum of Northern Arizona. Hollingsworth J. S., Sundberg F. A. and Foster, J. R. (eds.), Bulletin 67, p. 321.
- Sundberg, F. A. and McCollum, L, 1997.** *Oryctocephalus (Corynexochida: Trilobita)* of the Lower-Middle Cambrian Boundary Interval from California and Nevada. Journal of Paleontology, vol. 71, no. 6, p. 1065-1090.
- Sysoiev, V. A. 1957.** To the Morphology, Systematic and Systematic Position of the Hyolithes (in Russian). Akademia Nauk SSSR Dklady, vol. 116, p. 304-307.
- Vachard, D., Flores de Dios, A., Pantoja-Alor, J., Buitrón, S. B., Arellano, J. et Grajales, M. 2000.** Les fusilinides du Mexique, une revue biostratigraphie et paléogéographique. Géobios, no. 33, p. 655-679.
- Vázquez-Contreras, A. 1986.** Descubrimiento de una nueva localidad de rocas marinas del Paleozoico al suroeste del Estado de Puebla: Petróleos Mexicanos.
- Villaseñor-Martínez, A. B. 1987.** Bioestratigrafía del Paleozoico superior de San Salvador Patlanoaya, Puebla, México: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, vol. 1, p. 396-417.
- Waagen, W. H. 1885.** Salt Range Fossil, V. 1. Productus Limestone Group. Part 4. Brachiopoda: Memoir of the India Geological Survey. Paleontological Indica. Series 13. 1 vol.4, p. 329-770.
- Walcott, C. D. 1884.** Paleontology of the Eureka district, Nevada: US. Geological Survey, Mon., vol. 8, 298 p., 24 pl.
- Walcott, C. D. 1885.** Paleontologic notes: American Journal Science Service, 3, vol. 29, p. 114-117.
- Walcott, C. D. 1887.** American Journal Science, 3d service, XXXIV, 1887, p. 188, pi. 1, fig. 15" Tenth Annual. United States Geological. Survey, 1891, p. 607.

- Walcott, C. D. 1891.** Correlation Papers, Cambrian: U.S. Geological Survey, Bull, p. 81, 447.
- Walcott, C. D. 1899.** Monographs United States Geological Survey, Geology of Yellowstone National Park, Cambrian fossils, vol. 32, p. 440-466.
- Walcott, C. D. 1902.** Cambrian Brachiopoda: *Acrotreta*; *Linnarssonella*; *Obolus*; with descriptions of new species, Proceedings of the United States National Museum, vol. 25, p. 577-612.
- Walcott, C. D. 1905.** Cambrian Brachiopoda with descriptions of new genera and species: Proceedings of the United States National Museum, vol. 28, p. 227-337.
- Walcott, C. D. 1908.** Cambrian Geology and Paleontology: Cambrian Trilobites. Smithsonian Miscellaneous Collections, vol.53 no. 2, p. 13-48.
- Walcott, C. D. 1912.** Cambrian Brachiopoda: Monographs United States Geological Survey, vol. 51, p. 363.
- Walcott, C. D. and Schuchert, C. 1908.** Classification and terminology of the Cambrian Brachiopoda. In Walcott C. D. (ed.), Cambrian geology and paleontology, Smithsonian Miscellaneous Collections, vol. 53, p. 53-165.
- Wardlaw, B. R., Furnish, W. M. and Nestell, M. K. 1979.** Geology and paleontology of the Permian beds near Las Delicias. Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin, vol. 90, p. 111-116.
- Westergård, A. H. 1936.** *Paradoxides oelandicus* beds of Öland. Sveriges Geologiska Undersögelse, vol. 394, p. 1-66.
- White, C. A. 1874.** Preliminary report upon invertebrate fossils collected by the expeditions of 1871, 1872, and 1873, with descriptions of new species: United States Geological. Explor. W. 100th Meridian (Wheeler), pamphlet, 27 p.

Williams, A., Rowell, A. J., Muir-Wood, H. M., Pitrat, C. W., Schmidt, H., Stehli, F. G., Ager, D. V., Wright, A. D., Elliot, G. F., Amsden, T. W., Rudwick, M. J. S., Hatai, K., Biernat, G., McLaren, D. J., Boucot, A. J., Johnson, J. G., Staton, R. D., Grant, R. E. and Hope, H. M. 1965. Brachiopoda. *In* Moore, C. R. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H Revised. The Geological Society of America. Inc. and The University of Kansas Press, United States of America. 521 p.

Williams, A., Carlson, S. J., Brunton, C. H. C., Holmer, I. E. and Popov, L. E. 1996. A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B.*, vol. 351, p. 1171-1193.

Williams, A., Carlson, S. J. and Brunton, C. H. C. 2000. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda (Revised). Linguliformea, Craniiformea and Rhynchonelliformea (Part). The Geological Society of America and University of Kansas. Boulder, Colorado and Kansas. 919 p.

