

UNIVERSIDAD DE SONORA.

División de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

**SOBRE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA
DEL CÁMBRICO DEL ÁREA DE
SAN JOSÉ DE GRACIA,
SONORA CENTRAL.**

TESIS PROFESIONAL

**Que para obtener el Título de:
GEÓLOGO**



PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER CUEN ROMERO.

Hermosillo, Sonora, Enero del 2012

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

AGRADECIMIENTOS

A mis padres con mucho cariño, Jesús Cuen y Alba Romero, por darme su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y estar conmigo en todo momento; porque gracias a ustedes he podido realizar todas mis metas y logros, que también son suyos.

A mis hermanos Cinthia y Jesús, por ser un ejemplo para mí, ser parte de mi alegría y su apoyo en todos mis proyectos.

A la M.C. Alejandra Montijo González por su dedicación, adoptarme con un verdadero hijo, ser mi impulso y mi apoyo absoluto; gracias por confiar en mí y por su ayuda trascendental en este trabajo y muchos otros.

Al M.C. Ismael Minjárez por su ayuda en todo momento, su apoyo ha sido muy importante y valioso a lo largo de mi formación. Mis más sinceros agradecimientos por revisar mi tesis.

A la M.C. Margarita de la O por su ayuda, consejos e inspiración de forma de vida; por su ayuda en el trabajo de campo e interpretación, por revisar mi tesis. Gracias por sus aportaciones para enriquecer el presente trabajo.

A la Dra. Blanca Buitrón Sánchez por formar parte de mi inspiración, por su siempre disponibilidad para discutir temas relacionados a Paleontología, por su revisión y sugerencias; gracias por su entusiasmo y dedicación.

A la Dra. Olivia Pérez Ramos, por sus catedras y por compartir sus conocimientos de Paleontología. Gracias.

Al Dr. Allison (Pete) Palmer por sus comentarios y sugerencias para el presente trabajo.

Al M.C. José Alfredo Ochoa, Griselda Minjárez y Grissita por ser mi ayuda, apoyo y su gran cariño. Gracias.

Al Ing. Miguel Ángel Soto por su apoyo e interés a lo largo de la realización del presente trabajo. Gracias por las facilidades proporcionadas.

A mi maestra y amiga Ing. Guadalupe Navarro, por su ayuda, entusiasmo, apoyo y por compartir su conocimiento. A mis compañeros y amigos Alejandra Urías, Ignacio Muñiz, Héctor Villa y Jacobo Muñiz por su optimismo y ayuda. Gracias por alegrar mis días.

A mis grandes amigos y compañeros de generación, especialmente a Daniel Rivera, Alejandra Aguilar, Elia Tapia y Carlos Cons. A Gerardo Sandoval Lara, por su gran ayuda y apoyo. A Juan Hernández por su ayuda y comentarios para mejor la sección referente a cartografía.

A mis maestros por brindarme su conocimiento y tiempo, especialmente al M.C. Francisco Grijalva, Dr. Rogelio Monreal, Dr. Guadalupe Espinoza, Dr. Luigi Radelli, M.C. Patricia Sámano, Dra. Silvia Martínez, Dr. Miguel Rangel y M.C. Mariano Morales.

A la M.A. Norah Armenta y Sr. Octavio Enríquez, por su ayuda y apoyo. A las Sras. Araceli Ramírez y Alicia Salomón, por su ayuda y por alegrar mi estancia en la Universidad.

Con mucho cariño a la Familia Minjarez Sosa y Montijo González por su afecto. Gracias.

ÍNDICE

1. Resumen.....	6
2. Presentación	7
3. Objetivos	8
4. Generalidades.....	9
4.1 Antecedentes y trabajos previos.....	9
4.2 Metodología.....	13
4.3 Localización del área de estudio	14
4.4 Clima y Vegetación.....	15
4.5 Fisiografía y Geomorfología	18
5. Marco Geológico Regional	20
6. Estratigrafía del área de Estudio.....	22
6.1.1 Paleozoico	22
6.1.2 Formación Proveedora.....	22
6.1.3 Formación Buelna.....	25
6.1.4 Formación Cerro Prieto.....	28
6.1.5 Formación Arrojós	29
6.1.6 Terciario.....	31
6.1.7 Mioceno inferior	31
6.1.8 Cuaternario.....	31
7. Paleontología Sistemática	35
7.1 Afinidades.....	36
8. El Sistema Cámbrico	45

9. Discusión	50
10. Resultados y Conclusiones	52
11. Bibliografía	54
12. Apéndice	59

1. RESUMEN

Se describe la sección de rocas sedimentarias del Cámbrico inferior y medio en la localidad de la Loma Chihuarruita, en las cercanías del poblado de San José de Gracia, Sonora central, constituida por cuarzo arenita, caliza, lutita y conglomerado, con fauna bien conservada y representativa de un depósito de plataforma somera, en condiciones de alta oxigenación.

Se reporta la presencia de *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis*, *Hyolithes sonora*, *Haplophrentis reesei* y *Salterella* sp., en el Cámbrico temprano, así como *Bathyriscus* sp., *Oryctocephalus* sp., *Ehmaniella* sp., *Oryctocara* sp., *Peronopsis* sp., *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis* y *Elrathina* sp., en el Cámbrico medio.

En este documento se indica por primera ocasión la presencia de *Ogygopsis* sp., *Salterella* sp., *Lingulella* sp., *Chancelloria* sp., así como algunos braquiópodos no identificados.

Se describe la estratigrafía del área de estudio donde se identifican las formaciones: Provedora, Buelna, Cerro Prieto y Arrojos.

La Formación Provedora está constituida por cuarzo arenitas con variaciones en el tamaño de grano de cuarzo, con alta bioturbación e icnofósiles. La Formación Buelna compuesta por caliza arenosa, e intercalaciones de lutita y caliza fosilífera con fauna representativa de la biozona de *Olenellus*. La Formación Cerro Prieto interpretada como una caliza oolítica y finalmente la Formación Arrojos compuesta por caliza y lutita, con alto contenido de fósiles representativos de la parte superior de la Biozona de *Plagiura* y la parte inferior de la Biozona de *Albertella*.

Las faunas antes mencionadas nos permiten correlacionar estos afloramientos con los de Caborca y Utah, donde también han sido identificadas, y en conjunto con la litología es posible concluir un cambio de facies hacia ambientes más profundos y externos entre esta zona y el Cámbrico de Caborca.

2. PRESENTACIÓN

El presente trabajo fue iniciado el año 2006, en colaboración con el Dr. Emilio Almazán V. ya finado, del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, con el objetivo de realizar un estudio paleontológico y estratigráfico centrado en la fauna de trilobites que afloran en la Loma Chihuarruita. Esta colaboración dio lugar a diversos trabajos, v. gr. Cuen-Radelli (2007) y Cuen *et al*, (2009).

Desde entonces se contó con la asesoría y motivación para continuarlo por parte de la M.C. Alejandra Montijo, quién además me asesoró en el análisis de láminas delgadas y en la integración del escrito. En fechas posteriores se determinó retomarlo y utilizar esta información para la realización del presente trabajo, contando adicionalmente con la ayuda y orientación de la M.C. Margarita de la O en la realización de trabajo de campo para el levantamiento de secciones complementarias, complemento de la cartografía y petrografía.

Diverso material paleontológico fue enviado a la Dra. Blanca Estela Buitrón, del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de México, quién amablemente identificó algunos de los ejemplares y corroboró la identificación hecha por el autor de otros. El Dr. Allison Palmer determinó algunos géneros de trilobites e hizo importantes sugerencias sobre las zonaciones faunísticas.

El M.C. Ismael Minjárez revisó el escrito e hizo grandes aportaciones a su versión final.

A todos ellos mi más sincero agradecimiento, así como a mis compañeros, maestros y en general al Departamento de Geología de la Universidad de Sonora.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la estratigrafía de las rocas cámbricas que afloran en el área de San José de Gracia, Sonora central, discutiendo aspectos de su petrografía y paleontología, con el fin de determinar afinidades de esta secuencia con las encontradas con otras reportadas en el Estado de Sonora. Lo anterior permitirá correlacionarlas desde un punto de vista estratigráfico y paleogeográfico con algunas otras localidades cámbricas, como la de Caborca, Sonora.

4. GENERALIDADES

4.1 ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

Desde mediados de siglo pasado, los sedimentos paleozoicos en México han sido ampliamente estudiados; sin embargo, existe dentro de la literatura geológica escasa referencia al Sistema Cámbrico, por sus esporádicos y aislados afloramientos, identificados hasta nuestros días máxime en Sonora y Oaxaca. (Cooper *et al*, 1956:07; Pantoja-Alor, 1967:1033).

En el estado de Oaxaca, se tiene referencia del Sistema Cámbrico en la región de Nochixtlán, donde afloran rocas sedimentarias del Cámbrico superior, aún no asignadas a una formación, compuesta de caliza, lutita y arenisca con fósiles. El mismo miembro aflora cerca de Tiñu, donde aflora lutita, pedernal, arenisca y conglomerado fino. Entre la fauna reportada se tiene *Koldinioidia*, *Richardsonella* y *Saukia*. (Pantoja-Alor, 1967:1034).

En el noroeste de México, especialmente en el Estado de Sonora, se tiene noticia de sedimentos cámbricos bien identificados desde 1941, en los municipios de Altar, Magdalena y Arizpe, asignados entonces a las formaciones Caborca, Arrojos y Cananea; por los geólogos Isauro G. Gómez L. y Lorenzo Torres Izabal. (Lochman, 1948:451; Álvarez, 1949:48; Cooper *et al*, 1956; McMenamin, 1987:738).

Los geólogos G. Arthur Cooper y Alberto R. Arellano colectaron en 1946 fósiles de *Olenellus* y gran cantidad de *Girvanella*, por lo que asignaron una edad de Cámbrico Medio a Cerro Prieto, al sur de Caborca. (Álvarez, 1949:48).

En 1952, se realiza un estudio detallado de la Geología y Paleontología del área de Caborca, a cargo del Dr. G. Arthur Cooper del Smithsonian Institution de Washington D.C., conservador de fósiles y vertebrados de dicha institución, culminando con la designación de seis formaciones, ordenadas estratigráficamente como: Puerto Blanco, Proveedora, Buelna, Cerro Prieto, Arrojos y El Tren. (Cooper *et al*, 1956).

La expedición del año de 1952 en Caborca, también trajo consigo el descubrimiento de nuevos géneros y especies, que a pesar de no tener importancia estratigráfica relevante, debido a su reciente designación, si la tienen desde el punto de vista ecológico-ambiental y evolutivo. Entre estas faunas se mencionan girvanellas: *Girvanella mexicana* JOHNSON; arqueociatos: *Ethmophyllum cooperi* OKULITCH, *Ethmophyllum americanum* OKULITCH; braquiópodos: *Lingulella proveedoraensis* COOPER, *Dyctionina minutipuncta* COOPER, *Obolella mexicana* COOPER, *Pegmatreta rara* COOPER, *P. arellanoi* COOPER, *Acrothele concara* COOPER, *Diraphora arrosensis* COOPER; trilobites: *Sonoraspis* STOYANOV n. gen, *Sonoraspis torresi* STOYANOV, *Sonoraspis gomezi* STOYANOV, *Paedeumias puertoblancoensis* LOCHMAN, *Wanneria mexicana* LOCHMAN, *Bonnia sonora* LOCHMAN, *Antagmus solitarius* LOCHMAN, *Onchocephalus buelnaensis* LOCHMAN, *O. mexicanus* LOCHMAN, *Alokistocare modestum* LOCHMAN, *Alokistocarella mexicana* LOCHMAN, *Kochaspis cooperi* LOCHMAN, *Ptarmigania (Ptarmiganoides) bispinosa* LOCHMAN, *Glossopleura leona* LOCHMAN, *Albertella proveedora* LOCHMAN, *A. aff. A. proveedora* LOCHMAN, *Mexicaspis difuntoensis* LOCHMAN, *Arellanella sonora* LOCHMAN, *Inglefieldia imperfecta* LOCHMAN, *Pachyaspis deborra* LOCHMAN, *P. isabella* LOCHMAN. (Cooper et al., 1956); así como organismos entonces considerados de posición incierta: *Orthotheca buelna* LOCHMAN; *Salterella mexicana* LOCHMAN, actualmente incluida en el phylum Agmata YOCHELSON, 1977. (Peel, 1988; Yochelson, 1983; Yochelson, 1977).

En 1986, es descrita en el área de la Sierra del Tule, municipio de Cananea, Sonora, una secuencia de rocas sedimentarias constituidas principalmente por arenisca, caliza y capas de lodolita, limolita y arenisca de grano muy fino; datadas para el Cámbrico Medio y Superior, Dresbachiano. (González, 1986:117).

La arenisca se presenta en estratos delgados y medianos, con grandes granos de cuarzo cementados por sílice, entre las que destacan subarcosas y cuarzoarenitas, variando en tamaño de arena gruesa a fina, mal clasificados y variando entre subredondeados y redondeados.

La fauna que contienen estas rocas es representativa de la Zona de *Cedaria* (Cámbrico Medio), como lo es *Arapahohia* sp., también se tiene a *Tricrepicephalus* sp., *Llanoaspis* sp., *Coosella* sp., y *Coosia* sp., identificadas para la Zona de *Crepicephalus* (Dresbachiano). (González, 1986:119).

Por medio de los trabajos de Rivera-Carranco (1988a:22, 1988b:166)., realizados en el área de Caborca, se tiene un conocimiento más claro de los ambientes de depósito de las formaciones cámbricas ahí existentes; la mayor parte de estas formaciones representa medios de aguas someras y tranquilas de carácter lagunar, además de existir depósitos de intermareas y submareas.

En el área de Arivechi, este de Sonora, aflora un paquete sedimentario del Cámbrico Medio y Superior, constituido por lutitas, areniscas, calizas oolíticas y oncolíticas, distribuidas entre las formaciones La Sata, El Mogallón, La Huerta y Milpillás. (Almazán, 1989:58).

Entre la fauna recolectada en la Formación La Sata corresponde a *Amecephalus* sp., *Fieldaspis?* sp., así como *Hyalolithes* sp., *Scenella* sp., y helcionélidos; mientras que para la Formación el Mogallón se encuentran las especies de trilobites *Ptychoagnostus atavus* TULBERG, *Hypagnostus parvifrons* LINNARSSON, *Peronopsis fallax*, *Peronopsis* sp., *Olenoides* sp. cf. *O. marjumensis* y *Madocia* sp; entre los braquiópodos se tiene a *Prototreta attenuata* MEEK, *Prototreta* sp., *Acrothele subsidua* WHITE, *Micromitra* sp., *Pegmatreta bellatula* y *Linnarsonia ophirensis*. (Almazán, 1989:61).

Para la Formación el Mogallón se recolectaron fósiles de *Onymagnostus hybridus?*, *Ptychagnostus atavus?*, *Ptychagnostus michaeli*, *Bathyriscus* sp., *Hypagnostus parvifrons* LINNARSSON y *Ptychagnostus* sp.; entre los braquiópodos están *Lingulella* sp., *Prototreta flabellata* BELL, *Linnarsonia* sp. cf. *L. ophirensis* WALCOTT y *Linnarsonia* sp. (Almazán, 1989:62).

Para la Formación La Huerta se recolectaron fósiles de trilobites y braquiópodos, los primeros no se logró identificarlos, mientras que los braquiópodos están representados por

Micromitra sp., *Acrothele* sp., *Prototreta attenuata* MEEK y lingúlidos indeterminados. (Almazán, 1989:62).

En la Formación Milpillas se encontró *Aphelotoxon* n. sp.?, *Elviniella* (*Elvinia*) sp., *Homognostus* sp., *Pseudoagnostus* sp., *Pterocephalia?* sp. Para los braquiópodos se tiene a *Angulotreta* sp., *Micromitra* sp., *Quadrisonia* sp.; entre los moluscos se tiene a *Hyolithes* sp. e *Hypseloconus* sp.; así como algunos ejemplares de conodontos *Westergaardodina* sp., pertenecientes a la Biozona de *Dunderbergia* o *Elvinia*. (Almazán, 1989:62).

Bartolini *et al*, 2001, realizaron un estudio estratigráfico y geocronológico (K-Ar) en rocas del Terciario en el área de San José de Gracia, definiendo conglomerados terciarios y rocas volcánicas como un conjunto de mesas orientadas norte-sur y bloques inclinados. Estas secuencias volcánicas y volcanoclásticas, sobreyacen discordantemente a las secuencias paleozoicas. (Castillón, 2009:09).

