

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

BRAQUIÓPODOS
(BRACHIOPODA – LINGULIFORMEA -
RHYNCHONELLIFORMEA) DEL
CÁMBRICO INFERIOR Y MEDIO DE SAN
JOSÉ DE GRACIA, SONORA, MÉXICO.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
GEÓLOGO



PRESENTA:

GLENDA HADALID DANZOS ACUÑA

HERMOSILLO, SONORA, MARZO DE 2015

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

M.C. FRANCISCO JAVIER CUEN ROMERO
Universidad de Sonora, Departamento de Geología

M.C. ALEJANDRA MONTIJO GONZÁLEZ
Universidad de Sonora, Departamento de Geología

M.C. ISMAEL MINJÁREZ SOSA
Universidad de Sonora, Departamento de Geología

Con todo mi afecto a mis padres: Luis Danzos Villaescusa y Luz Marina Acuña Acedo, con infinito agradecimiento por su entrega y por darme todo en la vida. A mis hermanas por ser mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora y en especial al Departamento de Geología, por permitirme formar parte del Programa Licenciatura en Geología y por todos los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación profesional.

Al M.C. Francisco Javier Cuen Romero, mi director de tesis, por confiar en mi persona, su paciencia y dedicación han sido fundamentales para mi formación. A la M.C. Alejandra Montijo González, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. Al M.C. Ismael Minjárez Sosa por la atenta lectura y revisión del escrito, haciendo grandes aportaciones a la versión final.

A mis grandes amigas Lupita Rubio y Angélica Bourjac, por ayudarme y compartir estos años conmigo.

ÍNDICE

1. Resumen	7
2. Introducción.....	9
3. Objetivos	10
4. Generalidades	11
4.1. Antecedentes y trabajos previos.....	11
4.2. Metodología	14
4.3. Clima	15
4.4. Vegetación	15
4.5. Fisiografía.....	16
4.6. Geomorfología.....	17
4.7. Localización del área de estudio.....	18
5. Marco Geológico Regional.....	19
6. Estratigrafía.....	22
7. Phylum Brachiopoda Duméril, 1806	30
8. Paleontología sistemática.....	33
9. Discusiones	42
10. Resultados y conclusiones	42
11. Bibliografía	46

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Fig. 1.- Provincias fisiográficas de Sonora.....	16
Fig. 2.- Mapa de localización y vías de acceso del área de San José de Gracia.	18
Fig. 3.- Mapa geológico regional.	21
Fig. 4.- Afloramiento de la Formación Proveedora. San José de Gracia.	23
Fig. 5.- Lamina delgada. Cuarzoarenita con clastos con tamaño menor a 2 mm. Formación Proveedora.	23
Fig. 6.- Formación Buelna, San José de Gracia.	25
Fig. 7.- Lamina delgada. Fragmentos de Trilobites en matriz de esparita. Formación Buelna.	25
Fig. 8.- Caliza oolítica masiva. Formación Cerro Prieto.	26
Fig. 9.- Lámina delgada, oolitos recristalizados. Formación Cerro Prieto.	26
Fig. 10.- Formación El Gavilán (informal).....	27
Fig. 11.- <i>Acrothele</i> sp. en asociación con espículas de esponja (25X). Formación El Gavilán.	27
Fig. 12.- Mapa geológico del área de estudio.....	28
Fig. 13.- Columna estratigráfica del área de estudio, basada en braquiópodos y mostrando zonas de trilobites.....	29
Fig. 14.- <i>Lingulella</i> sp. (20X).....	34
Fig. 15.- <i>Linnarssonina</i> sp. (25X).....	35
Fig. 16.- <i>Prototreta</i> sp. (25X).....	36
Fig. 17.- <i>Acrothele</i> sp. (22X).....	38
Fig. 18.- <i>Dictyonina</i> sp. (8X).....	40
Fig. 19.- <i>Obolella</i> sp. (12X)	41
Tabla 1.- Distribución de braquiópodos del Cámbrico de Sonora, México.	45

1. RESUMEN

En la parte central del estado de Sonora, México, en el área de San José de Gracia, municipio de Hermosillo, afloran rocas sedimentarias del Cámbrico inferior y medio, asignadas a las formaciones Proveedora, Buelna, Cerro Prieto y El Gavilán.

La Formación Proveedora está constituida por cuarzoarenita de grano fino con alta bioturbación e icnofósiles, considerada del Cámbrico inferior. La Formación Buelna está compuesta por una secuencia de caliza y arenisca intercaladas, asignada al Cámbrico inferior tradicional (Serie 2, Piso 4). La Formación Cerro Prieto es interpretada como una caliza oolítica fuertemente recristalizada del Cámbrico medio? y, finalmente la formación El Gavilán (informal), consiste en una intercalación de caliza gris y lutita roja muy fracturada, asignada al Cámbrico medio tradicional (Serie 3, Piso 5). Estas unidades litoestratigráficas poseen una abundante fauna fósil, compuesta principalmente por trilobites, braquiópodos, moluscos y espículas de esponja. De las unidades mencionadas anteriormente, sólo la Formación Buelna y El Gavilán han proporcionado fósiles de braquiópodos, en su mayoría linguliformes “inarticulata” y en menor proporción rinconeliformes “articulata”, los cuales son motivo de estudio del presente trabajo.

La Formación Buelna posee ejemplares de *Obolella* sp. (Rhynchonelliformea – Obolellata) en asociación con los trilobites índice *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis* (Resser, 1928) y *Olenellus* sp., así como moluscos hiolítidos. La formación El Gavilán proporcionó abundantes fósiles de braquiópodos linguliformes (Linguliformea: Lingulata – Paterinata) como *Lingulella* sp., *Prototreta* sp., *Linnarssonina* sp., *Acrothele* sp. y *Dictyonina* sp., en asociación con los trilobites *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis* (Resser, 1938), *Oryctocephalus* sp., *Oryctocephalites walcotti* Resser, 1938, y *Bathyuriscus* sp.

Con respecto a la abundancia de braquiópodos, el Orden Acrotretida Kuhn, 1949, posee el mayor número de representantes en esta área, principalmente por la Familia

Acrotretidae Schuchert, 1893. Este orden ha sido ampliamente documentado para Norteamérica, Australia y Reino Unido, y está compuesto por braquiópodos fosfáticos que tuvieron su primera radiación adaptativa durante el Cámbrico temprano, diversificándose hasta alcanzar su acmé durante el Cámbrico tardío – Ordovícico Temprano, extinguiéndose durante el Silúrico medio (Williams *et al.*, 2007).

El estudio de estos organismos permite confirmar la afinidad bioestratigráfica existente entre los depósitos del Cámbrico de Sonora con los del suroeste de los Estados Unidos de América y Canadá, para los cuales se ha documentado una abundante fauna fósil de braquiópodos.

2. INTRODUCCIÓN

El registro estratigráfico del Cámbrico en el estado de Sonora, México, se caracteriza por constituir secuencias aisladas y diversas en composición, estando representado generalmente por el depósito de rocas sedimentarias consideradas de ambiente marino somero. De manera relativa, estos afloramientos poseen fauna en buen estado de conservación, dentro de la cual los invertebrados han despertado el creciente interés de diversos investigadores desde el siglo pasado. (Lochman, 1948; Cooper *et al.*, 1952; 1956).

Los braquiópodos del Cámbrico han sido objeto de numerosos estudios paleontológicos y sistemáticos, como lo demuestran publicaciones realizadas en Norteamérica desde finales del siglo XIX. (Hall, 1892; Walcott & Schuchert, 1908; Walcott, 1912). El registro estratigráfico de representantes de este phylum durante el Paleozoico inferior en México es escaso, existiendo pocas referencias bibliográficas, entre las que destacan los trabajos de Cooper *et al.* (1952; 1956), Buitrón & Rivera–Carranco (1984), Almazán–Vazquez (1989), Almazán & Buitrón (2007), Streng *et al.*, (2011) y Cuen (2013). Estos trabajos han aportado valiosos datos sistemáticos, bioestratigráficos y evolutivos, que han supuesto un avance muy importante en el conocimiento de las faunas del Cámbrico–Ordovícico en México.

La columna bioestratigráfica del Cámbrico se encuentra erguida principalmente en base a rangos de trilobites (Lochman & Lee, 1958; Webster, 2011), debido a su abundancia y amplia distribución geográfica, mientras que otros grupos importantes en paleontología, como lo son arqueociátidos, moluscos y braquiópodos han recibido importancia limitada, principalmente de manera local.

En México existen importantes afloramientos del Paleozoico inferior con abundantes braquiópodos linguliformes, destacando los de Caborca al NW de Sonora y los de Nochixtlán en el estado de Oaxaca (Cámbrico superior – Ordovícico Inferior).

Dentro del clado Lophophorata (Brachiopoda, Phoronida y Bryozoa) los braquiópodos constituyen los organismos más antiguos y ampliamente distribuidos, desde su origen a partir del Cámbrico hasta el Holoceno, siendo formas muy estables que apenas han evolucionado en el transcurso del tiempo.

Este trabajo está enfocado en documentar e ilustrar las especies de braquiópodos encontradas en San José de Gracia, tomando en cuenta la nueva clasificación sistemática para el Phylum Brachiopoda [Duméril, 1806](#). Lo anterior contribuirá a actualizar el *status* taxonómico de estos organismos en México. ([Popov *et al.*, 1993](#)).

3. OBJETIVOS

El principal objetivo del presente trabajo es la descripción sistemática de la fauna de braquiópodos presentes en estas unidades, contribuyendo al conocimiento del Cámbrico en el estado.

4. GENERALIDADES

4.1. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

Los primeros estudios con enfoque al Sistema Cámbrico en México, se llevaron a cabo en las rocas del área de Caborca, Sonora, las cuales fueron descubiertas en 1941 por los geólogos Isauro G. Gómez y Lorenzo Torres Izabal (Cooper & Arellano, 1946; Álvarez, 1949; Cooper *et al.*, 1956).

Cooper & Arellano (1946) realizan el primer estudio de la estratigrafía de las rocas cámbricas de la región de Caborca. Posteriormente Cooper *et al.*, (1952; 1956) proponen la existencia de seis unidades litoestratigráficas con una abundante fauna fósil del Cámbrico inferior y medio en las cercanías de la ciudad de Caborca, designando las formaciones: Puerto Blanco, Proveedora, Buelna, Cerro Prieto, Arrojos y El Tren.

Cooper *in* Cooper *et al.*, 1952, reporta la presencia de doce especies de braquiópodos en las rocas cámbricas del área de Caborca, de las cuales siete resultaron nuevas. Entre estas se menciona *Lingulella proveedorensis* Cooper, 1952; *Paterina* sp., *Micromitra* sp., *Dictyonina minutipuncta* Cooper, 1952; *Dictyonina* sp., *Obolella mexicana* Cooper, 1952; *Pegmatreta rara* Cooper, 1952; *Pegmatreta arellanoi* Cooper, 1952; *Acrothele concava* Cooper, 1952; *Nisusia* sp., *Wimanella* sp. y *Diraphora arrojensis* Cooper, 1952.

