



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA DIVISIÓN DE  
INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**“BIOTA DEL PENSILVÁNICO DE SIERRA AGUA VERDE,  
SONORA. CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS Y  
PALEOGEOGRÁFICAS”.**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTA**

**ROQUE OMAR ALEJANDRO CHACÓN WENCES**

Directora de Tesis:

Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez



**MÉXICO, D.F. MAYO, 2012**



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.

## DEDICATORIAS

A Dios

Porque sin ti no estaría aquí, porque me has acompañado siempre y contigo puedo hacer todo, por ponerme en esta universidad, facultad y carrera, además porque siempre estás conmigo

Luis Wences García

Mi abuelo, mi padre, mi gran inspiración y modelo a seguir. Esta carrera y tesis son dedicadas a usted, porque todos mis logros son y serán para usted, gracias porque siempre me recibió con una sonrisa y un consejo. Como le prometí es la primera de muchas si Dios quiere, y finalmente por ser el ejemplo de vida que debo ser.

Ana María Wences Román

Mamá, pibe, gordita, mamita, lo logramos por fin gracias a Dios, gracias por siempre apoyarme sin importar que pase, por los desvelos desde siempre, por oír las pláticas de mis piedras, por todo el amor que me has dado incondicionalmente, gracias por todo mamá.

Homero Wences Román

Tío muchas gracias porque siempre estuviste para mí en esta etapa tan hermosa de mi vida y porque siempre tuve el consejo, no de un tío sino de un padre, de verdad tío mil gracias por todo.

Yvette Regina García Medina

Yvette, mi amor gracias porque solo no hubiera podido terminar la carrera en el tiempo y forma que lo hice, gracias por tu amor, gracias por presionarme para terminar la tesis y sobre todo gracias por enseñarme a creer en mí. Gracias por todo amor

Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez

Doctora, siempre estaré agradecido con usted, la verdad no sé si hubiera terminado la carrera sin su apoyo. La sonrisa y la forma que tiene de siempre resolver los problemas, gracias por ser una guía en esta vida y un gran modelo a seguir, gracias por enseñarme todo lo que se.

Luis Eduardo Chacón Wences

Hermano gracias por enseñarme esta hermosa carrera y siempre estar a mi lado apoyándome

A mis Maestros

Mil gracias porque de alguna manera ustedes forman parte de lo que soy hoy, gracias por compartir sus experiencias conmigo.

A mis Amigos

Porque esta etapa en la universidad sin ustedes no sería la misma, en especial a Violeta, Cesar, Elder, Fernando, Juan Carlos, Miguel, Magdaleno, gracias por todos los mementos que pasamos, desde en el anexo y hasta solo para molestarnos. Gracias

## **RECONOCIMIENTOS**

La tesis fue elaborada en el Departamento de Paleontología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. El autor agradece a la Directora Dra. Elena Centeno García, el haberle permitido desarrollar el trabajo de tesis en las instalaciones del Instituto que dirige. Asimismo, por el apoyo económico a través de una beca otorgada por el Instituto de Geología, UNAM.

La presente investigación se realizó en el marco del Proyecto DGAPA PAPIIT Núm. IN105012 y del Proyecto CONACYT Núm. NO165826 “Evolución de los Ecosistemas Paleozoicos de México”.

El autor desea expresar su reconocimiento a la Doctora Blanca Estela Buitrón Sánchez Departamento de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM, que sugirió el tema de estudio y dirigió la investigación, mostrando un gran interés durante su desarrollo y haciendo valiosos comentarios que el autor agradece sinceramente.

No menos gratitud se expresa al Dr. Juan José Palafox Reyes, profesor-investigador del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, quien asesoró el trabajo de campo en los afloramientos de la Sierra Agua Verde.

Asimismo se agradece a la Dra. Alicia Silva Pineda del Departamento de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM la asesoría en los aspectos paleobotánicos sobre algas filoides del Paleozoico Tardío de la región de estudio.

Mi gratitud a los Sinodales Dres. Silvia Elizabeth Rivera Olmos y Jorge Nieto Obregón, a los Maestros Emiliano Campos Madrigal y Noé Santillán Piña, que revisaron críticamente el manuscrito y aportaron valiosas sugerencias.