Stewart *et al*, 2002, realizaron un estudio detallado de la estratigrafía de las secuencias neoproterozoicas y cámbricas, dividiéndolas en cuatro principales asociaciones:

1. La secuencia neoproterozoica, ubicada al noreste de Hermosillo, representada por las rocas que conforman a los Grupos Las Víboras y El Águila, que se consideran parte del supercontinente Rodinia.
2. La secuencia que constituye a El Grupo Cerro Las Bolas, ubicado al oeste de Sahuaripa, que contiene depósitos glaciales en la parte superior de la secuencia.
3. Hacia la porción norte-noreste, estratos neoproterozoicos y cámbricos del Miogeoclinal cordillerano, que fueron depositados a lo largo del margen continental de Laurentia, cuyo depósito se inició después de la fragmentación del supercontinente Rodinia.
4. Hacia el sureste, la cubierta cratonal del Cámbrico Medio y Superior dentro del Miogeoclinal cordillerano. (Stewart *et al*, 2002; Castillón, 2009:10).

En el área de José de Gracia, Sonora central, aflora un paquete sedimentario del Cámbrico Inferior y Medio, compuesto por cuarcitas, areniscas, lutitas y calizas. Con fauna

representativa del Cámbrico Temprano con *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis*, *Hyolithes* sp., y *Girvanella* sp., mientras que para el Cámbrico Medio se tiene la presencia de *Bathyriscus* sp., *Ehamniella?* sp., *Elrathina?* sp., *Kootenia* sp., *Oryctocara* sp., *Oryctocephalus* sp., *Pageticia* sp., *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis* RESSER, 1928 y *Peronopsis* sp.; Entre los géneros de braquiópodos se tiene a *Acrothele*, *Dictyonina*, *Linnarssonina*, y *Prototreta*; así como el eocrinoide *Gogia granulosa* ROBINSON, 1965. (Nardin, 2009:234, 236; Cuen, *et al*, 2009:91). Asignados al Waucobaniense y al Albertaniense, según la cronología de Norteamérica. (Cuen *et al*, 2009:91).

También se identificaron icnofósiles, entre los cuales se tiene a: *Skolithos* HALDEMAN, 1840, *Planolites* NICHOLSON, 1873, *Arenicolites* SALTER, 1857 y *Palaeophycus* HALL, 1847. (Cuen *et al*, 2009:91).

4.2 METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se llevaron a cabo diferentes etapas de desarrollo, las cuales se describen a continuación:

- *Recopilación bibliográfica:*

Consistió en la recopilación de información bibliográfica e investigaciones llevadas a cabo previamente en el área de estudio por diversos investigadores e instituciones, los cuales fueron resumidos y examinados para determinar las principales áreas de interés, sobre todo con fines estratigráficos y paleontológicos.

- *Visitas al área de estudio:*

Se hicieron visitas al área de estudio, primero con fines de logística para determinar los mejores afloramientos y secuencias más completas, donde se pudiera elaborar una sección estratigráfica continua y que no estuviera afectada gravemente por eventos tectónicos-estructurales; posteriormente se visitó el área para la elaboración de secciones, recolección sistemática de muestras de roca y material paleontológico.

- *Análisis petrográficos:*

Se hizo el análisis petrográfico de láminas delgadas, procesadas a partir del muestreo en las diferentes unidades de roca, esto con el fin de:

- Determinar el tipo de roca a la que pertenece.
- Búsqueda de taxones que no son visibles a simple vista. (v. gr. ostrácodos).
- Determinar taxones que no son diferenciables a simple vista. (v. gr. hiolitidos).
- Determinar ambientes de formación, tomando en cuenta minerales de neoformación y restos orgánicos.

- *Análisis paleontológico:*

El material paleontológico con el que se cuenta fue procesado y analizado para determinar géneros y especies, de esta manera se podría realizar una correlación con diferentes faunas y obtener un ambiente más preciso.

- *Integración de datos:*

Se realizó la integración, análisis y procesamiento de los datos obtenidos anteriormente, de esta manera se puede obtener una conclusión y resultados.

4.3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la parte central del Estado de Sonora, México; en la carta topográfica Ures H12-D32, escala 1:50 000 (INEGI, 2001); y en la carta Geológica-Minera H12-D32 Ures, escala 1:50 000 (SGM, 2002), véase figura 1.

El acceso principal es por la Carretera Federal #15 y la Carretera Federal #21, en el tramo Hermosillo – Ures. La distancia aproximada a la capital del Estado, Hermosillo, es de 36 kilómetros.

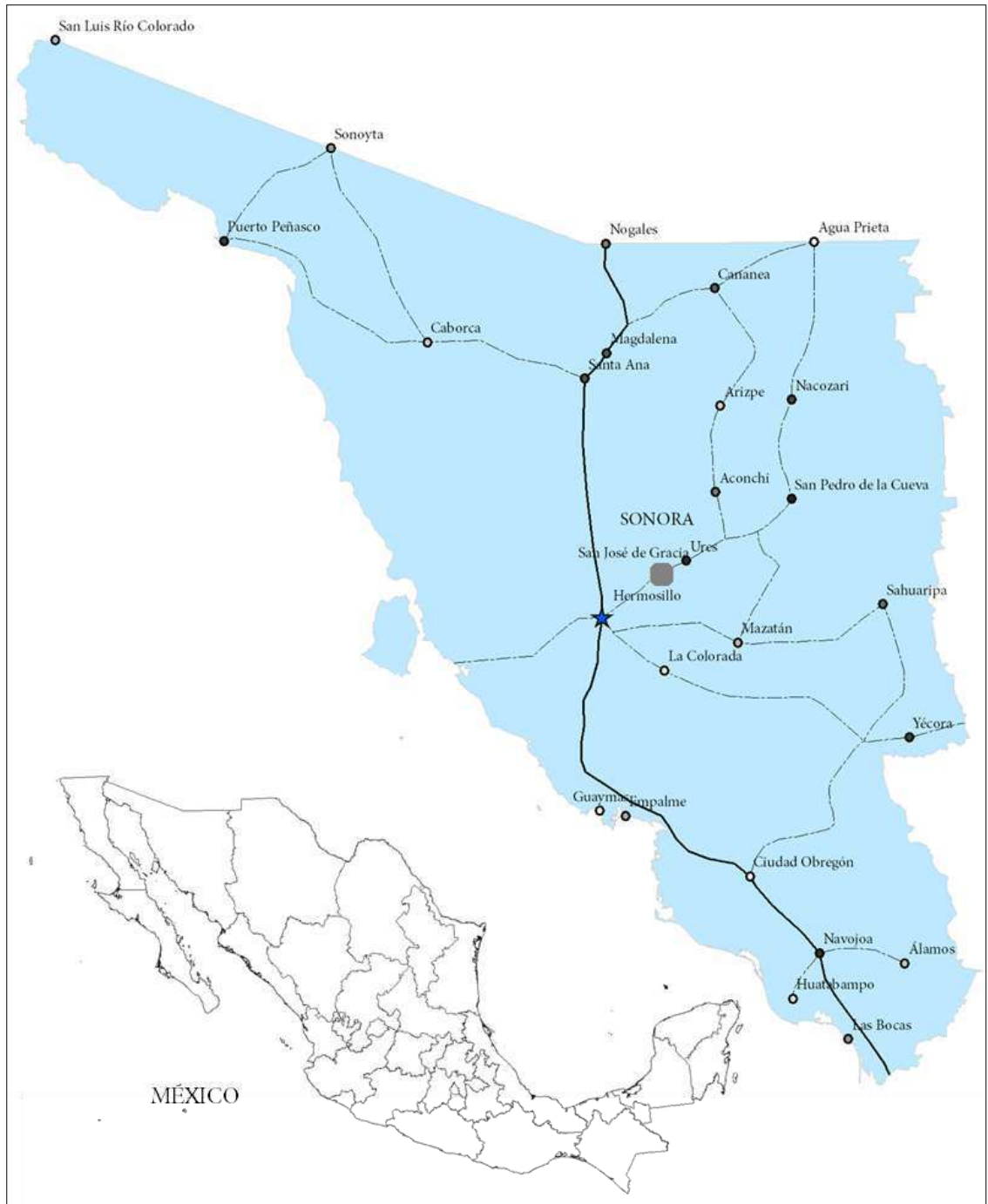


Figura 1.- Mapa de Ubicación del área de Estudio.

4.4 CLIMA Y VEGETACIÓN

El área de estudio, según la información obtenida de la carta de suelos de INEGI (2011), está conformada por un 30% de material clasificado como litosol, el cual corresponde a suelos someros, menores a 10 cm de profundidad, constituidos por

materiales finos, gravas y fragmentos de rocas de diferentes composiciones; un 50% de regosol, el cual es un suelo con poco desarrollo, el cual se tiene sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina; aparece en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud, pero son más comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas; también se tiene un 10% de rendzina, que es un tipo de suelo oscuro rico en humus, el cual se forma principalmente sobre una roca madre carbonatada. El uso principal del suelo es para agricultura de riego.

El clima se caracteriza por ser de tipo seco, semiseco y muy seco, esto en base a la clasificación de INEGI, 2011. La temperatura media anual es alrededor de 22°C, la temperatura máxima promedio es de 38°C y se presenta en los meses de junio y julio, la temperatura mínima promedio es de 5°C y se presenta en el mes de enero. Véase figura 2.

Para esta área las precipitaciones pluviales son de orden de 200 mm, los tipos de lluvias que se presentan, por lo general son lluvias torrenciales de verano y en el invierno las “equipatas”, las cuales son muy esporádicas. Según la carta de usos del suelo y vegetación de INEGI (2011), está se caracteriza por la presencia de matorral espinoso, *Prosopis velutina* WOOTON (mezquite), *Parkinsonia* L. (palo verde), *Mimosa aculeaticarpa* (uña de gato), *Fouquieria splendens* (ocotillo), pero principalmente la abundancia de una variedad de arbustos, la mayoría espinosos, como lo son las cactáceas, entre las que se menciona *Cylindropuntia thurberi* (siviri) y *Opuntia* spp. (nopales). Véase figura 3.

Principales tipos de clima de México



Figura 2. Fuente: Elaborado con base en INEGI. Carta de Climas 1:1 000 000

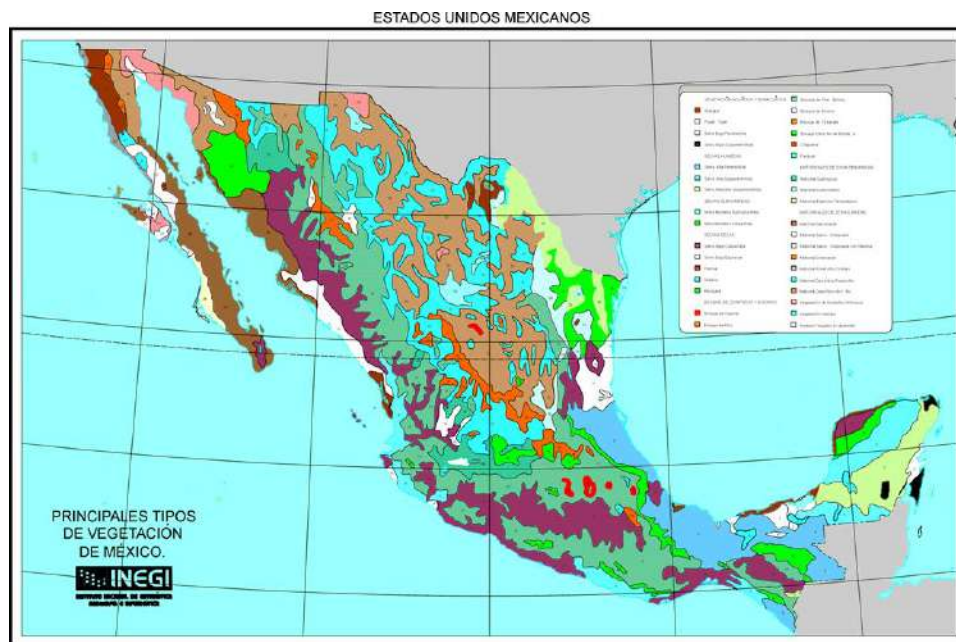


Figura 3. Mapa de vegetación, tomada de INEGI 2011.

4.5 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). Véase figura 4.

Desde el punto de vista geomorfológico, dentro del área de estudio existe un conjunto de altos topográficos, referidos como cerros, los cuáles se encuentran orientados y dispuestos sobre una franja norte-sur. La parte más baja del valle corresponde a 300 msnm y la parte más alta, correspondiente a la cima de la Loma El Chihuarruita, es de 470 msnm. Véase figura 5.

Se puede considerar que es un área en estado de juventud, puesto que son pendientes abruptas y escarpes repentinos.



Figura 4.- Provincias fisiográficas del Norte de México, modificado de INEGI y SEMARNAP, 1998.

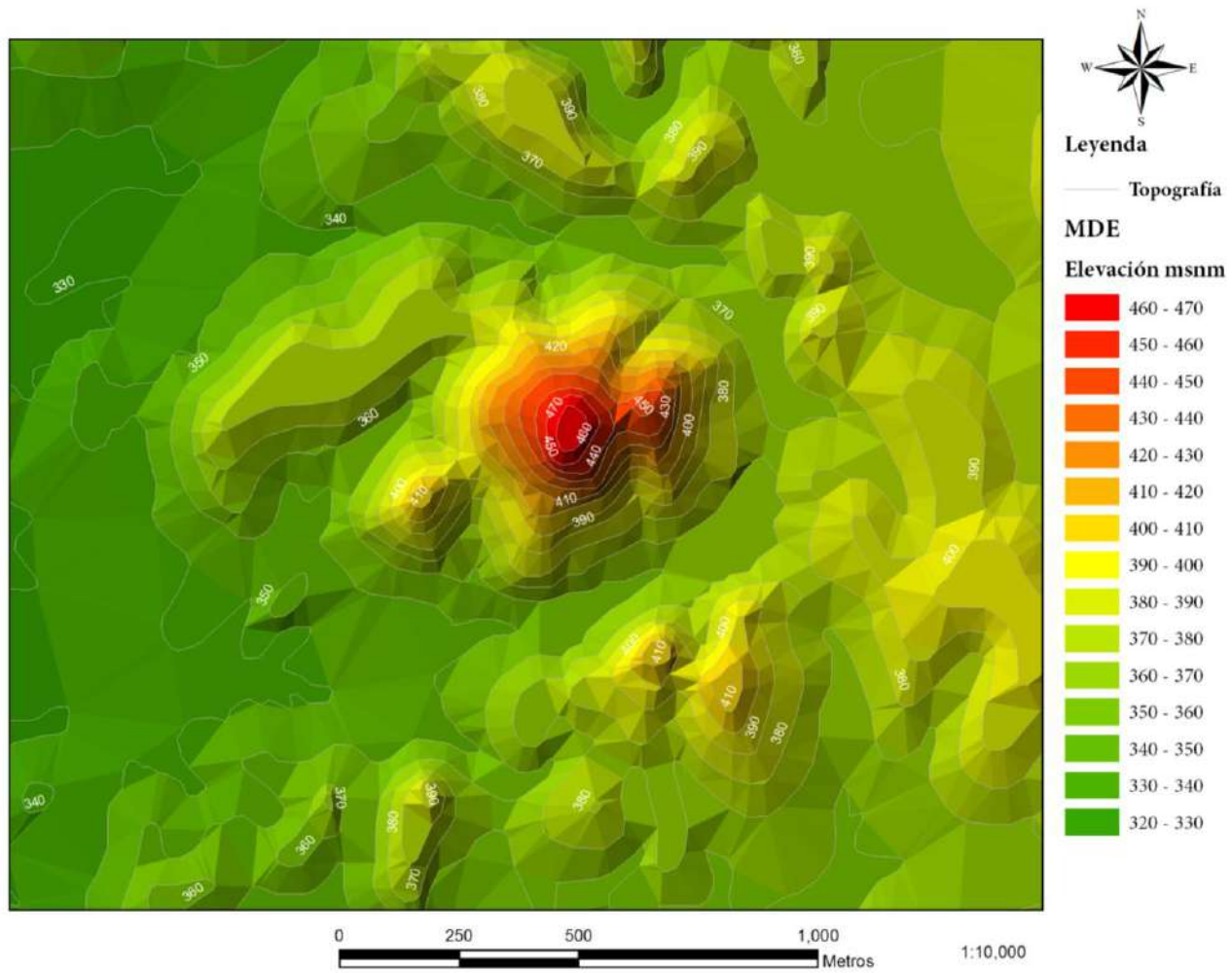


Figura 5. - Modelo digital de la Loma Chihurrita, San José de Gracia Sonora

5. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Según al carta Geológica-Minera, H12-D32, Ures, (SGM, 2002) las rocas más antiguas que afloran en el área son de edad paleozoica, constituidas por calizas, lutitas, areniscas con lentes de pedernal, cuarcitas y escasas dolomías.

