



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**BIOACUMULACIONES DE CHAETÉTIDOS DEL
PENSILVÁNICO (ATOKANO) DE SIERRA AGUA
VERDE, SONORA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

DANIELGÓMEZ ROSALES



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ
2008**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS
**BIOACUMULACIONES DE CHAETÉTIDOS DEL PENSILVÁNICO (ATOKANO)
DE SIERRA AGUA VERDE, SONORA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO BIÓLOGO
PRESENTA
DANIEL GÓMEZ ROSALES

Directora de Tesis
Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez

MÉXICO D.F.

2008

Cuando se terminan ciclos como éste, no lo hace uno sólo con su esfuerzo, hay una familia que lo apoyó en las buenas y en las malas, por eso es necesario reconocer ese sostén de cada una de las personas que tuvieron a bien apuntalarme en este proyecto.

A mi Esposa y mis hijos que sin su apoyo no lo hubiésemos logrado.

A mi Papá, mi Mamá, y Mi hermano Jaime que se adelantaron y me están esperando con buenas noticias como ellos lo querían ver, y a cada uno de mis hermanos que estando presentes me dieron el ejemplo de que los proyectos deben de concluirse por completo.

Mi Hermano el Hombre

Amo el canto del cenzontle,
pájaro de cuatrocientas voces;
amo el color del jade
y el enervante perfume
de las flores.
Pero amo más a mi hermano el hombre.

Nezahualcoyotl

RECONOCIMIENTOS

La tesis fue elaborada en el Departamento de Paleontología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Agradezco al Dr. Gustavo Tolson Jones, el haberle permitido desarrollar el trabajo de tesis en las instalaciones del Instituto que atinadamente dirige.

Un agradecimiento y reconocimiento especial a la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez que sugirió el tema de tesis y dirigió la investigación, mostrando un gran interés durante su desarrollo y haciendo valiosos comentarios que de manera especial agradezco.

No menos gratitud para el Dr. Emilio Almazán Vázquez del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, quien asesoró el aspecto geológico tratado en esta tesis, así como la revisión crítica del manuscrito.

Mi agradecimiento a la M. En C. Catalina Gómez Espinosa quien leyó críticamente el manuscrito e hizo sugerencias que lo optimizaron

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

OBJETIVOS

HIPÓTESIS DE TRABAJO

MATERIAL Y MÉTODO

Actividades de Gabinete

Actividades de Campo

Actividades de Laboratorio

Localización Geográfica

MARCO GEOLÓGICO

Fisiografía

Paleozoico de la región Centro-Oriente de Sonora

Bioestratigrafía local del área de estudio

Formación La Joya

RESULTADOS

Paleontología Sistemática de los Chaetétidos

Consideraciones paleogeográficas y paleoecológicas

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ILUSTRACIONES

RESUMEN

Procedentes de la región central-oriental, del Estado de Sonora, particularmente de afloramientos de la Sierra Agua Verde, se discute la presencia y su significado ecológico de bioacumulaciones de Chaetétidos. El material fue recolectado en afloramientos de los primeros 100 metros de la Formación La Joya, cuyos sedimentos tienen un espesor total de más de 1000 m y está formada por caliza intercalada con lodolita calcárea y lentes de arenisca.

En la Formación La Joya se ha observado además de la existencia de las bioacumulaciones de Chaetétidos, numerosos invertebrados, entre ellos, braquiópodos (*Punctospirifer*, *Spirifer*, *Neospirifer*, *Composita*, *Antiquatonia*) briozoarios fenestélidos (*Fenestrellina*), corales tabulados (*Michelinia*), foraminíferos fusulínidos (*Fusulinella*, *Niperella*), algas filoides (*Komia*, *Eugonophyllum*, *Kamaena*, *Zidella*); abundantes gasterópodos (*Euomphalus*, *Donaldina*); conodontos (*Idiognathodus*, *Declinognathodus*, *Nankinella*) y numerosos crinoides (*Cyclocaudex*, *Cyclocrista*, *Heterosteleschus*, *Lamprosterigma*, *Mooreanteris*, *Pentagonopternix*, *Preptopremium*, *Cyclocaspus*, *Pentaridica*).

Los Chaetétidos se desarrollaron en la parte inferior de la zona fótica marina a una profundidad aproximada de 100 metros.

La edad de los estratos corresponde al Pensilvánico Inferior (Atokano) con una antigüedad de 311 millones de años.

La tanatocenosis es típica de mares tropicales someros cuyas especies tienen una fuerte afinidad con faunas de la región media continental de Norteamérica en los Estados Unidos (Utah Nevada, Colorado, Kentucky, Arizona,

Kansas, Texas), en México (Sonora). También se han encontrado asociados a comunidades bióticas de la gran provincia Eurasiática-Ártica, particularmente en el Devónico Medio - Carbonífero de Inglaterra, en el Devónico Medio de Asia Central (Kuzbasta-Kazakhtan) y de Indochina, China y Japón y posiblemente con Sudamérica particularmente Perú, a través de emigraciones faunísticas por el Océano Rheico.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó en el marco del Proyecto Internacional Núm. M00U01, auspiciado por ANUIES, CONACYT, UNAM, ECOS, FRANCIA. titulado, "Un estudio sedimentológico, micropaleontológico y geoquímico del Paleozoico de México" y el proyecto Núm. 49088 CONACYT, titulado "Sonora y las facies carbonatadas de la margen austral del Cratón Norteamericano".

La posición sistemática de los Chaetetidae es controvertida, difícil de establecer pues representantes de este grupo se han asignado de manera general a los Phyla Porifera, Coelenterata y Bryozoa. Históricamente los Chaetétidos han sido clasificados dentro de los Coelenterata.

La diversidad de opiniones sobre la posición sistemática del grupo resulta bastante ambigua, pues por sus características morfológicas particularmente se han incluido especies de Chaetétidos en géneros de corales tabulados, en esponjas estromatoporoideas, en briozoarios y en algas calcáreas.

Sin embargo, actualmente se ha aceptado su inclusión en el Phylum Porifera (Hartman y Goreau ,1970; Dieci *et al.*, 1977; Mathewson, 1978a; 1978b; Gray, 1980). En la última revisión taxonómica realizada por Reithner (1986) y Finks y Rigby, (2004) se les considera taxonómicamente parte de las Demospongeas, basándose en el descubrimiento de representantes vivos de la especie *Acanthochaetetes wellsi*, que posee espículas silíceas y partes blandas semejantes a las esponjas córneas (Vacelet, 1985).

La relativa abundancia de bioacumulaciones de Chaetétidos en los primeros 20 y 60 metros de un total de 100 metros de la Formación La Joya Sonora es significativa por dos razones: La primera es, porque se cuenta con material suficiente en perfectas condiciones de conservación, con el objeto de hacer secciones delgadas tanto verticales como horizontales para observar al microscopio sus características morfológicas y realizar la búsqueda de espículas y así determinar si éstos organismos se incluyen en el Phylum Porifera ó en el Phylum Coelenterata aportando nuevos datos para contribuir a establecer su estatus taxonómico.

La segunda razón se refiere a la obtención de datos inherentes al ambiente en donde se desarrollaron los Chaetétidos y la biota asociada.

Antecedentes

Las principales investigaciones sobre Chaetétidos fueron publicadas en los siguientes trabajos: De Vries (1955) trató sobre la Paleoecología y Paleontología del género *Chaetetes*; Choquette y Traut (1963) estudiaron las plataformas carbonatadas del Área de Isnay en Utah y Colorado, EUA; Duncan (1965) trató sobre *Chaetetes* del Misisípico de Kentucky, EUA y en 1966 sobre la existencia *Chaetetes* del Misisípico en varias regiones del mundo; Cuif, Feuillee, Fischer y Pascal (1970) publicaron la presencia de astrorizas en Chaetétidos mesozoicos; Fischer (1970) revisó la clasificación de los Chaetétidos postpaleozoicos incluidos en el Phylum Coelenterata; Lustig (1971) incluyó al género *Chaetetes* del Pensilvánico de Nevada EUA en los corales Tabulata; Chekhovich (1972) discutió la presencia de un nuevo *Chaetetes* del Ordovícico de Tuval, Rusia; Nelson (1973)

hizo el análisis paleoambiental de biostromas de *Chaetetes* del Pensilvánico de Arrow Canyon, Nevada, EUA; Dieci *et al.*, (1977) escribieron sobre la existencia de espículas en Chaetétidos del Triásico de Italia y Kato y Kamada (1977) sobre la presencia de Chaetétidos en el Triásico del Grupo Inai en las Montañas Kitakarni, Japón; Mathewson (1978a) discutió sobre las afinidades entre Chaetétidos y esclerospongeas y en 1978b, sobre Chaetétidos y su paleoambiente en la Caliza Amoret del Desmoneisiano de Labete County, Kansas.