Williams, A., Brunton, C. H. C. and Carlson, S. J. 2007. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda (Revised). Supplement. The Geological Society of America and the University of Kansas. Boulder. Colorado and Kansas. 956 p.

Wiman, C. 1903. Studien über das Nordbaltische Silurgebiet I. *Olenellus sandstein*, *Obolus sandstein* und *Ceratopy geschiefer*. *Bulletins of the Geological Institutions of the University of Uppsala*, vol. 6, p. 12.

Yochelson, E. 1961. The Operculum and Mode of Life of Hyolithes. *Journal of Paleontology*, vol. 35, no. 1, p. 152-161.

Brachiopoda and Brachiopodologist: <http://paleopolis.rediris.es/BrachNet/>. Consulta: 12 de Mayo de 2014.

World Register of Marine Species: <http://www.marinespecies.org>. Consulta: 12 de Mayo de 2014.

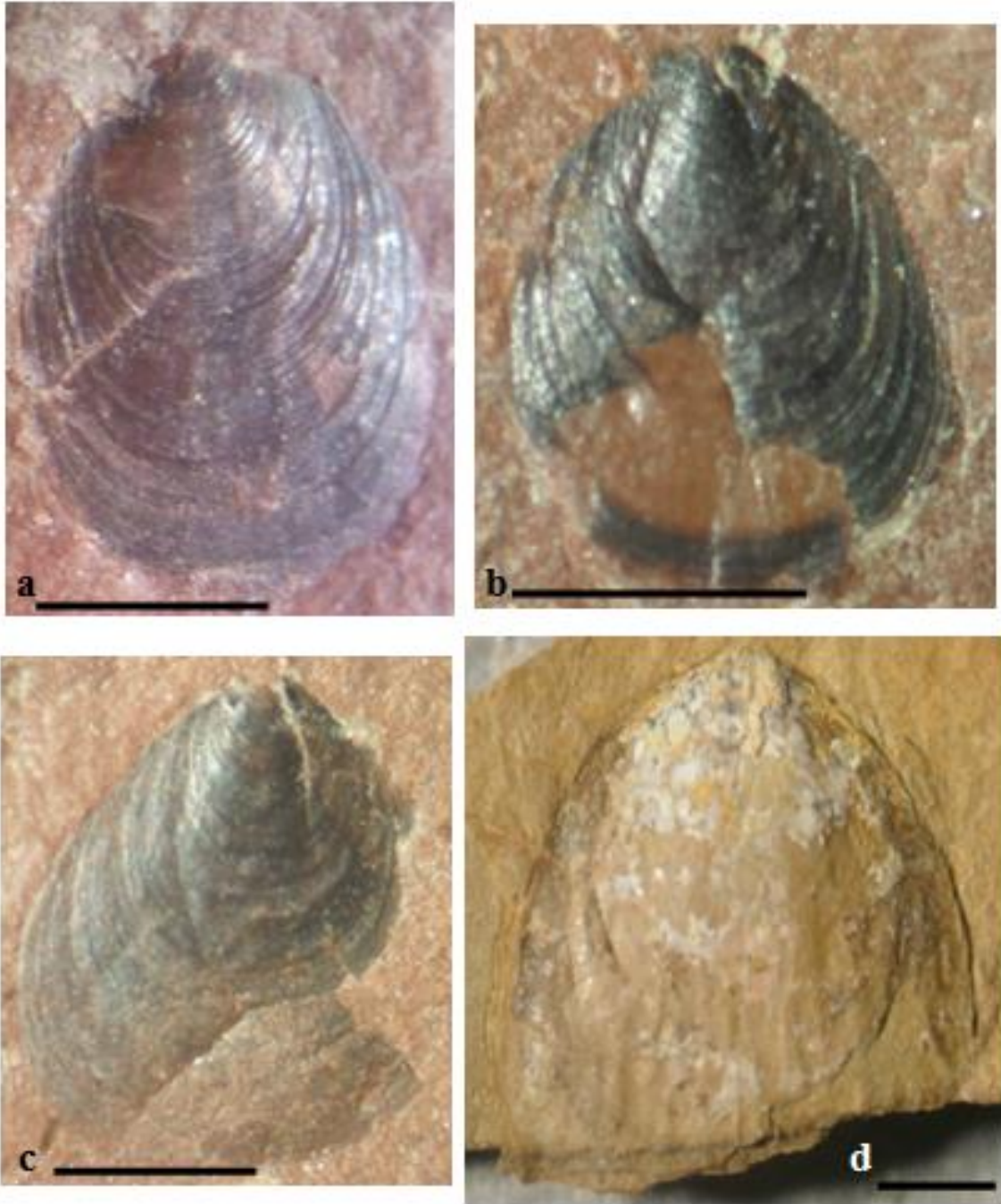


Figura 13. (a-c) Partes externas de las valvas ventrales de *Lingulella provedorensis* Cooper, 1952; (d) Molde de valva ventral de *Lingulella* sp.
*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.