<b>INDICE</b>	<b>PÁGINAS</b>
<b>I. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>III. INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
• Antecedentes.....	3
• Objetivos.....	3
• Localización geográfica.....	5
• Vías de comunicación.....	6
• Clima.....	6
• Fisiografía.....	6
• Población.....	8
<b>IV. MATERIAL Y METODO.....</b>	<b>8</b>
• Actividades de campo.....	8
• Actividades de gabinete y laboratorio.....	9
• Material.....	10
<b>V. MARCO GEOLÓGICO.....</b>	<b>10</b>
• Formación La Joya.....	12
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
• Paleontología Sistemática.....	17
<b>VII. CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRAFICAS.....</b>	<b>43</b>
<b>VIII. CONSIDERACIONES PALEOGEOGRAFICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>IX. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>X. BIBLIOGRAFIA CITADA.....</b>	<b>50</b>

## ILUSTRACIONES

Figura 1. Mapa de localización de la Sierra Agua Verde.....	5
Figura 2. Mapa de las Provincias Fisiográficas de Sonora.....	7
Figura 3. Fotografía del trabajo de campo en arroyo Agua Caliente.....	8
Figura 4. Vista panorámica de la Sierra Agua Verde.....	10
Figura 5. Mapa geológico que muestra la ubicación de la Sierra Agua Verde.....	11
Figura 6. Mapa Topográfico que muestra los transectos estudiados.....	14
Figura 7. Columna estratigráfica de la localidad arroyo La Joya.....	15
Figura 8. Columna estratigráfica de la localidad Agua Caliente.....	16
Figura 9 a la 38. Ejemplares estudiados.....	18 a 43
Figura 39. Reconstrucción de los biotopos de crinoideos.....	44
Figura 40. Reconstrucción paleogeográfica donde se muestra la conexión entre Sonora, el cratón norteamericano y el dominio sudamericano.....	47

## TABLA

Tabla 1. Grupos sedimentarios y formaciones en la Sierra Agua Verde.....	12
--	----

## I. RESUMEN

La biota marina procedente de afloramientos del Pensilvánico Medio de la Sierra Agua Verde localizada en la región central-oriente del Estado de Sonora, está conformada por algas filoides de los géneros *Komia* y *Eugonophyllum*, por numerosos invertebrados entre ellos bioacumulaciones de Chaetétidos, braquiópodos de los géneros: *Punctospirifer*, *Spirifer*, *Neospirifer*, *Composita* y *Antiquatonia*, briozoarios fenestélidos del género *Thamniscus*, corales tabulados como *Syringopora* y solitarios como *Zaphrentis*, foraminíferos-fusulinidos entre ellos *Pseudostaffella* sp, *Eoshubertella texana*, *Fusulinella llanoensis*, *Zellerella* sp, gasterópodos de los géneros *Euomphalus* y *Donaldina* y numerosos géneros de crinoideos *Cyclocaudex*, *Cyclocrista*, *Heterosteleschus*, *Lamprosterigma*, *Mooreanteris*, *Pentagonopternix*, *Preptopremium*, *Cyclocaspus*, *Pentaridica*.

El material fue recolectado en afloramientos de los primeros 512 metros de la formación La Joya, cuyos sedimentos tienen un espesor total de 780 m y está formada por caliza intercalada con lodolita calcárea y lentes de arenisca. La edad de los estratos corresponde al Pensilvánico Medio (Atokano) con una antigüedad de 311 millones de años.

La tanatocenosis es típica del bentos de mares tropicales someros. El análisis de la distribución de las especies permitió establecer relaciones paleogeográficas con componentes de la biota del Carbonífero de Texas y Kansas en los Estados Unidos de Norteamérica, pertenecientes a la provincia del Cratón Norteamericano.



## II. ABSTRACT

Marine biota from Middle Pennsylvanian outcrops of the Sierra Agua Verde located in central-eastern Sonora, consists of phylloides algae of the genera *Komia* and *Eugonophyllum*, by a number of invertebrates including bioaccumulations of Chaetetidos, brachiopods of the genera: *Punctospirifer*, *Spirifer*, *Neospirifer*, *Composita* and *Antiquatonia*, bryozoans of the genus *Thamniscus*, tabulate corals as *Syringopora* and solitary as *Zaphrentis*, foraminifera, fusulinids including *Pseudostaffella* sp, *Eoshubertella texana*, *Fusulinella llanoensis*, *Zellerella* sp, gastropods of the genus *Euomphalus* and *Donaldina*, so numerous genera of crinoids *Cyclocaudex*, *Cyclocrista*, *Heterosteleschus*, *Lamprosterigma*, *Mooreanteris*, *Pentagonopternix*, *Preptopremium*, *Cyclocaspus*, *Pentaridica*.