Las rocas paleozoicas cámbricas consisten principalmente de calizas y lutitas; y afloran solamente en el poblado de San José de Gracia. Estas rocas cámbricas se distinguen de las de edad Ordovícico-Pérmico, porque contienen más horizontes lutíticos. Las rocas cámbricas se encuentran cubiertas por rocas terciarias.

Existen también rocas paleozoicas indiferenciadas, cerca de Puerto los Cochis y Tembladera de Arriba, correspondientes al resto de los afloramientos de calizas y areniscas, las cuales se consideran del Ordovícico-Pérmico por correlación con rocas similares en áreas aledañas. Estas rocas afloran en la parte occidental y sur del área de estudio, las cuales se distinguen por contener más horizontes de areniscas cuarcíticas y las cuales son afectadas por intrusivos laramídicos y afloran como techos colgantes. Están cubiertas discordantemente por rocas volcánicas cretácico-terciarias y sedimentos recientes.

Cerca del Área de Loma Prieta y del Cerro Sombrerito afloran rocas del Cretácico superior-Terciario Eoceno, constituidas por tobas riolíticas, andesitas y riolitas que se correlacionan con rocas similares en las regiones de Cerro de Oro y San Felipe, Sonora.

Las rocas mencionadas fueron afectadas por cuerpos intrusivos granito-granodioríticos, para los cuales se estima una edad de 69.6-36.0 Ma, para dataciones obtenidas en este mismo tipo de intrusivos, en áreas cercanas como lo son batolitos El Jaralito y Aconchi.

Posteriormente y cubriendo en forma discordante se observan las rocas del mioceno constituidas por tobas riolíticas y riolitas estas afloran en los cerros Los Novillos, La Cruz, Cueva, Cortada, Chapote, Chilicote, El Atravesado, Pelón, Sahuaral, Sabanillas y el Codo. Estas rocas son sobreyacidas en forma discordante por la Formación

Báucarit (King, 1939) de edad Mioceno medio compuestas por conglomerados polimícticos areniscas y riolitas, que aflora en el cerro El Colorado y alrededores del arroyo El Gavilan. Discordantemente sobre las rocas preexistentes se tienen derrames de andesita, andesita basáltica y basalto, los cuales se distribuyen en el centro y suroeste de la carta Ures

Por ultimo los depósitos cuaternarios compuestos por conglomerados constituidos por conglomerados y gravas de edad pleistocénica, así como por gravas y arenas, rellenan los amplios valles del centro y oriente de la carta, pertenecientes a la cuenca de Ures; limos-arenas y aluvión del Holoceno, aflorando en ríos y arroyos de la carta Ures.

6. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el presente capítulo se describe la estratigrafía del área de estudio, con énfasis especial en las rocas cámbricas, esta información se basa en el levantamiento de secciones de campo realizadas en diversos periodos del 2010 y 2011. La sección Cámbrica de manera general manifiesta una nueva localidad de las unidades descritas por Cooper *et al*, 1956, en el área de Caborca, con algunas diferencias, por lo que se hace una relación directa con ellas.

6.1.1 PALEOZOICO

6.1.2 FORMACIÓN PROVEEDORA

Definición: La localidad tipo para esta formación fue definida en los cerros del mismo nombre en el área de Caborca, Sonora. Está compuesta por intercalaciones de cuarcita y arenisca. La cuarcita aflora en la base y es de color blanco con tonalidades grises, con manchas de óxido de Hierro. La arenisca es de color café oscuro, verde y de grano fino, en algunas ocasiones muy silicificada. En la cima se encuentra un horizonte de 37 metros de cuarcitas, aparentemente menos metamorfoseadas, con fragmentos de trilobites, los cuales no pudieron ser identificados por sus descriptores originales, así como alta bioturbación. La unidad posee un grosor de 266 metros. (Cooper *et al*, 1956).

En el área de estudio se observa como un paquete de cuarzo arenita de color rosa, formando cantiles y coronando la Loma Chihuarruita.

Litología y Espesor: Está compuesta de la base a la cima por cuarzo arenita de grano fino, de color guinda de forma homogénea, seguido de arenisca de color rosa, y en ocasiones de color café rojizo presentando óxidos de fierro, estas presentan estructura laminar y cruzada, así como también fracturamiento, (Véase figura 6). Por ultimo se presenta cuarzo arenitas de forma masiva. En muestra de mano, el tamaño de los clastos se observa de manera uniforme, no sobrepasando un milímetro, pero en sección delgada muestra variaciones que van desde grano medio a grano grueso.

Estás rocas están compuestas por más del 95% de granos de cuarzo, variando en tamaño de 4 a 15 micras, observándose en algunas ocasiones sobrecrecimiento de cuarzo rellenando los espacios porosos, siendo el cementante principal sílice. Se considera que es bien clasificada, la redondez es subangulosa – subredondeada, y madura. El contacto entre los clastos varía entre cóncavo-convexo a recto, pudiéndose observar también muy pocos granos suturados. (Véase figura 7)

El contenido de feldespato es poco o ausente, observándose restos de plagioclasas alteradas, así como alteración arcillosa, tomando coloraciones verdes y amarillas; Respecto a los fragmentos de rocas, únicamente se observan clastos de pedernal (cuarzo microcristalino), los cuales son escasos.

En la parte superior de la unidad, en los horizontes de arenisca de grano grueso, existe gran cantidad de icnofósiles, entre los que se mencionan *Skolithos isp.*, *Planolites isp.*, *Arenicolites isp.* y *Palaeophycus isp.*, identificados por el Dr. Tobias Schwennicke. (Véase figura 8).

La mayoría de las capas poseen un rumbo preferencial de NW 33°, Para esta unidad se considera un espesor total de 225 metros.

Distribución: En el área de estudio, aflora únicamente en la Loma Chihuarruita, encontrándose topográficamente en la cima del mismo.

Relaciones Estratigráficas: El contacto inferior no se observa, mientras que es sobreyacida en forma concordante por la Formación Buelna.

Edad y correlación: Aunque para el área de estudio no se encontraron fragmentos de trilobites ni fósiles que pudieran indicar una edad precisa, por correlación con la Formación Proveedora (Cooper *et al*, 1956:09) del área de Caborca se asigna una edad del Cámbrico Inferior.

Ambiente: Skolithos isp. se encuentra en sustratos arenosos, en ambientes marinos poco profundos, inestables y de energía alta, por otra parte *Planolites* isp., es encontrado en ambientes con alto contenido de oxígeno.

El alto contenido de bioturbación e icnofósiles, indican un ambiente marino somero, intermarea y submarea, probablemente de la icnofacies de *Skolithos*.

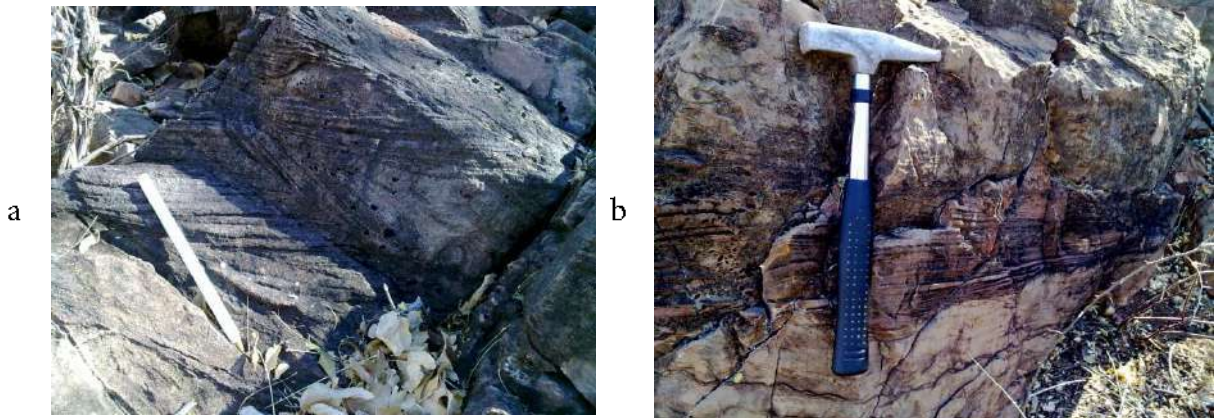


Figura 6.- a) Areniscas de color rosa con estratificación cruzada y b) arenisca de color rojizo con estratificación laminar.

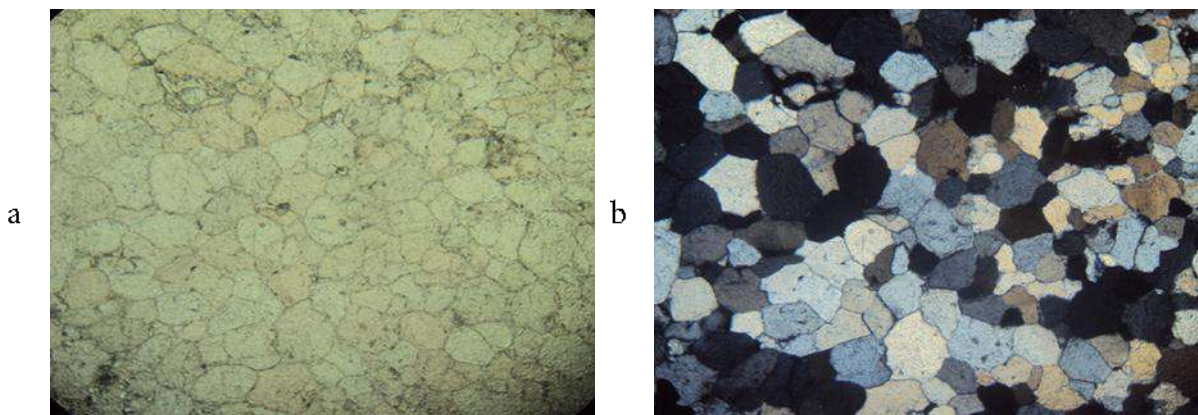


Figura 7.- Clastos con tamaño menor a 2mm, de forma subangulosa -subredondeado, bien clasificado, texturalmente maduro, contacto entre clastos es suturado, predominando el tipo recto. Compuesto de cuarzo mayor al 95%, los feldespatos y los fragmentos de rocas son escasos. Se clasifica como Cuarzo arenita (4x). a) Luz natural; b) Nícoles cruzados.

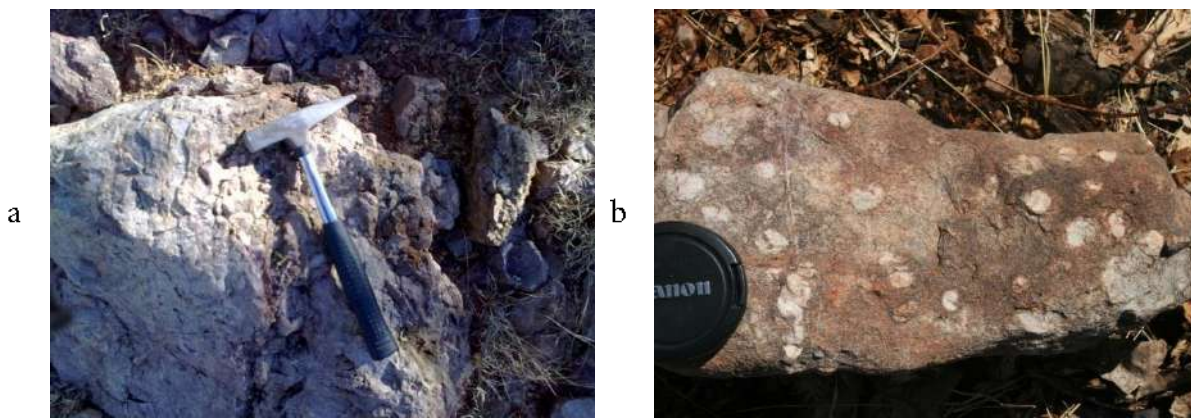


Figura 8.- a) cuarzo arenita de la Formación Proveedora. b) Icnofósiles en cuarzo arenita. (*Skolithos* isp.).

6.1.3 FORMACIÓN BUELNA

Definición: Su localidad tipo se encuentra 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 parte baja y con lutita roja lenticular en contacto con caliza Cerro Prieto. La caliza es gris, arenosa y en algunas ocasiones es de color verde.

En la base existen coquinas de *Salterella* y trilobites acumulados, aparentemente por acción mecánica.

En la parte media de esta formación hay dos bancos de calizas muy resistentes a la erosión, formados exclusivamente por oncolitos de *Girvanella*. La parte superior de la formación está constituida por lutita y arenisca calcárea y caliza en capas delgadas que contienen bancos oolíticos o conglomeráticos con clastos de caliza, con gran cantidad de trilobites. En la mitad superior se encontraron los trilobites índice: *Onchocephalus*, *Antagmus* y *Bonnia*. (Cooper *et al*, 1956; Rivera, 1988).

El grosor de la Formación Buelna es de 70 metros, su base y su cima es concordante con la Formación Proveedora y Cerro Prieto.

En el área de estudio se presenta como intercalaciones de caliza y lutita, con gran cantidad de fósiles, aflorando en la parte SE del cerro Chihuarruita.

Litología y Espesor: De la base a la cima, consiste en caliza arenosa intercalada con lutita. En la base aflora una caliza arenosa de color morado oscuro, la cual presenta granos de cuarzo en una matriz calcárea muy alterada con óxidos, los granos de cuarzo varían entre un tamaño de 15 a 3 micras, siendo en general angulosos a subangulosos, mal clasificados. Esta capa posee un grosor de 19 metros.

Seguido por intercalaciones de lutita y caliza con fósiles, como *Hyolithes sonora*, *Haplophrentis reesei*, y *Salterella* sp., con fragmentos no identificables de trilobites. Los dos primeros fueron identificados por la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, mientras que *Salterella* sp., fue identificada por el autor bajo revisión de la investigadora ya mencionada. Según la clasificación de Dunham, 1964 y Folk, 1964, se consideran como packstone y biomicrita. Se estima que estas intercalaciones poseen un total de 40 metros. Seguido por una capa de 06 metros de lutita, aparentemente sin fósiles, observándose muy erosionada y cubierta por el suelo.

Después se encuentra una capa de caliza de color amarillo y café, con alto contenido de oncolitos asignados a *Girvanella* sp. con un grosor de 9.10 metros.

Seguido por una capa de caliza gris oscuro, con clastos arenosos de color amarillo con forma tabular que varían en tamaño de 10 a 15 cm. (véase figura 9 y 10).

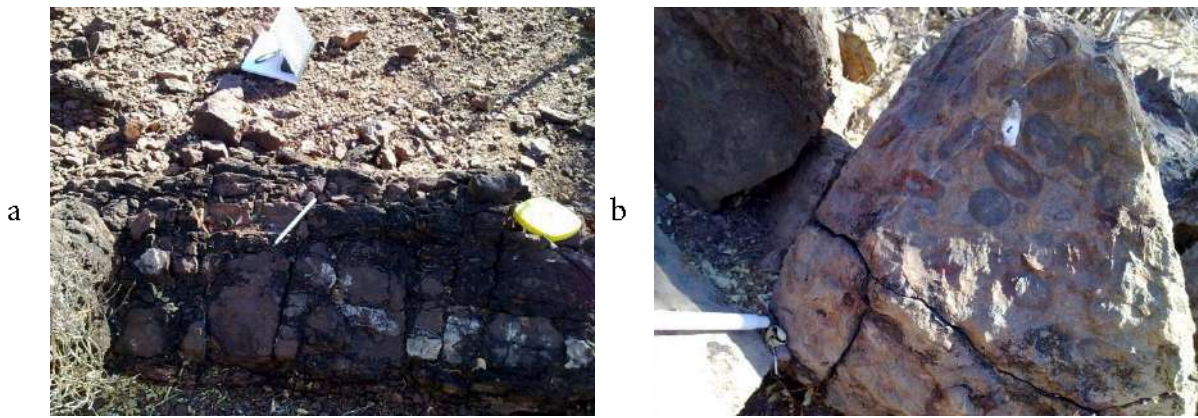


Figura 8.- a) Caliza arenosa. b) Caliza con abundantes estructuras oncolíticas. (*Girvanella*).