En la década de los ochentas, Chappell (1980) trató sobre la morfología, diversidad y crecimiento de arrecifes y Gray, (1980) sobre la presencia de espículas en Chaetétidos paleozoicos de afinidades con esclerospongeas; Hill, (1981) incluyeron a los Chaetétidos en los corales Tabulata. En la última revisión taxonómica realizada por Reithner (1986) y Finks y Rigby, (2004) se les considera taxonómicamente parte de las Demospongeas, basándose en el descubrimiento de representantes vivos de la especie *Acanthochaetetes wellsii*, que posee espículas silíceas y partes blandas semejantes a las esponjas córneas (Vacelet, 1985).

OBJETIVOS

Los principales objetivos de la investigación propuesta fueron los siguientes:

Generales

1. Reunir, limpiar y preparar para su identificación los fósiles de Chaetétidos de la secuencia del Pensilvánico de la región de Sierra Agua Verde, del Estado de Sonora.

2. Contribuir al conocimiento de la estratigrafía y composición faunística del Paleozoico Tardío del noroeste de México, para ubicar cronoestratigráficamente las unidades de la Formación La Joya, ello contribuirá a reconstruir con mayor certidumbre, la historia geológica del noroeste de México.
3. Con la información bioestratigráfica obtenida se podrá contribuir al conocimiento de los fenómenos tectonoestratigráficos y ayudar a modelar la evolución geológica del área de estudio, con la participación de los demás especialistas del proyecto, en la que se espera se contribuya al conocimiento de las rocas sedimentarias del Paleozoico del noroeste de México.
4. Contribuir al conocimiento integral del Paleozoico sedimentario Superior del Estado de Sonora.

Particulares

- 1) Estudiar las bioacumulaciones de Chaetétidos desde los puntos de vista morfológico y taxonómico.
- 2) Establecer su correlación estratigráfica con el Pensilvánico de otras localidades de Sonora y de las Provincias del Continente Medio Americano y Euroasiático-Ártico.
- 3) Reconstruir el paleoambiente en el que se desarrollaron los Chaetétidos.

Hipótesis de trabajo

1. Se considera que el contenido biótico fósil que caracteriza a la región de estudio, se encuentra constituido principalmente por foraminíferos fusulínidos, crinoideos, braquiópodos, moluscos, corales, algas y chaetétidos por su presencia en otras localidades del Paleozoico Tardío de México, en Sonora (Cerros Las Mesteñas, Cerros El Tule, Sierra de Santa Teresa), en Chihuahua (Sierra las Palomas) en Tamaulipas (Cañón de la Peregrina), en Hidalgo (Calnali, Pemuxco), en Puebla (Patlanoaya) en Guerrero (Olinalá) y en Chiapas (La Concordia-Chicomuselo).
2. Se espera que la mayoría de los restos fósiles de Chaetétidos se encuentren localizados *in situ* como acontece en otras regiones del Centro-Oeste de Norteamérica y Euroasiática.
3. Se considera que la paleogeografía del Paleozoico Superior de la región corresponde en general a mares someros tropicales.
4. Es de suponer que en el Paleozoico Superior de la región de estudio se dieron fluctuaciones en el nivel del mar que se reflejan en la estratigrafía de secuencias.
5. Se espera que el estudio integral de las secuencias de estas rocas marinas y su contenido biótico permitirá conocer las migraciones faunísticas con

referencia a facies de carbonatos de las secuencias paleozoicas en cuestión y su evolución orgánica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material fósil fue recolectado en afloramientos de los primeros 100 metros de la Formación La Joya, cuyos sedimentos tienen un espesor total de más de 1000 m y está constituida por caliza intercalada con lodolita calcárea y lentes de arenisca. En esta formación se observó la presencia de numerosas bioacumulaciones de Chaetétidos en los que se distinguieron características morfológicas con valor taxonómico y estratigráfico.

El método a seguir fue el siguiente:

Actividades de Gabinete.

1. Recopilación bibliográfica. Se consultaron trabajos en la Biblioteca del Área de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales de la Universidad de Sonora y en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las publicaciones básicas para llevar a buen fin la investigación de esta tesis fueron: el trabajo inédito que constituyó la tesis de Geología de Ochoa y Sosa (1993); la investigación de Steward *et al.*, 1999 sobre la geología y estratigrafía de Sierra Agua Verde; los tratados de Paleontología de Invertebrados de Moore (ed) (1956-2004), los trabajos de Hill (1981); Stanley (2001); Connolly *et al.* (1989), y Finks y Rigby (2004).

Actividades de campo

2. Recolecta del material fósil.

Se hicieron consideraciones sobre las características del afloramiento de las capas de donde procede el material fósil: si está *in situ* o es un rodado, el tipo de sedimento, el estado de conservación del fósil, las características de su preservación, si está completo o fragmentario, si es un molde ó réplica y la identificación general de los grupos de organismos fósiles asociados. Esta actividad se realizó mediante los métodos tradicionales, siendo el cincel y martillo, herramientas fundamentales para la extracción de los ejemplares. El material se marcó con los datos de su posición estratigráfica, se envolvió en papel y se depositó en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio. Se elaboró la etiqueta anotando la localidad geográfica, la identificación preliminar y la posición estratigráfica.

3. Se describió el área de estudio y se elaboró la columna estratigráfica con los datos obtenidos de 100 m de espesor, que corresponden a la edad de Atokano en unidades norteamericanas, que corresponden a la parte inferior del Moscoviano en las unidades internacionales. Esta actividad se realizó con la asesoría del Dr. Emilio Almazán Vázquez de la Universidad de Sonora.

4. La limpieza del material se hizo en el Laboratorio del Departamento de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM. Se removieron los sedimentos con agua y cepillos dentales, cepillos con cerdas de alambre, agujas de disección o exploradores odontológicos. Cuando los sedimentos estaban muy adheridos, se utilizaron aparatos eléctricos como el “moto tool” (vibrador) y el “Sand Blaster” (compresora).

5. Se elaboraron secciones delgadas, transversales y longitudinales; de los ejemplares para observar la microestructura utilizando el microscopio óptico.

6. La fotografía de los ejemplares es necesaria para su determinación taxonómica, pues se observan estructuras que con el microscopio no son tan obvias. Se empleó un microscopio estereoscópico SMZ-ZTD con sistema fotográfico Microflex HF X35 acoplado, el cual dio resultados de excelente calidad. Una buena iluminación se obtuvo con lámpara de fibra óptica y se utilizó película blanco y negro de contraste.

7. Identificación y descripción de los Chaetétidos

Los ejemplares colectados correspondieron a seis muestras de mano que se les designaron con las siglas UNISON-DG 12- UNISON-DG 18. El resto del material fue estudiado en campo porque se encuentran formando estratos de hasta 60 cm. de espesor y hasta dos kilómetros de longitud.

Una vez preparado el material se procedió a la identificación utilizando las descripciones de la literatura y ilustraciones de los tratados de Paleontología de Invertebrados de Hill y Stumm (1956); Hill (1981); Finks y Rigby (2004); los trabajos de Stanley (2001) y Connolly *et al.* (1989).

Utilizando un vernier se obtuvieron los siguientes parámetros: anchura y altura del ejemplar, y la altura y diámetro de los tubos.

Localización Geográfica

La Sierra Agua Verde se ubica a 110.00 km al este de Hermosillo en el Estado de Sonora. Sus límites geográficos se encuentran entre las coordenadas 109° 56' 24" a 109° 47' 9" de longitud oeste y 29° 17' 45" y 29° 08' 37" de latitud norte. Presenta una superficie de 255 km².

Vías de acceso

La principal vía de acceso a la Sierra Agua Verde, es a través de la carretera estatal que comunica a la ciudad de Hermosillo con el poblado de Mazatán y Villa Pesqueira, ésta última, anteriormente conocida como Mátape. A partir de ese lugar se toma la carretera de terracería hacia el pueblo de San Pedro de la Cueva (Figura 1).

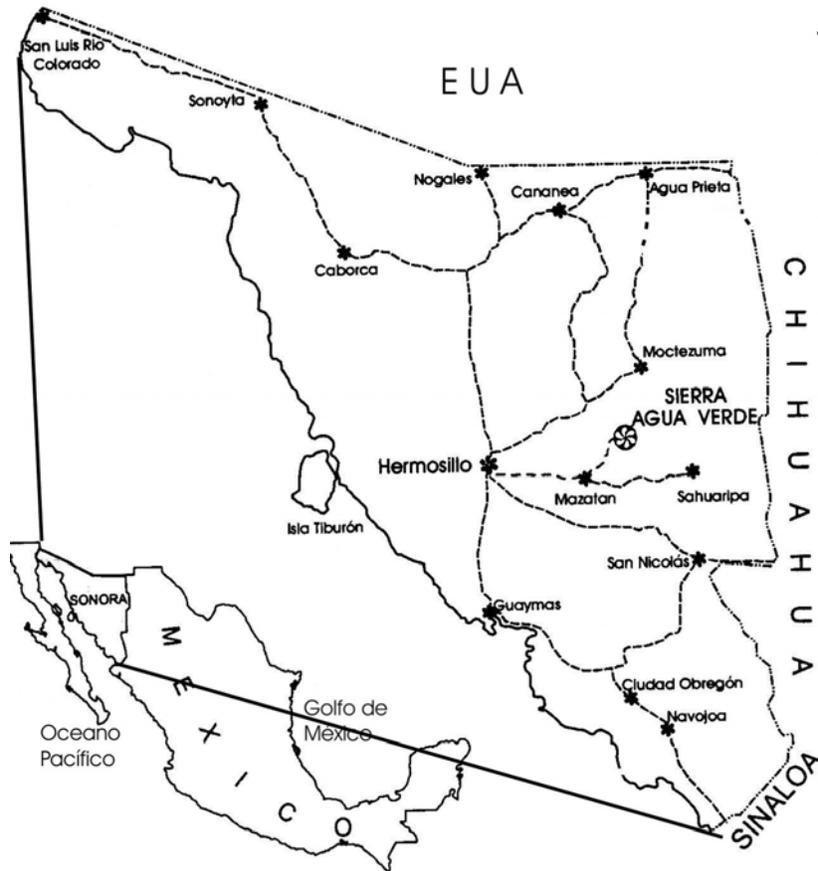


Figura. 1. Mapa índice que muestra la localización fosilífera

MARCO GEOLÓGICO

Fisiografía

De acuerdo con la publicación de DETENAL-INEGI (1999) el área de estudio se encuentra situada en la Provincia Sierra Madre Occidental y en la Subprovincia Sierras y Valles del Norte.

