

Hiolítidos del Cámbrico (Hyolitha) de San José de Gracia, Sonora, México. Consideraciones estratigráficas y paleogeográficas

Blanca Buitrón-Sánchez^{a,*}, Francisco Cuen-Romero^b, Adrián Huerta-Ruiz^c,
Alejandra Montijo-González^b

^aDepartamento de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CDMX, 04510.

^bDepartamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Hermosillo, Sonora.

^cDivisión de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CDMX, 04510.

* blancab@unam.mx

Resumen

En la región de San José de Gracia, Ures, estado de Sonora, aflora una secuencia sedimentaria del Paleozoico inferior, que consiste en caliza oolítica, arenisca, lutita y limolita. Esta secuencia está caracterizada por una abundante y diversa biota fósil que consiste en estructuras algales oncoidales, icnofósiles e invertebrados, entre estos, esponjas, braquiópodos, hiolítidos, trilobites y blastoideos. En este trabajo, se dan a conocer por primera vez dos especies de hiolítidos para la región de San José de Gracia, *Hyolithes* cf. *H. sonora* Lochman, 1952, que fue descrita para el Cámbrico de Caborca en la región noroeste del estado de Sonora, y *Haplophrentis reesei* Babcock y Robison, 1988, por primera vez para México, la cual fue referida antes para el Cámbrico medio de la región norte de Utah, Estados Unidos de Norteamérica. La distribución de los organismos cámbricos de San José de Gracia, entre ellos los hiolítidos, muestra que existió una amplia provincia marina que comprendió Groenlandia, noroeste de Canadá, suroeste de Estados Unidos de Norteamérica, Sudamérica, norte de Europa, Asia y noreste de Australia, la cual formaba parte del Océano Pantalásico.

Palabras clave: Hiolítidos, Cámbrico, San José de Gracia, Sonora, México.

Abstract

In the region of San José de Gracia, Ures, Sonora state, a lower Paleozoic sedimentary sequence is exposed, consisting of oolitic limestone, siltstone, shale, and limestone. This sequence is characterized by an abundant and diverse fossil biota consisting of oncoid algal structures, trace fossils, and invertebrates such as sponges, brachiopods, hyoliths, trilobites and blastoids. In this paper, two species are identified for the first time from San José de Gracia: *Hyolithes* cf. *H. sonora* Lochman, 1952, which was previously described for the Cambrian of Caborca in the northwestern region of Sonora state; and for the first time in Mexico *Haplophrentis reesei* Babcock and Robison, 1988, which was previously referred to the middle Cambrian of northern Utah, United States of America. The distribution of Cambrian organisms in San José de Gracia, together with hyoliths, shows that there was a wide marine province that included Greenland, northwestern Canada, southwestern United States of America, South America, northern Europe, Asia, and northeastern Australia, which was part of the Panthalassic Ocean.

Keywords: Hyolithids, Cambrian, San José de Gracia, Sonora, Mexico.

1. Introducción

La presencia de rocas cámbricas en el estado de Sonora, México, es conocida desde mediados de siglo pasado y ha sido objeto de estudios geológicos, estratigráficos y paleontológicos (Cooper y Arellano, 1946; Lochman, 1948, 1952; Álvarez, 1949; Johnson, 1952; Baldi y Bordonaro, 1981; Stewart *et al.*, 1984; McMenamin, 1985; Debrenne *et al.*, 1989; Almazán, 1989, 2002; Buitrón, 1992). Los afloramientos sedimentarios, fosilíferos del Cámbrico de Sonora son heterogéneos en su composición litológica y biótica y se encuentran en diferentes localidades del estado, entre ellas, en el noroeste en las regiones de Caborca y Agua Prieta, en el centro Ures y en el oriente, Arivechi. El Cámbrico de San José de Gracia, Municipio de Ures, Sonora central, ha sido estudiado por diversos autores (Almazán, 2002; Stewart y Poole, 2002; Cuen *et al.*, 2009; Nardin *et al.*, 2009) principalmente orientados a la descripción de su contenido fosilífero. En este trabajo se estudian por vez primera los hiolitidos de esta localidad. El estudio de estos invertebrados contribuye a tener un mejor conocimiento del registro fósil del Cámbrico de Sonora.

2. Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en la carta H12-D32, escala 1:50000 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2001). La recolecta de los fósiles se hizo en afloramientos cámbricos del cerro Chihuarruita, localizado a 2 km al sureste del poblado de San José de Gracia, ubicado en las coordenadas geográficas 29°17'19" N y 110°36'44" W (Figura 1).

La prospección geológico-paleontológica en la región de San José de Gracia, fue realizada por el Dr. Juan José Palafox Reyes y por el Dr. Francisco Cuen Romero de la Universidad de Sonora, así como por la Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez del Instituto de Geología, UNAM. El material se recolectó en afloramientos de caliza y lutita del cerro Chihuarruita, entre los 200 y 280 m que corresponden a la Formación Buelna del Cámbrico inferior. Debido al tamaño de los ejemplares, únicamente fue necesario limpiarlos con un pincel suave para eliminar el excedente de sedimento. A cada muestra se le aplicó un número y posteriormente fue fotografiada. Se llevaron a cabo las mediciones pertinentes de los ejemplares, para precisar la descripción taxonómica e identificarlos a nivel de especie. El material estudiado se encuentra depositado en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CDMX 04510. Los números de catálogo de los cuatro ejemplares estudiados son IGM 4985 al IGM 4988.