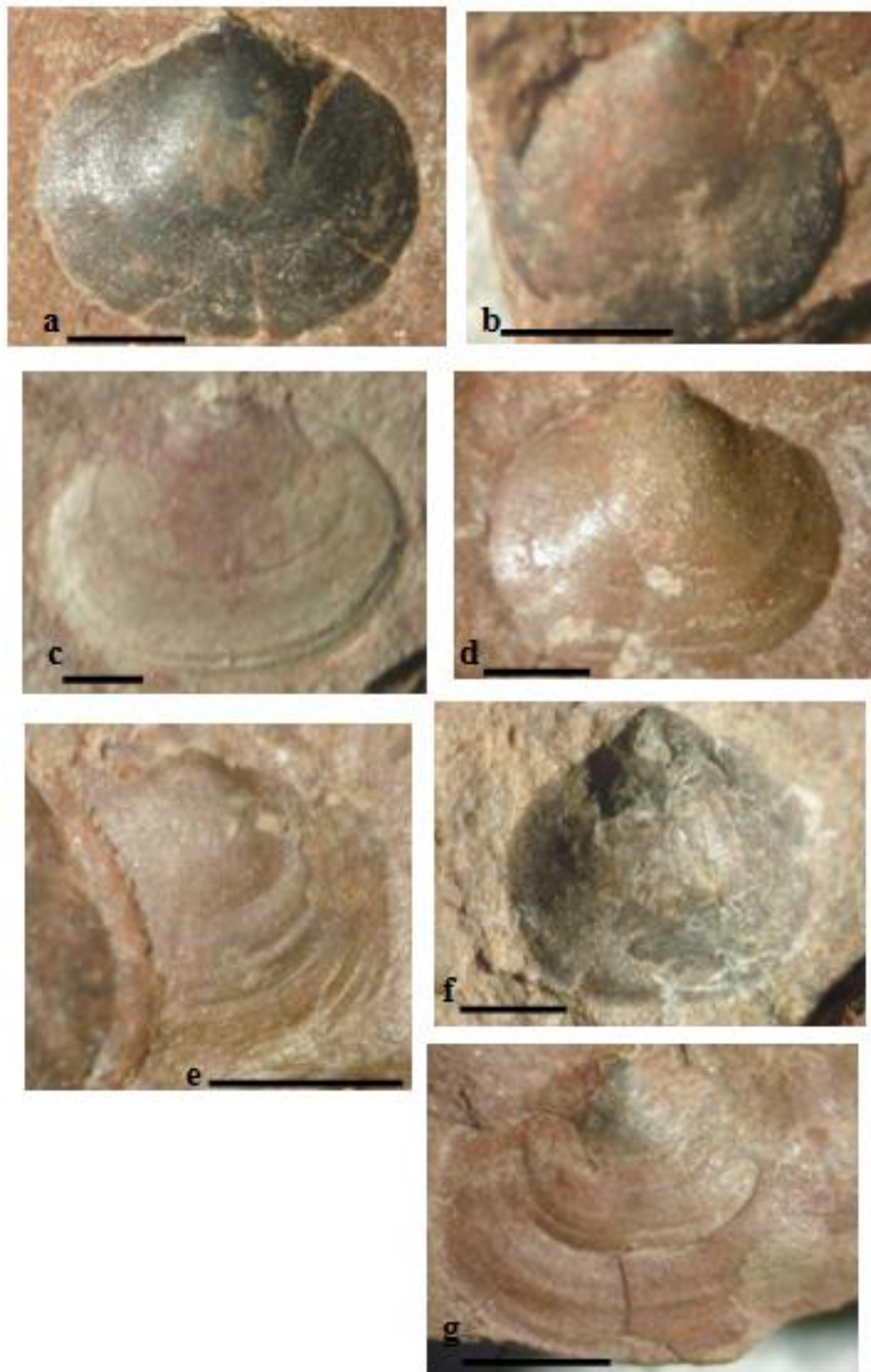


Figura 14. (a-e) Partes externas de valvas ventrales de *Prototreta attenuata* Meek, 1873; (f-g) Partes externas de valvas ventrales. *Prototreta* sp.

*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.