Estas provincias se hallan en partes de los municipios de Nogales, Santa Cruz, Imuris, Cananea, Naco, Fronteras, Agua Prieta y Bavispe. Esta zona, a diferencia del resto de la subprovincia, está formada por extensos valles aluviales entre los cuales se intercalan algunas sierras; asimismo, en el límite con Chihuahua se localiza un sistema de topofomas denominado bajada. Predominan las rocas

sedimentarias (principalmente conglomerados), aunque también se encuentran pequeños afloramientos de rocas ígneas intrusivas ácidas, como en la Sierra El Chivato. Surcan este territorio los ríos Punta de Agua y Cajón Bonito, afluentes del Agua Prieta (Figura 2).

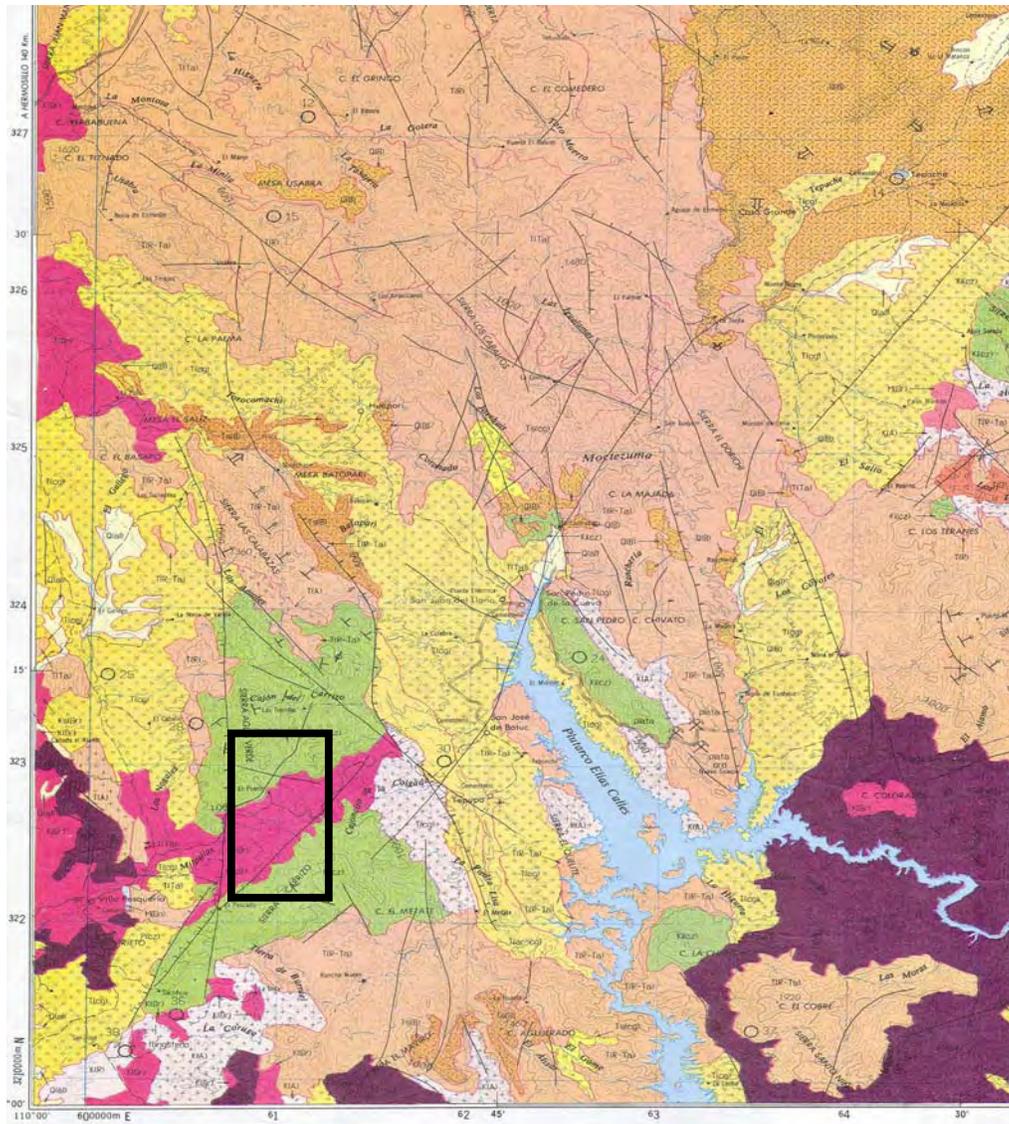


Figura 2. Mapa geológico donde se muestra la ubicación de la Sierra Agua Verde (Tomado de INEGI, 1999).

Los continentes y mares han estado sujetos a grandes cambios en su posición, forma y características fisicoquímicas, cambios debidos a la dinámica de las placas tectónicas.

En este marco, las rocas del Paleozoico de Sonora corresponden con las rocas carbonatadas de ambiente marino, de aguas someras y cálidas. Estas rocas tienen una antigüedad comprendida entre 600 y 250 millones de años y contienen una variada y diversa biota como braquiópodos (*Punctospirifer*, *Spirifer*, *Neospirifer*, *Composita* y *Antiquatonia*), briozoarios fenestélidos (*Fenestrellina*), corales tabulados (*Michelinia*), foraminíferos fusulínidos (*Fusulinella*, *Niperella*), algas filoides (*Komia*, *Eugonophyllum*, *Kamaena*, *Zidella*); abundantes gasterópodos (*Euomphalus*, *Donaldina*), conodontos (*Idiognathodus*, *Declinognathodus*, *Nankinella*) y numerosos géneros de crinoides (*Cyclocaudex*, *Cyclocrista*, *Heterosteleschus*, *Lamprosterigma*, *Mooreanteris*, *Pentagonopternix*, *Preptopremium*, *Cyclocaspus*, *Pentaridica*).

El estudio de las secuencias de rocas marinas del Paleozoico y su contenido biótico permitirá asimismo, reconstruir las características paleogeográficas y paleoecológicas que hubo en ese tiempo. Estas consideraciones básicas son indispensables para conocer, la reconstrucción global de las placas tectónicas y para la evaluación y predicción de yacimientos minerales.

Asimismo, a través del tiempo se contribuirá al conocimiento de la evolución de los organismos.

Las investigaciones sobre el Paleozoico de Sonora comienzan con King (1939; 1940) quien en el reconocimiento de la Sierra Madre Occidental, cita rocas del Cámbrico-Ordovícico en la región de Cobachi. Cooper y Arellano (1952,1954) tratan sobre la estratigrafía y el contenido biótico de la región de Caborca, adjuntando las primeras descripciones de arqueociatos, braquiópodos, trilobites y algas calcáreas.

En la década de los setentas, Longoria *et al.* (1978) y Longoria y Pérez (1979) analizan la estructura del Cuadrángulo de Pitiquito-La Primavera. Peiffer *et al.* (1980) descubren graptolitos en la región noreste del estado. Baldis y Bordonaro (1981) escriben sobre la correlación de los trilobites cámbricos de Sonora y de la Precordillera Argentina. Stewart (1982) correlaciona las unidades del Cámbrico de Sonora con las del oeste de EUA. González-León (1982, 1986) publica la estratigrafía de la Sierra del Tule, situada al norte del estado. Brunner (1984) comenta sobre el descubrimiento de conodontos en Bisaní, con una edad probable del Ordovícico-Silúrico. Mc Menamin (1985, 1987) estudia en detalle pequeños invertebrados del Cámbrico basal y basa su bioestratigrafía en los trilobites cámbricos de la región de Puerto Blanco. Almazán (1989) escribió sobre el Cámbrico-Ordovícico de la región de Arivechi. Riba y Ketner (1989) y Debrenne *et al.*, (1989) aportaron nuevas descripciones de graptolitos ordovícicos y arqueociatos cámbricos.