3. Estratigrafía del Cámbrico del área de San José de Gracia

Las rocas sedimentarias del Paleozoico inferior y medio del cerro Chihuarruita han sido escasamente estudiadas, por lo que presentan ciertos problemas respecto a su posición estratigráfica, contenido biótico y edad. Nardin *et al.* (2009) dividieron la secuencia sedimentaria en siete miembros (A-G) con base en marcadas diferencias litológicas. Cuen *et al.* (2016) en un intento por la unificación del léxico estratigráfico y uniformidad de la nomenclatura cámbrica, establece estas rocas como secciones de referencia a las formaciones cámbricas del área de Caborca, reconociendo las formaciones Proveedora, Buelna, Cerro Prieto y Arrojos. Sin embargo, debido a que la litología de la secuencia estratigráfica, que correspondería cronoestratigráficamente con la Formación Arrojos de Caborca (NW Sonora), es diferente en el área de San José de Gracia, dado lo cual propone una nueva unidad, denominada Formación El Gavilán.

La secuencia estratigráfica del cerro Chihuarruita está representada por rocas sedimentarias del Cámbrico inferior-Cámbrico medio (Series 2 – Series 3). Dichas rocas han sido incluidas en las formaciones Proveedora, Buelna, Cerro Prieto y El Gavilán (Cuen *et al.*, 2016).

La Formación Proveedora tiene un espesor de 225 m y está constituida en la base por cuarcita de color café-oscuro, con granos de cuarzo pequeños subredondeados y en general con una clara clasificación granulométrica. En la parte media aflora una intercalación de arenisca y cuarzoarenita con estratificación laminar y cruzada de color café y en la cima aflora una secuencia de cuarzoarenita masiva y compuesta por el 95 % de granos de cuarzo que varían en tamaño de 0.40 a 0.150 mm. El contenido de feldespato es escaso o ausente, también se observaron clastos de pedernal. Está unidad contiene abundante bioturbación con icnofósiles, entre los que se encuentran *Skolithos* isp., *Arenicolites* isp., *Palaeophycus* isp., *Asteriacites* isp. y *Asterosoma* isp. (Buitrón *et al.*, 2016). El contacto inferior de la unidad no se observa, mientras que el contacto superior es concordante con la Formación Buelna.

La Formación Buelna está conformada por caliza intercalada con lutita, con un espesor de 74 m, en la base aflora caliza arenosa de color morado, sobreyacidas por intercalaciones, de lutita y caliza con un espesor aproximado de 40 m, seguida de una capa de lutita de 6 m, aparentemente sin fósiles y parcialmente cubierta. Además, se encuentra una capa de caliza color amarillo y café, con un espesor aproximado de 9.10 m con alto contenido de algas oncolíticas, seguida de una capa de caliza gris-oscuro con clastos arenosos de forma tabular que varían en tamaño de 10 a 15 cm. En la parte media de la unidad, en las capas de caliza, se recolectaron ejemplares de *Hyolithes* cf. *H. sonora* Lochman, 1952, *Haplophrentis reesei* Babcock y Robison, 1988, en asociación con abundantes trilobites identificados



Figura 1. Localización del área de estudio en San José de Gracia, Sonora.

como *Olenellus* sp. y *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis* (Resser, 1928) que corresponden a la Zona de *Bristolia mohavensis* y/o *B. insolens* del Cámbrico inferior (Series 2, Piso 4) (Cuen *et al.*, 2016). La Formación Buelna sobreyace de manera concordante a la Formación Proveedora y es sobreyacida de igual manera por la Formación Cerro Prieto.

La Formación Cerro Prieto está representada por caliza oolítica masiva de color gris-oscuro, con un espesor de 17.30 m, la cual se encuentra dolomitizada y recrystalizada con fuerte intemperismo cárstico. En muestra de mano las oolitas se observan oxidadas con un diámetro menor a 1 mm. Esta unidad sobreyace de manera concordante a la Formación Buelna y es sobreyacida de igual manera por la Formación El Gavilán.

La Formación El Gavilán tiene un espesor de 233.70 m y está constituida por lutita de color rojo, muy fracturada en delgadas láminas menores a 3 cm. de espesor, intercalada con caliza de color gris-oscuro que varían en espesor desde 30 hasta 50 cm. Tiene abundantes fósiles de invertebrados, entre estos esponjas, chancelóridos, braquiópodos, hiolítidos (*Haplophrentis reesei*) y trilobites de las especies *Pentagnostus* (*Meragnostus*) *bonnerensis*, *Pagetia* sp., *Oryctocephalites walcotti*, *Ogygopsis typicalis* y *Elrathina antiqua*, que corresponden a la Subzona de *Albertella highlandensis*, parte superior de la Zona de *Mexicella mexicana* o de *Ptychagnostus praecurrens* para plataforma abierta (Cámbrico medio, Series 3, Piso 5). El contacto inferior de la Formación El Gavilán es concordante con la

Formación Cerro Prieto, mientras que el contacto superior es discordante con rocas volcánicas del Paleógeno (Figuras 2 y 3).

4. Paleontología Sistemática

Los hiolítidos pertenecen a un grupo de organismos paleozoicos extintos, su registro es a partir del Cámbrico, se extinguen en el Pérmico y son muy abundantes en el



Figura 2. Vista panorámica del cerro Chihuarruita con una altitud de 350 m en San José de Gracia, Sonora.