The material was collected from outcrops of the first 512 meters of the La Joya, whose sediments have a total thickness of 780 m and consists of limestone interbedded with calcareous mudstone and sandstone lenses. The age of the Middle Pennsylvanian strata corresponds to (Atokano) with a length of 311 million years

The dead assemblages is typical of shallow tropical marine benthos. Analysis of the distribution of species allowed paleogeographic relationships with components of the biota of the Carboniferous of Texas and Kansas in the United States of America, belonging to the province of North American Craton.

### **III. INTRODUCCIÓN**

#### **Antecedentes**

Las rocas del Paleozoico de Sonora corresponden con rocas carbonatadas de ambiente marino, de aguas someras y cálidas. Estas rocas tienen una antigüedad comprendida entre 540 y 250 millones de años aproximadamente y contienen una variada y diversa biota constituida por algas filoides, foraminíferos (fusulínidos), esponjas coralinas, corales, briozoarios, braquiópodos y crinoideos.

Particularmente las investigaciones sobre el Pensilvánico de Sierra Agua Verde son escasas, entre ellas se cuenta con las publicaciones de Stewart *et al.*, (1988, 1990, 1999), Buitrón *et al.*, (2003a, 2004 b, 2005, 2007), Mendoza, *et al.*, (2004) y Almazán *et al.*, (2007).

La riqueza y variedad de la biota ha sido motivo del estudio paleontológico reportado en tesis tanto de licenciatura, como de posgrado, entre ellas, Ochoa y Sosa (1993), Gómez-Rosales (2008), Gómez-Espinosa (2010) y el trabajo inédito de Pfeiffer (1988).

#### **Objetivos**

Los principales objetivos de la investigación propuesta fueron los siguientes:

#### **Generales**

- 1) Contribuir al conocimiento de la estratigrafía y composición faunística del Paleozoico del noreste de México, con el objeto de ubicar cronoestratigráficamente las unidades de la Formación La Joya, y reconstruir con mayor certidumbre la historia geológica del noreste de México.
- 2) Coadyuvar al conocimiento integral del Paleozoico sedimentario Superior del Estado de Sonora.

## Particulares

- 1) Recolectar, limpiar y preparar para su identificación los componentes de la biota fósil de la secuencia del Pensilvánico Medio en la región de Sierra Agua Verde del Estado de Sonora.
- 2) Estudiar los componentes florísticos y faunísticos desde los puntos de vista morfológico y taxonómico.
- 3) Establecer su correlación estratigráfica con el Pensilvánico Medio de otras localidades de Sonora y de las Provincias del Continente Medio Americano y Euroasiático-Ártico.

## Hipótesis de trabajo

1. Se considera que el contenido biótico fósil que caracteriza a la región de estudio, se encuentra constituido principalmente por algas, foraminíferos (fusulínidos), esponjas, corales, briozoarios, braquiópodos, moluscos y crinoideos por su presencia en otras localidades del Paleozoico Superior de Sonora y de México.
2. La paleogeografía del Paleozoico Medio de la región corresponde en general a mares someros tropicales del "Midcontinent"
3. La mayoría de los restos fósiles se localizarán *in situ* provenientes de mares someros tropicales
4. El estudio integral de las secuencias de estas rocas marinas y su contenido biótico permitirá conocer sobre las migraciones faunísticas con referencia a facies de carbonatos de las secuencias paleozoicas en cuestión y su evolución orgánica.

## Localización geográfica

El Estado de Sonora se localiza en el noroeste de México y colinda al norte con Estados Unidos de América, al este con el Estado de Chihuahua, al sur con el Estado de Sinaloa, al oeste con el Golfo de California y el Estado de Baja California. Sus coordenadas geográficas son: al norte  $32^{\circ}29'$ , al sur  $26^{\circ}17'$  de latitud norte; al este  $108^{\circ}25'$ , al oeste  $115^{\circ}03'$  de longitud oeste (Figura 1).



Figura 1. Mapa de localización de la Sierra Agua Verde. (Almazán *et al.*, 2007)

El Estado de Sonora tiene una superficie de 179,502.89 km<sup>2</sup>, que representa el 9.2% de la superficie del país y lo ubica entre las entidades de mayor tamaño, específicamente como la segunda de México. (INEGI, 1985).