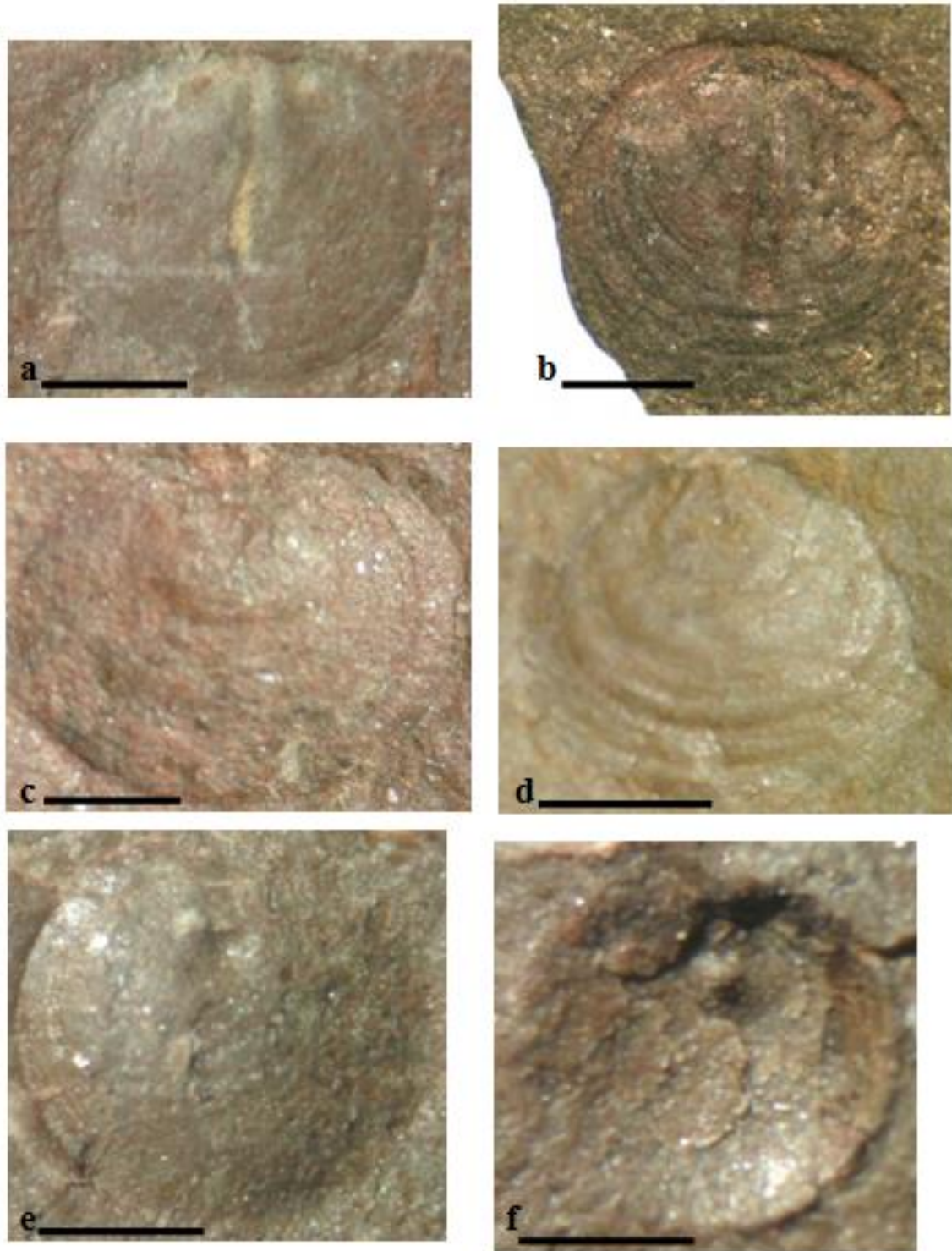


Figura 15. (a-e) Parte externa de las valvas ventrales de *Linnarssonina ophirensis* Walcott, 1902;
(f) Parte interna de la valva ventral de *Linnarssonina* sp.
*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.