Paleozoico temprano. Algunos autores los consideraron dentro del phylum Mollusca, clase Hyolitha Marek, 1963 y orden Hyolithida Matthew fide Fischer, 1962 (Babcock y Robison, 1988; Malinky *et al.*, 1986; Marek, 1963; Marek y Yochelson, 1976). Posteriormente, Bruton y Harper (2000), Malinky (1987, 1988, 1989, 1990); Sarmiento *et al.* (2001) y Waggoner y Hagardon (2005) omiten su inclusión en el phylum Mollusca.

Los hiolítidos de Sonora, México han sido descritos de Caborca por Lochman (1956) y únicamente mencionada su presencia por McMenamin (1985) en la Formación La Ciénega, en el noroeste de Sonora, pero este autor no los identifica. El estudio de los hiolítidos de San José de Gracia, Sonora, México reflejó escasa diversidad genérica y específica, no obstante, su abundancia es elevada.

Clase HYOLITHA Marek, 1963
(= CALYPTOPTOMATIDA Fisher, 1962)

Diagnosis. Concha calcárea cónica o piramidal alargada, cerrada por un opérculo (Figura 5). Presenta dos caras planas y una tercera de mayor tamaño, ligeramente convexa. Tiene dos apéndices laterales llamados helens, articulados en el interior del opérculo y raramente conservados (Figura 5). En el ápice de la concha se hallan algunos septos cóncavos (Fisher, 1966).

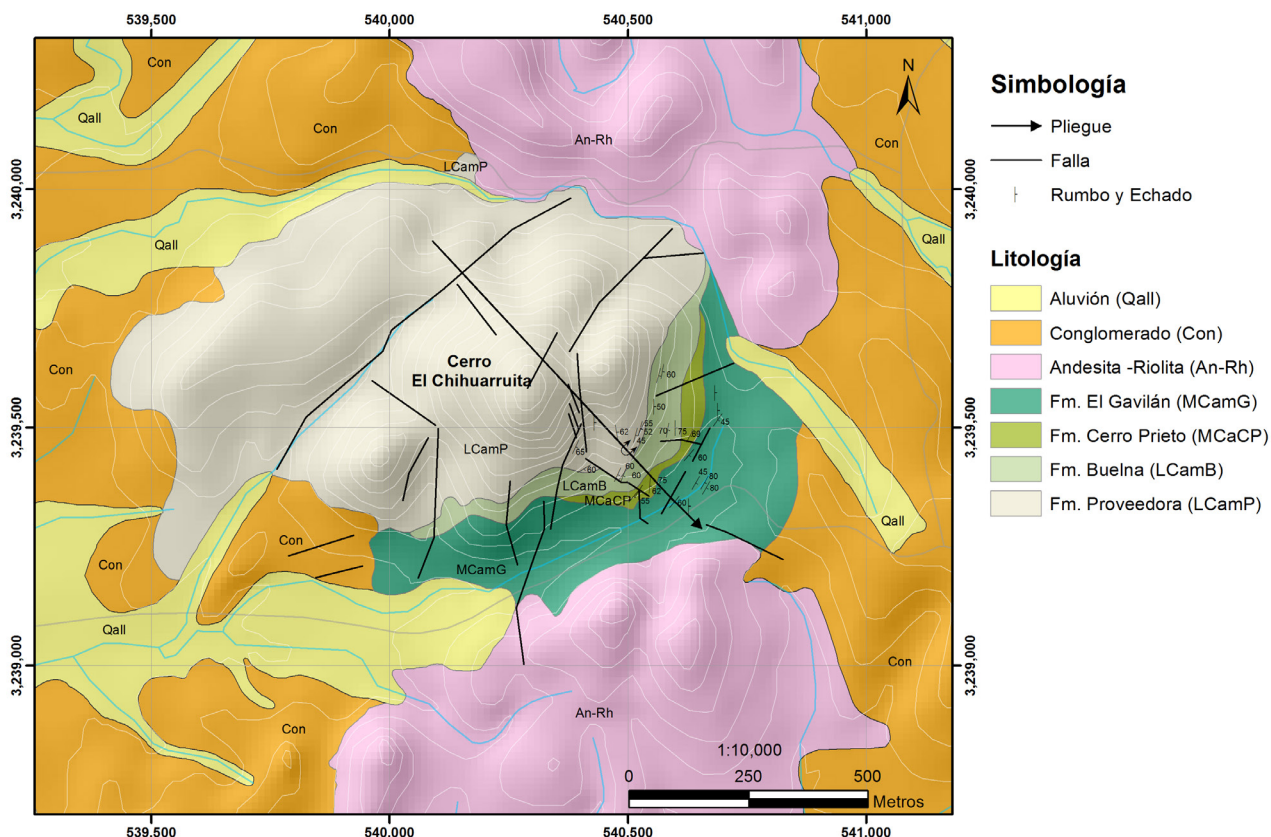


Figura 3. Mapa Geológico del área de estudio en el cerro Chihuarruita, San José de Gracia, Sonora (Modificado de Cuen-Romero *et al.*, 2016).