La Sierra Agua Verde se enmarca en las coordenadas 29°19' de latitud norte y de 109°56' de longitud oeste, 29°19' de latitud norte y de 109°49' longitud oeste, 29°10' de latitud norte y de 109°55' longitud oeste y 29°10' de latitud norte y 109°46' longitud oeste. Se encuentra localizada al noreste de la Capital Hermosillo a unos 110 km.

### **Vías de comunicación**

De la ciudad de Hermosillo, Son. se toma la carretera que va al municipio de Mazatán, de ahí se sigue a Mátape y se llega al poblado de San Pedro de la Cueva. La zona de estudio está a 20 minutos al noroeste del Cerro Santiago en la Sierra Agua Verde.

### **Clima**

El clima es seco caracterizado por una temperatura media máxima anual de 29.8 °C, en los meses de junio y julio, y una temperatura mínima anual de 12 °C, en los meses de diciembre y enero. La temperatura media anual es de 12.2°C. (García, 1973).

### **Fisiografía**

El área de estudio se encuentra situada en la Provincia Sierra Madre Occidental y en la Subprovincia Sierras y Valles del Norte. La Subprovincia Sierras y Valles del Norte se localiza en parte de los municipios de Nogales, Santa Cruz, Imuris, Cananea, Naco, Fronteras, Agua Prieta y Bavispe. Caracteriza a la subprovincia, la presencia de 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

aflorescimientos de rocas ígneas intrusivas ácidas, como en la Sierra El Chivato (Figura 2).