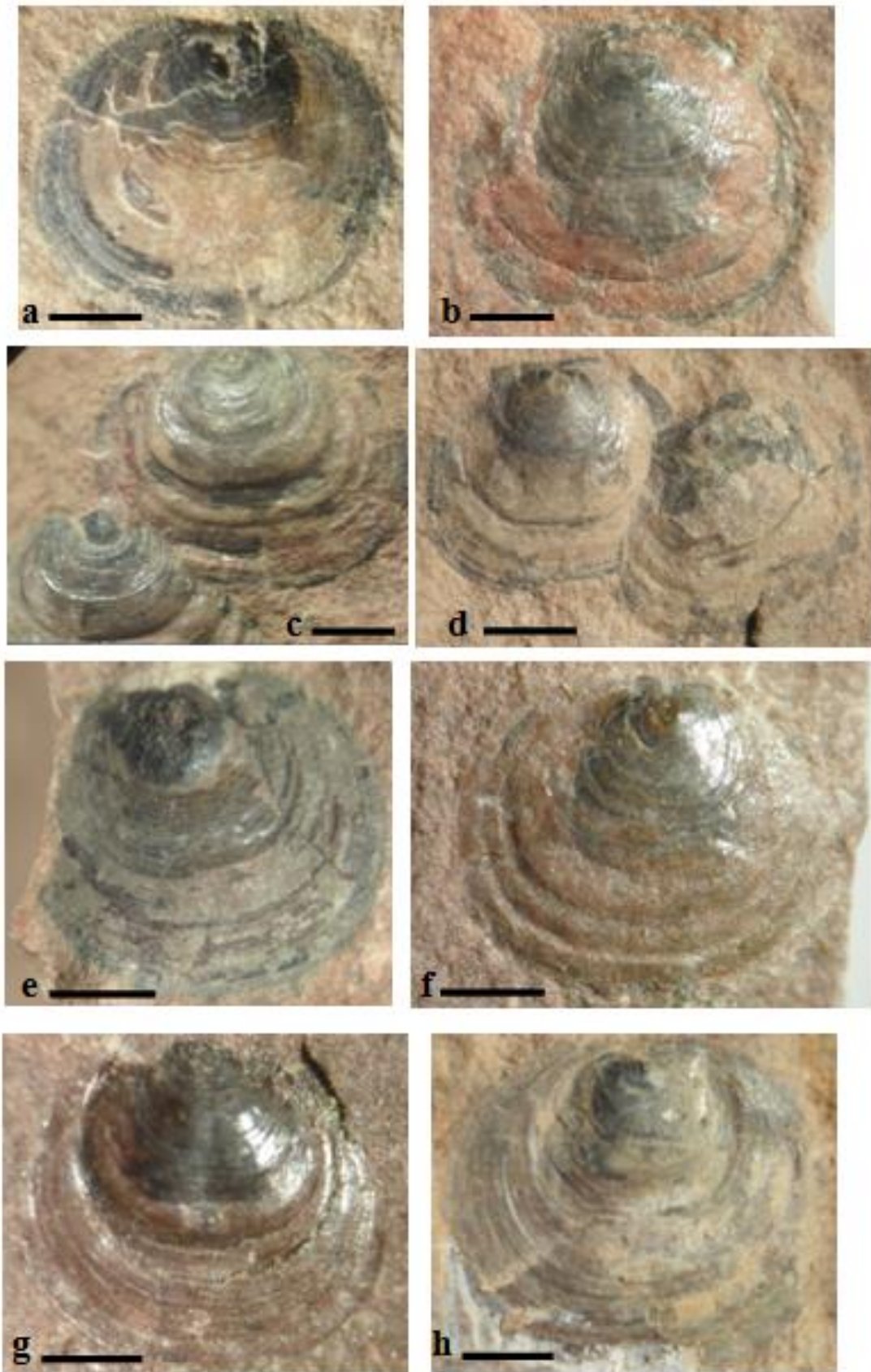


Figura 16. (a-h) Partes externas de valvas ventrales de *Pegmatreta rara* Cooper, 1952.
*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.