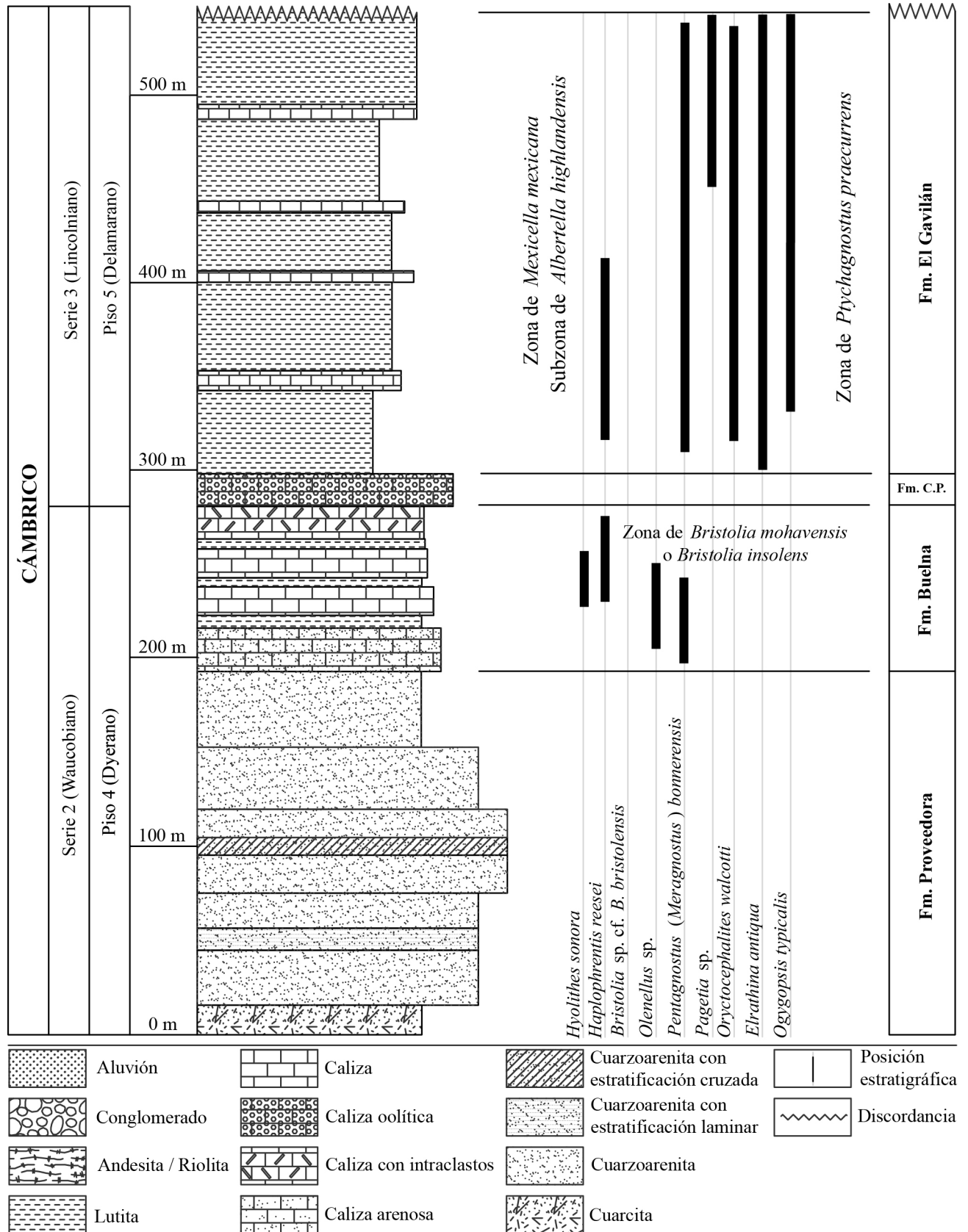


Figura 4. Columna estratigráfica de la secuencia Cámbrico temprano y medio del área de estudio en San José de Gracia (Modificado de Cuen-Romero et al., 2016).

Alcance estratigráfico. Cámbrico inferior al Pérmico medio (Fisher, 1966).

Orden HYOLITHIDA Matthew fide Fisher, 1962
Familia HYOLITHIDAE Nicholson, 1872

Diagnosis. Concha con sección transversal oval, subtriangular, trapezoidal o subpentagonal, marcada con líneas de crecimiento. Lado dorsal redondeado y lado ventral ancho. Opérculo subcircular a subcuadrado, o subtrigonal (Fisher, 1966).

Alcance estratigráfico y distribución. Cámbrico inferior al Pérmico medio, se han encontrado distribuidos en el Paleozoico de Norteamérica, Sudamérica, Europa, Asia y África austral (Fisher, 1966).

Observación. La diagnosis de la familia fue enmendada por Malinky (1988).

Género *Hyolithes* Eichwald, 1840

Diagnosis. Concha de pared delgada, con líneas de crecimiento espaciadas. Cara ventral arqueada y surcos longitudinales débiles en la cara dorsal. Ángulo apical de la concha de 24° a 32° (Syssoiev, 1957; Fisher, 1966; Martí-Mus y Bergström, 2005).

Alcance estratigráfico y distribución. Cámbrico-Pérmico. El género se encuentra distribuido en Norteamérica (Canadá, Estados Unidos, México) Groenlandia, Noruega, Australia, China (Fisher, 1966).

Observación. La definición del género *Hyolithes* fue recientemente revisada por Malinky et al. (1986) y Malinky et al. (1987).

Hyolithes cf. *Hyolithes sonora* Lochman, 1952
Figura 6D

Material. Un ejemplar, IGM 4988.

Descripción. La concha es cónica de lados rectos, la superficie dorsal ligeramente convexa y la ventral plana que se observa en el corte transversal. La longitud promedio es de 7 mm. y su anchura máxima es de 2 mm. en la región más amplia; el ángulo apical tiene 5°. No se conservó la ornamentación externa ni el opérculo.

Discusión. Los especímenes de hiolítidos son muy abundantes en las calizas de la Formación Buelna del cerro Chihuarruita. En un fragmento de roca con dimensiones de 5 x 10 cm, se encuentra un promedio de 10 ejemplares.