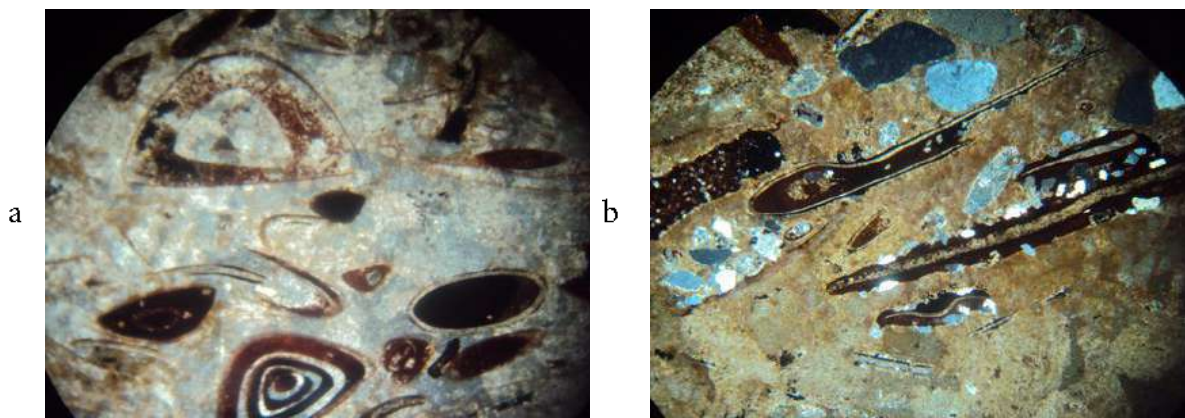


Figura 9.- a) Caliza fosilífera, presenta cemento de esparita, con cortes de *Salterella* sp., *Hyolithes* sp., Según Dunham, 1964, corresponde a grainstone, Folk, 1964, bioesparita. b) Caliza fosilífera, matriz de micrita, fragmentos de trilobites. Se observa un aporte terrígeno, debido a la presencia de cuarzo. Dunham, 1964, packstone. Folk, 1964, biomicrita. Ambas imágenes en nicoles cruzados (4x).

Distribución: SE de la Loma Chihuarruita.

Relaciones Estratigráficas: Sobreyace de manera concordante a la Formación Provedora y es sobreyacida concordantemente por la Formación Cerro Prieto.

Edad y correlación: La presencia de *Haplophrentis reesei*, *Hyolithes sonora* y *Salterella* sp., indica una edad del Cámbrico, mientras que los fósiles colectados por Nardin *et al*, 2009, como lo es *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis*, indica una edad del Cámbrico temprano.

Se correlaciona con la Formación Buelna (Cooper *et al*, 1956) del área de Caborca.

Ambiente: El ambiente de formación es marino somero, de aguas tranquilas con aporte de terrígenos, afectadas por el oleaje como lo demuestra la acumulación mecánica de fósiles, ya que se encuentran fragmentados. Por otra parte, la depositación de *Salterella* en rocas carbonatadas del Paleozoico temprano sugiere que habitó aguas someras, abarcando desde aguas tranquilas hasta ambientes de marea, considerándose como un organismo bentónico. (Yochelson, 1977:449).

6.1.4 FORMACIÓN CERRO PRIETO

Definición: Su localidad tipo se encuentra en Cerro Prieto, área de Caborca, consistiendo en calizas negras, masivas, con algunos horizontes oncolíticos, posiblemente *Girvanella*, así como algunas muestras de bioturbación que le dan un ligero aspecto moteado. Asignándole una edad del Cámbrico inferior? (Cooper *et al*, 1956:33)

El contacto inferior con la Formación Buelna es concordante, mientras que el contacto superior con la Formación Arroyos es normal; posee un grosor total de 110 metros.

En el área de estudio aflora como caliza masiva de color gris oscuro formando cantiles. Se encuentra en la parte SE de la Loma Chihuarruita.

Litología y Espesor: La unidad se encuentra representada por caliza oolítica masiva, de color gris oscuro, con un espesor de 17.30 metros, la cual se encuentra ligeramente dolomitizada, formando cantiles.

En lámina delgada se describe como una matriz micrítica, con oolitos recristalizados, tanto de micrita como esparita, con un diámetro aproximado de 10 micras. Según la clasificación de Folk, 1964 se trata de una oomicrita. (Véase figura 11).

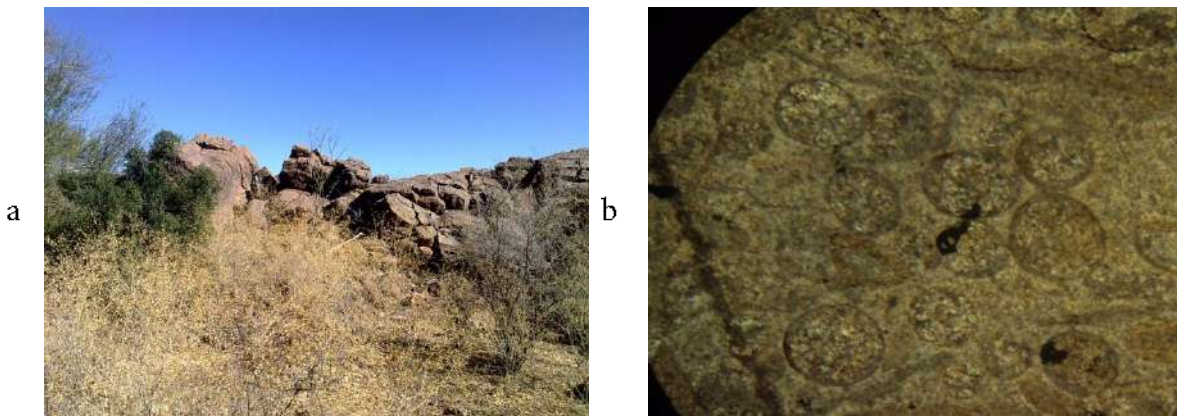


Figura 10.- a) Caliza oolítica formando cantiles. b) oolita recristalizadas con esparita, en una matriz micritica. Folk, 1964, oomicrita, nicoles cruzados (4x).

Distribución: SE de la Loma Chihuarruita.

Relaciones Estratigráficas: Sobreyace de manera concordante a la Formación Buelna y es sobreyacida de manera concordante por la Formación Arrojos.

Edad y correlación: Esta unidad no proporcionó fósiles, sin embargo por relaciones estratigráficas se considera del Cámbrico inferior? O bien es parte de la transición Cámbrico inferior – Cámbrico medio. (Cooper *et al*, 1956; Lochman *in* Cooper *et al*, 1956).

Se correlaciona litológicamente con la Formación Cerro Prieto del área de Caborca. (Cooper *et al*, 1956).

Ambiente: Marino somero de alta energía.

6.1.5 FORMACIÓN ARROJOS

Definición: La Formación Arrojos toma su nombre de los Cerros Arrojos, área de Caborca. Está constituida principalmente por lutita, caliza y arenisca. Las lutita en su mayoría son de color rojo con intercalaciones de caliza color amarillo. Las areniscas se encuentran casi a la cima de la unidad intercaladas con lutita.

En esta unidad se recolectaron fósiles de trilobites como lo son *Ptarmigania*, *Albertella*, *Mexicaspis*, *Mexicella* y *Glossopleura*.

Descansa concordantemente sobre la caliza Cerro Prieto. Posee un grosor total de 335 metros. (Cooper *et al*, 1956).

En el área de estudio, se encuentra como intercalaciones de caliza y lutita de color rojo, con abundantes fósiles del Cámbrico Medio. Se encuentra en la parte SE de la Loma Chihuarruita.

Litología y Espesor: La unidad se encuentra compuesta por intercalaciones de lutita de color rojo con caliza color amarillo, con abundante contenido de fósiles, entre los que destacan trilobites y braquiópodos, característicos del Cámbrico Medio.

En la parte basal de la formación, se encuentran intercalaciones de lutitas amarillas con caliza. Con la presencia de *Acrothele* sp., y *Linnarsonia* sp.

Seguido por la intercalación de lutitas rojizas y caliza. La lutita roja posee espesores mayores a los de caliza, siendo altamente fosilífera. Entre las faunas identificadas se tiene a *Bathyriscus* sp., *Kootenia* sp., *Oryctocephalus* sp., *Oryctocara* sp., *Ehmaniella* sp., *Elrathina* sp., *Pagetia* sp., *Ogygopsis* sp., *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis* y *Peronopsis* sp.

Entre los braquiópodo se encuentran *Acrothele* sp., *Prototreta* sp., *Dictyonina* sp., *Linnarsonia* sp., *Lingulella* sp., entre otros no identificados.

En la cima de la unidad se encontraron fósiles de sp., y espículas de *Chancelloria* sp.

Esta formación posee un espesor de 233.70 metros.



Figura 11.- a) *Oryctocephalus* sp., mostrando las espinas marginales. (15x). b) *Peronopsis* sp. (12x).

Distribución: Parte SE de la Loma Chihuarruita.

Relaciones Estratigráficas: Sobreyace de manera concordante a la Formación Cerro Prieto y es sobreyacida en forma discordante por rocas volcánicas terciarias.

Edad y correlación: Considerando la presencia de *Bathyriscus* sp., *Oryctocephalus* sp., *Ehmaniella* sp., *Oryctocara* sp., *Peronopsis* sp., *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis*, *Elrathina* sp., se asigna una edad del Cámbrico Medio.

Así mismo se correlaciona con la Formación Arroyos del área de Caborca (Cooper *et al*, 1956).

Ambiente: Marino somero, de aguas tranquilas.

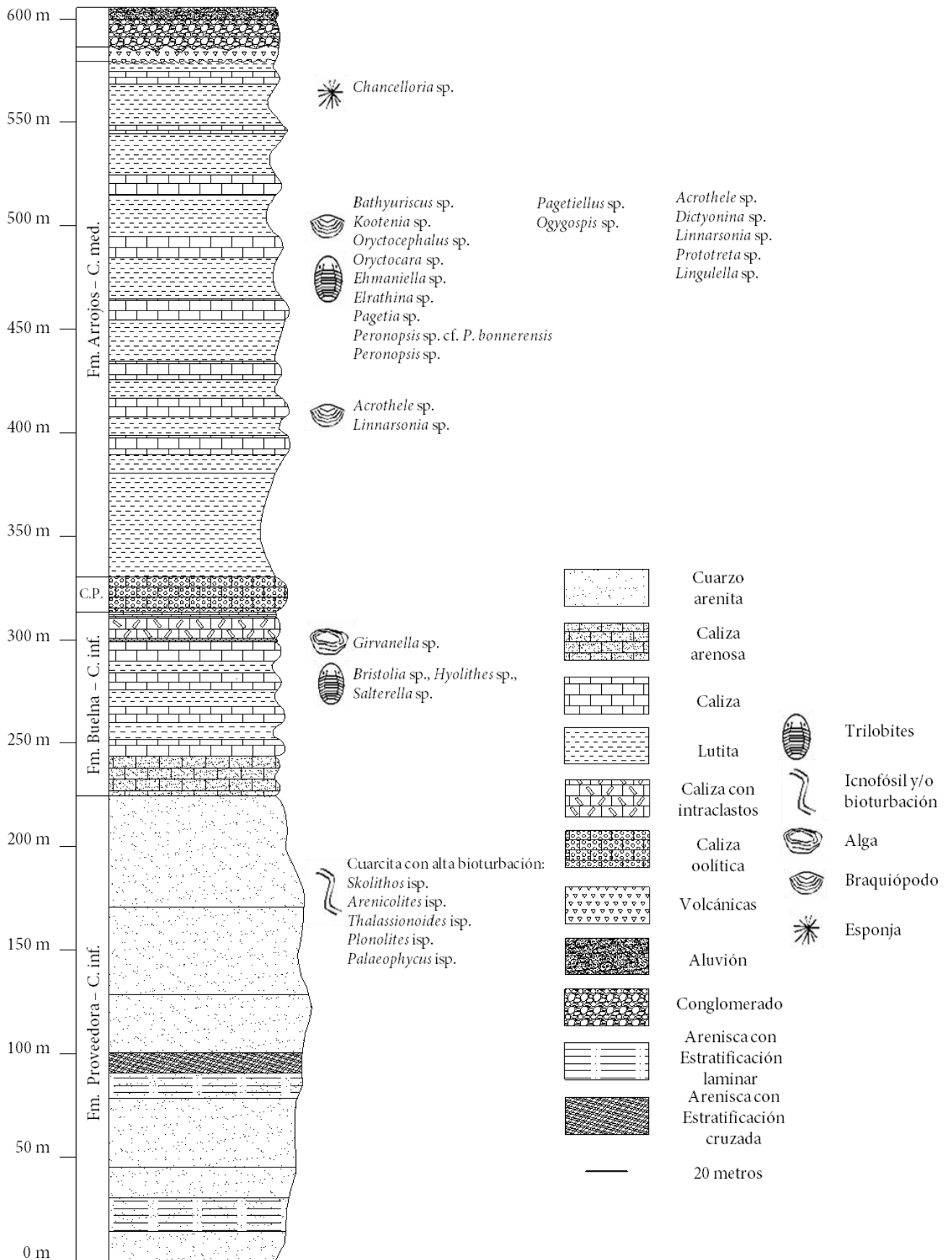
6.1.6 Terciario

6.1.7 MIOCENO INFERIOR

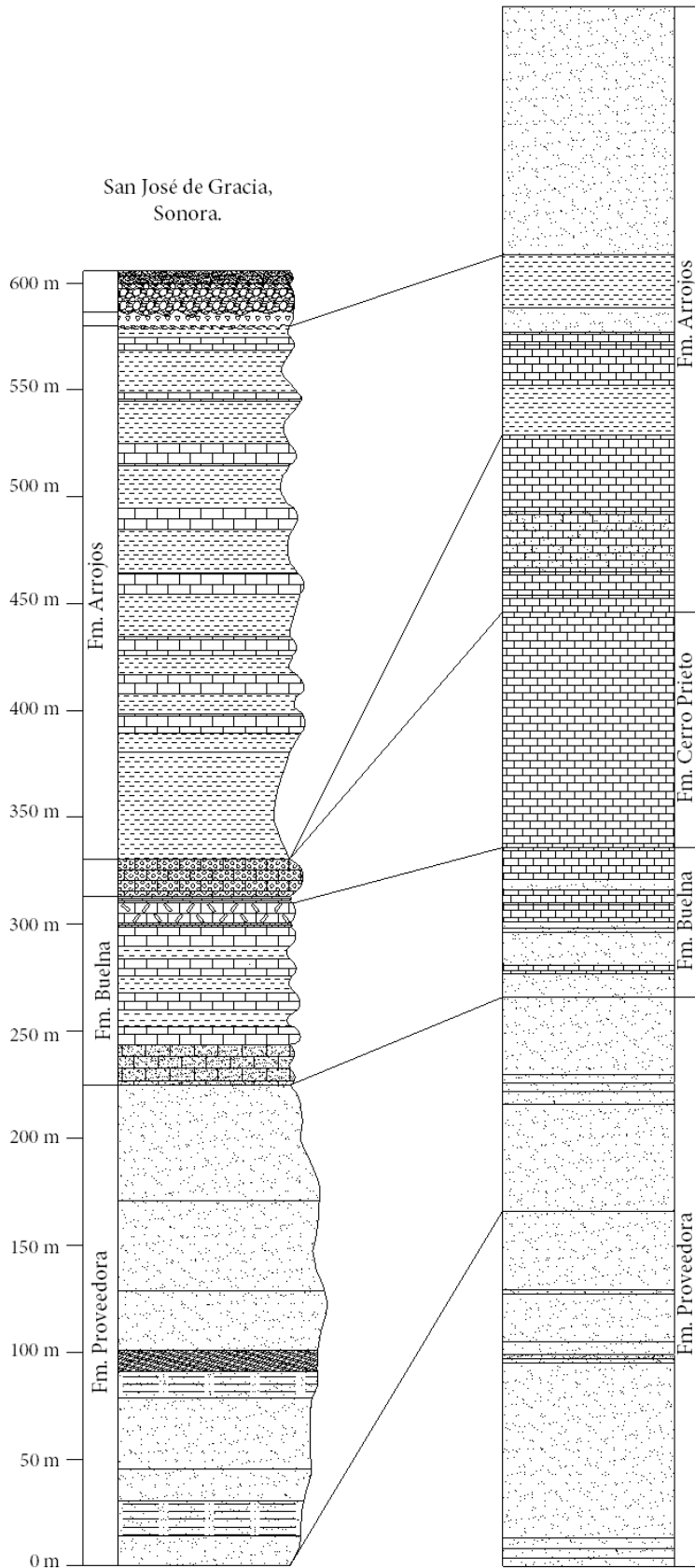
El Terciario está representado por rocas volcánicas, compuesto de andesita y riolita de edad terciario inferior, cubriendo discordantemente las rocas preexistentes. (SGM, 2002).