Buitrón & Rivera–Carranco (1984), describen siete especies de braquiópodos inarticulados del Ordovícico Inferior de la Formación Tiñú, estado de Oaxaca, entre los que se menciona *Obolus lamborni*, *O. tetonensis*, *Dicellomus politus*, *Lingulella brainerdi*, *L. displosa*, *L. remus* y *Westonia* sp. cf. *W. blackwelderi*. Posteriormente Streng *et al.* (2011), describen 18 especies de braquiópodos linguliformes del Cámbrico superior y Ordovícico inferior del mismo lugar, reportando la presencia de faunas con afinidad al margen de

Gondwana, así como gran cantidad de especies de braquiópodos endémicas como lo son *Oaxaquiatreta* spp., *Tapuritreta* sp., *Eurytreta?* sp., entre otros.

En el área de Arivechi, este de Sonora, aflora un paquete sedimentario del Cámbrico medio y superior, constituido por lutita, arenisca, caliza oolítica y caliza oncolítica, distribuido entre las formaciones La Sata, El Mogallón, La Huerta y Milpillas (Almazán–Vázquez, 1989). La Formación La Sata no proporcionó fósiles de braquiópodos. El Miembro A de la Formación El Mogallón contiene abundantes fósiles de *Prototreta* sp., *P. attenuata*, *Acrothele subsidua*, *Micromitra* sp., *Pegmatreta bellatula* y *Linnarssonina ophirensis*. El Miembro C posee representantes de *Lingulella* sp., *Prototreta* sp., *P. attenuata* y *Acrothele subsidua*. Mientras que el Miembro D posee *Lingulella* sp., *Prototreta flabellata*, *Linnarssonina* sp., *L. sp. cf. L. ophirensis*. La Formación La Huerta posee representantes de *Prototreta attenuata*, *Acrothele* sp. y *Micromitra* sp. Finalmente la Formación Milpillas proporcionó fósiles de *Angulotreta* sp., *Micromitra* sp. y *Quadrisonia* sp. (Almazán, 1989).

Los depósitos del área de San José de Gracia fueron estudiados por Cirett & Aguilar (1989) en su tesis de licenciatura. Posteriormente Maytoarena–Silva (1990) estudia las implicaciones tectónicas de estas rocas.

La Paleontología de las rocas cámbricas del área de la loma El Chihuarruita, San José de Gracia, Sonora, ha sido analizada y discutida en diversos trabajos (Almazán, 2002; Cuen *et al.*, 2009; Nardin *et al.*, 2009; Buitrón *et al.*, 2011; Huerta–Ruiz, 2011; Montijo *et al.*, 2012; Cuen, 2012; Cuen, 2013). En particular se han reconocido fósiles de trilobites, braquiópodos, moluscos y esponjas.

Almazán (2002) realiza los primeros estudios paleontológicos de las rocas cámbricas de la región, mencionando la presencia de una abundante fauna del Cámbrico temprano y medio, dividiendo la secuencia sedimentaria de la loma El Chihuarruita en siete miembros

(A–G). Posteriormente *Stewart et al.*, (2002) colectaron fósiles de trilobites, entre estos *Oryctocara* sp., *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis*, *P. brighamensis*, *Oryctocephalus* sp., *Pagetia* sp. y ?*Ehmaniella* sp.

Buitrón et al., (2004) mencionan la presencia del eocrinoide *Gogia spiralis* *Robison*, 1965, y de los trilobites índice *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis* y *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis*. *Cuen et al.*, (2009) asigna las rocas portadoras de *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis* a la Zona de *Olenellus* y las relaciona con depósitos del sur de los Estados Unidos de América. *Nardin et al.*, (2009), realiza un estudio sistemático y paleoecológico de *Gogia granulosa* *Robison*, 1965, y una descripción detallada de los miembros litológicos propuestos por *Almazán* (2002).

Almazán & Buitrón (2007) realizan un análisis sobre la distribución de braquiópodos paleozoicos en el estado de Sonora, México y su contexto paleogeográfico.

Buitrón et al., (2011) reportan la presencia de los moluscos *Hyolithes sonora* *Lochman*, 1952, y *Haplophrentis reesei* *Babcock & Robison*, 1988. Posteriormente *Huerta–Ruiz* (2011) en su tesis de licenciatura realiza un el estudio detallado, así como la descripción sistemática de estas especies.

Cuen (2012) realiza un estudio detallado de la estratigrafía y paleontología de estas rocas cámbricas y las establece como secciones de referencia al Cámbrico del área de Caborca, identificando las formaciones Proveedora, Buelna, Cerro Prieto y Arrojos, pero con un cambio de facies hacia ambientes más externos. El mismo autor realiza una reevaluación del material fósil e identifica la presencia de *Ogygopsis* sp., *Pagetia* sp., *Lingulella* sp. y escleritos de *Chancelloria* sp., además de la presencia de *Salterella* sp.

Cuen *et al.*, (2012) hablan de la presencia de la Zona de *Albertella* en la Formación Arrojos debido a la abundancia de *Oryctocephalus* sp., *Ogygopsis typicalis*, *Elrathina antiqua*, *Bathyriscus* sp., *Peronopsis bonnerensis* y *Pagetia resseri*.

Cuen (2013) en un estudio bioestratigráfico y paleogeográfico de las rocas cámbricas del estado de Sonora, propone de manera informal la formación El Gavilán para sustituir la Formación Arrojos del área de San José de Gracia, debido a que su litoestratigrafía es diferente. Las rocas de la Formación Buelna las asigna a la Zona de *Bristolia mohavensis* o *Bristolia insolens*, confiriéndoles una edad Serie 2, Piso 4 (Cámbrico inferior tradicional). Las rocas de la formación El Gavilán las coloca en la Zona de *Mexicella mexicana*, Subzona de *Albertella highlandensis* o *Ptychagnostus praecurrens* para plataforma abierta, con una edad del Cámbrico Serie 3, Piso 5.

Cuen *et al.* (2013) reportan la presencia de *Chancelloria eros* y *Diagoniella* sp. en la formación El Gavilán, confirmando la existencia de abundantes invertebrados marinos en esta unidad.

4.2. METODOLOGÍA

El presente trabajo se llevó a cabo en diferentes etapas, las cuales se mencionan a continuación:

Recopilación bibliográfica: Esta etapa consistió en la búsqueda y recopilación de información relacionada con el Cámbrico en México, especialmente enfocada a la estratigrafía y braquiópodos. La información obtenida fue resumida y se realizaron fichas bibliográficas para su uso posterior.

Visitas al área de estudio: Durante esta etapa se hicieron visitas a las localidades cámbricas de San José de Gracia, para realizar una sección medida y recolectar braquiópodos para su posterior estudio.

Análisis de braquiópodos: El material paleontológico recolectado fue procesado para su identificación, lo anterior se hizo en base a la diagnosis propuesta para cada taxón según su autor original o enmienda.

Análisis petrográfico: Las muestras de roca recolectadas fueron analizadas bajo el microscopio petrográfico, para realizar la descripción y una identificación a detalle de la muestra.

Integración de datos: Consistió en la última etapa de la investigación, el material recolectado y analizado fue integrado en el presente documento para realizar una interpretación y obtener resultados y conclusiones.

4.3. CLIMA

Según la carta de climas de la República Mexicana (García & CONABIO, 1998) escala 1:000 000 el área de estudio se caracteriza por ser un tipo de clima BWh(x') el cual corresponde a muy árido, semicálido, con una temperatura media anual que varía entre 18 y 22°C, siendo la temperatura máxima anual de 38°C y se presenta en los meses de junio y julio. La temperatura del mes más frío corresponde a 5°C y se presenta en enero. La precipitación media anual varía de 125 a 400 mm. (Vidal – Zepeda, 1990).

La edafología de la región está conformada en su mayoría por litosol (30%) caracterizando suelos someros menores a 10 cm de profundidad; regosol (50%) comprendiendo materiales no consolidados, alterados y de textura fina. La rendzina (10%) es un suelo oscuro rico en humus.

4.4. VEGETACIÓN

La carta de suelo y vegetación de INEGI (2011) indica que en la región se tiene la presencia de matorral espinoso del género *Prosopis* (mezquite) el cual es muy abundante en la mayor parte del estado. También se tiene la presencia de *Parkinsonia* (palo verde),

Mimosa (uña de gato) y *Fouquieria* (ocotillo). Las cactáceas son muy abundantes, sobresaliendo la presencia de *Cylindropuntia* (siviri) y *Opuntia* spp. (nopales).

4.5. FISIOGRAFÍA

Según la clasificación de CONABIO (1990) el área de estudio se encuentra en la provincia fisiográfica de Sierras y Llanuras Sonorenses, la cual comprende más del 50% de la superficie del estado. Esta provincia fisiográfica es dividida en tres subprovincias: Desierto de Altar, Sierras y Llanuras Sonorenses y Sierra del Pinacate. De las anteriores la más extensa es Llanuras Sonorenses la cual se prolonga hacia el norte con el límite de los Estados Unidos de América y continúa a través del Desierto de Mojave y de Gila. Se caracteriza por la disposición discontinua y paralela de sierras aisladas, alargadas con rumbos preferenciales NW–SE. (Ver fig. 1).

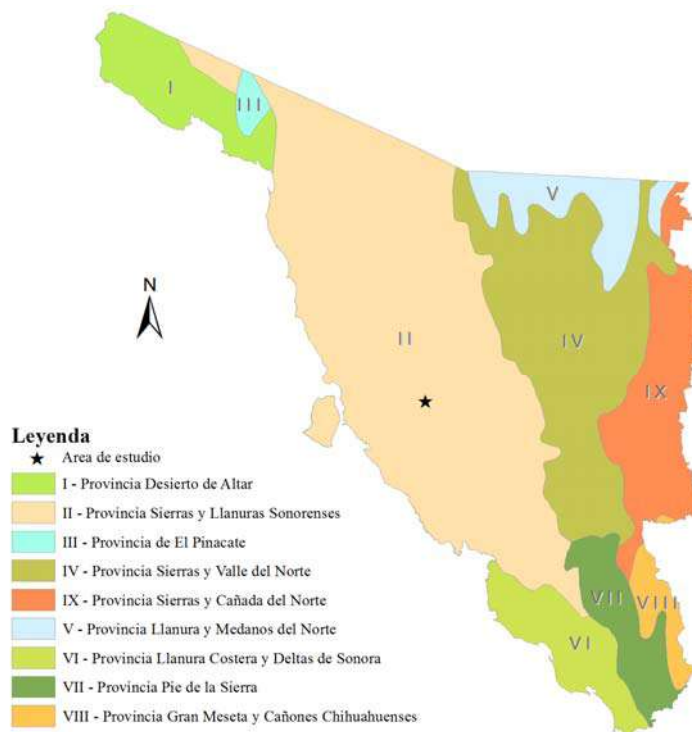


Fig. 1.- Provincias fisiográficas de Sonora. Modificado de CONABIO (1990)

4.6. GEOMORFOLOGÍA

Dentro del área de estudio existe un conjunto de altos topográficos referidos como cerros y lomas. La parte más baja corresponde a 300 msnm y la parte más alta corresponde a la loma El Chihuarruita, 470 msnm.