Lochman (1952 p. 18, 113, lám. 27, figs. 17-25) propone la especie *Hyolithes sonora* que procede de la Zona de *Kootenia-Glossopleura* en la Formación Arrojitos (Cámbrico medio), localizada a 2.5 km al suroeste de Caborca, Sonora, México. Al respecto, la relaciona con otras especies del género *Hyolithes*, entre ellas *H. cecrops* Walcott y *H. comptus* Howell de Spence Shale, Utah; así como *H. idahoensis* Resser de Rennie Shale, Idaho, EUA. No obstante, argumenta que debido a su mala conservación

no se observa la sección transversal. En el presente trabajo la especie *Hyolithes* cf. *Hyolithes sonora* Lochman, 1952, únicamente se compara con la especie *Hyolithes sonora* (Lochman, 1952), pues los ejemplares se encuentran en mal estado de conservación, sin embargo, la descripción se apoya en la forma general y en la sección transversal de la concha.

Género *Haplophrentis* Babcock y Robison, 1988

Diagnosis. Concha de forma cónica, ancha con los lados rectos, la superficie dorsal es convexa, opérculo de forma subredondeada. Presenta una longitud de 20 mm. y una anchura máxima de 7 mm. y el ángulo apical tiene 15° a 18°. El corte transversal de la concha no se presentó.

Haplophrentis reesei Babcock y Robison, 1988
Figura 6A–C

Hyolithes cecrops Walcott; Resser, 1939, p. 7, lám. 1, figs. 36–38; lám. 5, fig. 9; Gunther y Gunther, 1982, lám. 64, figs. A–C.

Hyolithes sp.; Yochelson, 1961, lám. 33, fig. 1.

Haplophrentis reesei Babcock y Robison, 1988, p. 13, figs. 1, 5, 6; Conway Morris y Robison, 1988, p. 38, fig. 27.

Material. Tres ejemplares, IGM 4985, IGM 4986 y IGM 4987.

Descripción. La concha tiene forma cónica, es ancha de lados rectos, con el opérculo conservado, la superficie dorsal es convexa. Presenta una longitud de 20 mm y una anchura máxima de 7 mm, el ángulo apical tiene en promedio de 15° a 18°. El corte transversal de la concha no se presentó.

Discusión. Se hallaron tres ejemplares mal conservados, en los que no se aprecia la ornamentación externa, la impresión de estructuras internas y procesos cardinales.

El material se recolectó en las formaciones Buelna y El Gavilán del cerro Chihuarruita en el poblado de San José de Gracia, Sonora. Dicha especie se identifica como *Haplophrentis reesei* descrita previamente para el Cámbrico medio de la Spence Shale localizada al norte de Utah, Estados Unidos de Norteamérica. Una especie afín es *Haplophrentis carinatus* (Babcock y Robison, 1988, p. 15, fig. 7) cuyo carácter distintivo es la presencia de una

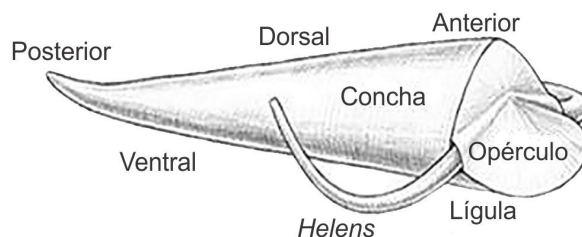


Figura 5. Morfología de los hiolítidos (Modificado de Hou et al., 2004).