6.1.8 CUATERNARIO













Depósitos de talud y terrazas, constituidas por conglomerados y gravas, el tamaño de los componentes es variado desde bloques hasta tamaño de arcilla de edad pleistocena. Por último se tiene el aluvión compuesto por arcillas y arenas, los cuales se observan en los arroyos del área de estudio.



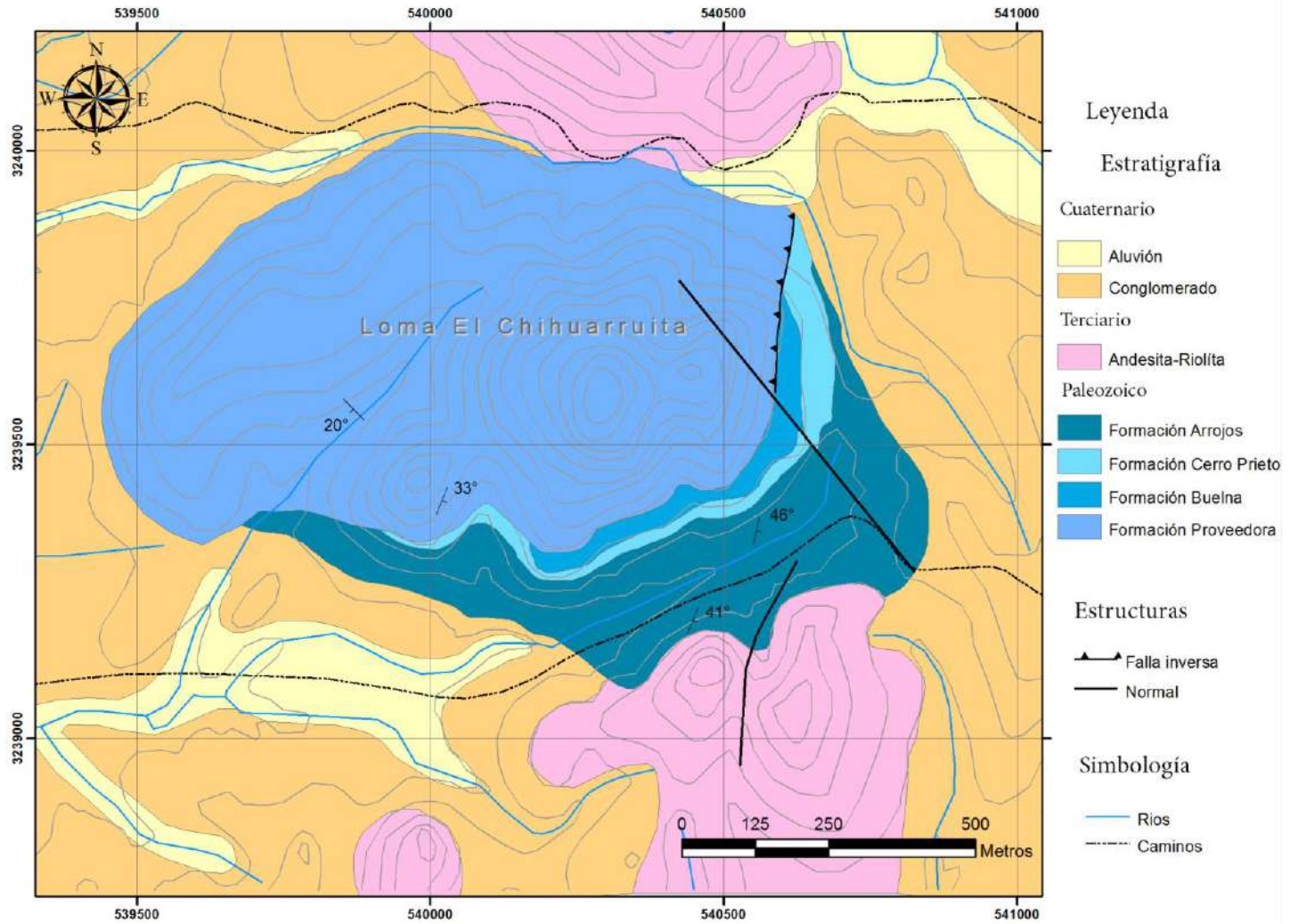
Caborca, Sonora.



Correlación de las Formaciones cámbricas de San José de Gracia y Caborca.

-  Cuarzo arenita
-  Caliza arenosa
-  Caliza
-  Lutita
-  Caliza con intraclastos
-  Caliza oolítica
-  Volcánicas
-  Aluvión
-  Conglomerado
-  Arenisca con Estratificación laminar
-  Arenisca con Estratificación cruzada
-  20 metros

Mapa Geológico de la Secuencia Cámbrica - San José de Gracia, Sonora



Plano 1.- Mapa Geológico del área de San José de Gracia.

7. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

La fauna del área está representada por cuatro órdenes de trilobites, en la que sobresalen los corynexochidos con siete familias, siendo Alokistocaridae la más común con diez géneros.

Los braquiópodos están representados por una clase, tres órdenes, cuatro familias y cinco géneros. También se encuentran cinco géneros de icnofósiles.

Entre los trilobites predomina la infauna, es decir, organismos hipobentónicos (*Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis* y *Peronopsis* sp.).

La fauna se encuentra en buen estado de conservación, siendo en general la mayor parte moldes externos. El depósito de individuos es abundante, pero no muy variado con respecto a especies.

La edad de estas rocas son del Waucobaniense (Cámbrico temprano) con la presencia de los fósiles índice *Bristolia* sp. cf. *B. bristolensis*, biozona de *Olenellus*; así como también *Bathyriscus*, Albertaniense (Cámbrico Medio).

La asociación faunística anterior revela un ambiente marino de plataforma somera. La abundancia de fósiles en el área, indica también condiciones de aguas con baja energía, como lo revelan lutitas con alto contenido en trilobites. Además el ambiente geoquímico que se presenta es de gran contenido de oxígeno, ya que no se encuentran lutitas carbonosas, sino lutitas con minerales altamente oxidados.

El conocimiento de estas faunas permite establecer afinidades específicas con otras faunas como lo son: Estados Unidos (California, Wisconsin, Montana, Idaho y Utah); Canadá (Columbia Británica y Terranova); Europa (Reino Unido) y África (Marruecos). Todas estas pertenecientes a la Provincia Pacífica (Dominio faunístico Acadio-Báltico). (Cuen *et al*, 2009)

Salterella ocurre a partir del Cámbrico Temprano tardío en Norteamérica. Todos los registros parecen indicar que *Salterella* está confinada a la Biozona de *Olenellus*, estando limitada a la parte media de dicha zona, aunque la precisión estratigráfica no es posible debido a la problemática que presenta con otros organismos considerados como afines. (Yochelson, 1977:440); sin embargo se considera estratigráficamente restringida al Cámbrico inferior. Comunicación personal con Allison R. Palmer.

Salterella es mayormente encontrada en rocas carbonatadas, pero también ocurre en arenisca y lutita. (Yochelson, 1977:440). Comunicación personal con Allison Palmer.

Por otra parte *Vologdinella* y *Volborthella* parecieran ser más antiguas que *Salterella*; aunque según Yochelson, 1977:437, *Volborthella* debiera ser un resultado de la diagénesis; inclusive la especie tipo *Salterella rugosa* BILLINGS, fue descrita para tener mayor aproximación a la sistemática de estos organismos.

La diversificación cámbrica y ordovícica es atribuida a importantes cambios globales, todos favoreciendo la diversidad, la cual podría haber estado acompañada por la fragmentación de los continentes; esto incluye la estabilidad de la cadena trófica y aún más, podría haber estado acompañada de grandes transgresiones que contribuyeron a la estabilidad ambiental. (Valentine, 1972:178).

La fragmentación de los continentes podría haber traído consigo un aislamiento genético de poblaciones y así crear provincialismo, generando diversidad de especies, los ambientes debieron de ser cada vez más estrechamente divididos por los organismos más especializados, esta tendencia se puede ver en la aparición y desarrollo de las comunidades de arrecifes del paleozoico para eventualmente incluir algunos organismos bentónicos más especializados, como lo son crinoideos, briozoarios y braquiópodos.

7.1 AFINIDADES

Las faunas de San José de Gracia, presentan mayor afinidad con las faunas reportadas para la Wheeler Shale de House Range, Utah, donde se ha reportado el conjunto

faunístico conformado principalmente por *Bathyriscus fimbriatus* ROBISON, *Elrathia kingii* MEEK, *Peronopsis interstricta* WHITE, *Peronopsis* sp., *Acrothele subsidua* WHITE, *Lingulella* sp., *Linnarssonina ophirensis* WALCOTT, *Gogia spiralis* ROBISON, *Chancelloria* sp., *Hyolithes* sp., entre otros. (Robison, 1971:796-797)

Bordonaro, 1986, reconoce la presencia de la zona de *Bonnia-Olenellus* en el miembro el Estero, en la Formación La Laja, Argentina, con la presencia de *Olenellus zondaensis* BORDONARO, *Bonnia villicumica* BORDONARO, *Antagmus argentinus* BORDONARO, y *Bristolia* sp; ya que la zona de *Bonnia-Olenellus* corresponde a una Biozona de plataforma interna. (Bordonaro, 2003).

Chancelloria en asociación con abundantes fósiles como *Microdictyon*, *Hyolithellus*, *Bemella pauper* BILLINGS, e hiolitidos son reportados para la Formación Puerto Blanco en Caborca. (McMenamin, 1985:1414), así como en el Cámbrico medio de la Lutita Wheeler en Utah, en asociación con trilobites. (Robison, 1978: 1325)

Al igual que en San José de Gracia, *Hyolithes* puede ser encontrado en asociación con fragmentos de *Olenellus* en la dolomita Dunham.

Las rocas del Cámbrico Inferior del Este de Laurentia son principalmente encontradas en la región de los Apalaches del Este de Estados Unidos y Este de Canadá, pero también afloran en el cinturón caledoniano del Noroeste de Groenlandia.

Las Formaciones cámbricas del área de Caborca fueron depositadas en un ambiente somero y dominado por mareas, dentro de una gran plataforma plana con cuerpos móviles de área y hundimiento continuo, que bordeaba el antiguo margen continental de América del Norte, localizado hacia el noroeste de esta zona. (Rivera, 1988a).

Clase Trilobita Walch, 1771

Orden Corynexochida Kobayashi, 1935

Familia Dolichometopidae Walcott, 1916

Género *Bathyriscus* Meek, 1873

Bathyriscus sp.

McLaughlin, 1950, p. 467 lam. 65, fig. 4.; Robison, 1964, p. 533, lam. 83, figs. 17,19,
lam. 83, figs. 6-11, 15; Robison, 1967, p. 214 , lam. 24, figs. 1-25.

Descripción: Pigidio semicircular, ovalado. Borde posterior del cuerpo ancho. El raquis es más amplio en la parte central del cuerpo y termina de manera subredondeada antes de alcanzar el borde posterior. Posee 09 anillos axiales los cuales están separados por profundos surcos y con bordes bien definidos. Las costillas pleurales o segmentos de los lóbulos laterales distan hacia la parte posterior del cuerpo y son más amplias en los límites con el borde.

Dimensiones:

Morfología Tamaño (mm)

Ancho: 12

Largo: 11

Comentarios: *Bathyriscus* Meek, 1873 posee un borde anterior estrecho frente a la glabella. Los anillos occipitales son pequeños. La fixigena es estrecha disminuyendo suavemente hacia las áreas posteriores. Las espinas pleurales son cortas. En general posee un pigidio grande con 07 anillos axiales. Surcos pleurales profundos y surcos interpleurales profundos. Los bordes son bien definidos. En algunos casos es posible encontrar un par de espinas laterales.

Bathyriscus sp. es reportada para Pend Oreille County, en Washington, donde se considera según el autor como indicadora del Cámbrico medio tardío. (McLaughlin, 1950).

La especie *Bathyriscus fimbriatus*, es descrita para el Cámbrico medio tardío en el oeste de Utah (Robison, 1967:214), también es descrita *Bathyriscus mendozanus* en la Precordillera, Argentina, en quebrada Ojo de Agua, quebrada Los Sombreros, Cordón del Alojamiento y San Isidro, en calizas de plataforma externa, con edad del Marjumiense, zona de *Oryctocephalus*. (Bordonaro *et al*, 2011).

Posición Estratigráfica: Formación Arrojos, Cámbrico medio.

Orden Corynexochida Kobayashi, 1935

Familia Dorypygidae Kobayashi, 1935

Género *Kootenia* Walcott, 1888

Kootenia sp.

Lochman, 1948, p. 451; Shaw, 1957, p. 787, lam. 98, figs. 1-9; Dutro *et al*, 1984, p. 1366, figs. A-F; Geyer, 1994, p. 1311, figs. 1-15.

Descripción: Pigidio, de forma ovalada. El raquis es prominente sobre el resto del pigidio y posee 06 segmentos. Los segmentos pigidiales poseen tuberculos en la parte central. La parte posterior del raquis no tiene buena conservación por lo que no son visibles las espinas posteriores marginales.

Dimensiones:

Morfología Tamaño (mm)

Ancho: 4

Largo: 3

Comentarios: *Kootenia* Walcott, 1888 posee un borde anterior profundamente impreso. El pigidio posee de 4 a 7 (generalmente 6) pares de espinas marginales.

Lochman reconoce en 1948 la Biozona de *Glossopleura-Kootenia* para el Cámbrico Medio de Caborca, con la presencia de *Glossopleura*, *Alokistocare*, *Kootenia*, *Pachyaspis*, *Anoria*, *Zacanthoides* y *Athabaskia*, para la Formación Arrojos.(Lochman, 1948:452).

En Norte América *Kootenia* posee gran valor debido a su abundancia y ocurrencia para identificar la zona mencionada anteriormente.

Posición estratigráfica: Formación Arrojos – Cámbrico medio.

Orden Corynexochida Kobayashi, 1935

Familia Oryctocephalidae Beecher, 1897

Género *Oryctocephalus* Walcott, 1886.

Oryctocephalus sp.

Sundberg, 1997, p. 1074, figs.- 1-14.

Descripción: Pigidio de forma semitriangular, posee en el raquis un total de 07 segmentos separados por profundos surcos. Las pleuras son amplias y terminan en forma de espina. En la parte posterior del pigidio se observan 4 espinas que distan del cuerpo.

Dimensiones:

Morfología Tamaño (mm)

Ancho: 3 mm

Largo: 4 mm

Comentarios: Glabela paralela o ligeramente expandida hacia adelante, surcos glabulares bien impresos. Tórax con 07 segmentos, pleuras extendidas en espinas.

Una gran variedad de especies de este género, entre las que se mencionan, *Oryctocephalus primus*, *Oryctocephalus indicus*, *Oryctocephalus nyensis*, es reportada para el Cámbrico medio del Sureste de Great Basin de California Nevada. (Sundberg, 1997).

Posición estratigráfica: Formación Arrojos – Cámbrico medio.

Orden Corynexochida Kobayashi, 1935

Familia Oryctocephalidae Beecher, 1897

Género *Oryctocara* Walcott, 1908

Oryctocara sp.

Sundberg, 1997, p. 1076, fig. 1.

Descripción: Cefalón semicircular, con glabela prominente en forma de espátula. Posee un tubérculo en el eje cefálico a partir del cual se cuentan 11 segmentos profundos. El pigidio es redondeado.

Dimensiones:

Morfología Tamaño (mm)

Ancho: 3 mm

Largo: 4m

Comentarios: Muy pequeña, difiere en el craniido con *Oryctocephalus* en una fixigena más estrecha, lobulos palpebrales largos y muy anchos en áreas posteriores.

Posición estratigráfica: Formación Arrojos – Cámbrico medio.

Orden Ptychopariida Swinnerton, 1915

Suborden Ptychopariina Richter, 1933

Superfamilia Ptychopariacea Matthew, 1887

Familia: Alokistocaridae Resser, 1939

Género *Elrathina* Resser, 1937

McLaughlin 1950 p. 469 lam. 65, fig. 12, 14-17.