Pérez-Ramos (1992) hizo la correlación del Paleozoico de Arizona, EUA y Sonora, México. La misma autora en 1999, en su tesis doctoral dio a conocer el estudio de fusulínidos de varias localidades y en 2002 publicó sobre los fusulínidos de Cobachi. Buitrón *et al.* (2003a, b, c) dieron a conocer la presencia del género

Chaetetes del Pensilvánico de la Sierra Agua Verde, sobre los crinoides del Pérmico del Cerro Los Monos en Caborca y el género *Halysites* del Silúrico de Placeritos.

Durante el Paleozoico Tardío, el Estado de Sonora, se ubicó al suroeste del Continente de Laurentia, al sur del Ecuador. Desde el punto de vista paleogeográfico, estratigráfico y tectónico en Sonora se ha definido una serie de diversos bloques tectónicos, sobre la margen sureste de Laurentia.

Dos cinturones orogénicos se conformaron en las márgenes de Norte América, el primero, al sureste, fue originado por la Orogenia Apalacheana Oachita-Maratón a causa de la colisión entre Gondwana y Laurentia, mientras que el segundo cinturón se desarrolló hacia el oeste y suroeste de Norte América; a causa de una colisión arco-continente denominada como la Orogenia Antler y Sonoma.

Estos cinturones quizá se unieron desde el Devónico al Triásico en Arizona y Nuevo México, EUA y en Sonora ocurrió hasta el Paleozoico Tardío (Stewart *et al.*, 1990; Peiffer, 1987; Pérez Ramos, 1992).

Las rocas paleozoicas autóctonas, al oeste de la cordillera de Norte América, se depositaron en dos cinturones:

- a) El Cratón Norteamericano (González-León, 1989; Sedlock, Ortega-Gutiérrez y Speed (1993); Molina Garza, Iriando, 2005).
- b) Provincia de la Plataforma Miogeosinclinal (Miller *et al.*, 1992; Almazán *et al.*, 2007).

Las rocas paleozoicas alóctonas constituyen cuatro cinturones más. El primero está representado por secuencias del Paleozoico Inferior con facies de tipo cuenca oceánica ubicada en las Montañas Roberts, EUA, un segundo cinturón está conformado por el Alóctono de Golcanda de edad del Paleozoico Tardío. El tercero constituye las secuencias de arco volcánico en la Sierra Nevada y en las Montañas Klamatha, y finalmente, se tiene a la secuencia del Paleozoico Superior representada por los complejos de subducción y acrecionarios.

Por otro lado, las rocas paleozoicas autóctonas al oeste de la cordillera de Norte América fueron depositadas en dos cinturones distintos, el primero se le denomina como la Provincia del Cratón y el segundo como la Provincia de la Plataforma Miogeosinclinal (Miller, *op. cit.*).

De acuerdo con Poole y Madrid (1986) en Sonora la sedimentación durante el Ordovícico estuvo controlada por tres elementos tectónicos que han sido definidos como, la Plataforma Cratónica de Nuevo México y Arizona adyacente a California y Sonora; la Plataforma al sur de California-Sonora; la elevación continental de California-Sonora o también denominada como cuenca oceánica marginal.

Dickinson (1981) consideran que en Sonora las rocas paleozoicas del Eugeosinclinal se emplazaron como alóctonos en forma de mantos de corrimiento sobre el Miogeosinclinal, y que la distancia de estos cabalgamientos es de alrededor de 40 a 50 km, como lo demuestra la base del traslape de las facies involucradas en Sonora Central (Stewart, *et al*, 1990).

Anderson (1979) reporta que el Megashear de Mojave-Sonora es el responsable de trasladar sedimentos del Paleozoico Inferior y del Pérmico-Triásico

del noroeste de Norte América como es el caso de los Estados de Nevada y California hasta el noroeste de Sonora.

Este último evento tectónico ocasionó una gran dispersión de bloques alóctonos y autóctonos, que involucró el desplazamiento de las cubiertas sedimentarias de edad paleozoica.

Los trabajos de Geología regional, paleontológicos, paleomagnéticos, estructurales, estratigráficos y de análisis de terrenos tectónico-estratigráficos que se han efectuado en Sonora, han aportado datos muy valiosos, pero los estudios de carácter sedimentológico y paleoecológico no se han realizado con la profundidad que éstos ameritan, por lo que un análisis mas profundo de las secuencias sedimentarias del Paleozoico Superior de estas regiones debe de ser llevado a cabo, puesto que con este tipo de estudios se estará aportando una serie de datos que contribuirán a dilucidar la historia de la evolución Premesozoica de esta región.

Particularmente, las rocas del Paleozoico Superior del Estado de Sonora han sido estudiadas por Ransone (1904), Taliaferro (1933), Cooper y Arellano (1946), Brunner (1975), Viveros (1965), Stewart *et al.*, (1983), Ávila (1987), Stewart *et al.*, (1990); Buitrón, (1992), Mendoza *et al.*, (2004); Almazán *et al.*, (2005), Buitrón *et al.*, (2005); Almazán *et al.*, (2007) y Buitrón *et al.*, (2007).

Paleozoico de la región Centro-Oriente

En la región Centro-oriente se encuentran facies sedimentarias, una eminentemente calcárea de plataforma y la otra síliceo-clástica de cuenca. Las secuencias calcáreas presentan afloramientos de rocas cuyas edades varían

desde el Cámbrico al Pérmico Inferior, sin afloramientos de rocas del Silúrico y Devónico Inferior.

El Paleozoico Inferior está representado por rocas calcáreas y dolomías del Cámbrico y Ordovícico que se encuentran expuestas en el Rancho Las Norias (King (1939). Minjarez y Torres (1987) reportan facies de plataforma más externas cercanas al talud de edad Cámbrico-Ordovícica en la Unidad La Sata. Del área de Cobachi se han estudiado rocas Devónicas (King, 1939).

En la región de Arivechi, Minjarez y Torres (1987) reportaron la presencia de afloramientos del Devónico que denominaron Unidad Santo Domingo. En la Sierra Campaneira (Vega y Araux, 1985), en el Cerro Cobachi (Noll, 1981) en el área de Sahuaripa-Arivechi (Minjarez y Torres, 1987; 1992), y en la Sierra Agua Verde (1993) existen rocas del Misisípico.

A partir del año 2000, se ha incrementado el interés por el estudio del Paleozoico Superior de la región Centro–Oriente, particularmente de la Sierra Agua Verde por los autores Mendoza *et al.*, (2004), quienes estudiaron la bioestratigrafía de la secuencia del Pensilvánico de dicha sierra; Buitrón *et al.*, (2004) quienes escriben sobre los invertebrados bentónicos del Carbonífero-Pérmico de Sonora; Buitrón *et al.* (2005; 2007) Publicaron sobre la biota del Carbonífero de México y su importancia bioestratigráfica; Almazán *et al.*, 2007) reportaron la existencia de Chaetétidos en la Sierra Agua Verde (Figura 3).



Figura 3.- Vista panorámica del Cerro la Joya en Sierra Agua Verde, Sonora, México.

Bioestratigrafía

Formación La Joya.

Los fósiles de Chaetétidos proceden de dos niveles estratigráficos a los 19 y 60 metros arriba de la base de la sección de la Formación La Joya. Esta unidad está constituida por rocas calizas y lutitas. Su afloramiento principal se observa en el Cerro La Joya que forma parte de la Sierra agua Verde, con un espesor total de 294 m. El contacto inferior se encuentra concordante con la Formación Santiago y el contacto superior por falla con la Formación Tuntunudé (Figura 4).

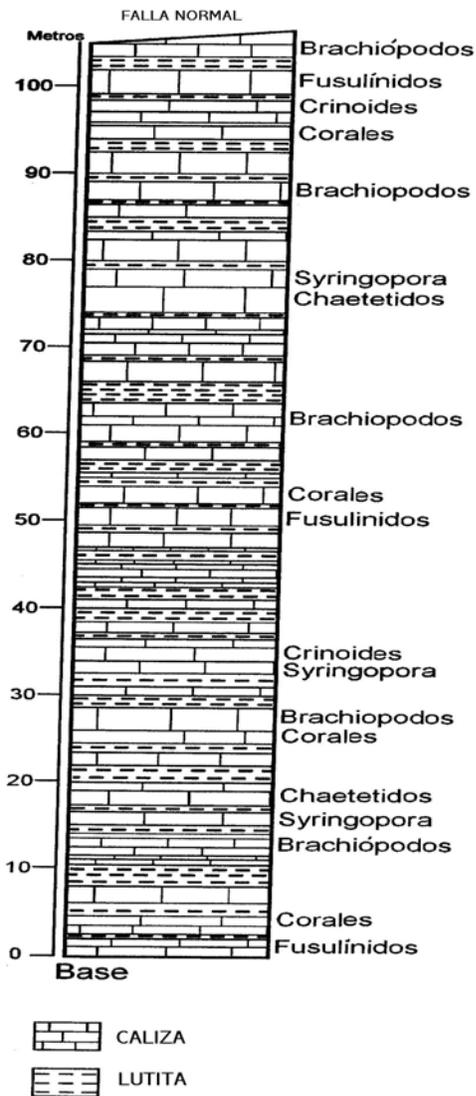


Fig. 4. Columna estratigráfica

La base de esta unidad está constituida principalmente por calizas fosilíferas, calizas en estratos gruesos a medianos, areniscas, lodolitas y lentes arenosos y de pedernal. Las calizas se encuentran en toda la secuencia, pero se presentan principalmente en la parte inferior, con color gris claro a rojizo, con estratificación mediana a gruesa hasta niveles masivos, con pequeñas intercalaciones de lodositas calcáreas en estratos delgados presentando también

nódulos de pedernal de color negro y rojizo en superficie de intemperie y un gris claro en superficie fresca.