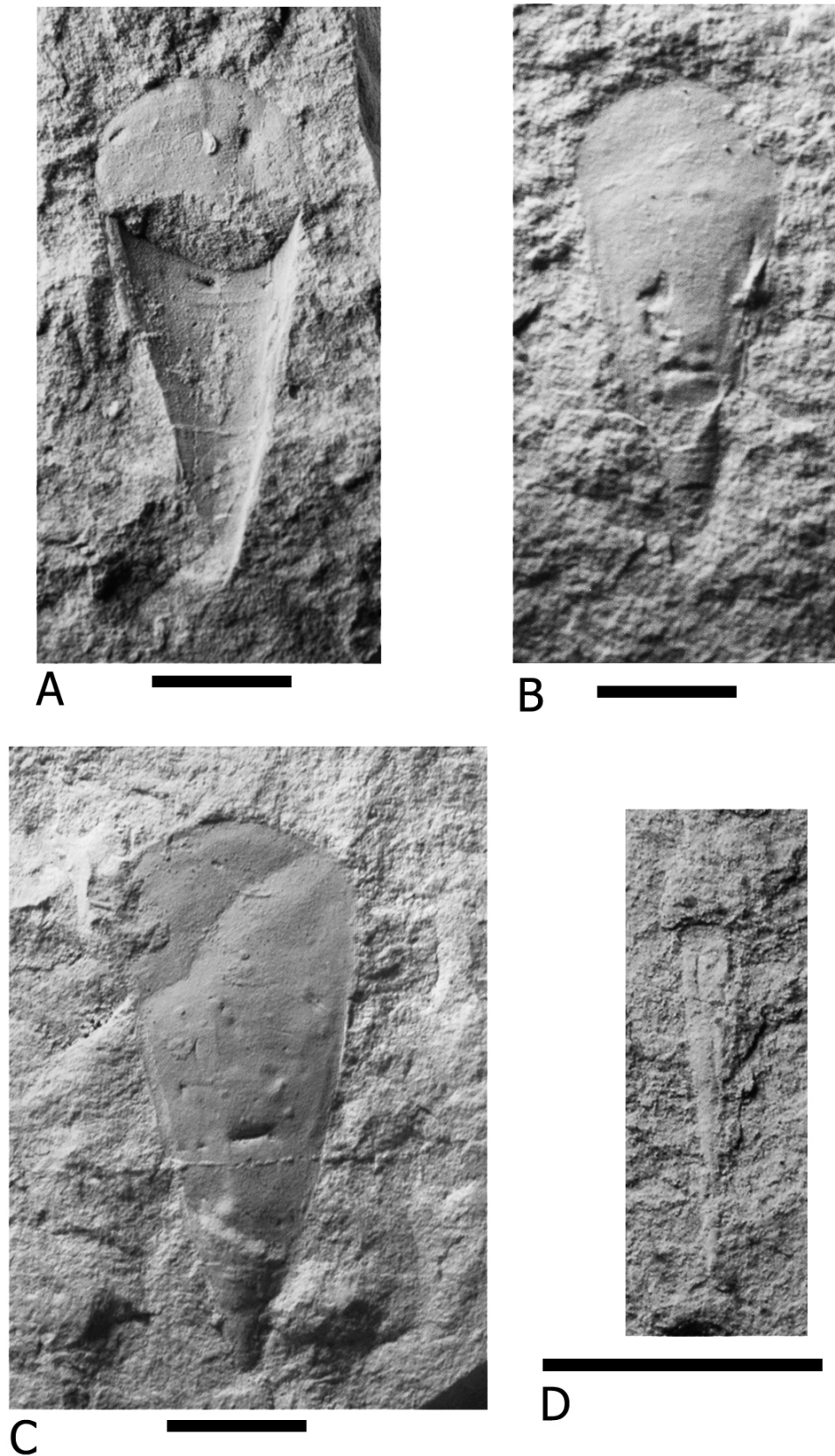


Figura 6. A) *Haplophrentis reesei* IGM 4985. B) *Haplophrentis reesei* IGM 4986. C) *Haplophrentis reesei* IGM 4987. D) *Hyolithes* cf. *H. sonora* IGM 4988. La escala gráfica equivale a un centímetro.

carina media no observada en los ejemplares de San José de Gracia, Sonora.

5. Consideraciones Paleogeográficas

Reconstrucciones paleogeográficas de Norteamérica indican que el margen occidental se encontraba localizado en los trópicos, orientado este-oeste durante el Cámbrico temprano. Como consecuencia de dicha ubicación, la asociación fosilífera de esta amplia región geográfica es abundante y diversa. La comunidad biótica de San José de Gracia denota un ambiente marino somero, cálido, de salinidad normal y abundantes nutrientes, que propició una gran diversidad de la biota en el Paleozoico temprano de la región. Para la región de San José de Gracia, Sonora central, se describen las especies *Hyolithes* cf. *H. sonora* propuesta previamente para la región de Caborca, noroeste de Sonora (Lochman, 1956) y *Haplophrentis reesei* del Cámbrico medio de la Spence Shale del norte de Utah, EUA. La distribución de la biota cámbrica de San José de

Gracia, entre ella los hiolítidos indica que existió una amplia provincia faunística que comprendió el suroeste de Canadá, Estados Unidos de Norteamérica, México, Groenlandia, Sudamérica, norte de Europa, Asia y noreste de Australia, que formaba parte del Océano Pantalásico (Figura 7).

Además de los hiolítidos, la asociación biótica de San José de Gracia está conformada para la Formación Buelna del Cámbrico inferior por abundantes trilobites identificados como *Olenellus* sp. y *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis* y para el Cámbrico medio se tienen abundantes esponjas, chancelóridos, braquiópodos, hiolítidos y los trilobites *Pentagnostus* (*Meragnostus*) *bonnerensis*, *Pagetia* sp., *Oryctocephalites walcotti*, *Ogygopsis typicalis*, así como *Elrathina antiqua*.

6. Conclusiones

Se describen por primera vez para el Cámbrico inferior y medio de México, hiolítidos de la especie *Haplophrentis reesei* Babcock y Robison, 1988 y para la región centro-este