Descripción: Cefalón de forma subcuadrada, ya que sólo se encuentra el craniidio. El borde preglabellar es amplio. La glabella es de forma prominente y subcuadrada.

Posee 15 anillos axiales, los cuales son prominentes del resto del cuerpo. El anillo occipital posee un tubérculo en la parte central. Las pleuras son amplias y terminan casi en forma de espina hacia la parte exterior lateral del cuerpo. El pigidio es muy pequeño y casi no se observa (micropigidio).

Dimensiones:

Morfología Tamaño (mm)

Ancho 5

Largo 11

Comentarios: Posee segmentos torácicos más numerosos que *Elrathia*, y el pigidio es más pequeño.

Posición estratigráfica: Formación Arrojos – Cámbrico medio.

Orden Agnostida Kobayashi, 1935

Suborden Agnostina Salter, 1864

Familia Spinagnostidae Howell, 1935

Género *Peronopsis* Hawle & Corda, 1847

Peronopsis sp.

Robison, 1982, p. 150, lam. 5, figs. 1-12. p. 154, lam. 6, figs. 1-4, 5-8, 9-11. Robison, 1964, p. 524, lam. 525, figs. 24-29, lam. 82, figs. 1-15,18. Robison, 1995, p. 303, fig. 1-3.

Descripción: Cefalón semicircular con borde prerostral profundo. La glabela es en forma de espátula, abombada y comienza antes de alcanzar el último tercio del cefalón. Posee dos pares de pleuras torácicas poco o mal conservadas. El pigidio es semicircular, isopigidio. El raquis posee una clara diferenciación del resto del pigidio, que se aproxima desde la parte central del cuerpo y es terminado en la parte media. Los nódulos basales no se observan ni espinas torácicas.

Comentarios: *Peronopsis amplaxis*, *P. fallax*, *P. interstricta* y *P. segmenta* es reportada para Nevada, Utah, en la Formación Wheeler Shale en las Montañas Drum; en un paquete sedimentario de Lutitas. (Robison, 1982).

Para Robison, 1964, *Peronopsis* es un género representativo del Cámbrico medio en muchas rocas del mundo, caracterizado por un eje axial bien definido, glabela bilobada, y con segmentación en el eje del pigidio pobremente definida. (Robison, 1964).

Especies como *Peronopsis interstricta*, *Peronopsis sermenta*, han sido referidas en el oeste de Utah, en las formaciones Wheeler y Marjum en lutita. (Robison, 1964).

Phylum Mollusca ? - *inc. sed* Linnaeus, 1758

Clase Calyptomatida Fisher, 1962

Orden Hyolithidae Matthew, 1899

Suborden Hyolithina Matthew, 1899

Familia Hyolithidae Nicholson, 1872

Género *Hyolithes* Eichwald, 1840

Hyolithes sonora Lochman, 1956

Lochman *in* Cooper et al, 1956, p. 161; Buitrón, 2011, p. 1.

Descripción: Ejemplar cónico de forma alargada, el cual inicia con una apertura gruesa que se hace más aguda conforme se aproxima a la parte posterior del cuerpo. Posee en las partes externas (borde) materia de una coloración rojiza que se vuelve más oscura en la parte ventral, dando la impresión de un doble organismo.

Comentarios: Para Lochman, 1956, la presencia de *Hyolithes sonora*, debería de ser en la zona de *Glossopleura-Kootenia*. Por otra parte *Hyolithes sonora* es reportada para el Cámbrico Medio (Formación Arrojos) en Caborca.

Posición estratigráfica: Formación Buelna, Cámbrico inferior.

8. EL SISTEMA CÁMBRICO

El sistema Cámbrico fue introducido por primera vez a la literatura geológica en 1831 por Adam Sedgwick, para una sucesión de rocas ubicadas en el domo Harlech, área de Gales. (Hansen, 1997:01).

Cámbrico deriva del nombre romano “*cambria*” porque de esta manera se referían los romanos a las rocas sedimentarias de Gales, Reino Unido.

Según la escala ICS (2009), el Sistema Cámbrico se inicia hace aproximadamente 542 Ma y finaliza hace 488 Ma, mientras que la escala de Holmes lo ubica entre los 500 y 600 Ma. (Harland *et ál*, 1964); y marca el inicio de la era Paleozoica.

Aunque el inicio del Cámbrico marca la primera aparición generalizada de organismos multicelulares abundantes, con partes duras capaz de fosilizar, recientes investigaciones demuestran que la vida era abundante en los mares precámbricos. La mayoría de estos organismos no poseían partes duras y fueron conservados en situaciones excepcionales de depositación. (Hansen, 1997:02).

Se conoce como Explosión de vida Cámbrica, al momento en el registro fósil en que miles de organismos, bien diferenciados, con exoesqueletos y partes duras capaz de fosilizar, empezaron a colonizar los mares de este periodo. Lo anterior constituye uno de los problemas más persistentes en paleontología y sugiere una rápida evolución divergente en el clado de los invertebrados.

La aparición de trilobites durante el Cámbrico Temprano dio lugar a una rápida cladogénesis diversificando las especies, alcanzando su máximo desarrollo durante el Ordovícico y sobreviviendo hasta el Pérmico, (Orden Proetida FORTEY & OWENS).

El principal interés del Cámbrico es que sus fósiles ya contienen los principales phyla de invertebrados en sus formas más arcaicas. Se conocen para el Cámbrico cerca de

15 000 especies de invertebrados, todos ellos marinos; de los cuales el 60% son trilobites y el 30% braquiópodos. (Cuen-Radelli, 2007; Hansen, 1997:02).

Las zonaciones bioestratigráficas del Sistema Cámbrico se basan principalmente en la presencia de trilobites y sólo en ocasiones es considerada la presencia de arqueociatidos, braquiópodos, moluscos y otros organismos considerados problemáticos. (v. gr. *Salterella*, *Vologdinella* y *Volborthella*).

En tiempo reciente se ha despertado el interés en hiolitidos para su uso en subdivisiones bioestratigráficas para el Cámbrico Inferior. (Malinky, 1990:228).

La datación para el inicio del Sistema Cámbrico representa un problema especial, ya que cerca de la base del Cámbrico la mayoría de los fósiles utilizados en bioestratigrafía están ausentes. (Snelling, 1964:33).

Desde tiempo remoto se habla de la existencia de tres provincias o dominios faunísticos, sobre todo durante el Cámbrico inferior y medio, las cuales estuvieron separadas una de otra por la existencia de barreras infranqueables. Esas provincias son llamadas Provincia Atlántica, Provincia Pacífica y Provincia Australo-Asiática; caracterizadas durante el Cámbrico temprano por la presencia de *Olenellus*, *Holmia-Callavia* y *Redlichia*. (Wakhaloo, 1964:377).

La Provincia Pacífica incluye casi todo Norteamérica y se extiende en Argentina, Australia y China; pasando por los mares árticos, esas faunas parecen haberse esparcido hasta la Nueva Zemlia; representa los márgenes septentrional y occidental del Océano de Iapetus. La Provincia Atlántica comprende Europa, Marruecos y la costa atlántica de América del Norte, su paleogeografía representa el flanco meridional del Océano de Iapetus. (Cuen, 2007:06).

En años recientes se ha demostrado que no existe una división clara de las tres provincias, una mezcla de *Holmia-Callavia* y la fauna de *Olenellus*, correspondientes a la

fauna pacífica y atlántica ha sido registrada en la región de la Cordillera Occidental y hasta la frontera sur y este de Norte América. (Lochman, 1958:318).

La razón básica para la distinción entre Provincia Atlántica y Provincia Pacífica es la continua existencia de tres biofacies orientadas concéntricamente con respecto al continente Laurentia, esas tres biofacies son la cratónica, extra-cratónica intermedia y extra-cratónica euxínica, las cuales están regidas por controles ambientales, tectónicos y paleontológicos. (Lochman, 1958:327; Wakhloo, 1964:377).

La facies cratónica es indicativa de condiciones de aguas someras relacionadas con el continente; así mismo la extra-cratónica intermedia denota condiciones de aguas profundas, en zonas marginales y caracterizadas por una sedimentación de plataforma continental detrítica o carbonatada. La facies extra-cratónica euxínica se refiere al ambiente que prevalece en aguas aisladas del fondo de una cuenca reductora, donde está presente H_2S .

Hasta nuestros días aún no se ha logrado establecer la base del Cámbrico, por no conocerse la localidad tipo, es decir, la transición completa Neoproterozoico (Precámbrico) – Cámbrico. Como posibles localidades tipo se tiene: Ulakhan-Sulugur en Siberia, Meishucun al sur de China, Whitte-Inyo en California y finalmente la Comisión Estratigráfica Internacional sugirió en 1999 que podría ser Fortune Head en Terranova. El problema radica en que en todos estos afloramientos existe una discordancia o hiato en la transición que invalidaría la secuencia.

Los principales criterios que se utilizan para determinar la base del Cámbrico son la edad absoluta y la edad relativa. La edad absoluta, por medio de dataciones en zircones de la pegmatita que corta el granito Lugert en las montañas Wichita de Oklahoma la establecen en 550 Ma.

Por otra parte por medio de datación de K-Ar en glauconitas del Cámbrico inferior se establece que al menos la base del Cámbrico se encuentra a los 580 Ma.

La edad relativa se guía por la aparición de trazas fósiles las cuales podrían indicar el inicio del Cámbrico, la mayoría de los paleontólogos creen que las posibles características que indicarían el inicio del Cámbrico, además de los fósiles traza *Cruziana*, *Rusophycus* y *Phycodes pedum*, podría ser una mayor bioturbación en los sedimentos, una biomineralización generalizada en los invertebrados y la posible extinción de la fauna Ediacara.

Durante el Cámbrico, gran parte de Norteamérica formó parte del paleocontinente Laurentia, el cual se encontraba localizado sobre el ecuador. Durante el Cámbrico Temprano, la sedimentación a lo largo de los márgenes de Laurentia fue predominantemente en cuencas marinas profundas. Una sedimentación libre hacia el cratón se produjo hasta el Cámbrico Medio, de la cual se tiene una depositación de potentes secuencias clásticas y carbonatadas con fósiles. (Siveter, 1997:12).

La existencia de provincias bien desarrolladas en el Cámbrico Temprano es una fuerte evidencia a favor de la diversificación de invertebrados antes de su aparición en el registro fósil. La formación de faunas endémicas en cada uno de los cratones requiere la dispersión de los cratones antes del límite del Proterozoico.



Imagen 1.- Paleogeografía durante el Cámbrico inferior, ubicación de los principales yacimientos tafonómicos cámbricos con afinidad a las rocas del Estado de Sonora.

9. DISCUSIÓN

Los resultados reportados en este trabajo permiten discutir algunos aspectos sobre la estratigrafía y paleogeografía del Cámbrico de Sonora y la región SW del Cratón Norteamericano.

Bathyriscus MEEK, es un género endémico de Laurentia, para el cual se han descrito 19 especies y se encuentra distribuido en casi toda la periferia del cratón Norteamericano.

En el área de San José de Gracia *Bathyriscus* se encuentra distribuido en la Formación Arrojos, Cámbrico medio, mientras que en el área de Caborca se encuentra ausente. La presencia de este género denota una relación biogeográfica con Laurentia e indica facies de plataforma externa, no siendo registrada hasta el momento en la plataforma interna. (Bordonaro *et al*, 2011:16).

Por otra parte, la abundancia de *Peronopsis*, denota un ambiente probablemente de plataforma abierta, en la cual es típicamente abundante la presencia de agnostidos. (Comunicación personal con Allison Palmer).

La sedimentación y afinidad de las faunas de la Formación Arrojos de San José de Gracia con otras faunas semejantes como la Lutita Spencer en Utah y la Formación Stephen (Burgess Shale) donde se reportan especies de *Bathyriscus*, *Ehamaniella*, *Elrathina*, *Kootenia*, *Oryctocephalus*, *Pagetia* y *Peronopsis*, sugiere probablemente facies del cinturón detrítico exterior.

Las faunas descritas para el Cámbrico Medio de la Formación Arrojos de San José de Gracia, indican también facies de plataforma externa de la parte superior de la Biozona de *Plagiura* o la parte inferior de la Biozona de *Albertella*, la cual es reconocida debido a la presencia de *Oryctocephalus nyensis*, y *O. primus*, *Bathyriscus* y *Peronopsis*. (Sundberg, 1997:1066).

La fauna mencionada para esta formación no presenta semejanza en las dos localidades, puesto que para Caborca a excepción de *Kootenia*, se describe únicamente a *Ptarmigania*, *Albertella*, *Mexicaspis*, *Mexicella* y *Glossopleura*, mientras que para San José de Gracia en el Cámbrico medio se tiene a *Bathyriscus*, *Oryctocephalus*, *Elrathina*, *Kootenia*, *Oryctocephalus*, *Ehamaniella* y *Orytocara*.

Así como *Acrothele*, *Prototreta*, *Dictyionia*, *Linnarsonia* y gran variedad de braquiópodos no identificados.

Estos elementos y la presencia de potentes capas de lutita en la Formación Arrojos de San José de Gracia, sugiere un cambio de facies hacia ambientes más profundos y de aguas tranquilas, con respecto a la Formación Arrojos de Caborca, que es de ambientes de intermarea y submarea, con capas de arenisca (alta energía) (Rivera, 1988a).

10. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las características estratigráficas llevadas a cabo entre las Formaciones Cámbricas del área de Caborca y San José de Gracia, indican una clara semejanza tanto en su litología como su fauna, por lo que se propone a San José de Gracia como una nueva localidad de estas formaciones (Secciones de referencia de acuerdo al Código Estratigráfico Norteamericano, 2010).

La Formación Proveedora del área de estudio está compuesta por cuarzo arenita, con varianza en el tamaño de grano de fino a grueso de la cima a la base, posee estratificación laminar, cruzada y alta bioturbación; es evidente la presencia de *Skolithos* sp., y posee un espesor de 225 metros; mientras que en el área de Caborca presenta un espesor de 266 metros.

La Formación Buelna del área de San José de Gracia esta constituida por lutita, arenisca calcárea, y caliza fosilífera, con presencia de *Salterella* y oncolitos asignados a *Girvanella*, al igual que en Caborca. En el área de San José de Gracia aflora con un espesor de 74.10, mientras que en Caborca posee un espesor de 70 metros.

La Formación Cerro Prieto de Caborca, esta formada principalmente por caliza negra masiva, con un espesor de 110 metros, mientras que en área de estudio aflora como caliza masiva de color gris claro, oolítica con un espesor de 17.30 metros.

Finalmente la Formación Arrojos que aflora en el área de San José de Gracia, presenta un claro cambio en el tipo de sedimentación con respecto a Caborca, puesto que esta formada en su mayoría por lutita roja con pequeñas intercalaciones de caliza, mientras que en Caborca esta formada por caliza, lutita y arenisca, con capas de espesor de hasta 28 metros de caliza y 42 metros de arenisca, a la cual se le ha asignado un ambiente de intermareas y submareas, mientras que para San José de Gracia corresponde a un ambiente marino, somero de aguas tranquilas, como lo demuestran potentes capas de lutita y fósiles.

En el área de estudio, esta formación posee un grosor de 233.70 metros y en Caborca 335 metros.

En este trabajo se menciona por primera vez para la Formación Arrojos en el área de San José de Gracia, la presencia de *Ogygopsis* sp., *Pagetiellus* sp., *Salterella* sp., *Lingulella* sp., y *Chancelloria* sp., El autor sugiere el estudio de las faunas mencionadas en este trabajo de manera más profunda para establecer correlaciones más precisas.