En el área de estudio afloran ocho unidades geomorfológicas principales, entre las que destacan lomerío estable de origen denudativo, lomerío estable de origen cárstico, piedemonte de origen denudativo, lomerío estable de origen volcánico denudativo, planicie de patrón divergente superior de origen fluvial y zona cultivada de origen antropogénico.

La mayor área de estudio se localiza en la unidad lomerío estable de origen cárstico denudativo, la cual está compuesta por lomerío de pendiente estable, formado por caliza y arenisca del Paleozoico inferior (Loma El Chihuarruita).

4.7. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El poblado de San José de Gracia se localiza en la parte central del estado de Sonora, a 36 km al noreste de Hermosillo, capital de la entidad. El área de interés aflora en la carta topográfica H12–D32 de INEGI (2001). La loma El Chihuarruita, correspondiente a los afloramientos cámbricos se localiza a 2 km al sureste del poblado, en las coordenadas geográficas $29^{\circ}17'06''$ N y $110^{\circ}35'05''$ W. (Fig. 2).

El acceso principal es por la carretera federal núm. 15 y la carretera federal núm. 21, en el tramo Hermosillo–Ures.

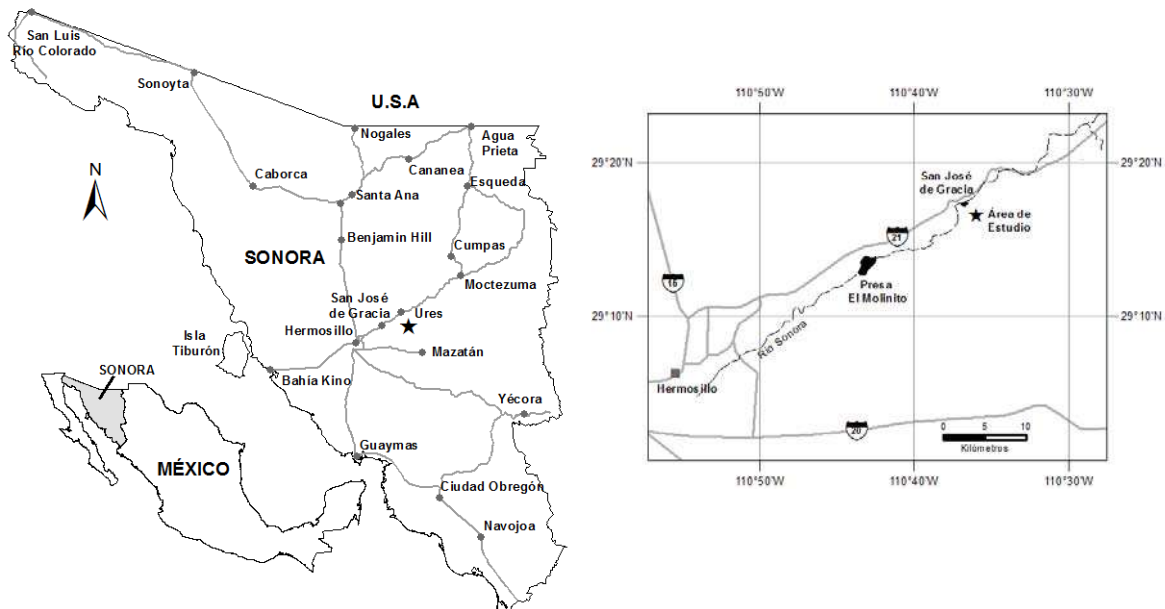


Fig. 2.- Mapa de localización y vías de acceso del área de San José de Gracia.

5. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

De acuerdo a SGM (2002) en el área de estudio se pueden distinguir diez unidades litológicas con edades que varían del Cámbrico al Reciente (ver fig. 3). La unidad más antigua es denominada Unidad caliza, dolomía y arenisca (GiPcpCz, Do, Ar), comprendiendo rocas del Cámbrico al Pérmico. La litología predominante corresponde a caliza, dolomía y arenisca, las cuales posiblemente se depositaron en un mar somero, posiblemente de plataforma o bancos calcáreos. Dentro de esta unidad se colocan las formaciones Provedora, Buelna, Cerro, Prieto, Arrojos y El Tren, las cuales fueron definidas por Cooper & Arellano (1946) y Cooper *et al.* (1956) en el área de Caborca.

Posteriormente aflora la Unidad de Andesita y Toba Andesítica (KsTpaA-TA) y la Unidad de Riolitas y Tobas Riolíticas (KsTpaR-Tr), las cuales consisten de tobas y derrames de composición andesítica y toba riolítica con depósitos sedimentarios intercalados de la Formación Tarahumara, con edades entre 70 y 90 Ma (Cretácico Superior). Dentro de estas unidades se colocan las formaciones El Chanate, Mesa y El Tuli.

Sobreyaciendo las unidades anteriores se encuentra la Unidad Ignimbrita – Toba Riolítica (Tolg-TR), la cual comprende rocas volcánicas y piroclásticas de composición ácida con basaltos que afloran principalmente en la porción superior de la Sierra Madre Occidental en Sonora. En esta unidad se coloca la formación Yécora, considerada de carácter informal y propuesta por Grijalva-Noriega & Roldán-Quintana (1998), quienes la ubican en el Oligoceno. Posteriormente se encuentra la Unidad Andesita (ToA), compuesta principalmente por andesita con un espesor aproximado de 200 m, la cual es también considerada del Oligoceno.

La Unidad Basalto – Andesita (TmB-A), corresponde a flujos de basalto intercalado con aglomerados basálticos sobre los que descansa el conglomerado Báucarit. Posteriormente aflora la Unidad Conglomerado Polimíctico – Arenisca (TmCgp-Ar),

constituida por fragmentos de rocas volcánicas e intrusivas, con intercalaciones de arenisca y basalto, gravas y arenas poco consolidadas. Dentro de esta unidad se incluye la Formación Báucarit del Mioceno.

La Unidad Toba Riolítica, Dacita, Andesita (TmTR, Da, A), corresponde a la parte superior del Grupo Yécora y está constituida por una secuencia de toba riolítica, riolita, ignimbrita, dacita, andesita, aglomerado andesítico, capas de basalto, traquita y algunos domos andesíticos.

La Unidad Conglomerado Polimíctico (QptCgp), consiste de conglomerado polimíctico semiconsolidado y consolidado, con fragmentos de rocas riolíticas, andesíticas, graníticas, metamórficas y calcáreas conteniendo una matriz arenosa, formando depósitos de talud y terrazas con espesores variables de 20 a 50 m. Finalmente la Unidad Aluvión (Qhoal), está compuesta por sedimentos no consolidados, principalmente gravas, arenas, limos y arcillas con espesores variables de más de 50 m. Aflora en los valles y en los arroyos del área de estudio.

Las rocas intrusivas están compuestas por las unidades Granito – Granodiorita (KsTpaGr–Gd), Pórfido Cuarzomonzonítico (TpaPqMz–PMz), conformando en batolito Laramide (informal), suite intrusiva El Jaralito (informal). Esta unidad forma parte del batolito Laramide que aflora ampliamente en el noroeste de México. Esta unidad trata de agrupar aquellos afloramientos de rocas intrusivas de composición ácida a intermedia, cuyas edades varían desde el Cretácico Temprano al Eoceno.

BRAQUIÓPODOS (BRACHIOPODA – LINGULIFORMEA - RHYNCHONELLIFORMEA) DEL CÁMBRICO INFERIOR Y MEDIO DE SAN JOSÉ DE GRACIA, SONORA, MÉXICO.

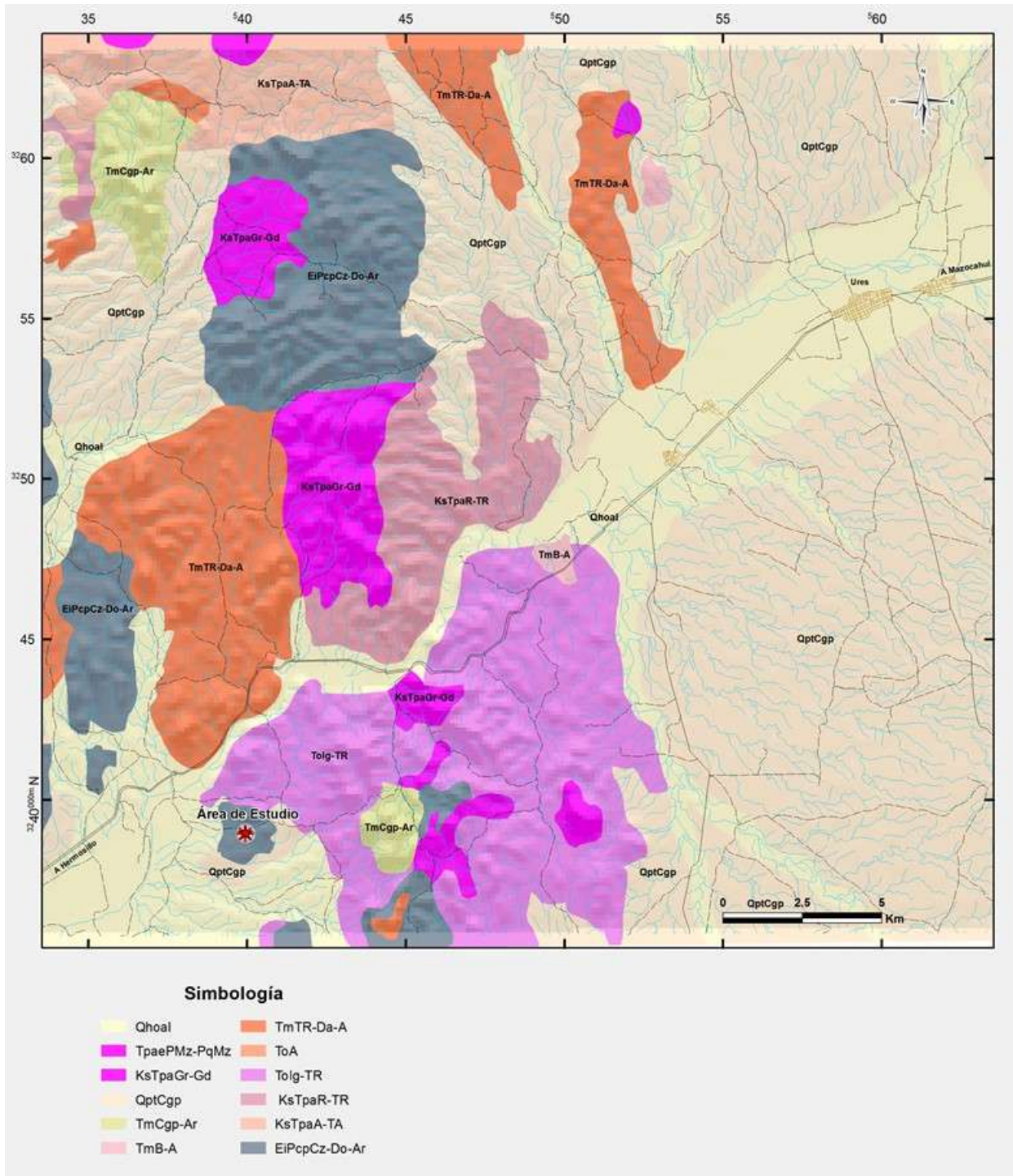


Fig. 3.- Mapa geológico regional modificado de SGM (2002). Tomado de Cuen, 2013.

6. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del área del estudio comprende rocas del Cámbrico inferior al Reciente, sin embargo, en este trabajo se hace énfasis en las unidades del Cámbrico, específicamente en la Formación Proveedora, Buelna, Cerro Prieto y El Gavilán (informal). (Fig. 13).

Formación Proveedora: Esta unidad fue definida por Cooper *et al.* (1952; 1956) en los cerros La Proveedora del área de Caborca, donde afloran cuarcita y arenisca. La cuarcita aflora en la base y es de color blanco con tonalidades grises y manchas de óxidos de hierro. La arenisca es de color café oscuro – verde y de grano fino. Esta unidad posee un espesor de 226 m, aunque puede variar. Ha sido reconocida en diferentes localidades del estado de Sonora, como Mazatán (Stewart *et al.*, 1999), San José de Gracia (Cirett & Aguilar, 1986; Cuen, 2012; 2013). (Fig. 12).

En el área de San José de Gracia aflora en las coordenadas geográficas 29°17'05" N y 110°34'60" W, donde se observa como un paquete de cuarzoarenita de color rosa con manchas de óxidos. En el cerro El Chihuarruita, en la base de la unidad aflora un paquete de cuarcita de color café, con granos de cuarzo menores a 1 mm en tamaño y con una buena clasificación granulométrica. Estas capas forman estratos menores a 1 metro en espesor, pudiéndose observar estratificación laminar y cruzada, sugiriendo que estas rocas estuvieron sometidas a cambios en la mecánica de fluidos donde se depositaron.

Posteriormente aflora un paquete de arenisca de cuarzo de color café – amarillo, con una estructura preferentemente conglomerática, la cual posee clastos subangulosos – subredondeados y con un diámetro de 02 a 03 mm (Fig. 5). Después aflora un paquete de cuarzoarenita de grano fino de color guindo y café oscuro, seguido por arenisca de color rosa y en ocasiones de color café rojizo, debido a la presencia de óxidos de hierro. Estas capas poseen estratificación laminar y cruzada, así como abundante fracturamiento. En estas capas

Cuen (2013) recolectó ejemplares de *Planolites* isp. y *Thalassinoides* isp. Finalmente aflora una cuarzoarenita en forma masiva, con abundantes icnofósiles, como ?*Diplocraterion* isp., ?*Monocraterium* isp., *Palaeophycus* isp. cf. *P. tubularis*, *Planolites* isp., *Skolithos* isp. cf. *S. linearis* y *Skolithos* isp.

Las capas de la Formación Proveedora poseen un rumbo preferencial de 30NE, y se considera que posee un espesor de 225 m. El contacto inferior de la unidad no se observa ya que se encuentra cubierto por los depósitos andesíticos–riolíticos del terciario, mientras que es sobreyacida en forma concordante por la Formación Buelna. (Fig. 4).

La Formación Proveedora no proporcionó fósiles indicadores de edad, sin embargo, debido a su posición estratigráfica, debajo de la Formación Buelna es considerada del Cámbrico inferior. (Cuen, 2013)



Fig. 4.- Afloramiento de la Formación Proveedora. San José de Gracia.

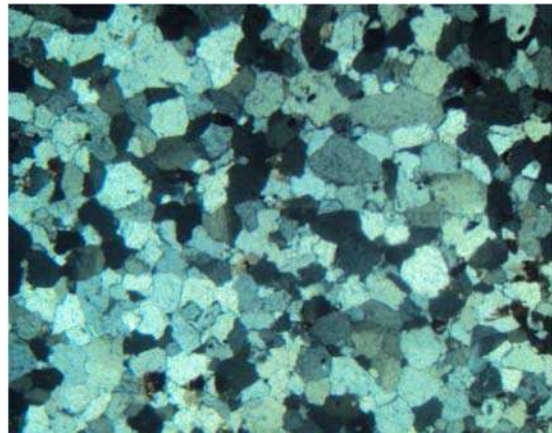


Fig. 5.- Lamina delgada. Cuarzoarenita con clastos con tamaño menor a 2 mm. Formación Proveedora.

Formación Buelna: Fue definida por Cooper *et al.* (1952; 1956) en el cerro Buelna, área de Caborca. Consiste principalmente de caliza granular que pasa a arenisca calcárea en algunas capas. La arenisca es de color café de grano fino, delgada, pasando a fisil en la parte baja y con lutita roja lenticular en contacto con la Formación Cerro Prieto. En la mitad

superior de la unidad se encontraron los trilobites *Onchocephalus*, “Antagmus” y *Bonnia*. Esta unidad posee un espesor de 70 m. (Cooper *et al.*, 1952).

En el área de San José de Gracia, de la base a la cima, consiste en caliza arenosa intercalada con lutita. En la base aflora una caliza arenosa de color morado en estratos de hasta 01 m la cual presenta granos de cuarzo en una matriz calcárea muy alterada con óxidos. Posteriormente afloran intercalaciones de lutita y caliza, constituyendo packstones (Fig. 7), con abundantes fósiles de trilobites y hiolítidos, como *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis*, *Olenellus* sp., *Hyolithes sonora* y *Haplophrentis reesei* (Cuen *et al.*, 2009; Nardin *et al.*, 2009; Cuen, 2012; 2013). En esta unidad se recolectaron abundantes ejemplares de *Obolella* sp. Después aflora una lutita de 06 m, aparentemente sin fósiles, observándose muy erosionada y parcialmente cubierta. Seguido se encuentra una capa de caliza de color amarillo y café, la cual posee algas oncolíticas (Beraldi *et al.*, 2013). Finalmente se encuentra una capa de caliza gris – oscuro, con clastos arenosos de color amarillo en forma tabular que varían en tamaño de 10 a 15 cm. Para esta unidad se considera un espesor de 74 m. La Formación Buelna sobreyace de manera concordante a la Formación Proveedora y es sobreyacida por la Formación Cerro Prieto de igual manera. (Fig. 6).

En base al contenido de fósiles, Cuen (2013) asigna estas rocas a la Zona de ?*Bristolia mohavensis* o ?*Bristolia insolens*, correspondiéndole una edad de Serie 2?, Piso 4? (Cámbrico inferior).



Fig. 6.- Formación Buelna, San José de Gracia.



Fig. 7.- Lamina delgada. Fragmentos de Trilobites en matriz de micrita. Formación Buelna.

Formación Cerro Prieto: Fue definida por Cooper *et al.* (1952) en el área de Caborca, donde aflora como una caliza negra masiva con algunos horizontes oncolíticos, posiblemente de *Girvanella*. En el área de San José de Gracia, la unidad se encuentra representada por caliza oolítica masiva, de color gris – oscuro, con un espesor de 17 m. la cual se encuentra ligeramente dolomitizada y con un fuerte intemperismo cárstico. (Fig. 8).

En muestra mano las oolitas se observan oxidadas, de color rojizo y con un diámetro menor a 1 mm, observándose esporádicamente cristales de hematita y pirita oxidada. En lámina delgada se observa una matriz micrítica con oolitos recristalizados, con un diámetro aproximado de 100 micras, tratándose de una oomicrita (Fig. 9). Esta unidad sobreyace de manera concordante a la Formación Buelna y es sobreyacida de la misma manera por la formación El Gavilán. Esta unidad no proporcionó fósiles indicadores de edad.



Fig. 8.- Caliza oolítica masiva. Formación Cerro Prieto.

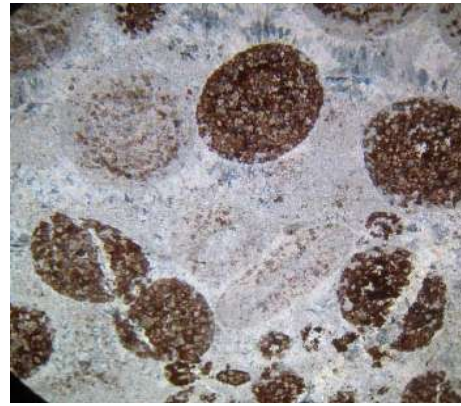


Fig. 9.- Lámina delgada, oolitos recristalizados. Formación Cerro Prieto.

Formación El Gavilán: Está unidad fue definida por Cuen (2013) para englobar el conjunto de materiales detríticos y carbonatados, principalmente de lutita color rojo y caliza de color gris – oscuro que afloran en la parte superior de la loma El Chihuarruita, los cuales no pueden ser asignados a la Formación Arrojos, debido a evidentes cambios litológicos y de fósiles. (Fig. 10).

La formación El Gavilán está compuesta por intercalaciones de lutita de color rojo con caliza de color gris – oscuro, con abundantes fósiles del Cámbrico medio. La litología predominante es lutita de color rojo, intensamente fracturada y formando laminas menores a 30 cm de espesor. Las capas de calizas varían en espesor desde 30 hasta 50 cm. Esta unidad posee un espesor de 233 m, sobreyace de manera concordante a la Formación Cerro Prieto y es sobreyacida de manera discordante por rocas volcánicas del terciario.

Cuen (2012; 2013) reporta la presencia de *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis*, *Oryctocephalus* sp., *Oryctocephalites walcotti*, *Elrathina antiqua*, *Ogygopsis typicalis*, *Bathyriscus* sp. y *Pagetia* sp., escleritos de *Chanelloria eros* y espículas de *Diagoniella* sp. (Cuen *et al.*, 2013). En esta unidad se recolectaron ejemplares de *Lingulella* sp., *Prototreta* sp., *Linnarssonina* sp., *Acrothele* sp. y *Dictyonina* sp. (Fig. 11).