Las calizas van graduando en cuanto a su estratificación, en la base se encuentran en forma de estratos gruesos masivos con lentes y nódulos de pedernal. Esta parte de la secuencia se puede observar en la falda oeste del Cerro La Joya.

En seguida se tiene un paquete de calizas, de una coloración gris claro en superficie fresca a azul-gris en superficie de intemperie, con intercalaciones de lodolitas calcáreas de color rojizo con espesores de estratos hasta de tres metros, observándose en la lodolita pequeños cristales de cuarzo. Presenta tanto en las calizas como en las lodolitas, corales coloniales del género *Syringopora* y numerosas placas y fragmentos de columnares de crinoides de los géneros *Pentaridica*, *Pentagonopternix*, *Cyclocaudex*, *Mooreanteris*, *Lamprosterigma* y *Cyclocrista*, además se observaron restos de conchas de gasterópodos (*¿Donaldina*) y briozoarios.

La parte superior de la secuencia está formada por 34 m de calizas en estratos medianos e intercalaciones de lodolitas calcáreas, nódulos y lentes de pedernal. La caliza se presenta de un color gris claro a rojizo en superficie de intemperie y gris claro a gris oscuro en superficie fresca y la lodolita de color rojizo, en tanto en superficie fresca como de intemperie los lentes y nódulos de pedernal son de color blanco a rojizo con pequeñas bandas de color oscuro, logrando también tener lentes y nódulos arenosos. Estas capas contienen al briozoario *Fenestrellina*, al braquiópodo *Neospirifer* y a la esponja coralina *Chaetetes* del Pensilvánico Medio.

Se infiere un ambiente de depósito de plataforma somera, con desarrollo de bancos calcáreos con aporte de terrígenos y fauna de ambiente somero representada por invertebrados crinoideos, braquiópodos, briozoarios, esponjas coralinas, corales solitarios y coloniales.

A esta secuencia se le asigna una edad del Pensilvánico Medio con bases en su contenido faunístico. Esta unidad es correlacionable con la parte inferior de la Formación Picacho Colorado (Noel, 1981), con la parte superior de la Caliza Aparejo en la Sierra Las Norias (Vega y Araux, 1987) y la parte inferior y media de la Formación Horquilla en la Sierra El Tule (González León, 1986).

RESULTADOS

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA DE CHAETETIDOS

La posición sistemática de los Chaetetidae ha sido enigmática y difícil de establecer pues representantes de esta familia se han asignado de manera general a los Phyla Porifera, Coelenterata y Bryozoa, históricamente los Coelenterata han sido favorecidos. La diversidad de opiniones sobre la posición sistemática del grupo resulta bastante ambigua, pues por sus características morfológicas particulares se han incluido especies de Chaetétidos en géneros de corales tabulados, esponjas estromatoporoideas, briozoarios y algas calcáreas (Connolly *et al.*, 1989).

Los Chaetetes del Paleozoico Tardío son homeomórficos con ciertos corales tabulados y con briozoarios trepostomados y cystoporados. Los

chaetétidos post-Paleozoicos, están cercanamente relacionados morfológicamente con esclerospongas (estromatoporoideos), y superficialmente semejan a las algas solenoporáceas. La simplicidad morfológica de los Chaetétidos puede explicar las incertezas respecto a su posición sistemática.

La afinidad de los Chaetétidos con los corales tabulados ha sido favorecida por la presencia de tábulas, “pseudosepta”, microestructura trabecular, y la aparente ausencia de espículas y astrorizas. Sin embargo la afinidad con los tabulata es considerada problemática y tentativa (Hill, 1981), debido en parte a la incongruencia entre los Chaetétidos post-paleozoicos y el alcance estratigráfico de los Tabulata exclusivamente del Paleozoico.

En la primera publicación del Treatise on Invertebrate Paleontology, parte F por Hill y Stumm (1956), así como en la revisión publicada de la misma obra por Hill en 1981, se considera a estos organismos clasificados en los corales tabulados. Sin embargo en las publicaciones de Dieci *et al.*, (1977), Mathewson (1978a; 1978b) y Gray, (1980) se incluyen en las Esclerospongeas. Reithner (1986) los considera dentro de las Demospongas, basándose en el descubrimiento de representantes vivos de la especie *Acanthochaetetes wellsi*, que posee espículas silíceas y partes blandas semejantes a las esponjas córneas (Vacelet, 1985).

PHYLUM PORIFERA

Las esponjas son acuáticas, la mayoría marinas y algunas de agua dulce. Viven en la zona neriticobentónica. Se caracterizan por una forma variable, cilíndrica, cónica, ramosa, laminar o irregular pues adoptan la forma de los objetos u organismos sobre los que viven y en otros casos son amorfas.

Se consideran como Parazoa, aquellos en los que no están constituidos los tejidos, ya que las células no están unidas entre sí para formarlos y desempeñar una función determinada. El cuerpo tiene dos capas, una externa o ectodermo y una interna o endodermo.

Entre las dos capas hay una sustancia llamada mesoglea, en la que están las células errantes o escleroblastos, que son las que secretan las estructuras esqueléticas de sostén o espículas, cuya arquitectura variable es de las que se encuentran muchos tipos diferentes.

Las esponjas presentan además, canales acuíferos que varían tanto en las fósiles como en las recientes.

La forma más sencilla es la cilíndrica con un extremo fijo al sustrato y el opuesto con un orificio u ósculo. La pared de las esponjas es delgada y tiene poros inhalantes por donde penetra el agua del ambiente en donde viven; las paredes están tapizadas por coanocitos (células con collar y flagelo) que mueven el agua para capturar partículas de alimento. En las la parte central hay una cavidad (atrial), a este tipo sencillo de comunicación directa a través de poros, entre el ambiente y la esponja se le llama ascón.

En el siguiente estadio, aumenta la superficie de coanocitos porque la pared se pliega y se forman verdaderos canales; a este tipo se le conoce como sycón.

Los tipos más complicados son el leucón y ragón, y se dan en las formas grandes que tienen numerosos poros y canales que desembocan en cámaras vibrátiles. En el tipo leucón queda todavía una pequeña cavidad atrial; en el tipo ragón los canales tienen ramificaciones y hay muchas cámaras vibrátiles que obliteran la cavidad atrial, por lo que ésta desaparece.

Las esponjas presentan endoesqueleto formado por espículas que se encuentran principalmente en la mesoglea, aunque también puede haber alrededor del ósculo y en otros sitios. Las espículas son de distinta composición química; entre ellas las hay córneas, silíceas y calcáreas. Las primeras formadas por esponjina, son difíciles de fosilizar. El tamaño de las espículas es variable, pues las hay microscópicas o microscleras (de hasta 0.5 milímetros), y megascleras que miden más de 0.5 mm.

Las espículas presentan diversas formas: las monoaxonas tienen un solo eje y se encuentran en esponjas calcáreas y silíceas; las triaxonas están formadas por tres ejes y sólo se hallan en las esponjas silíceas; las triaxonas hexactinas (seis radios), que se encuentran en esponjas silíceas y calcáreas, formando casi siempre redes. Las espículas tetraxonas son de cuatro ejes y se hallan en las esponjas calcáreas y silíceas. Las espículas que presentan muchos ejes se llaman poliaxonas y pertenecen particularmente a las esponjas silíceas.

Existe un tipo diferente de espículas en forma de placa circular irregular llamada desma, que se forma por depositación de sílice alrededor de una espícula monoaxona, triaxona o tetraxona (Buitrón, 1989).

CLASE DEMOSPONGEA

Comprende esponjas casi desprovistas de esqueleto, son las más primitivas, la mayoría está formada por esponjina y algunas tienen espículas silíceas. Presentan todos los tipos de canales, desde el ascón, pero en la mayoría hay leucón y ragón. Incluyen esponjas marinas y de agua dulce

?ORDEN CHAETETIDA OKULITCH, 1936

Descripción. Estructura de tipo ceriodes o en parte meandroide, raramente faceloide con individuos muy cercanos; holoteca presente como una incrustación superficial, individuos excepcionalmente delgados; la microestructura tiene arreglo Clinogonal, pared típicamente sin poros, pero presentes en *Favosichaetetida* del Carbonífero; septo generalmente ausente, aunque existen septos espinosos en *Acantochaetetes* del Cretácico; crecimiento bipartita, igual y completo o en forma meandroide incompleta, los individuos nuevos se forman por el aumento en la base de la colonia hacia la parte superior, por ejemplo en *Chaetetela* (*Chaetetiporela*) del Paleozoico (Ordovícico, Silúrico Inferior-Pérmico Superior).