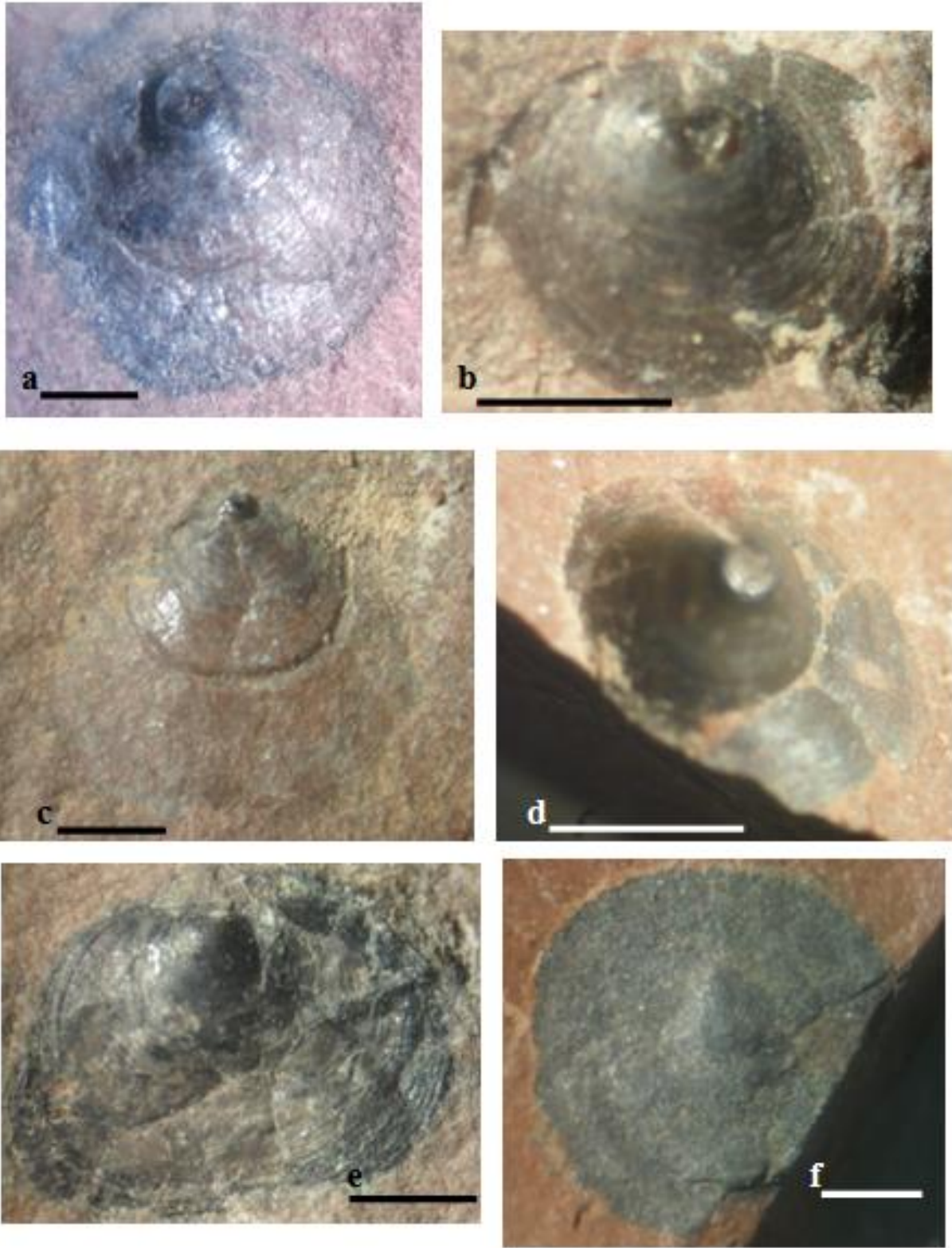


Figura 17. (a-e) Partes externas de valvas ventrales de *Acrothele concava* Cooper, 1952; (f) Parte externa de la valva ventral de *Acrothele* sp.
*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.