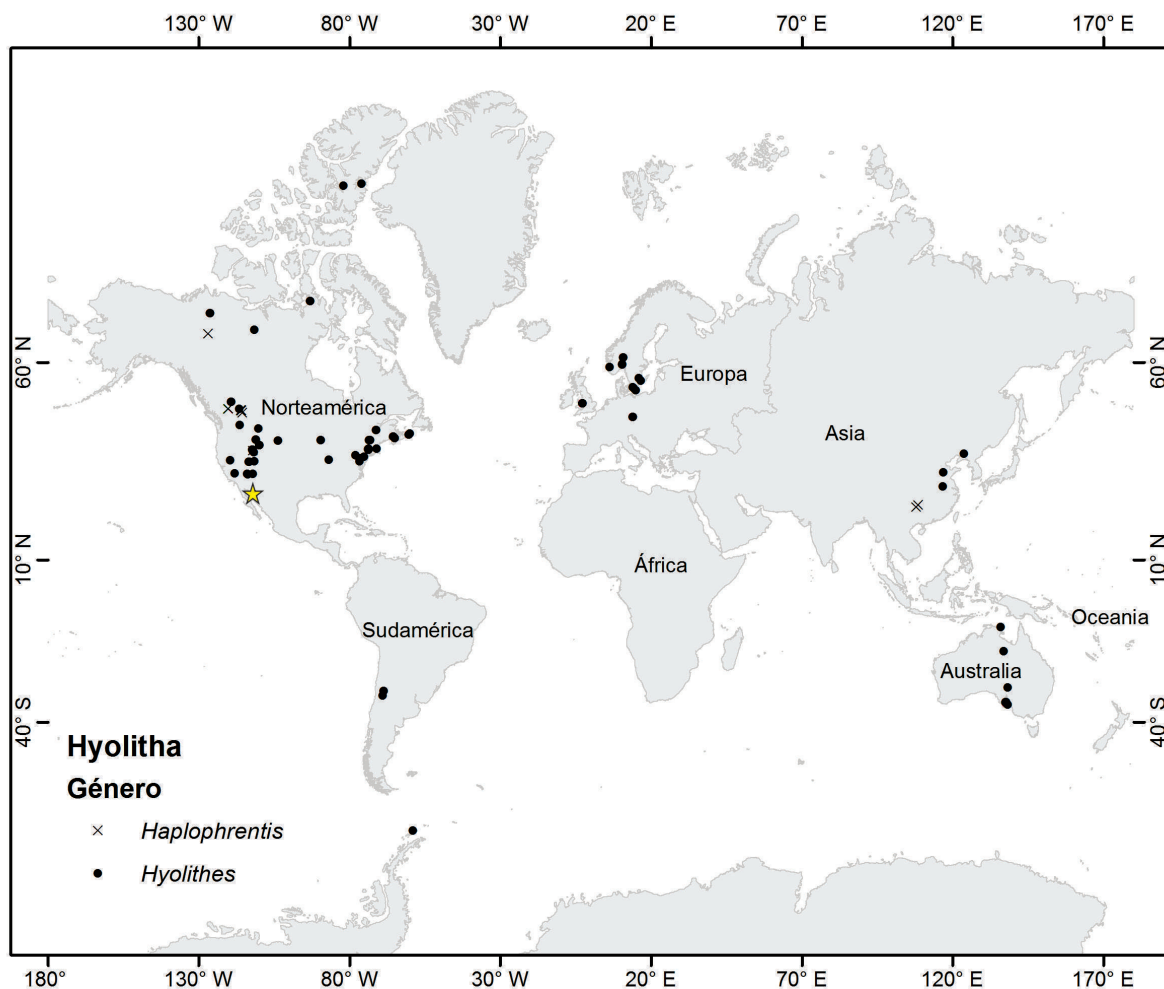


Figura 7. Distribución mundial de los géneros *Hyolithes* y *Haplophrentis*. La estrella amarilla indica la presencia de ambos géneros en San José de Gracia, Sonora.

de Sonora, la especie de *Hyolithes* cf. *H. sonora* Lochman, 1952. La distribución de la biota cámbrica de San José de Gracia, que presenta hiolítidos, denota que existió una amplia provincia faunística la cual comprendió el suroeste de Canadá, Estados Unidos de Norteamérica, Groenlandia, Sudamérica, norte de Europa, Asia y noreste de Australia, que formaba parte del Océano Pantalásico.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por los proyectos UNAM-DGAPA-PAPIIT No. IN105012, CONACyT No. 165826, 235970 y ECOS-Francia-México No. M13U01. Se agradece a Andrea Sarai Hernández Barroso y Greta Ramírez Guerrero el apoyo en la preparación del texto.