Discusión.

La clasificación adoptada en el Treatise on invertebrate Paleontology sólo puede considerarse provisional; pues especímenes completos e incluso en sección delgada son homeomórficos con miembros de varias clases y órdenes no solamente de Celenterados Tabulados, esponjas Estromatoporideas y Esclerosponjas, Bryozoa (Trepostomata) y Talofitas (Solenospora).

La ausencia de septos se ha considerado como el mayor argumento para considerar al Orden Chaetetida excluido de Antozoa.

La ausencia de porosidad en las paredes distingue a todos excepto a una dudosa familia de Chaetétidos del Paleozoico (Desmidoporidae) y algunas especies Mesozoicas que se consideran miembros dudosos del orden.

Las tábulas son comunes en muchos ordenes y en los Chaetétidos son prominentes como en la mayoría de los Estromaporoideos y Tabulados, briozoarios y algas solenoporáceas.

La posible presencia de astrorizas en Chaetetida se ha discutido recientemente por Hartaman y Goreau (1972), Stearn (1972), y Cuif *et. al.*(1973). Se han descrito tres tipos principales de estructuras de astroriza en las especies Mesozoicas, algunas de los cuales se refieren a Varioparitidae. Se incluyó a Chaetetida y otras formas afines en el Orden Acantochaetetida.

?Familia Chaetetidae Milne-Edwards & Haime, 1850

Descripción.- Formas masivas formadas por tubos meandroides de hasta unos 50 cm de longitud, paredes con trabéculas longitudinales. En sección transversal presentan superficie poligonal. Forman estructuras de hasta 5.5 metros de espesor y cubren lateralmente distancias de 60 metros.

Discusión. En la última revisión taxonómica realizada por Reithner (1986) se les considera formando parte de la Clase Demospongeas, basándose en el descubrimiento de representantes vivos de la especie *Acanthochaetetes wellsi*,

que posee espículas silíceas y partes blandas que los ubican dentro de este grupo de esponjas (Vacelet, 1985).

¿**Subfamilia** Chaetetina Milne-Edwards y Haime, 1849

Descripción. Estructura de tipo ceriote formada por individuos prismáticos; las paredes amalgamadas sin el distintivo plano medio, o construcción de una sola serie de trabéculas inconspicuas y contiguas.

Alcance estratigráfico ?Silúrico de Norteamérica, M. Devónico Medio de Asia (Kuzbas-Kazakh.); Devónico Medio-Carbonífero de Europa (Inglaterra) y Asia Central, China, Japón- e Indochina.

Género *Chaetetes* Fisher Von Waldheim *in* Eichwald, 1829

Descripción. Estructura masiva, subglobular o hemisférica, normalmente mostrando bandas estrechas de crecimiento lento, Individuos de longitud variable, con la sección transversal prismática, no circular.

Alcance estratigráfico. ? Silúrico de Norteamérica, Devónico Medio de Asia (Kuzbas-Kazakh.); Devónico Medio-Carbonífero de Europa (Inglaterra) y Asia Central, China, Japón e Indochina.

Chaetetes sp.

(Figuras 5, 6,7)

Descripción. Estructura masiva, subglobular o hemisférica, normalmente mostrando bandas estrechas de crecimiento lento. Individuos largos en forma de tubos, de sección horizontal prismática, con diámetros de 0.7 a 0.15 milímetros. Las paredes son contiguas y carecen de la línea sutural media, presentando trabéculas longitudinales. Los tubos aumentan de talla de manera bipartita y completa en los extremos de la región axial. Presentan tábulas horizontales; las espinas del septo y los poros de la pared están ausentes.

Alcance estratigráfico. Pensilvánico (Atokano), Sierra Agua Verde, Sonora.



Figura 5.- Afloramiento de roca conteniendo un ejemplar de chaetétido

Discusión.- Debido a que en las secciones delgadas de los ejemplares procedentes de Sierra Agua Verde, no se encontraron espículas ni microestructurales características asociadas, los ejemplares solo pueden ser referidos como esponjas coralinas de la Clase Demospongea con un esqueleto tipo Chaetétido (West, 1994).

En Sierra Agua Verde las estructuras de los Chaetétidos frecuentemente se conservan en posición de vida.

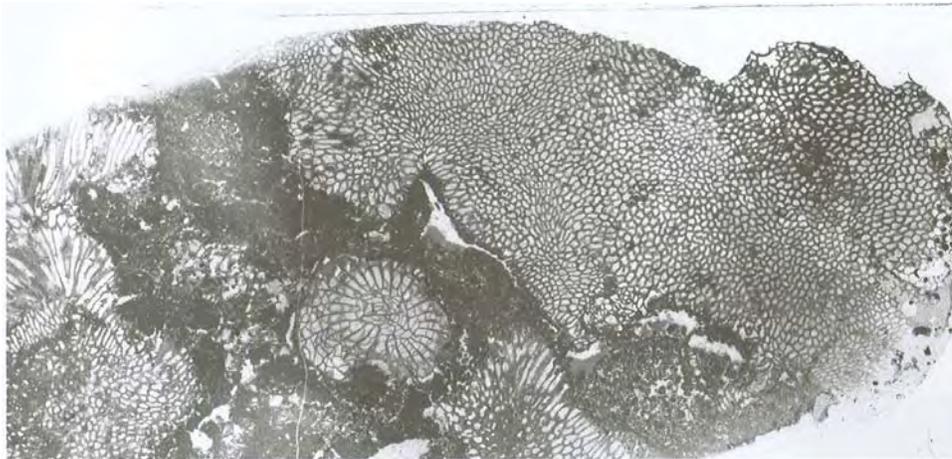


Figura 6. Chaetétido y coral en sección delgada.X 1



Figura 7. Corte longitudinal de un Chaetétido, 40 X

CONSIDERACIONES PALEOGEOGRAFICAS Y PALEOECOLOGICAS.

Las bioacumulaciones de Chaetétidos están presentes en rocas del Devónico al Pérmico y ampliamente documentadas en estratos del Pensilvánico Inferior y Medio (Morrowano-Desmoinesiano) reportados del centro y suroeste de Norteamérica en Estados Unidos (Utah Nevada, Colorado, Kentucky, Arizona, Kansas, Texas) y México (Sonora). También se han encontrado asociados a comunidades bióticas de la gran provincia Eurasiática-Ártica, particularmente en el Devónico Medio - Carbonífero de Inglaterra, e Italia, en el Devónico Medio de Asia Central (Kuzbasta-Kazakhtan.) y de Indochina, China y Japón (Connolly *et al.*, 1989) y posiblemente presentes en Sudamérica, particularmente en Perú, cuya distribución se dio a través del Océano Rheico (Almazán *et al.*, 2007). Kershaw y West (1991) amplían el alcance stratigráfico del grupo, pues anotan que también existen representantes desde el Ordovícico al Mioceno y posiblemente en mares recientes con el descubrimiento de los géneros *Acanthochaetetes* y *Merlia* que determinaron su cambio taxonómico del Phylum Coelenterata (Tabulados) al Phylum Porifera considerándose como esponjas coralinas

Los Chaetétidos son organismos coloniales constituidos por una serie de individuos tubulares con arreglo cerioide o meandroide que forman estructuras grandes, masivas, también se presentan como colonias aisladas y se consideran importantes componentes de construcciones carbonatadas del Paleozoico Tardío.

Estos organismos crecen sobre rocas marinas influenciados por una variedad de factores paleoambientales que inciden en la forma y tamaño de los exoesqueletos. Particularmente factores genéticos además de los ambientales influyeron en el control de la forma del crecimiento de las bioacumulaciones. Aparentemente un sustrato firme y estable es importante para iniciar la colonización de estos organismos, pues han sido reportados sobre conchas, oncolitos y fragmentos de rocas.

Esponjas coralinas modernas están confinadas predominantemente a la parte bentónica de la zona fótica inferior, justo abajo del nivel de las olas muy cerca de la superficie del mar, presentando baja tolerancia a la luz y a la acumulación de sedimentos. Asimismo, los Chaetétidos fósiles también han sido citados como colonizadores en estos ambientes de aguas poco profundas en cuencas epicontinentales (West y Clark, 1984).

El crecimiento de los Chaetétidos se realiza en tres formas dominantes: tabular-laminar, de domo y columnar.