Estas rocas son asignadas a la Zona de *Mexicella mexicana*, subzona de *Albertella highlandensis* o bien *Ptychagnostus praecurrens* para ambientes de plataforma abierta. La edad de estas rocas corresponde a la Serie 3?, Piso 5?



Fig. 10.- Formación El Gavilán (informal).



Fig. 11.- *Acrothele* sp. en asociación con espículas de esponja (25X). Formación El Gavilán.

Neógeno (Mioceno): El Neógeno inferior está representado por rocas volcánicas, principalmente andesita y riolita, cubriendo discordantemente las rocas preexistentes. El Mioceno medio está representado por dos unidades compuestas por conglomerados polimícticos, areniscas y riolitas, constituyendo la Formación Báucarit. El Mioceno superior está representado por derrames de andesita, andesita basáltica y basalto, que sobreyacen discordantemente las unidades anteriores (SGM, 2002).

Cuaternario: Comprende depósitos de talud y terrazas, constituidas por conglomerados y gravas, el tamaño de los componentes es variado desde bloques hasta el tamaño de arcillas de edad pleistocena. Finalmente se tiene aluvión compuesto por arcillas y arenas, los cuales se observan en los arroyos del área de estudio.

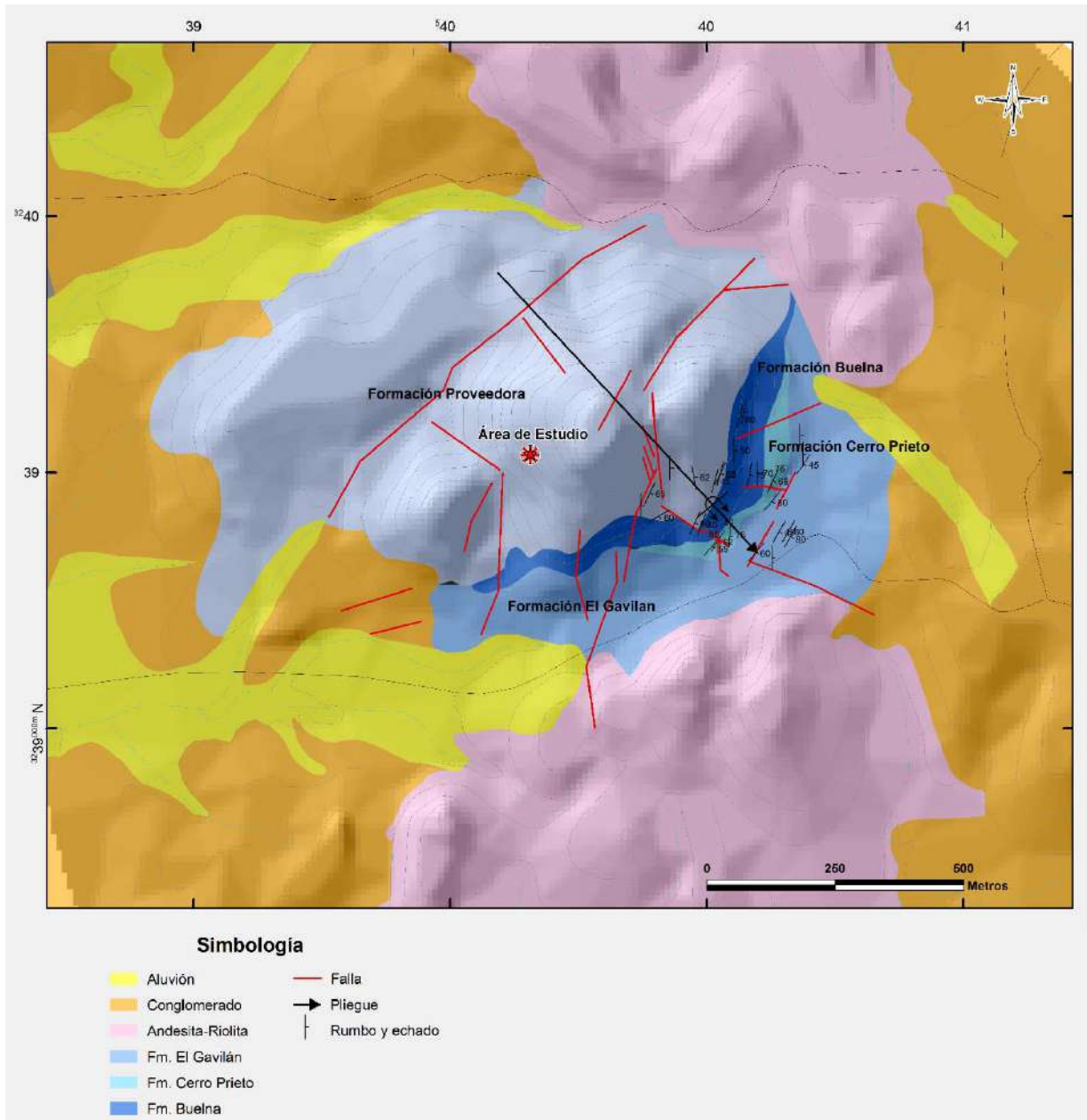


Fig. 12.- Mapa geológico del área de estudio. Tomado de Cuen (2013).

BRAQUIÓPODOS (BRACHIPODA – LINGULIFORMEA - RHYNCHONELLIFORMEA) DEL CÁMBRICO INFERIOR Y MEDIO DE SAN JOSÉ DE GRACIA, SONORA, MÉXICO.

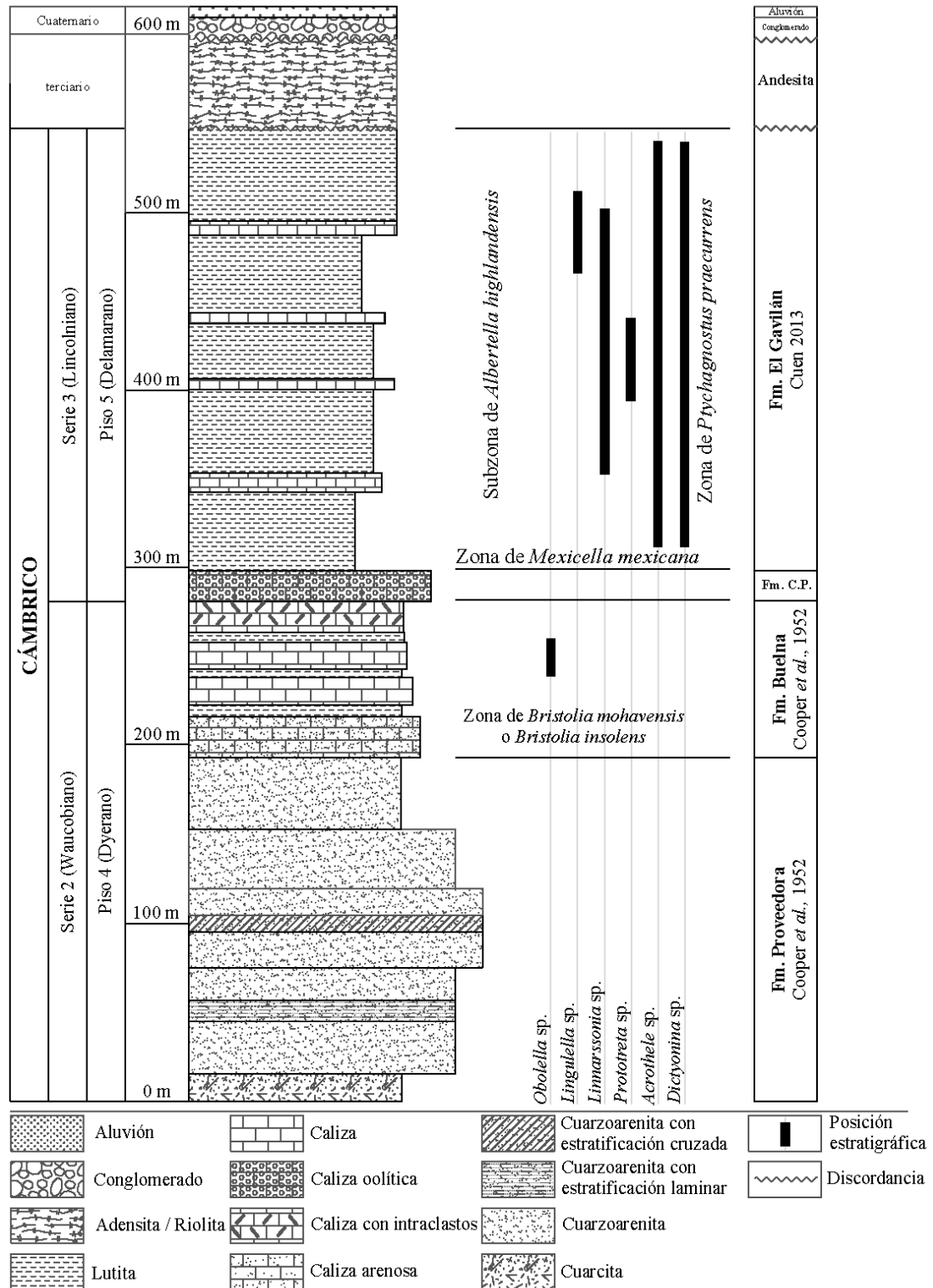


Fig. 13.- Columna estratigráfica del área de estudio, basada en braquiópodos y mostrando zonas de trilobites. Modificada de Cuen *et al.*, (2013).

7. PHYLUM BRACHIOPODA DUMÉRIL, 1806

Los braquiópodos constituyen uno de los phyla más recurrentes en el registro fósil, su abundancia, diversidad y amplia distribución geográfica les confieren un valor relevante en estudios bioestratigráficos y paleoecológicos. Tuvieron su primera radiación adaptativa durante el Cámbrico temprano y se diversificaron durante el Paleozoico, dominando los ambientes marinos someros bentónicos. Son muy abundantes en las rocas sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico para las cuáles se han documentado aproximadamente 12 000 especies (Brusca & Brusca, 2005), sobreviviendo hoy en día únicamente 335 especies distribuidas en 120 géneros (Brusca & Brusca, 2005), los cuales habitan desde la zona intermareal hasta profundidades abisales. (Benton & Harper, 2009).

Son organismos marinos, de simetría bilateral provistos de un órgano ciliado para la alimentación llamado lofóforo, el cual se encuentra alojado en dos valvas desiguales denominadas braquial y pedicular (Brusca & Brusca, 2005). Se anclan al sustrato por medio de un pedúnculo, variando en un amplio rango de profundidades y sustratos. En latitudes altas es posible encontrarlos en la zona intermareal hasta ambientes de cuenca profunda de 6000 m. (Benton & Harper, 2009).