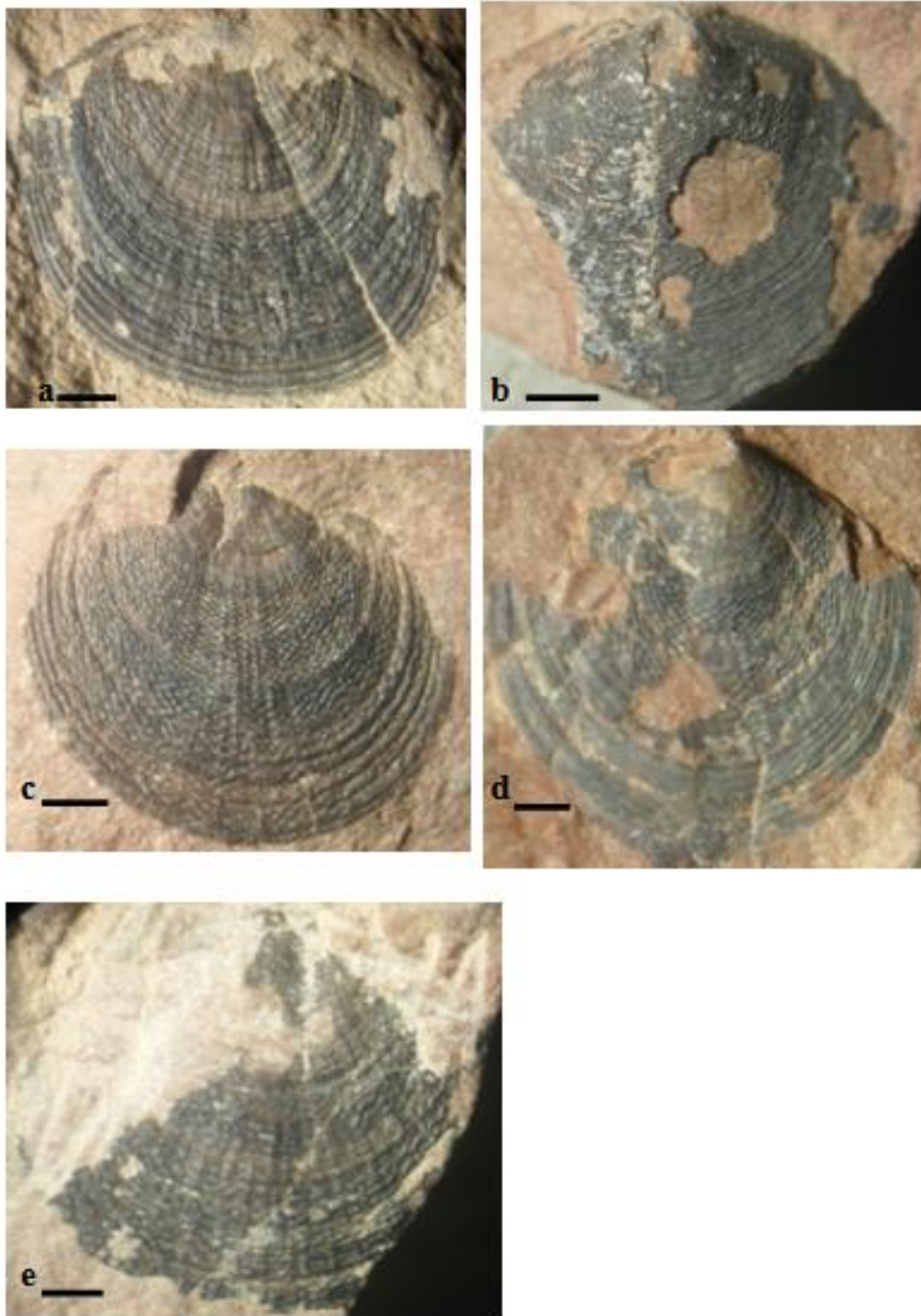


Figura 18. (a-e) Partes externas de valvas ventrales de *Dictyonina minutipuncta* Cooper, 1952.
*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.

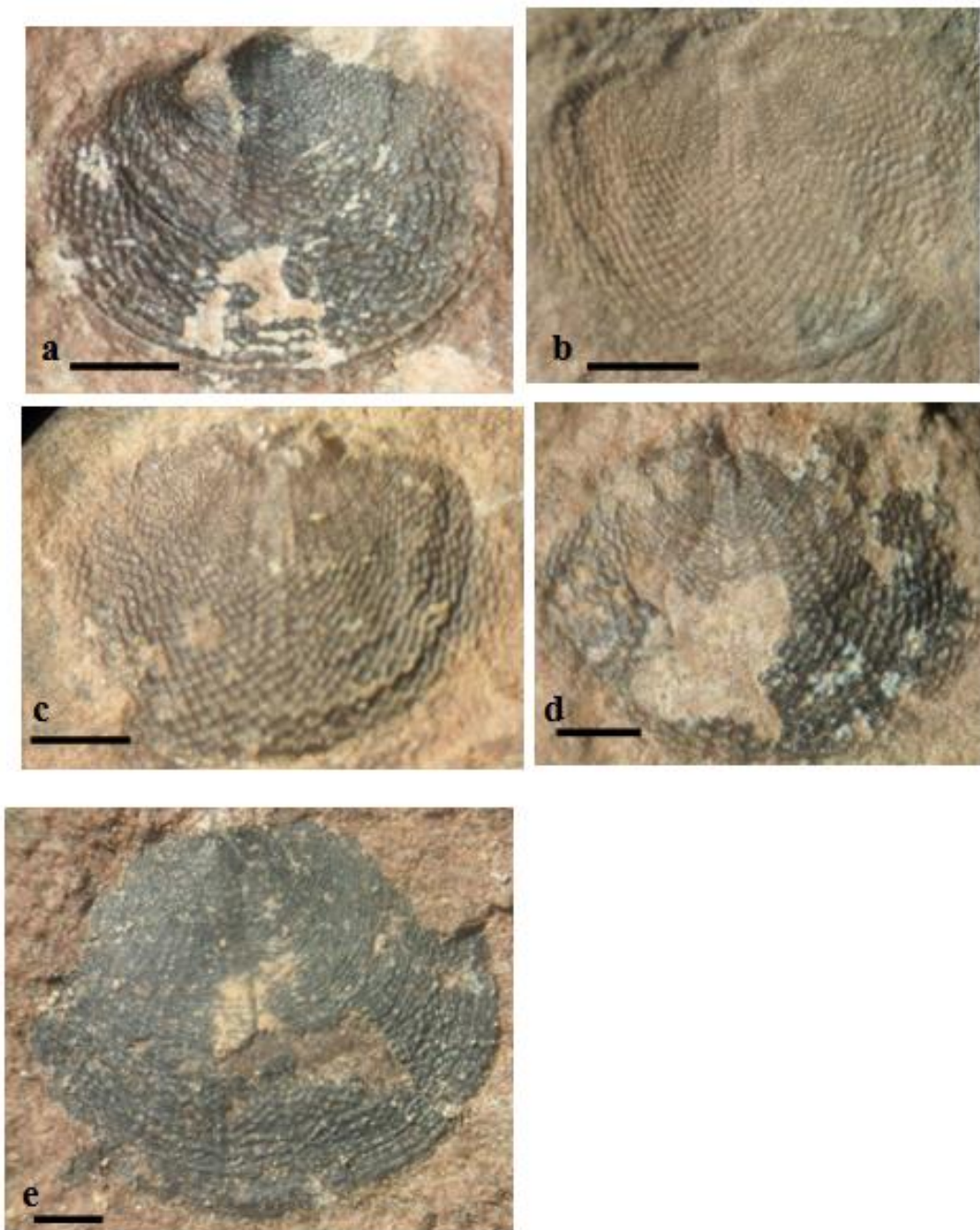


Figura 19. (a-e) Parte externa de valvas ventrales de *Dictyonina ornatella* Linnarsson, 1876.
*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.