La fauna y características litológicas de la Formación Arrojos de San José de Gracia, sugieren un cambio de facies hacia ambientes más profundos y de aguas tranquilas, con respecto a la Formación Arrojos de Caborca, que es de ambientes de intermarea y submarea y, de acuerdo a Allison Palmer, la posible pertenencia de la región a los cinturón de plataforma más externa al cratón norteamericano.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ALMAZÁN, VÁZQUEZ EMILIO., 1989. *El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región Centrooriental del Estado de Sonora*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, Vol. 8, No. 1, pp. 58-66.
- COMISIÓN NORTEAMERICANA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA., 2010. *Código Estratigráfico Norteamericano*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 64.
- ÁLVAREZ, JR. MANUEL., 1949. *Notas sobre el Paleozoico Mexicano*. Mexicana de Geólogos Petroleros. Boletín de la Asociación. pp. 47-56.
- BARTOLINI, C., MORALES, MONTAÑO M., DAMON, M., 2001. *Estratigrafía del Terciario y Geocronología (K-Ar) del Área de San José de Gracia, Sonora central, México*. Geol. Soc. Amer., Vol. 24, pp.6.
- BORDONARO, O., 2003. *Review of the Cambrian Stratigraphy of Argentina Precordillera*. Geológica Acta, Vol. 1, No.1, pp.11-21.
- BORDONARO, O., FOJO, C.F., 2011. *Bathyriscus mendozanus (Rusconi,1945), trilobites del Cámbrico Medio de la Precordillera Argentina*. Revista española de Paleontología, Vol. 26, No.1, pp.11-23.
- BORRELO, A. V., 1967. *El género Elrathina en el Cámbrico de San Juan*. I Reun. Conm. Soc. Pal. Arg. Buenos Aires.
- BUITRÓN, B., VACHARD, D., CLAUSEN, S., GÓMEZ, E., A cambrian mollusks (Hyolithida, Syssoiev, 1957) From San José de Gracia, Sonora, North western México. 2011, International Malacology Reunion. pp. 175.
- CASTILLÓN, G. J., 2009. *Recopilación y actualización de la estratigrafía de las rocas del Neoproterozoico y Cámbrico de la región noreste de Hermosillo, Sonora*. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Geólogo. Universidad de Sonora.

- 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*. Parte 1ª. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. 259 p.
- CUEN R. FRANCISCO., RADELLI, LUIGI., 2007. *Un problema estratigráfico en el Cámbrico y Precámbrico de Caborca, Sonora, México*. Resúmenes, XXIX Semana Cultural, Universidad de Sonora. p. 6.
- CUEN, R, FRANCISCO., ALMAZÁN VÁZQUEZ, EMILIO., MONTIJO GONZÁLEZ, ALEJANDRA., MINJAREZ SOSA, ISMAEL., GRIJALVA NORIEGA, FRANCISCO JAVIER., MONREAL SAAVEDRA, ROGELIO., SCHWENICKE, TOBIAS Y OCHOA GRANILLO, JOSÉ ALFREDO., 2009. *Faunas marinas de invertebrados del Cámbrico Temprano y Medio en la parte central del Estado de Sonora, México*: GEOS. UGM (Unión Geofísica Mexicana) Resúmenes. Vol. 29. No.1. pp. 91
- DURHAM, J. W., 1978. *A Lower Cambrian Eocrinoid*. Journal of Paleontology, Vol. 52, No. 1. pp. 195-199.
- GONZÁLEZ, LEÓN, CARLOS., 1986. *Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, Noroeste de Sonora*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, vol. 6, núm. 2, pp. 117-135.
- HANSEN C., M. 1997. *The Geology of Ohio – The Cambrian Ohio Geology*. Division of Geological Survey, Bulletin 69, 8 p.
- HÄNTZSCHEL, W., 1962, *Trace fossils and problemática*, en Moore, R.C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea: Geological Society of America*, University of Kansas Press, W177–W245.
- HARRINGTON, H.J., HENNINGSMOEN, G., HOWELL, B.F., JAANUSSON, V., LOCHMAN-BALK, C., POULSEN, C., RASETTI, E., RICHTER, E., RICHTER, R., SCHMIDT, H., SDZUY, K., STRUVE, W., TRIPP, R., WELLER, J. M., WHITTINGTON, H.B., 1959, EN MOORE, R.C.

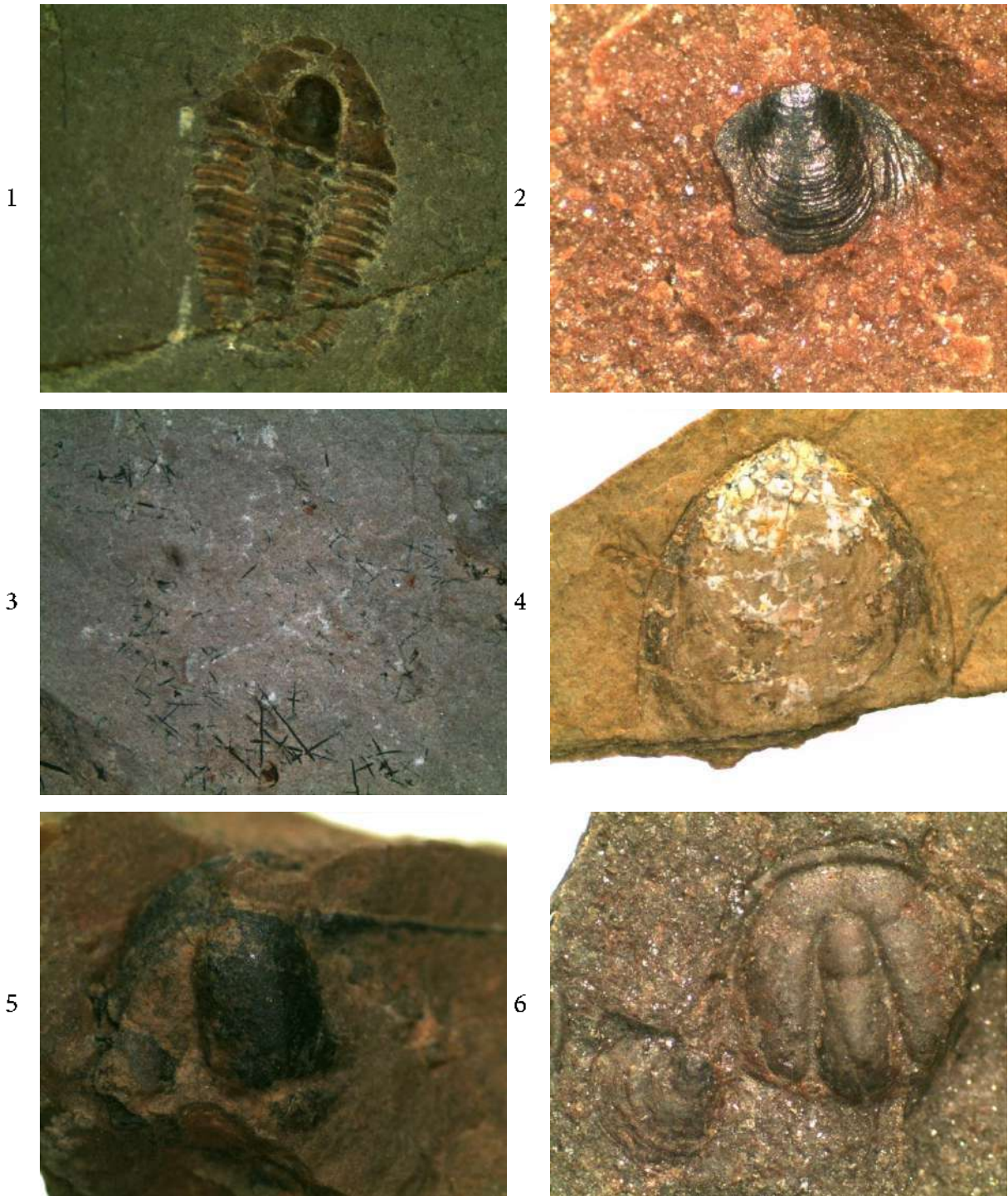
- (ED.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part I, Arthropoda: Geological Society of America, University of Kansas Press, 0170–539.
- ICS, (INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY). 2009. International Stratigraphic Chart.
- LOCHMAN, CHRISTINA., 1948. *New Cambrian Trilobite Genera from Northwest Sonora, Mexico*. *Journal of Paleontology*, Vol. 22, No. 4, pp. 451-464.
- LOCHMAN, CHRISTINA., LEE, WILSON JAMES., 1958. *Cambrian Biostratigraphy in North America*. *Journal of Paleontology*, Vol. 32, No. 2, pp. 312-350.
- MALINKY, J. M., 1990. *Early and Middle Cambrian Hyolitha (Mollusca) from Northeastern China*. *Journal of Paleontology*, Vol. 64, No. 2, pp. 228-240.
- MCLAUGHLIN, K. P., ENBYSK, B., 1950. *Middle Cambrian Trilobites from Pend Oreille County, Washington*. *Journal of Paleontology*, Vol. 24, No. 4, pp. 466-471.
- MCMENAMIN, M. A., 1985. *Basal Cambrian small shelly fossils from the La Ciénega Formation, Northwestern Sonora, Mexico*. *Journal of Paleontology*, Vol. 58, No. 6, pp. 1414-1425.
- MCMENAMIN, M. A., 1987. *Lower Cambrian Trilobites, Zonation, and Correlation of the Puerto Blanco Formation, Sonora, Mexico*. *Journal of Paleontology*, Vol. 61, No. 4, pp. 738-749.
- MCMENAMIN, M. A., 1996. *Ediacaran Biota from Sonora, México*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 93, No. 10. pp. 4990-4993.
- MEHRTENS, CHARLOTTE, J., GUY, GREGORY., 1984. *An Occurrence of Salterella conulata Clark in the Dunham Dolomite (Lower Cambrian) of Northwestern Vermont and Its Stratigraphic Significance*. *Journal of Paleontology*, Vol. 58, No. 4. pp.1143-1150.

- NARDIN, ELISE., ALMAZÁN VÁSQUEZ, EMILIO., BUITRÓN SÁNCHEZ BLANCA ESTHELA., 2009. *First report of Gogia (Eocrinoidea, Echinodermata) from the Early-Middle Cambrian of Sonora (Mexico), with biostratigraphical and palaeoecological comments.* Geobios, Vol. 42, pp. 233-242.
- WAKHALOO, S. N., SHAH, S. K., 1965. *Cambrian Fauna of Kashmir with special Reference to Palaeogeography.* Science, No. 12. pp. 377-378.
- PANTOJA-ALOR J., ROBISON R., 1967. *Paleozoic Sedimentary Rocks in Oaxaca, México.* Science, New Series, Vol. 157, No. 3792, pp. 1033-1035.
- PEEL, J. S. & BERG-MADSEN, V., 1988. *A new salterellid (Phylum Agmata) from the upper Middle Cambrian of Denmark.* Bull. geol. Soc. Denmark, Vol. 37, pp. 75-82.
- RIVERA C., E. 1988a. *Condiciones paleoambientales de depósito de las formaciones cámbricas del Área de Caborca, Sonora.* Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, vol. 7, núm. 1, pp. 22-27.
- RIVERA C., E. 1988b. *Génesis de la Formación Proveedora. (Cámbrico inferior) del área de Caborca, Sonora Noroccidental.* Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, vol. 7, núm. 2, pp. 163-167.
- ROBISON R. A., 1964. *Late Middle Cambrian Faunas from Western Utah.* Journal of Paleontology, Vol. 38, No. 3. pp. 510-566.
- ROBISON R. A., 1967. *Ontogeny of Bathyriscus fimbriatus and its Bearing of Affinities of Corynexochid Trilobites.* Vol. 41, No. 1. pp. 213-221.
- ROBISON R. A., 1971. *Additional Middle Cambrian Trilobites from the Wheeler Shale of Utah.* Journal of Paleontology. Vol. 45, No. 5. pp. 796-804.
- ROBISON R. A., 1982. *Some Middle Cambrian Agnostid Trilobites from Western North America.* Journal of Paleontology. Vol. 56, No. 1. pp. 132-160.

- SIVETER, D. J., 1997. *Cambrian bradoriid and phosphatocopid arthropods of North America*. The Palaeontological Association, Vol. 57, pp.14.
- SUNDENBERG, F., MCCOLLUM, L.,1997. *Oryctocephalids (Corynexochida: Trilobita) of the Lower-Middle Cambrian Boundary Interval from California and Nevada*. Journal of Paleontology. Vol.71, No. 6, pp. 1065-1090.
- SNELLING J., N. 1964. *A review of recent Phanerozoic time-scales*. The Phanerozoic Time-Scale, Quart. J. Geol. Soc. Lond. Vol. 120 s, pp. 29-36.
- STEWART, J. H., AMAYA, MARTINEZ R., PALMER, A.R., 2002. *Neoproterozoic and Cambrian Strata of Sonora, México. Rodinian Super Continent to Laurentian Cordilleran Margin*. Geological Society of America. pp. 9-15.