Referencias

- Almazán, E., 1989, El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región centro-oriental del estado de Sonora, Universidad Nacional Autónoma de México: Revista del Instituto de Geología, 8, 58–66.
- Almazán, E., 2002, El Cámbrico Temprano y Medio de San José de Gracia, Sonora Central, México: GEOS Unión Geofísica Mexicana. Libro de resúmenes, 22, 333 pp.
- Álvarez, Jr. M., 1949, Notas sobre el Paleozoico Mexicano: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 1, 47–56.
- Babcock, L.E., Robison, R.A., 1988, Taxonomy and paleobiology of some Middle Cambrian *Scenella* (Cnidaria) and Hyolithids (Mollusca) from western North America: University of Kansas Paleontological Contributions, 121, 1–22.
- Baldís B.A.J., Bordonaro O.L., 1981, Vinculación entre el Cámbrico del noroeste de México y la Precordillera Argentina: Porto Alegre, Brasil, II Congreso Latinoamericano de Paleontología, Annals, 1, 1–10.
- Bruton, D., Harper, D., 2000, A mid-Cambrian shelly fauna from Ritland, western Norway and its paleogeographical implications: Bulletin of the Geological Society of Denmark, 47, 29–51.
- Buitrón, B.E., 1992, Las rocas sedimentarias marinas del Paleozoico Inferior de México y su contenido biótico, en Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra J., Rábano I. (eds.), Paleozoico Inferior de Ibero-América, España: Universidad de Extremadura, 193–201.
- Buitrón, B., Corona, N., Cuen, F., Palafox, J., Ramírez, G., 2016, Icnofósiles del Cámbrico Inferior de San José de Gracia, Sonora: Paleontología Mexicana, 5, 33–40.
- Cooper, G.A., Arellano A., 1946, Stratigraphy near Caborca, northwestern México, Sonora: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 30, 606–610.
- Cuen, J.F., Almazán, E., Montijo, A., Minjarez, I., Grijalva, F., Monreal, R., Schwenicke, T., Ochoa, J., 2009, Faunas marinas de invertebrados del Cámbrico temprano y medio en la parte central del Estado de Sonora, México: GEOS Unión Geofísica Mexicana, Libro de resúmenes, 29, 91 pp.
- Cuen-Romero J.F., Valdez Holguín, E., Buitrón, B.E., Monreal, R., Sundberg, F., Montijo, A., Minjarez, S.I., 2016, Cambrian Stratigraphy of San José de Gracia, Sonora, México: El Gavilán Formation, a new lithostratigraphic unit of middle Cambrian open shelf environment: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 68, 429–441.
- Debrenne, F., Gandin, A., Rowland, S., 1989, Lower Cambrian bioconstructions in Northwestern Mexico, Sonora. Depositional setting, paleoecology, and systematics of Archaeocyaths: Geobios, 22, 137–195.
- Fisher, D.W., 1966, Small conoidal shells of uncertain affinities, en Moore, R.C. (ed.), Miscellanea, Conodonts, conoidal shells of uncertain affinities, Worms, Trace fossils and problematical: Treatise on Invertebrate Paleontology. Kansas: Geological Society of America and University of Kansas Press, 98–143.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2001, Carta H12–D32, escala 1:50000.
- Johnson, H., 1952, *Girvanella*, en Cooper G.A., Arellano A., Johnson J., Okulitch J., Stoyanow A. (eds.), Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, México: Smithsonian Miscellaneous Collections, 119, 24–26.
- Lochman, C., 1948, New Cambrian trilobite genera from northwest Sonora, Mexico: Journal of Paleontology, 22, 451–464.
- Lochman, C., 1952, Trilobites, en Cooper, G.A., Arellano, A., Johnson, J., Okulitch, J., Stoyanow, A. (eds.), Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, México: Smithsonian Miscellaneous Collections, 119, 60–107.
- Lochman, C., 1956, The Cambrian of the Rocky Mountains and southwest deserts of the United States and adjoining Sonora province, Mexico: en Rogers, J., (ed.), El Sistema Cámbrico, su paleogeografía y el problema de su base, Parte 2, Australia, América. México, D.F.: 20 Congreso Geológico Internacional, 20, 529–661.
- Malinky, J.M., 1987, Taxonomic revision of Hyolitha from the Middle Paleozoic of North America: Journal of Paleontology, 61, 1173–1186.
- Malinky, J.M., 1988, Early Paleozoic Hyolitha from North America: Reexamination of Walcott's and Ressler's Type Specimens: Journal of Paleontology, 62, 218–233.
- Malinky, J.M., 1989, New early Paleozoic Hyolithida and Orthothecida (Hyolitha) from North America: Journal of Paleontology, 63, 302–319.
- Malinky, J.M., 1990, Early and Middle Cambrian Hyolitha (Mollusca) from Northeastern China: Journal of Paleontology, 64, 228–240.
- Malinky, J.M., Mapes, R., Broadhead, T., 1986, New Late Paleozoic Hyolitha (Mollusca) from Oklahoma and Texas, and their paleoenvironmental significance: Paleontology, 29, 303–312.
- Malinky, J.M., Linsley, R., Yochelson, E., 1987, Taxonomic revision of Hyolitha in the Middle Paleozoic of North America: Journal of Paleontology, 61, 1173–1186.
- Marek, L., 1963, New knowledge on the morphology of *Hyolithes*: Sbornik Geologických Ved. Paleontologie, 1, 53–73.
- Marek, L., Yochelson, E.L., 1976, Aspects of the biology of Hyolitha (Mollusca): Lethaia, 9, 65–82.
- Martí-Mus, M., Bergström, J., 2005, The morphology of Hyolithids and its functional implications: Paleontology, 48, 1139–1167.
- McMenamin, M., 1985, Basal Cambrian small shell fossils from the La Ciénega Formation, northwestern Sonora, Mexico: Journal of Paleontology, 59, 1414–1425.
- Nardin, E., Almazán, E., Buitrón, B.E., 2009, First report of *Gogia* (Eocrinoidea, Echinodermata) from the Early-Middle Cambrian of Sonora (México), with biostratigraphical and paleoecological comments: Geobios, 42, 233–242.
- Sarmiento, G., Fernández, D., Cemal, M., 2001, Cambrian small shelly fossils from the Caltepe Formation, Taurus Mountains, Turkey: Coloquios de Paleontología, 52, 117–134.
- Stewart, J.H., Poole, F.G., 2002, Inventory of Neoproterozoic and Paleozoic Strata in Sonora, Mexico: United States Department of the Interior and United States Geological Survey, Open-File Report 902-97, 50 pp.
- Stewart, J.H., McMenamin, A.S., Morales-Ramírez, J.M., 1984, Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, México. Physical stratigraphy, Biostratigraphy, Paleocurrent studies, and Regional Relations: United States Geological Survey Professional Paper, 1309, 32 pp.
- Syssoiev, V.A., 1957, To the morphology, systematic and systematic position of the hyoliths (in Russian): Akademia Nauk SSSR, 116, 304–307.
- Waggoner, B., Hagardon, J., 2005, Conical fossils from the Lower Cambrian of Eastern California: Paleobios, 25, 1–10.

- Hou, X.-G., Aldridge, R.J., Bergström, J., Siveter, D.J., Siveter, D.J.,
Feng, X.-H., 2004, *The Cambrian Fossils of Chengjiang, China: The Flowering of Early Animal Life*: Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, 247 pp.
- Yochelson, E., 1961, The Operculum and Mode of Life of Hyolithes: *Journal of Paleontology*, 35, 152–161.

Manuscrito recibido: Mayo 25, 2017.

Manuscrito corregido recibido: Junio 2, 2017.

Manuscrito aceptado: Junio 5, 2017.