Las estructuras internas como los dientes y fosetas, áreas cardinales y las cicatrices de los músculos están asociadas con la apertura y cierre de las valvas durante los ciclos de alimentación. (Benton & Harper, 2009). Las partes blandas se encuentran protegidas por dos valvas morfológicamente diferentes que se abren y cierran en función de estos músculos, distinguiéndose en base a lo anterior tres subphyla.

Son importantes en estudios paleoecológicos del Paleozoico, cuando dominaban el lecho marino en términos de individuos y especies. (Benton & Harper, 2009), y han sido utilizados frecuentemente en estudios de bioestratigrafía regional, y durante el Silúrico los

Orthida, Pentamerida y Rhynconellida son considerados como buenos prospectos para correlación internacional.

Antiguamente se les clasificaba en base a las características de unión de las valvas por medio de dientes y fosetas, y la presencia y ausencia de articulaciones, de ahí las clases Articulata e Inarticulata propuestas por Huxley, 1869 (Clarkson, 2007), sin embargo, estudios cladísticos y análisis filogenéticos moleculares recientes demuestra que esta clasificación es incorrecta. (Popov *et al.*, 1993; Popov *et al.*, 1996). Actualmente el Phylum Brachiopoda es subdividido en tres subphyla: Linguliformea, Craniiformea y Rhynchonelliformea, basados principalmente en la organización del cuerpo y la fábrica de la concha.

El subphylum Linguliformea contiene cinco órdenes de braquiópodos con conchas fosfáticas, de los cuales solamente el orden Lingulida y Discinida han llegado hasta nuestro días, el resto se extinguieron antes de alcanzar el Carbonífero. La inclusión del orden Paterinida (Cámbrico – Ordovícico) representa un problema taxonómico debido a que estos comparten características morfológicas con los Rhynchonelliformea.

En el subphylum Craniiformea se incluyen tres grupos con características morfológicas un tanto diferentes, sin embargo, poseen conchas carbonatadas. Dentro de este grupo se incluyen tres órdenes de los cuales solamente Craniida ha llegado hasta nuestros días. El subphylum Rhynchonelliformea está basado principalmente en la presencia de articulaciones y dentaciones, y se incluyen dentro de este grupo catorce órdenes, algunos un tanto controversiales respecto a su posición dentro de este grupo (Chileida, Obolellida y Kutorginida). Solamente los órdenes Rhynconellida, Thecideida y Terebratulida han llegado hasta nuestros días. El resto no sobrepasó el límite con el Jurásico – Cretácico.

Como se ha discutido los braquiópodos del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico muestran formas muy diferentes, evidenciándose en la presencia de diferentes órdenes. Las

faunas del Cámbrico fueron dominadas por una gran variedad de braquiópodos inarticulados y articulados, formando paleocomunidades cercanas a la línea de costa. Durante la radiación Ordovícica, las faunas dominantes corresponden a los Orthida y Strophomenida, formando la base de las comunidades de la fauna de braquiópodos del Paleozoico.

Según [Martínez \(2009\)](#), los braquiópodos experimentaron cinco grandes extinciones, seguidas por la recuperación y una nueva radiación de diferentes magnitudes. La extinción de finales del Ordovícico culminó con el 80% de las familias que habitaban los mares, permitiendo de esta manera que los Spiriferida y Pentamerida dominaran los ambientes carbonatados. El extinción del Devónico tardío dañó severamente estas comunidades y los Spiriferida y Rhynchonellida fueron restringidos a aguas más profundas, mostrando una rápida recuperación. Durante el Carbonífero y el Pérmico los braquiópodos muestran formas muy variadas, tal como lo demuestran algunas conchas con espinas. La extinción de finales del Pérmico desapareció el 90% de las especies de braquiópodos, incluyendo los grupos más diversos. A finales del Triásico, los Spiriferida y Strophomenida fueron extintos. El dominio de los Rhynchonellida y Terebratulida quedó marcado desde el Pérmico.

8. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

El material estudiado se encuentra depositado en la Colección Paleontológica Nacional de la Universidad de Sonora. La clasificación sistemática ha sido establecida conforme a la propuesta por Popov *et al.*, (1993) y Williams *et al.* (2007).

Phylum Brachiopoda Duméril, 1806
Subphylum Linguliformea Williams *et al.*, 1996
Clase Lingulata Gorjansky & Popov, 1985
Orden Lingulida Waagen, 1885
Superfamilia Linguloidea Menke, 1828
Familia Obolidae King, 1846
Subfamilia Obolinae King, 1846
Género *Lingulella* Salter, 1866

Diagnosis.– Linguloidal, redondeada o de contorno longitudinalmente oval, de perfil biconvexo; superficie marcada por líneas concéntricas y ondulaciones de crecimiento. La valva pedicular con rostro achatado y con surco pedicular largo; valva braquial con el rostro redondeado y el margen interno posterior engrosado. Musculatura parecida a *Obolus*. (Cooper *in* Cooper *et al.*, 1956).

Especie tipo *Lingula davisii* M'Coy, 1851

Lingulella sp.

Fig. 14.

Lingulella sp. Liñán & Mergl, 2001, p. 323, fig. 4, lám. 1.

Lingulella spp. Streng *et al.*, 2011, p. 150, fig. 24, lám. 1 – 8.

Ocurrencia: Escasa, formación El Gavilán, Cámbrico medio. Zona de *Mexicella mexicana*, Subzona de *Albertella highlandensis*. Zona de *Ptychagnostus praecurrens*.

Comentarios: *Lingulella* corresponde a un género de amplia distribución geográfica (cosmopolita) con un alcance estratigráfico del Cámbrico inferior al Ordovícico superior?. Ha sido documentado para el Cámbrico inferior de la Formación Capas de Benalija así

como para el Cámbrico medio de las formaciones Valmiedes y Murero, España. (Liñán & Mergl, 2001).

En México el registro estratigráfico para *Lingulella* es escaso, debido principalmente a que se han descrito cerca de 100 especies para este género, muchas de las cuales están basadas en especímenes mal conservados o representados por un solo ejemplar; por otra parte el rango estratigráfico y distribución geográfica de este género aún es controversial. (Streng *et al.*, 2011). Se conocen siete especies de *Lingulella* en el Cámbrico superior y Ordovícico inferior del Miembro Río Salinas de la Formación Tiñú en el estado de Oaxaca, las cuales únicamente han conservado la parte apical y son asignadas con incertidumbre a este género (Streng *et al.*, 2011), aunque Buitrón & Rivera –Carranco (1984) consideran las especies *Lingulella brainerdi*, *L. displosa* y *L. remus*. En el estado de Sonora, se tiene referencia a la especie *Lingulella proveedorensis* del Cámbrico inferior de la Formación Puerto Blanco, localizada en los cerros La Proveedora, 10 km al oeste de Caborca. (Cooper *et al.*, 1952; 1956).

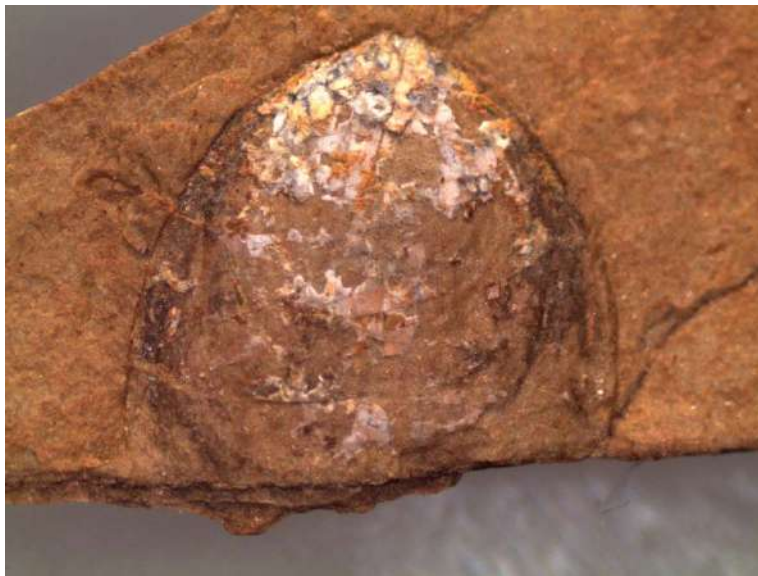


Fig. 14.- *Lingulella* sp. (20X)

Orden Acrotretida Kuhn, 1949
Superfamilia Acrotretoidea Schuchert, 1893
Familia Acrotretidae Schuchert, 1893
Género *Linnarssonia* Walcott, 1885
Especie tipo *Obolella transversa* Hartt, 1868

Linnarssonia sp.

Fig. 15.

Ocurrencia: Escasa, formación El Gavilán, Cámbrico medio. Zona de *Mexicella mexicana*, Subzona de *Albertella highlandensis*. Zona de *Ptychagnostus praecurrens*.

Comentarios: Almazán reporta la presencia de *Linnarssonia ophirensis* en el miembro A de la Formación El Mogollón en la región de Arivechi, Sonora. (Almazan, 1986).



Fig. 15.- *Linnarssonia* sp. (25X)

Género *Prototreta* Bell, 1938

Diagnosis.– Parte ventral plana con vertiente anterior cóncava en perfil lateral. Septo en la parte media y surco superficial débil.

Especie tipo *Prototreta trapeza* Bell, 1938

Prototreta sp.

Fig. 16.

Prototreta Bell, 1938, p. 405; 1941, pp. 221 – 223; Shimer & Shrock, 1944, p. 289; Goryanskij, 1960, pp. 178 – 179; Robison, 1964, p. 559; Rowell, 1965, p. 276 – 277; Askarina *in* Askarina & Pelman, 1978, pp. 60 – 61; Koneva, 1979, pp. 37 – 38.

Homotreta Bell, 1941, p. 230; Shimer & Shrock, 1944, p. 289; Pelman, 1977, p. 24.

Ocurrencia: Escasa, formación El Gavilán, Cámbrico medio. Zona de *Mexicella mexicana*, Subzona de *Albertella highlandensis*. Zona de *Ptychagnostus praecurrens*.

Comentarios: El género *Prototreta* es conocido del Cámbrico inferior y medio de Norteamérica, principalmente en la Zona de *Ptychagnostus punctuosus*. (Zell & Rowell, 1988).



Fig. 16.- *Prototreta* sp. (25X)

Superfamilia Acrotheloidea Walcott & Schuchert, 1908
Familia Acrothelidae Walcott & Schuchert, 1908
Subfamilia Acrothelinae Walcott & Schuchert, 1908
Género *Acrothele* Linnarsson, 1876

Diagnosis.– Valvas desiguales en profundidad, circulares en contorno; la valva del pedículo es un cono irregular, con foramen pequeño, redondeado en el declive posterior; interior con dos troncos paleales ampliamente divergentes. Valva braquial moderadamente convexa en los perfiles lateral y anterior. Superficie marcada por líneas concéntricas y por un tamiz tupido de pústulas minúsculas. (Cooper *in* Cooper *et al.*, 1956).