Las bioacumulaciones de Chaetétidos procedentes de la Formación La Joya de la Sierra Agua Verde, están *in situ* en ambientes comúnmente quietos. Presentan crecimiento hemisférico (forma de domo) y están constituidos por tubos delgados y largos cuadrados a hexagonales en sección transversal, con microestructura clinogonal y con dimensiones de 0.500-1000 milímetros. Las paredes primarias no están perforadas, muestran intervalos regulares, tábulas incompletas pero no existe crecimiento en bandas. Espículas megascleras monaxonas no fueron encontradas. En los primeros 19 metros arriba de la base

de la columna estratigráfica se encuentran escasamente representados en las rocas calizas con nódulos de pedernal, asociados con braquiópodos y corales coloniales. En los 60 metros se observan moderadas bioacumulaciones de Chaetétidos asociados con crinoideos. En la parte superior del afloramiento se encuentran diversas acumulaciones de fusulínidos (*Fusulinella llanoensis*), algas filoides (*Eugonophyllum* sp.), y probablemente el alga *Komia eganensis*, así como corales (*Michelena Syringopora*) y crinoideos (Buitrón *et al.*, 2007). La matriz micrítica es homogénea y no siliciclástica obvia en las facies de wackestone, packstones o floatstone. Algunas capas están diagenéticamente dolomitizadas y silicificadas con fusulinidos pobremente representados, que indican ambientes de agua somera con actividad normal cuyos componentes bióticos fueron depositados en una plataforma fuertemente subsidente.

La biota de las capas con Chaetétidos es característica de una macrofauna epifaunal como los crinoideos y fusulínidos que probablemente vivieron arriba de éstos. Los Chaetétidos de la Formación La Joya se desarrollaron en la parte inferior de la zona fótica constituyendo un depósito relativamente profundo, aproximadamente a los 100 metros, por la ausencia de algas verdes y foraminíferos stafélidos. En contraparte la abundancia de crinoideos, braquiópoda y briozoarios caracterizan una mayor profundidad de las capas del afloramiento (Figura 8).

CONCLUSIONES

Respecto a la presente investigación sobre los Chaetétidos del Paleozoico (Atokano) y considerando la biota asociada del yacimiento paleontológico de la Formación La Joya se concluye que:

1. Se describen por primera vez para el Pensilvánico de Sonora bioacumulaciones de Chaetétidos. El material fósil estudiado consistió en seis ejemplares de mano de esponjas coralinas.
2. En relación a las características morfológicas de las bioacumulaciones y de sus componentes individuales se establece la posición taxonómica de los Chaetétidos en el Phylum Porífera y en la Clase Demospongea.
3. Se considera que los Chaetétidos se desarrollaron en la parte inferior de la zona fótica del mar a una profundidad aproximadamente de 100 metros
4. Con base en la identificación de la paleobiota de Sierra Agua Verde, se precisa la edad de Atokano con 311 millones de años de antigüedad para los 100 metros de espesor de la Formación La Joya.
5. Basándose en las características de la litología y de la asociación biótica del Pensilvánico (Atokano) de Sierra Agua Verde, se infiere que

la comunidad constituida por algas incrustantes y filoides, foraminíferos (fusulínidos), esponjas (Chaetétidos), corales, briozoarios, braquiópodos, moluscos (gasterópodos) y crinoides es típica de mares tropicales someros.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ANDERSON, T. y SILVER, L. 1979. The route of the Mojave Sonora Megashear in the tectonic evolution of Northern Sonora. GSA. Annual Meeting Guide book trip 27, p. 59-68.

ALMAZÁN, VÁZQUEZ E. 1989. El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi del Estado de Sonora. UNAM. Instituto de Geología, Revista no. 8, p. 58-66.

ALMAZÁN, VAZQUEZ E. BUITRÓN-SANCHEZ B. VACHARD DANIEL, MENDOZA MADERA C. Y GOMEZ ESPINOSA C. 2007. The late Atokan (Moscovian, Pennsylvanian) accumulations of Sierra Agua Verde, Sonora (NW Mexico) composition, facies and palaeoenvironmental signals. Paleozoic reefs and Bioaccumulations. Climatic and Evolutionary Controls. Geological Society, London, Special Publications 275 p. 189-200

BALDIS, B. y BORDONARO, O., 1981. Vinculación entre el Cambriano del NE de México y la Precordillera Argentina. II Congreso Latinoamericano de Paleontología, Actas, p. 1-10. (Brasil).

BRUNNER, PALMIRA, 1984. Los conodontos de México. III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Memoria, p. 84-89 (México).

BUITRÓN, B. E. 1989. Paleontología General invertebrados. UNAM, Facultad de Ingeniería, Unidad de apoyo editorial, 1989, 352 p.

BUITRÓN, B. E., ALMAZÁN, V. E., OCHOA, G. A. y VARCHARD D., 2003a *Chaetetes*, corales tabulados del Pensilvánico de Sonora. Semana Cultural de Geología XXVIII Aniversario Resúmenes, p. 15.

BUITRÓN, B. E., ALMAZÁN, V. E., VACHARD D. y MENDOZA M. C., 2003b. Crinoides del Pérmico Temprano del Cerro Los Monos, Caborca, Sonora. Semana Cultural de Geología XXVIII Aniversario Resúmenes, p. 15-16.

BUITRÓN, B.E., ALMAZAN, V.E. y VACHARD, D., 2004, benthic invertebrates of Carboniferous-Permian age, from Sonora, México: Their paleogeographic implications, 32 nd International Geological Congress, Florencia, Italia, 20 al 28 de agosto, p. 202.

BUITRÓN, B.E., ALMAZAN, V.E. y VACHARD, D., GOMEZ C. Y MENDOZA M.C. 2005. Crinoides Pensilvánicos asociados a facies “arrecifales” de Chaetétidos en Sierra Agua Verde, Estado de Sonora, México. Unión geofísica Mexicana A.C. Boletín Informativo, Epoca ¡!, vol. 25, No., 1, 338 p.

BUITRÓN-SANCHEZ B., GOMEZ ESPINOSA, C. ALMAZÁN, VAZQUEZ y VACHARD DANIEL, 2007. A late Atokan encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) accumulations in the Sierra Agua Verde, Sonora state (NW

Mexico) composition, facies and palaeoenvironmental signals. Paleozoic reefs and Bioaccumulations. Climatic and Evolutionary Controls. Geological Society, London, Special Publications 275 p. 201-209.

CHOQUETTE, P. W. y TRAUT, J.D., (1963). Pennsylvanian carbonate reservoirs, Ismay Field, Utah and Colorado. In Bass, R. O: (ed): Symposium-Shelf carbonates of the Paradox Basin. - Four Corners Geol. Soc, Field Conference 4, 157-184.

CONNOLLY, W.M., LAMBERT, L.L. Y STANTON JR. J., 1989. Paleoeecology of Lower and Middle Pennsylvanian (Mittleres Karbon) von Nordamerika. Facies vol. 20, p. 139-168.

COOPER, G. y ARELLANO, A., 1946. Stratigraphy near Caborca. AAPG Bull.30, p. 606-611.

COOPER, G. ARELLANO, A. y JHONSON, J. 1954. Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, NW, Sonora. Smithsonian Misc. Coll 119, p. 1-35.

COOPER, G. ARELLANO, A., STOYANOV, A. y LOCHMAN, C., 1952. Cambrian Stratigraphy near Caborca. Son. UNAM, Inst. Geología., Boletín 58, p. 259.

CUIF, J. P., FEUILLEE, P., FISCHER J.C. y PASCAL, A., 1970). Présence d'astorhizes chez les Chaetetida Mésozoïques. C.R. Acad. Sci., ser D.277, 2473-2476, Paris.

CHAPPELL, J. 1980. Coral morphology diversity and reef grow. Nature 286, p. 249-252, London

CHEKHOVICH, V.D., 1972. Novyy pozdneodorvikskiy *Chaetetes* Tuvy (New late Ordovician *Chaetetes* from Tuvaj). . Novyye vidy drevnikh rastreniy I bespozvonochnykh SSSR, p. 65 Moscow.

GRAY, D.I., 1980. Spicule pseudomorphs in a new Paleozoic Chaetetid and its scler sponge affinities. Palaeontology 23, p. 803-820 , Oxford. Inglaterra.

DEBRENNE, F. 1987. Archaeocyatha from México. GEOBIOS 20, p. 267-273.

DEBRENNE, F. GANDIN A., y ROWLAND, S. 1989. Lower Cambrian Bioconstruction in NW, Sonora GEOBIOS 22, 137-195.

DETENAL-INEGI, 1999. Carta fisiográfica. Hoja Madera H-129, escala 1:250,000

DE VRIES, D.A., (1955). Paleocology and paleontology of a Chaetetes biostrome in Madison County, Iowa. Diss. Univ. Wisconsin, 69 p., Madison.

DICKINSON, W., 1981. Plate tectonic evolution of the southern Cordillera Arizona. G.S. Digest, v. 14, p. 113-135.

DIECI, G., RUSSO, A. RUSSO, F. y MARCHI, M.S., 1977. Occurrence of spicules in Triassic chaetetids and ceratoporellids. Boll. Soc. Paleont. Italiana 16, 229-238, Modena.

DUNCAN, H. M., 1965. Mississippian chaetetid from Kentucky (abs). United States Geological Survey Profesional Paper 525-A, p. A122, Washington.

DUNCAN, H. M., 1966. Mississippian occurrence of *Chaetetes* (abs). United States Geological Survey Profesional Paper 550-A, p. A112, Washington.

FINKS, R.M. y RIGBY J., 2004. Hypercalcified sponges. Treatise on Invertebrate Paleontology, Geological Society of America, Universidad de Kansas p. 587-771

FISCHER, J.C., 1970. Revision et essai de classification des Chaetetida (Cnidaria) post-Paléozoïques . Ann. Paléontol., Invertébrés 56/2, 151-220, Paris.