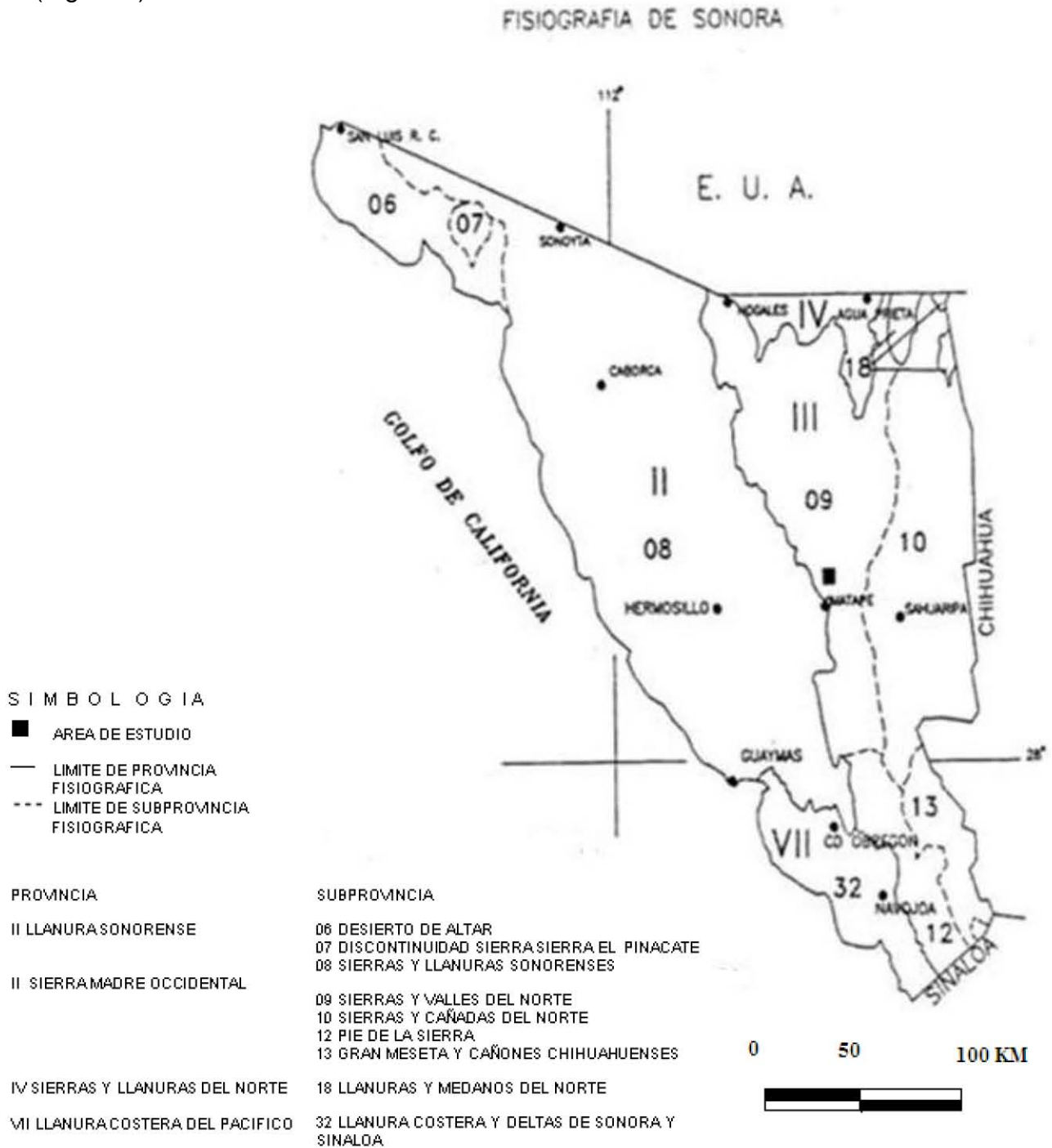


Figura 2. Mapa de las provincias Fisiográficas de Sonora (tomado de Ochoa y Sosa, 1993).

## **Población**

De acuerdo a los datos del Censo de General de Población y Vivienda del 2005, realizado por el INEGI, Sonora tiene 2 662 480 habitantes, lo que representa el 2.7% de la totalidad de habitantes de la Republica Mexicana. El Estado de Sonora, políticamente, está dividido en 72 municipios.

## **IV. MATERIAL Y MÉTODO**

### **Actividades de campo**

La prospección geológico-paleontológica en la región de Sierra Agua Verde, se realizó durante 15 días en el mes de septiembre del 2011 y 10 días en marzo de 2012. Se tomaron datos para la descripción del área de estudio y elaboración de la columna estratigráfica; con los datos obtenidos se precisó que la columna tiene 780 m de espesor cuya edad corresponde al Pensilvánico.

Esta actividad se hizo con la asesoría geológica del Dr. Juan José Palafox Reyes del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y con la asesoría Paleontológica de la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez del Departamento de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM (Figura 3).



Figura 3. Fotografía del trabajo de campo en arroyo Agua Caliente.

Se utilizó una pica, navaja, HCL diluido al 10%, cinta de 50 metros, brújula Brunton, lupa de 20 X, libreta de campo, lápices y cámara digital.

### **Actividades de Gabinete**

Se procedió a la recopilación bibliográfica en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra, UNAM y en la Biblioteca del área Físico Matemáticas y Naturales de la Universidad de Sonora.

Las publicaciones básicas para llevar a buen fin la investigación fueron la tesis de maestría sobre la “Geología y estratigrafía de la Sierra Agua Verde con énfasis en el Paleozoico” de Ochoa y Sosa (1993). La investigación de Steward *et al.*, (1999) y el tratado de Paleontología de Invertebrados de Moore editor (1956-1992). Asimismo, se consultaron publicaciones sobre los diferentes phyla que forman la composición biótica (Skinner y Wilde, 1954; Loeblich y Tappan, 1956; Maloney *et al.*, 1988, Verviller y Sanderson, 1988 y Wilde, 2006)

### **Actividades de Laboratorio**

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 “moto tool” (vibrador) y el “Sand Blaster” (compresora).

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.



## Material

El material fósil fue recolectado en los afloramientos de la Formación La Joya cuyo espesor es de 780 m. En esta unidad se observó que la biota fósil está representada por algas filoides, foraminíferos-fusulínidos, esponjas coralinas, briozoarios, corales, braquiópodos, moluscos y crinoideos.

## V. MARCO GEOLÓGICO

El Paleozoico en la región centro-oriente de Sonora presenta depósitos calcáreos de plataforma y siliciclásticos de cuenca (Ochoa y Sosa, 1993) en un intervalo que abarca del Cámbrico al Pérmico (Stewart y Poole, 2002), (Figura 4, 5 y Tabla 1).