Especie tipo *Acrothele coriacea* Oehlert, 1887

Acrothele sp.

Fig. 17.

Wotte & Mergl, 2007, p. 106, fig. 4, láms. K–L; Popov *et al.* 1996, p. 305, fig. 3, lám. M, N.

Ocurrencia: Escasa, formación El Gavilán, Cámbrico medio. Zona de *Mexicella mexicana*, Subzona de *Albertella highlandensis*. Zona de *Ptychagnostus praecurrens*.

Comentarios: *Acrothele* es un género cosmopolita representado por abundantes especies y restringido estratigráficamente al Cámbrico medio. (Rowell, 1980). Wotte & Mergl (2007) documentan la presencia de *Acrothele* sp. en asociación con *Acrothele primaeva*, *Genetreta trilix*, *Iberotreta sampelayoi*, *Micromitra* sp. cf. *M. sculptilis*, entre otros del Cámbrico medio de la Formación Láncara, Montañas Cantabrian, España. En México ha sido documentado en el Cámbrico medio–superior? de la Formación La Huerta, Arivechi, Sonora, en asociación con *Prototreta attenuata* y *Micromitra* sp. (Almázan, 1989). Cooper *in* Cooper *et al.*, 1956, describe la especie *Acrothele concava* del Cámbrico medio de la Formación Arrojos al oeste de Caborca. Uno de los ejemplares de la colección de San José de Gracia es parecido a *A. concava* Cooper, 1952, en la forma y el tamaño de la valva

pedicular, sin embargo el ejemplar de San José de Gracia se encuentra embebido en lutita y no es posible observar la estructura interna de las valvas, además es posible que este deformado debido a la preservación.



Fig. 17.- *Acrothele* sp. (22X)

Orden Paterinida Rowell, 1965
Familia Paterinidae Schuchert, 1893
Género *Dictyonina* Cooper, 1942

Diagnosis.– Parecido a *Paterina* y *Micromitra* en contorno, perfil homeodeltidio, pero la ornamentación externa consiste de líneas oblicuas realzadas, que producen pequeñas depresiones ordenadas quincucialmente. (Cooper *in* Cooper *et al.*, 1956)

Especie tipo *Trematis pannulus* White, 1874

Dictyonina sp.

Fig. 18.

Laurie, 1987, p. 264, lám. 3, fig. 1 – 7.

Rowell *in* Dutro, 1971, p. 77, lám. 1, fig. 4–6, 8, 12.

Ocurrencia: Abundante, formación El Gavilán, Cámbrico medio. Zona de *Mexicella mexicana*, Subzona de *Albertella highlandensis*. Zona de *Ptychagnostus praecurrens*.

Comentarios: Liñán & Mergl (2001) describen la especie *Dictyonina radioplicata* del Cámbrico inferior y medio de las formaciones Valdemiedes, Mansilla y Murero de España. También ha sido documentado para el Cámbrico inferior de la Dolomita Todd River, en la cuenca de Amadeus, Australia (Laurie, 1987).

En Norteamérica ha sido documentado en la parte basal de la Formación Carrara, en Funeral Mountains, en Nevada, en asociación con *Peachella* sp. y trilobites olenéllidos. (Hunt & Mabey, 1966). En Sonora, México, ha sido reportado en el Cámbrico medio de la Formación El Tren. (Cooper *et al.*, 1952; 1956).

Cooper *in* Cooper *et al.*, 1952, describe la especie *Dictyonina minutipuncta* del Cámbrico medio de la Formación Arrojós, confiriendo estas rocas a la Zona de *Glossopleura–Kootenia*. El mismo autor, también reporta la presencia de *Dictyonina* sp. de la parte basal de la Formación El Tren, la cual debido al mal estado de conservación no permitió la determinación específica.



Fig. 18.- *Dictyonina* sp. (8X)

Subphylum Rhynchonelliformea Williams *et al.*, 2007

Orden Obolellida Rowell, 1965

Familia Obolellidae Walcott & Schuchert, 1908

Género *Obolella* Billings, 1861

Diagnosis.– Valvas subcirculares a longitudinalmente ovales en su contorno, convexidad en el perfil subigual; superficie marcada por líneas concéntricas y ondulaciones de crecimiento, y cuando están bien conservadas, por pequeñas costillas radiales. Valva del pedículo con un pequeño orificio localizado ligeramente anterior al rostro. (Cooper *in* Cooper *et al.*, 1956).

Especie tipo *Obolella chromatica* Dall, 1870

Obolella sp.

Fig. 19.

Ocurrencia: Escasa, Formación Buelna, Zona de *Bristolia mohavensis* o *Bristolia insolens*.

Comentarios: En el estado de Sonora, México, el género *Obolella* sp. ha sido reportado en el Cámbrico inferior de la Formación Puerto Blanco, área de Caborca (Cooper *et al.*, 1952; 1956).



Fig. 19.- *Obolella* sp. (12X)

9. DISCUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo es posible discutir algunos aspectos sobre la estratigrafía y paleontología del Cámbrico de Sonora y la región suroeste del cratón norteamericano.

La información existente sobre braquiópodos cámbricos en Sonora es escasa o nula, siendo el informe de Cooper *et al.*, 1952; 1956, el más completo respecto a descripciones, los trabajos restantes solamente mencionan la presencia de estos organismos.

Los depósitos tanto como de Caborca y San José de Gracia revelan por su asociación faunística un ambiente de plataforma somera, siendo un ambiente dominado por mareas dentro de una gran plataforma plana (Rivera, 1988a), mientras que los de San José de Gracia corresponden a un ambiente de plataforma abierta con condiciones de agua de baja energía por la abundancia de fósiles de la formación El Gavilán (Cuen, 2013).

10. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La asociación faunística del Cámbrico de la loma El Chihuarruita en el área de San José de Gracia, Sonora, está constituida por diversos taxa de invertebrados, donde los trilobites, braquiópodos y moluscos son los elementos predominantes.

La fauna de braquiópodos está representada en su mayoría por el Subphylum Linguliformea, identificándose tres órdenes (Lingulida, Acrotretida y Paterinida), mientras que el Subphylum Rhynchonelliformea es el que se encuentra en menor cantidad con solo un orden (Obolellida). Los ordenes Obolellida y Paterinida se extinguen antes de finalizar el Ordovícico, mientras que Lingulida y Acrotretida llegan hasta nuestros días. El Orden Acrotretida es el que posee mayor número de individuos, representado por tres ejemplares, identificados en las familias Acrotretidae (*Prototreta* y *Linnarssonina*) y Acrothelidae (*Acrothele*).

Se documentan e ilustran las especies de braquiópodos: *Lingulella* sp., *Prototreta* sp., *Linnarssonina* sp., *Acrothele* sp., *Obolella* sp. y *Dictyonina* sp.

La distribución de braquiópodos cámbricos, respecto a las áreas de Caborca, San José de Gracia y Arivechi, se presenta uniforme, existiendo especies semejantes en todas estas localidades. Los géneros *Acrothele*, *Pegmatreta* y *Prototreta*, son los más recurrentes en estas tres localidades.

Se confirma la edad del Cámbrico inferior tradicional (Serie 2, Piso 4) para la Formación Buelna del área de San José de Gracia, además de la presencia de los trilobites índice *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis*, por la presencia de *Obolella* sp. (Familia Obolellidae Cámbrico inferior – Cámbrico medio).

La amplia distribución de braquiópodos inarticulados del Cámbrico en Sonora (Caborca, San José de Gracia y Arivechi) denota que existió una amplia provincia faunística que probablemente se extendería hasta el suroeste de Canadá, Estados Unidos de América y México. Se anexa tabla de distribución de braquiópodos del Cámbrico de Sonora, México. (Tabla 1).

Tabla 1

Especie	Localidades en Sonora, México													
	Caborca						San José de Gracia				Arivechi			
Unidad Litoestratigráfica	Fm. Puerto Blanco	Fm. Proveedora	Fm. Buelna	Fm. Cerro Prieto	Fm. Arrojos	Fm. El Tren	Fm. Proveedora	Fm. Buelna	Fm. Cerro Prieto	Fm. El Gavilán	Fm. La Sata	Fm. El Mogallón	Fm. La Huerta	Fm. Milpillas
<i>Acrothele concava</i>					X									
<i>Acrothele</i> sp.										X			X	
<i>Acrothele subsidua</i>												X		
<i>Angulotreta</i> sp.														X
<i>Dictyonina minutipuncta</i>					X									
<i>Dictyonina</i> sp.						X				X				
<i>Diraphora arrosensis</i>					X									
<i>Lingulella proveedoraensis</i>	X													
<i>Lingulella</i> sp.										X		X		

BRAQUIÓPODOS (BRACHIOPODA – LINGULIFORMEA - RHYNCHONELLIFORMEA) DEL CÁMBRICO INFERIOR Y MEDIO DE SAN JOSÉ DE GRACIA,
SONORA, MÉXICO.