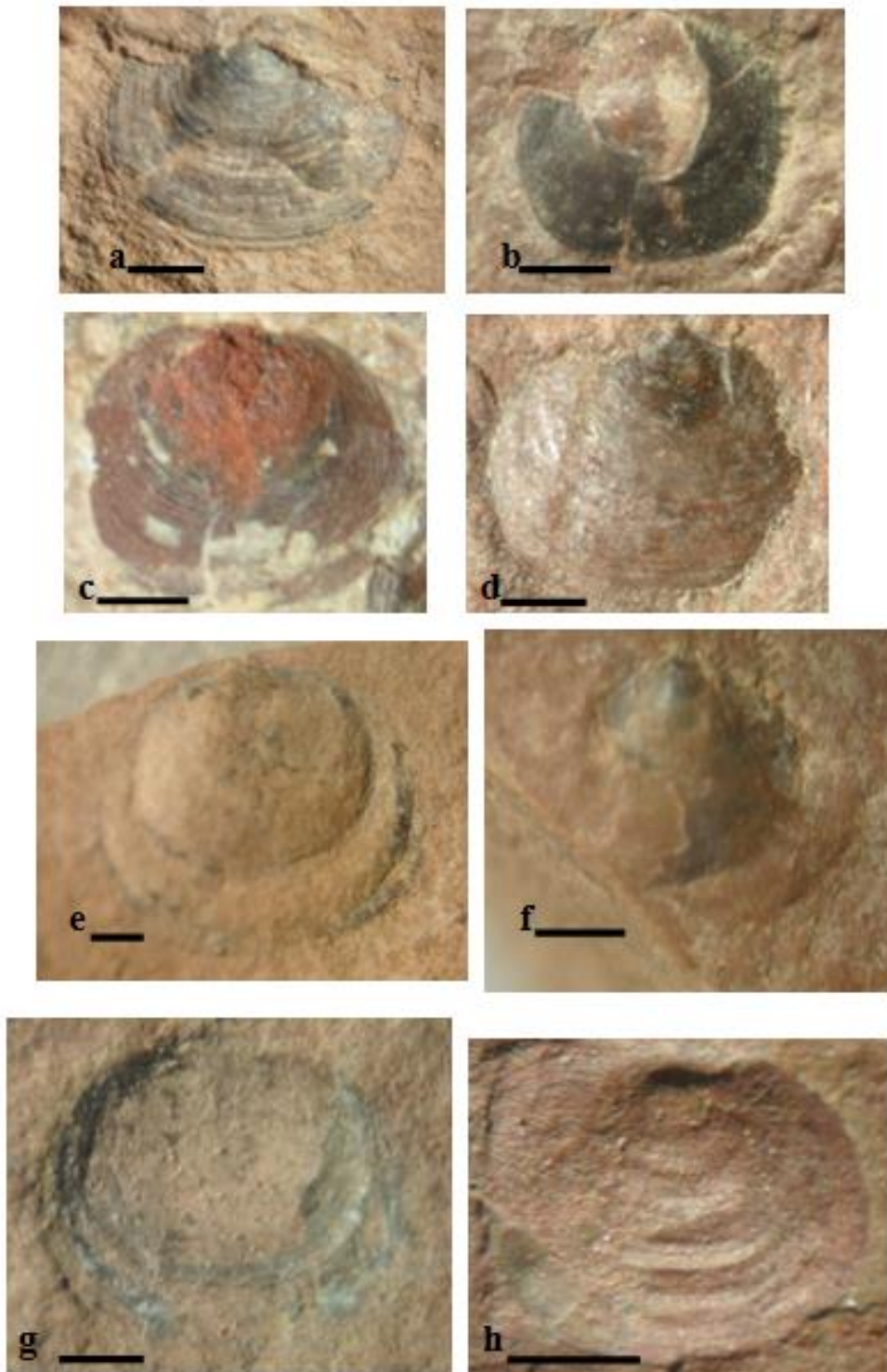


Figura 20. (a-f) Parte externa de valvas ventrales de *Acrothele* sp.; (g-h) Partes internas de valvas ventrales de *Acrothele* sp.
*En todas las ilustraciones, la barra equivale a 1 mm.