GONZÁLEZ LEÓN C. 1982. Bioestratigrafía de la Sierra del Tule NW, Sonora. VI Convención Geológica Nacional. Resúmenes p. 40-41.

GONZÁLEZ LEÓN C. 1986, Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra El Tule, NW de Sonora, UNAM, Instituto de Geología, Revista 6, p. 117-135.

GONZÁLEZ LEÓN C. 1989. Evolución de terrenos mesozoicos en el NW de México. Boletín, Dept. Geol. Universidad de Sonora 6, p. 39-54.

GRAY, D.I. Spicule pseudomorphs in a new Palaeozoic Chaetetid and its sclerospongea affinities. *Paleontology* 23, p. 803-820.

HILL, D., 1981. Rugosa and Tabulata *In* Teichert , C. (ed.) : *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part. F Coelenteta Supplement 1* (2 vols), 762 p. Lawrence (University of Kansas Press).

HARMAN, W. D. y GOREAU, T.F. , 1970, Jamaican coralline sponges, their morphology, ecological fossils relatives. *Zool. Soc. Of London Symposium* 25, p. 205-243.

HILL, D y STUMM, E.C. Tabulata. 1956. *In* Moore, R.C. (ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part. F Coelenterata* p. 444-477, Lawrence (University of Kansas Press).

HILL, D. 1981, *Coelenterata Suplemento 1, Rugosa and Tabulata*, Lawrence (University of Kansas Press and Geological Society of America)

FINKS, ROBERT, M Y RIGBY, J. KEITH, 2004. Paleozoic Demosponges. *Treatise on Invertebrate Paleontology, Parte E Porifera, Revisada (Demospongea, Hexactinellida, Calcarea)*. Geological Society of America and Boulder, Colorado y Lawrence, Kansas, 872 p.

KATO, M Y KAMADA, K., 1977. On the occurrence of *Chaetetes* from the Triassic Inai Group in the Karakuwa Peninsula. Southern Kitakami Mountains, Japan. J. Geol. Society of Japan vol. 83, No. 4, p. 250-251.

KERSHAW, S. y WEST, R., 1991. Chaetetid growth and its controlling factors, *Lethaia*, vol. 24, p. 333-346, Oslo.

KING, R. 1939. Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental, México. Geological Society of America Bull 50, p. 1623-1722.

KING, R., 1940. Paleozoic Stratigraphic of Mexico. VIII American Scientific Congress. Washington, 4, p. 109-119.

LONGORIA, J. y PÉREZ V. 1979. Bosquejo geológico de los cerros Chino y Rajón (Pitiquito-La Primavera) NW de Sonora. Universidad de Sonora, Bol. Geól. 1, 119-144.

LONGORIA, F., GONZÁLEZ, M. MENDOZA, J. y PÉREZ V., 1978. Consideraciones estructurales del Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW Son. Universidad de Sonora, Bol. Geol. 1, p. 61-67.

LUSTIG, L.D., 1971. Middle Pennsylvanian *Chaetetes* (Tabulata) from the Bird Spring Formation of southern Nevada Thesis Univ. California 147 p. Los Angeles.

MAC MENAMIN, N. M., 1985. Basal Cambrian small shelly fossils from La Ciénega Fm. NW, Sonora. *Jour. Paleon.* 59, p. 1414-1425.

MAC MENAMIN, N. M., 1987. Lower Cambrian trilobites Zonation and correlation of the Puerto Blanco Fm, Sonora. *Journal of Paleontology* 4, p. 738-749.

MENDOZA, M, C., ALMAZAN, V.E, BUITRON, B.E. y VACHARD, D.,2004 Bioestratigrafía de la secuencia del Pensilvánico en la Sierra Agua Verde, en la porción central del estado de Sonora. XXIX, Semana Cultural, Universidad de Sonora, Div. Ciencias Exactas y Naturales, Depto. de Geología, Resúmenes, p. 9.

MATHEWSON, J.E., 1978a. Chaetetid / Sclerosponge affinities (abs) *Kansas Acad. Sci, Trans* 81/2, p. 164

MATHEWSON, J.E., 1978 b. Chaetetids and their paleoenvironment in the Amoret Limestone Member (Desmoinesiano) of Labette County, Kansas. Thesis Kansas State university, 148 p.

MINJAREZ, J. I. y TORRES, L .E. 1987. Geología del área de Bacanora-Arivechi. Hacia un esquema de evolución Geológico-Jurásica, Sonora USON, Tesis Profesional, 187 p.

MILLER, E., MILLER, AND M. y STEVENS, C. 1992. Late Paleozoic Paleogeography and tectonic evolution of the Western USA Cordillera. Geological Society of America, v. G-3, p. 57-105.

MOLINA-GARZA R.S e IRIONDO, a., 2005. La Megacizalla Mojave-Sonora: la hipótesis, la controversia y el estado actual del conocimiento: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol conmemorativo del Centenario de grandes fronteras tectónicas de México, vol. 57, no. 1, p. 1-26.

NELSON, W., J., 1973. Paleoenvironmental analysis of Chaetetes biostromas (Pennsylvanian) of the Arrow Canyon Quadrangle, Clark County, Nevada.- Thesis Univ. Illinois 93 p. , Urbana.

OCHOA- GRANILLO J. A. y SOSA LEÓN J. P. 1993. Geología y estratigrafía de la Sierra Agua Verde con énfasis en el Paleozoico. Universidad de Sonora Departamento de Geología. Tesis para obtener el título de Geólogo. 59 p.

PEIFFER, R., ECHEVARRÍA, A. SALAS, G. y RANGIN, C. 1980. Sur la presence de l' Ordovicien superieur a graptolites dans le nord-oest du Mexique. CRA, Science París 290, p. 13-16.

PÉREZ-RAMOS, O. 1992. Permian biostratigraphy and correlation between southeast Arizona and Sonora. Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora v.9, núm. 2, 1-74 p.

PÉREZ-RAMOS, O. 2002. Permian fusulinids from Cobachi, central Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.19, núm.1, p. 25-37.

POOLE, F., BERRY, W A. y MADRID, R., 1993. Allochthonous Ordovician eugeosinclinal rocks on Turner Islan. Eastern Gulf of California and their paleotectonic significance. *Geological Society of America* , abstract vol. 25, p. 134-135.

POOLE, F.y MADRID, R. 1988. Allochthonous Paleozoic eugeosinclinal rocks of the barita de Sonora Mine. II Symposium sobre la Geología y Minería del Estado de Sonora. UNAM, Inst. Geol. Exc. Libreto Guía, p. 32-41.

POOL, F. y RIVERA, E., 1988. Consideraciones paleoambientales de depósito de las formaciones del área de Caborca, Son. UNAM, Inst. Geología, Rev. 7, p. 22-27.

POOL, F. STEWARD, J., y AMAYA, R., 1995. Ordovician carbonate shelf rocks of Sonora. *Ordovician. Odissey*, p. 280-284.

REITHNER, j., 1986. "Chaetetes" a problematic songe group. *W.American Paleontological Conv.* 4, p. A 38, Boulder

SEDLOCK, R.L., ORTEGA-GUTIERREZ, F Y SPEED, R.C 1993. Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. Geological Society of America, Special Paper 278, 1-53.

STANLEY, G.D. 2001. Introduction to reef ecosystems and their evolution. The History and sedimentology of ancient reef Systems, edit. Geogr D. Stanley, Jr Kluwer Academy Plenum Publishers, New York, 2001.

STEARNS, C.W. 1972. The relationship of stromatoporois to the sclerosponges. Lethaid 5, p. 369-388.

STEWART, J. 1982. Regional relation of Proterozoic and Lower Cambrian rocks in the Western USA and northern Mexico. Geological Society of America Ann. Meeting p. 171-186.

STEWART, J., POOLE, F., y ROLDÁN, J., 1990. Tectonic and stratigraphy of the Paleozoic and Triassic southern margin of North America, Sonora, México. Arizona Geological Survey, Special Paper 7, p. 183-202.

VACELET, j. 1985. Coralline sponges and the evolution on porifera. Sist.. Assoc., Spec. Vol. 28, 1-13 p. Oxford

VEGA, G.R. y ARAUX, S.E., 1985, Geología y yacimientos minerales de la Sierra de la Campaneira Mpio. de Bacanora, Sonora Central. UNISON, Tesis Profesional, 167 p.

VIVEROS M.A., 1965. Estudio geológico de la Sierra de Cabullona, Municipio de Agua Prieta, Estado de Sonora, UNISON, Tesis Profesional, 82 p.

WEST, R.R., 1994. Species in coralline demospongeas; Chaetetida: in Oekentorp-Kuster, edit. .Proceeding of the IVB International Symposium on fossils Cnidaria and Porifera: Courier Senckmberg vol. 12, p. 399-409.

WEST, R.R., y 1984. Paleobiology and biological affinities of Palaeozoic Chaetetids. *Palaeontographica americana*, v. 54, p. 337-348.