Figura 4. Vista panorámica de la Sierra Agua Verde



Periodo	Grupo	Ochoa y Sosa (1993)	Stewart y colaboradores (1984)
Pérmico	GRUPO AGUA VERDE		
		Fm. Tuntunude	
Carbonífero	GRUPO AGUA VERDE	Fm. La Joya	Caliza Masiva
		Fm. Santiago	
		Fm. El Pollo	
Devónico	GRUPO AGUA VERDE		
Silúrico		Fm. El Boquinete	
Ordovícico	GRUPO AGUA VERDE		Caliza Masiva
			Caliza
Cámbrico	GRUPO SAN JOSÉ		Limonita
			Cuarcita Proveedora

Tabla 1. Grupos sedimentarios y formaciones en la Sierra Agua Verde (Modificada de Ochoa y Sosa (1993) y Stewart *et al.* (1984)).

### FORMACIÓN LA JOYA

La biota fósil procede de las rocas calizas y lutitas de la Formación La Joya, en los afloramientos de cerro La Joya y Agua Caliente, que forman parte de la Sierra Agua Verde, con un espesor aproximadamente de 294 m y de 780 m respectivamente. El contacto inferior es concordante con la Formación Santiago y el contacto superior por falla normal con la Formación Tuntunudé.

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 lodolitas 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 columnares de crinoideos de los géneros: *Pentaridica*, *Pentagonopternix*, *Cyclocaudex*, *Mooreanteris*, *Lamprosterigma*, *Lamprosterigma*, *Cyclocrista*, *Preptopremnum*, *Preptopremnum*, *Heterosteleschus*, *Cycloscapus*, además se observaron restos de conchas de gasterópodos y briozoarios ramosos.

La parte superior de la secuencia está formada por 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 y pequeñas bandas de color oscuro, logrando también tener lentes

y nódulos arenosos. Contiene ejemplares de los géneros de briozoarios *Thamniscos*, del braquiópodo *Neospirifer* y de la esponja coralina *Chaetetes* del Pensilvánico Medio (Figura 6, 7, 8)