<i>Linnarssonina ophirensis</i>												X		
<i>Linnarssonina</i> sp.									X					
<i>Micromitra</i> sp.				X								X	X	X
<i>Nisusia</i> sp.				X										
<i>Obolella</i> sp.	X							X						
<i>Paterina</i> sp.			X											
<i>Pegmatreta arrellanoi</i>					X									
<i>Pegmatreta bellatula</i>												X		
<i>Pegmatreta rara</i>				X										
<i>Prototreta attenuata</i>												X	X	
<i>Prototreta flabellata</i>												X		
<i>Prototreta</i> sp.									X			X		
<i>Quadrisonia</i> sp.														X
<i>Wimanella</i> sp.				X										

Tabla 1.- Distribución de braquiópodos del Cámbrico de Sonora, México.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Almazán–Vázquez, 1989. *El Cámbrico–Ordovícico de Arivechi, en la región centrooriental del estado de Sonora*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Revista. Vol. 08, núm. 01, pp. 58 – 66.
- Almazán, V.E., 2002. *El Cámbrico Temprano y Medio de San José de Gracia, Sonora Central, México*. Unión Geofísica Mexicana, V. 22 – 2, p. 333
- Almazán, V.E., Buitrón–Sánchez, B.E., 2007. *La fauna de braquiópodos del Paleozoico de Sonora, México y su contexto paleogeográfico*. E. Díaz – Martínez e I. Rábano (Eds). 4th European Meeting on the Paleontology and Stratigraphy of Latin America. Madrid 2007. Pp. 15–18.
- Álvarez, M., 1949. *Notas sobre el Paleozoico mexicano*. Mexicana de geólogos petroleros. Boletín de la Asociación. Vol. 1, núm. 1, pp. 47 – 56.
- Babcock, L.E., Robison, R.A., 1988. *Taxonomy and paleobiology of some Middle Cambrian Scenella (Cindaria) and hyolithids (Mollusca) from western North America*. University of Kansas Paleontological Contributions 121. Pp. 1 – 22.
- Benton M., Harper, D., 2009. *Introduction to Paleobiology and the fossil Record*. Blackwell Publishing. 592 pp.
- Beraldi–Campesi, H., Buitrón, S.B., Cuen, R.F., Montijo, G.A., 2013. *Oncolitos del Cámbrico inferior de la región de San José de Gracia, Sonora*. VIII Congreso Latinoamericano de Paleontología, XIII Congreso Mexicano de Paleontología. Programa y resúmenes. P. 37
- Brusca, R. C. Y G. J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. 2da edición. McGraw Hill/ Interamericana de España, S. A. 1005 pp. (Traducción de la versión en inglés de 2003).
- Buitrón, B.E., Almazán V.E., Mendoza M.C., 2004. *Gogia spiralis el eocrinoide de mayor antigüedad (Cámbrico temprano) de México*. Unión Geofísica Mexicana. V. 24. No. 02. p. 251.
- Buitrón, B.E., Rivera–Carranco, E., 1984: *Lingulidos (Brachiopoda-Inarticulata) del Ordovícico de Oaxaca, México*. Memoria Congreso Latinoamericano de Paleontología, núm. 3. Pp. 54–61.
- Buitrón, B.E., Vachard, D., Clausen S., Gómez, E.C., 2011. *Moluscos del Cámbrico (Hyolithida, Syssoiev, 1957) de San José de Gracia, Sonora, Noroeste de México*. Reunión Internacional de Malacología. Libro de resúmenes. Pp. 175.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1990. Provincias fisiográficas de México. Carta 1:4000000.

- Cooper, G.A., Arellano, A.R.V., 1946. *Stratigraphy near Caborca, northwest Sonora, México*. Bulletin American Association Petroleum Geologists. Vol. 30, núm. 4, pp. 606 – 611.
- Cooper, G.A., Arellano, A.R.V., Johnson, J.H., Okulitch, V.J., Stoyanow, A., Lochman, C., 1952. *Cambrian Stratigraphy and Paleontology near Caborca, northwestern Sonora, México*. Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. 119, pp. 1 – 184.
- Cooper, G.A., Arellano, A.R.V., Johnson, J.H., Okulitch, V.J., Stoyanow, A., Lochman, C., 1956. *Geología y Paleontología de la región de Caborca, norponiente de Sonora*. Pt. 1ª. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, pp. 259.
- Cuen, R.F., Almazán-Vázquez, E., Montijo, G.A., Minjárez, S.I., Grijalva, N.F., Monreal, S.R., Schwennicke, T., Ochoa, G., 2009. *Faunas marinas de invertebrados del Cámbrico temprano y medio en la parte central del estado de Sonora, México*. Unión Geofísica Mexicana. Vol. 29, No. 1, pp. 91.
- Cuen, R.F., Montijo, G.A., Minjárez, S.I., De la O, V. M., Buitrón, S.B., Sundberg, F., 2012. *La biota del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora: Consideraciones bioestratigráficas, sistemáticas y paleogeográficas*. Universidad de Sonora, Departamento de Geología. XXXV Semana Cultural. Libro de Resúmenes.
- 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. Tesis profesional de Licenciatura, pp. 73.
- Cuen, R.F., 2013. *Bioestratigrafía del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora. Consideraciones paleogeográficas*. Tesis Maestría en Ciencias – Geología. Universidad de Sonora, Departamento de Geología. Pp. 142.
- Cuen, R.F., Beresi, M.S., Montijo, A., Buitrón, B.E., Minjárez, I., De la O, M., Palafox, J.J., 2013. *Chancelloriida Walcott, 1920 y Reticulosa Reid, 1958 del Cámbrico medio de San José de Gracia, Sonora, México*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Vol. 65, núm. 3, pp. 581-590.
- Clarkson, N.K., 2007. *Invertebrate Paleontology and Evolution*. Blackwell Science. 4th Edition. 451 pp.
- Duméril, A.M.C., 1806. *Zoologie analytique ou méthode naturelle de classification des animaux: XXIV*, Allais (Paris). Pp. 344.
- Grijalva Noriega Francisco y Roldan Quintana Jaime 1998, *An Overview of the Cenozoic Tectonic and Magmatic Evolution of Sonora Northwestern Mexico*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas Vol.15, numero 2 p. 145-156
- Hall, J., 1892. *An Introduction to the study of the genera of Paleozoic Brachiopoda*. Part 1. Paleontology, vol. VIII. Geological Survey of the State of New York. Pp. 586.

- Huerta Ruiz, Adrian (2012). *Moluscos del cámbrico (Hyolithida, Syssoiv, 1957) de San José de Gracia, Sonora. Consideraciones bioestratigráficas, paleoecológicas y paleogeográficas*. Tesis Universidad Autónoma de México, ingeniería geológica.
- Hunt, C. B., Mabey, D.R., 1966. *Stratigraphy and Structure Death Valley, California*. Geological Survey Professional Paper 494–A. Washington. Pp. 170.
- Huxley, T.H., 1869. *An Introduction to the Classification of Animals*. John Churchill and Sons, London. Pp. 147.
- Kuhn, O., 1949. *Lehrbuch der Paläozoologie*. Stuttgart: E. Schweizerbart. Pp. 326.
- Laurie, J., 1987. *The musculature and vascular systems of two species of Cambrian Paterinide (Brachiopoda)*. BMR, Journal of Australian Geology & Geophysics, 10. Pp. 261 – 265.
- Liñán, E., Mergl, M., 2001. *Lower and Middle Cambrian brachiopods from the Iberian Chains and Sierra Morena Spain*. Revista Española de Paleontología, 16 (2), 317-337. ISSN 0213-6937.
- Lochman, C., 1948. *New Cambrian trilobite genera from northwest Sonora, México*. Journal of Paleontology. Vol. 22, núm. 4. Pp. 451 – 464.
- Lochman, C., Lee Wilson, J., 1958. *Cambrian Biostratigraphy in North America*. Journal of Paleontology. Vol. 32, No. 2. Pp. 312 – 350.
- Maytorena–Silva, J.F., Esparza–Yañez, F.A., 1990. *The Cambrian succession of central Sonora: Tectonic implications*. Geological Society of America. Abstracts with ptograms. V. 22, núm. 3. Pp. 65.
- Martinez-Chacón, M., 2009. *Paleontología de Invertebrados*. Sociedad Española de Paleontología, Instituto Geológico y Minero de España, Universidad de Oviedo. 524 pp.
- Menke, C.T., 1828. *Synopsis methodica molluscorum generum amnium et specierum carum quae in Museo Menkeano adservantur*. Pp. 91.
- Nardin, Elise, Almazán-Vázquez, E. Y Buitrón- Sánchez, B.E. 2009. *First report of Gogia (Eocrinoidea, Echinodermata) from the Early-Middle Cambrian of Sonora (México), with biostratigraphical and palaeological comments*. Geobios 42:233-242.
- Popov, L.E., Basset, M.G., Holmer, L.E., Laurie, J., 1993. *Phylogenetic analysis of higher taxa of Brachiopoda*. Lethaia 26 (1), 1–5.
- Popov, L.E., Holmer, L.E., Gorjansky, V.J., 1996. *Middle Cambrian lingulate brachiopods from the Tarbagatay Range, Kazakhstan*. Acta Paleontológica Polonica 41, 3. Pp. 299 – 317.
- Resser, C.E., 1928. *Cambrian fossils from the Mohave Desert*. Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. 21, núm. 2, pp. 1 – 14.
- Resser, C.E., 1938. *Middle Cambrian fossils from Pend Oreille Lake, Idaho*. Smithsonian Miscellaneous Collections. 97. Pp. 1 – 12.

- Rowell, A.J., 1980. *Inarticulate brachiopods of the Lower and Middle Cambrian Pioche Shale of the Pioche district, Nevada*. Paleontological contributions, The University of Kansas. Pp. 34.
- Rowell, A.J., 1971. *Paleozoic perspectives: A paleontological tribute to G. Arthur Cooper*. Thomas Dutro (Ed). Smithsonian Institution Press. Washington. Pp. 408.
- Schuchert, C., 1893. *A classification of the Brachiopoda*: Am. Geologist, v. 11, no. 3, p. 141–167.
- Stewart, J. H., Amaya, Martinez R., Palmer, A.R., 2002. *Neoproterozoic and Cambrian Strata of Sonora, Mexico. Rodinian Super Continent to Laurentian Cordilleran Margin*. Geological Society of America. Pp. 9-15.
- Streng, M., Mellbin, B.B., Landing, E., Keppie, D., 2011. *Linguliform brachiopods from the Terminal Cambrian and Lowest Ordovician of the Oaxaquia Microcontinent (Southern Mexico)*. Journal of Paleontology, 85 (1): 122–155.
- Vidal-Zepeda, R. 1990. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. (CONABIO),
- Waagen, W.H., 1885. *Salt Range fossils, Part 4(2), Brachiopoda*. Paleontologic Indica, Mem., Ser. 13, 1.
- Walcott, C.D., 1912. *Cambrian Brachiopoda*, Part. L – Text. United State Geological Survey. Washington, pp. 884.
- Walcott, C.D., Schuchert, C., 1908. *Cambrian geology and paleontology*. No. 3. Cambrian Brachiopoda, descriptions of new genera and species. Smithsonian Miscellaneous Collections 53. Pp. 53–165.
- Webster, M., 2011. *Trilobite biostratigraphy and sequence stratigraphy of the upper Dyeran (Traditional Laurentian “lower Cambrian”) in the southern Great Basin, U.S.A*. In Cambrian Stratigraphy and Paleontology of Northern and Southern Nevada: Museum of Northern Arizona. (Eds. Hollingsworth, J.S., Sundberg, F.A. & Foster, J.R.). Bulletin 67, pp. 321.
- Williams, A., Brunton, C.H.C., Carlson, S.J., 2007. *Brachiopoda*. Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H., Paul Selden (Ed.). Geological Society of America and The University of Kansas. Kansas.
- Woote, T., Mergl, M., 2007. *Brachiopods from the Lower-Middle Cambrian Láncara Formation of the Cantabrian Mountains, Northwest Spain*. Memoirs of the Association of Australasian Paleontologists 33. Pp. 101 – 122.
- Zell, M.G., Rowell, A.J., 1988. *Brachiopods of the Holm Dal Formation (late Middle Cambrian), central North Greenland*. Meddr Gronland, Goesci, 20: 119 – 144.