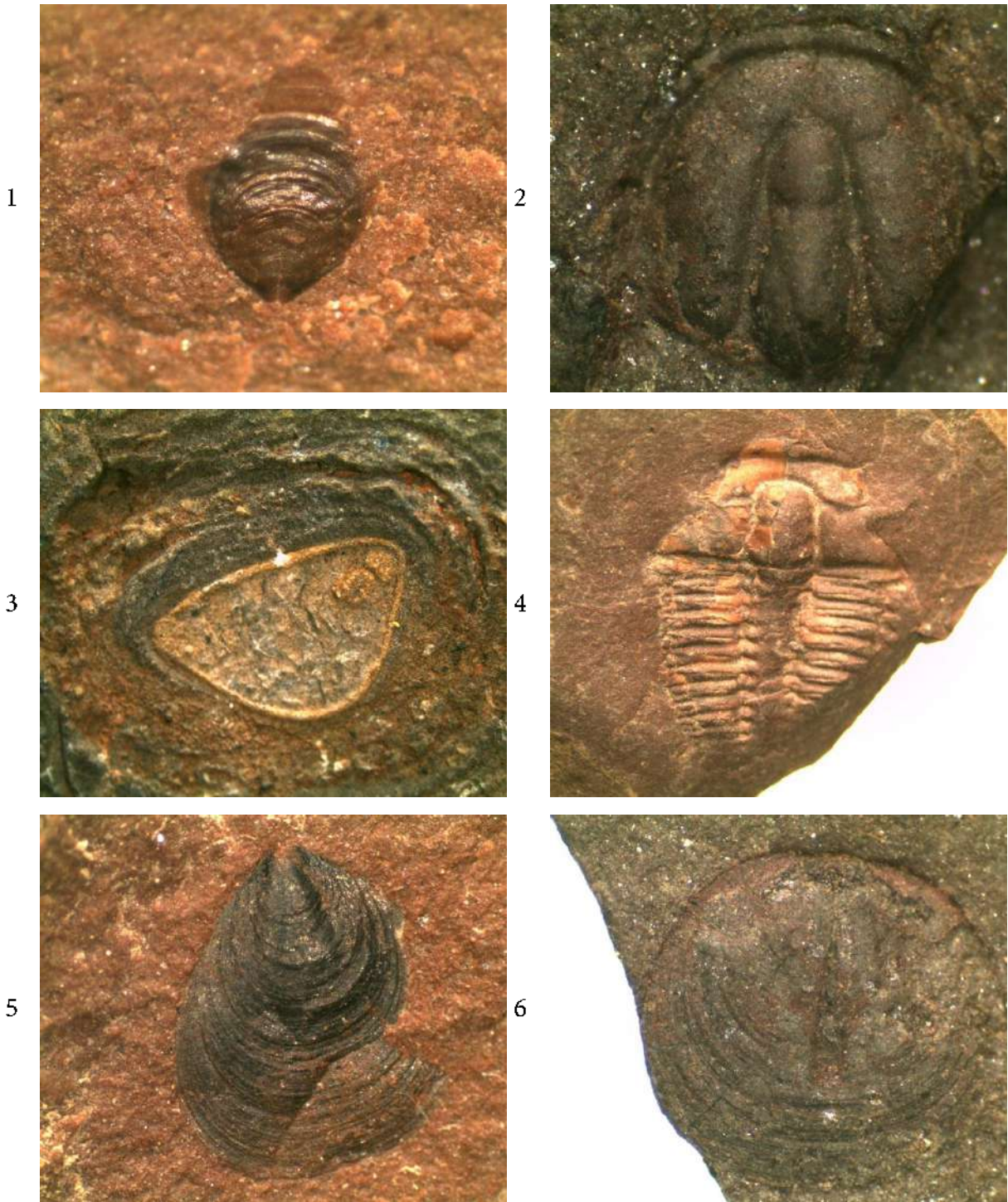
12. APÉNDICE

LÁMINA I



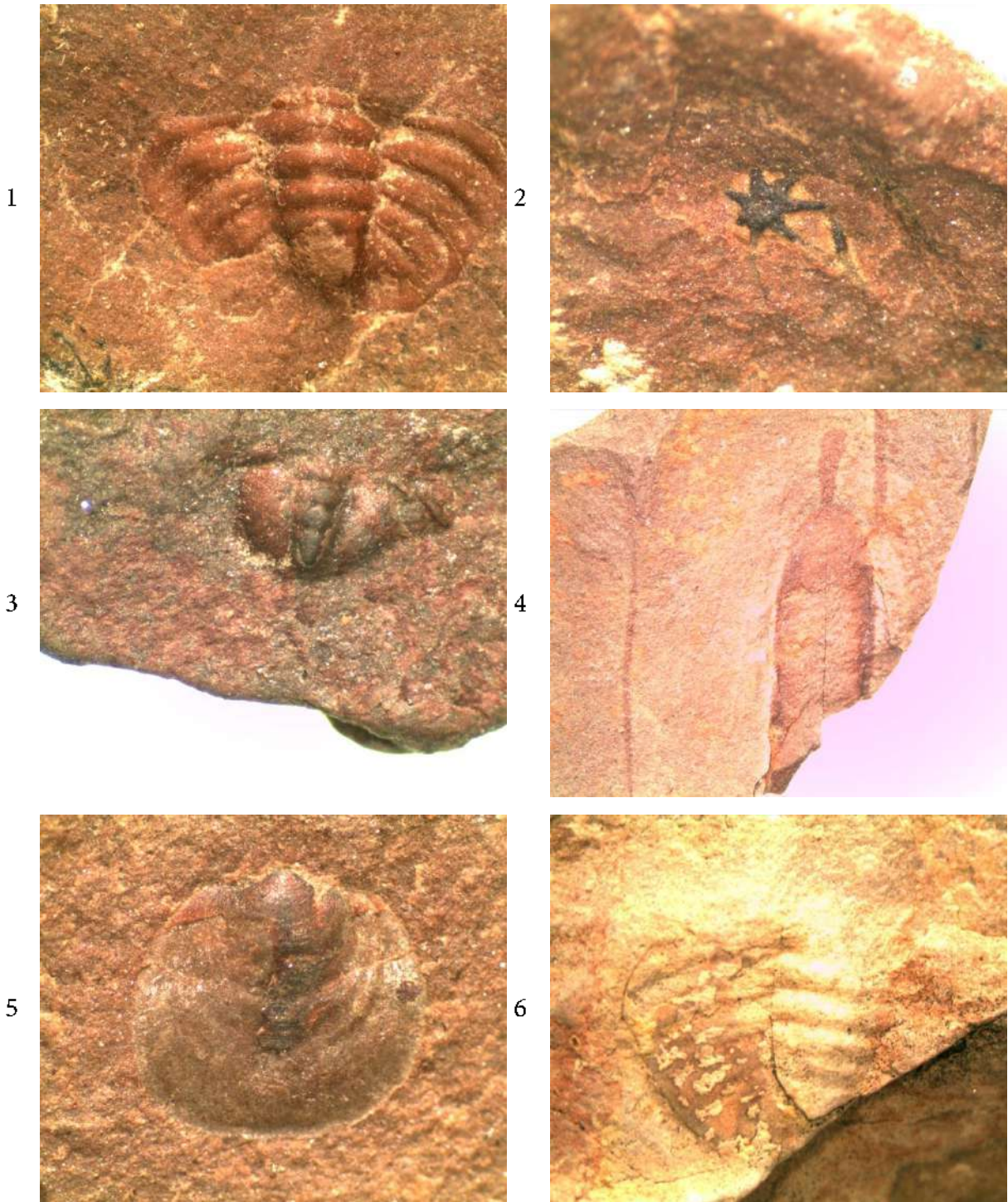
1.- *Elrathina* sp. (20x) | 2.- Braquiópodo no identificado (35x) | 3.- Espículas de esponja (10x) | 4.- *Lingulella* sp. (13x) | 5.- Cranidio mal conservado de *Elrathina* sp. | 6.- *Peronopsis* sp. cf. *P. bonnerensis* y braquiópodo no identificado.

LÁMINA II



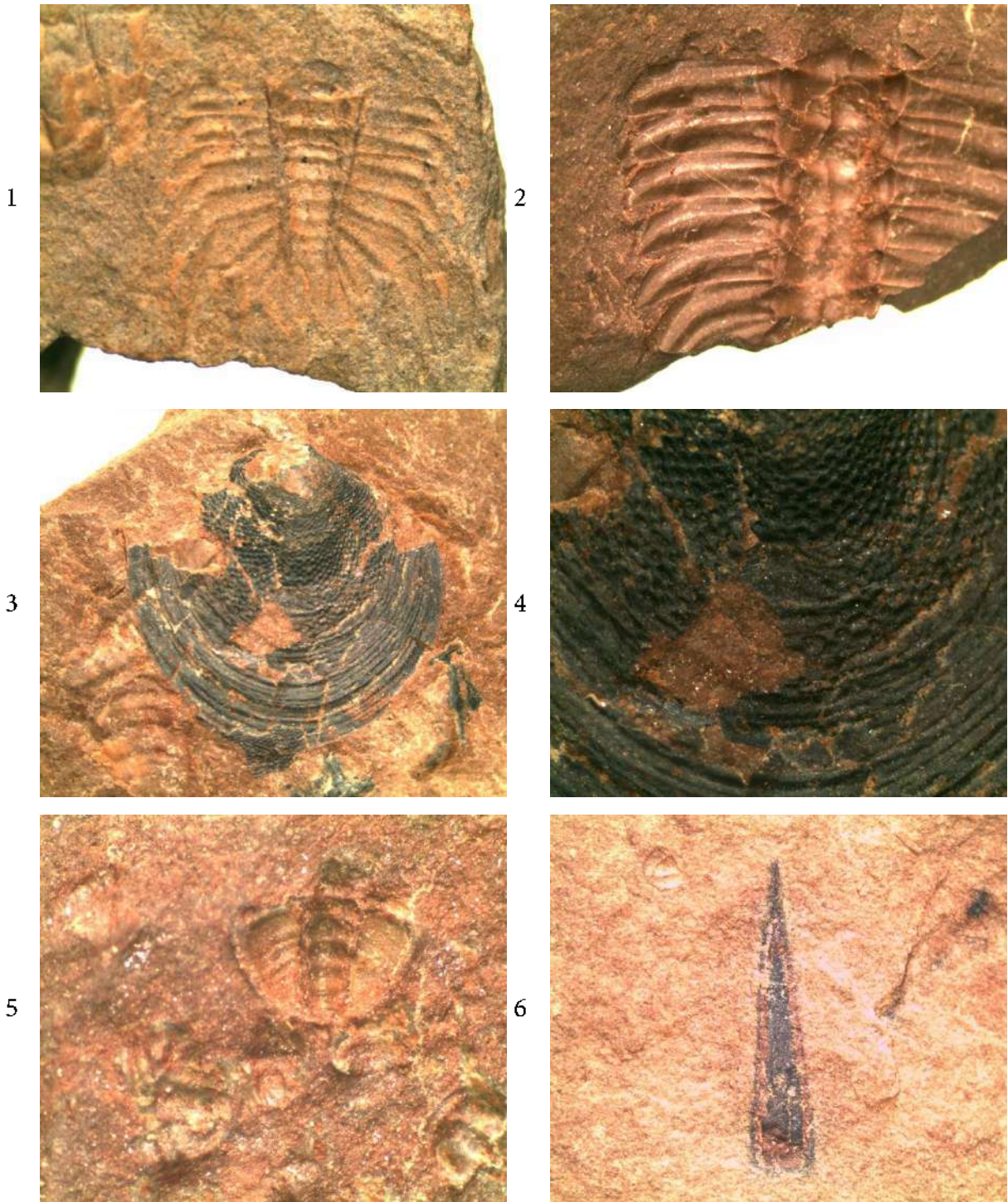
1.- Braquiópodo no identificado (30x) | 2.- *Peronopsis* sp. cf. *Peronopsis bonnerensis* (35x) | 3.- *Girvanella* sp. (8x) | 4.- *Eltathina* sp. (10x) | 5.- Braquiópodo no identificado (35x) | 6.- *Linnarsonia* sp. (25x).

LÁMINA III



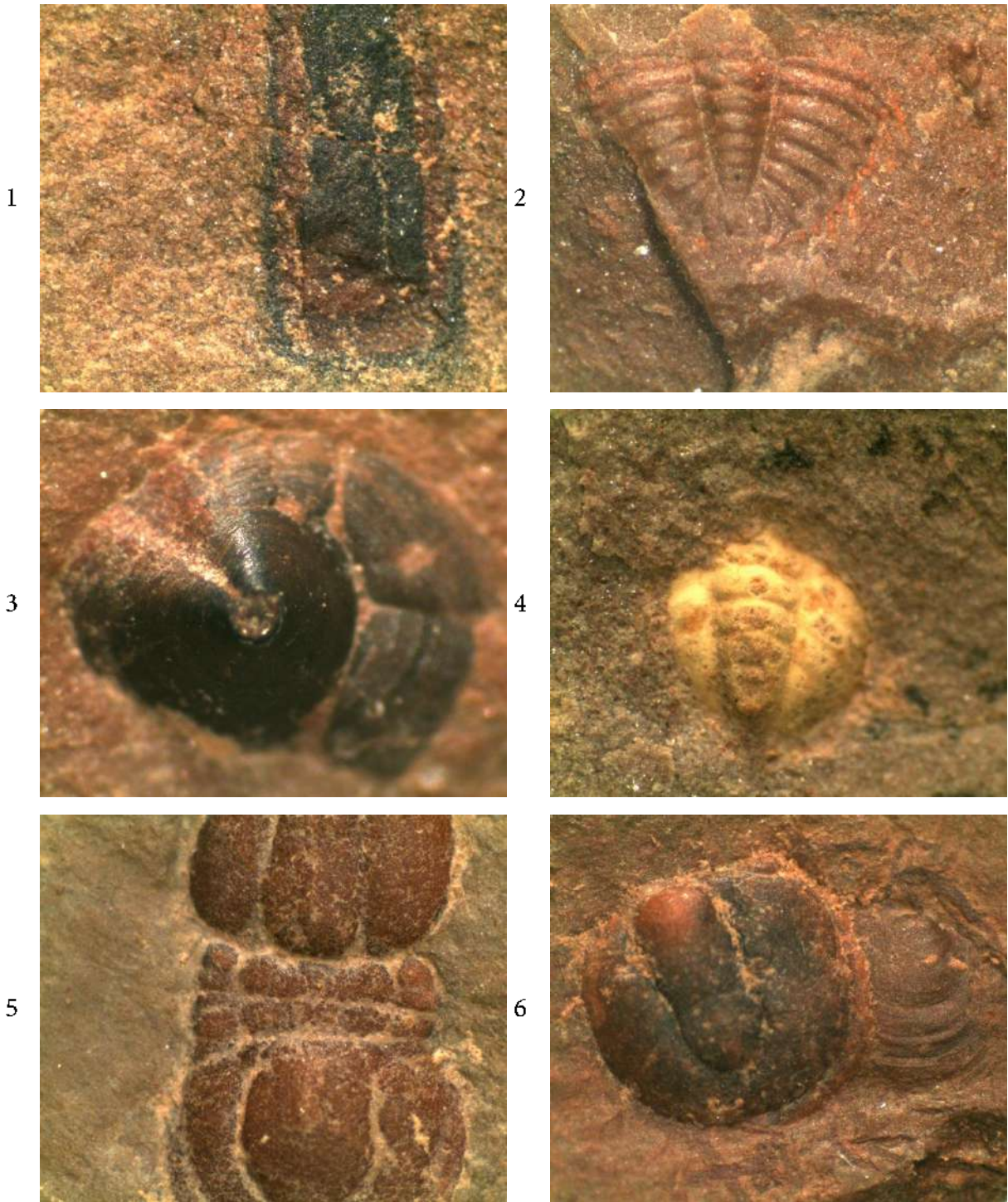
1.- *Bathyriscus* sp. (12x) | 2.- *Chancelloria* sp. (30x) | 3.- *Pagetiellus* sp. (25x) | 4.- Indeterminado (8x) | 5.- Braquiópodo (25x) | 6.- Pigidio de *Bathyriscus*? sp.

LÁMINA IV



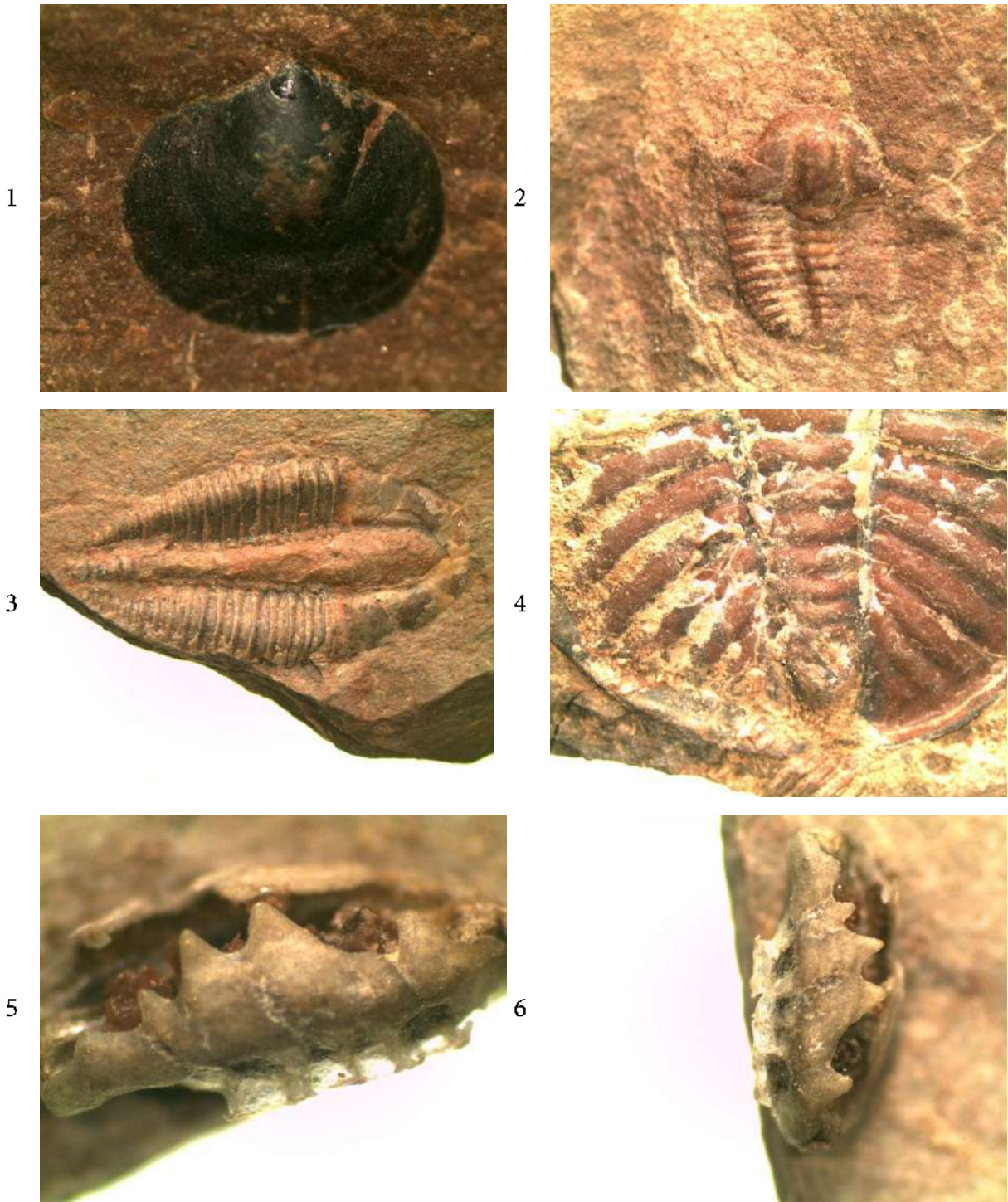
1.- *Oryctocephalus* sp. (25x) | 2.- Tórax incompleto de *Kootenia* sp. (8x) | 3.- *Dictyonina* sp. (8x) | 4.- *Dictyonina* sp. (20x) | 5.- *Pagetia* sp. (30x) | 6.- *Hyolithes* sp. (10x).

LÁMINA V



1.- *Hyalithes* sp. (30x) | 2.- *Oryctocara* sp. (35x) | 3.- Braquiópdo (40x) | 4.- *Kootenia* sp. (30x) | 5.- *Peronopsis* sp. (23x) | 6.- *Peronopsis* sp. (25x)

LÁMINA VII



1.- *Acrothele* sp. (23x) | 2.- *Ehmaniella* sp. (18x) | 3.- *Elrathina* sp. (8x) | 4.- *Ogygopsis* sp. (8x) | 5.- Indeterminado (30x) | 6.- Ejemplar anterior (20x)