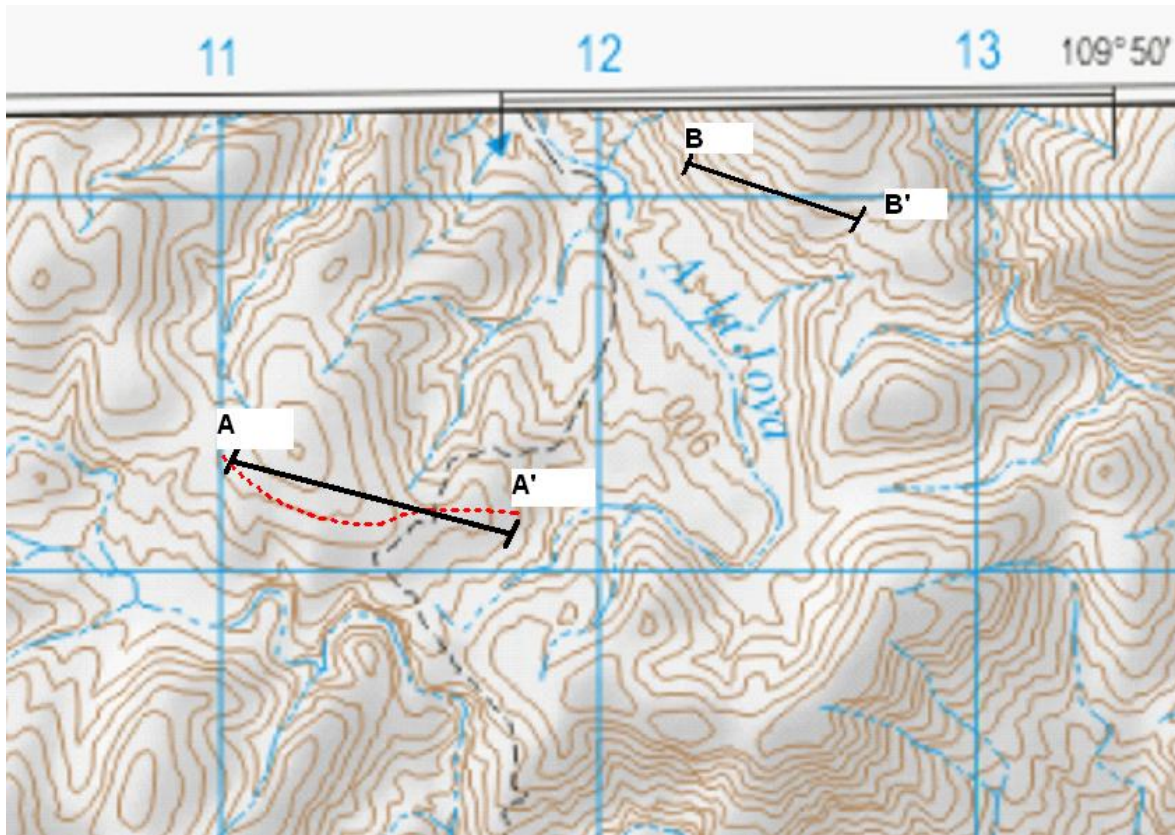


Figura 6. Mapa Topográfico que muestra los transectos estudiados (Carta San José Batúc H12D44).

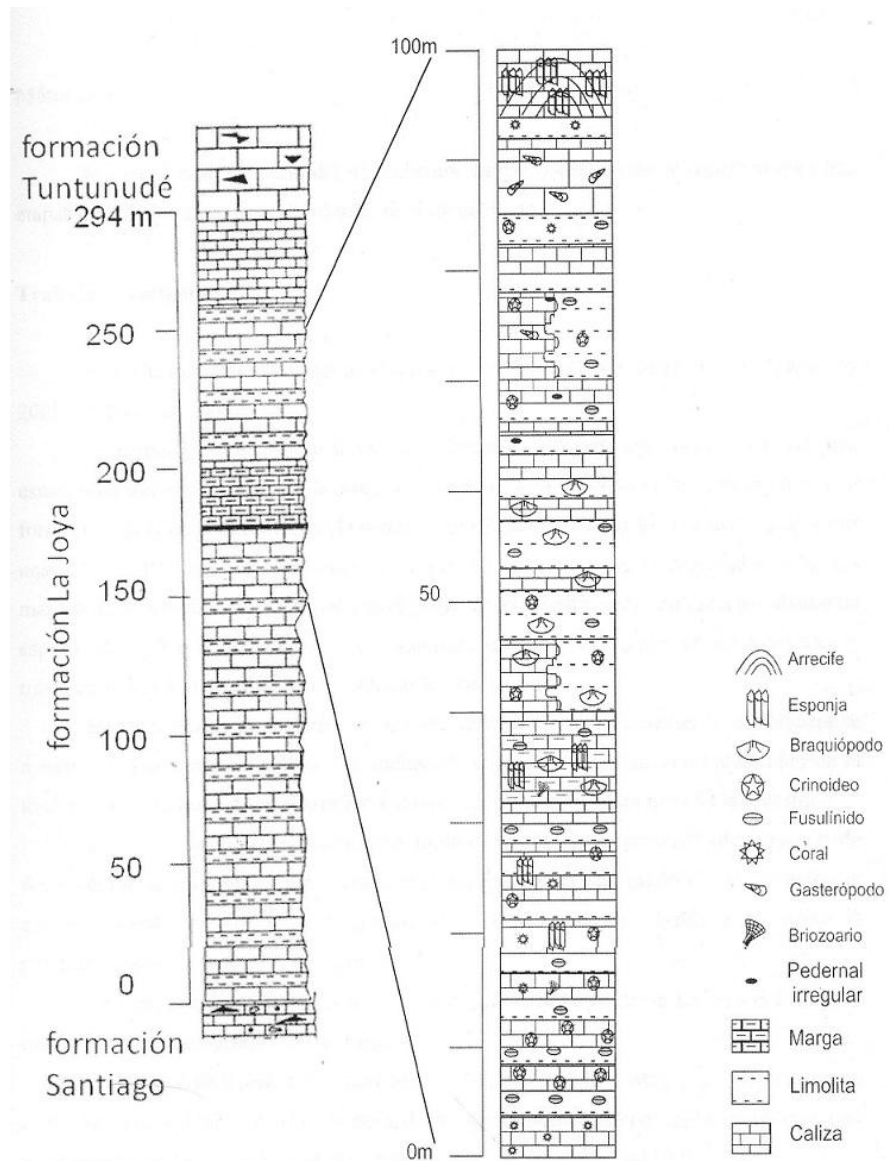


Figura 7. Columna estratigráfica en el arroyo La Joya de la Formación La Joya en la Sierra Agua Verde (Tomado de Ochoa y Sosa, 1993).

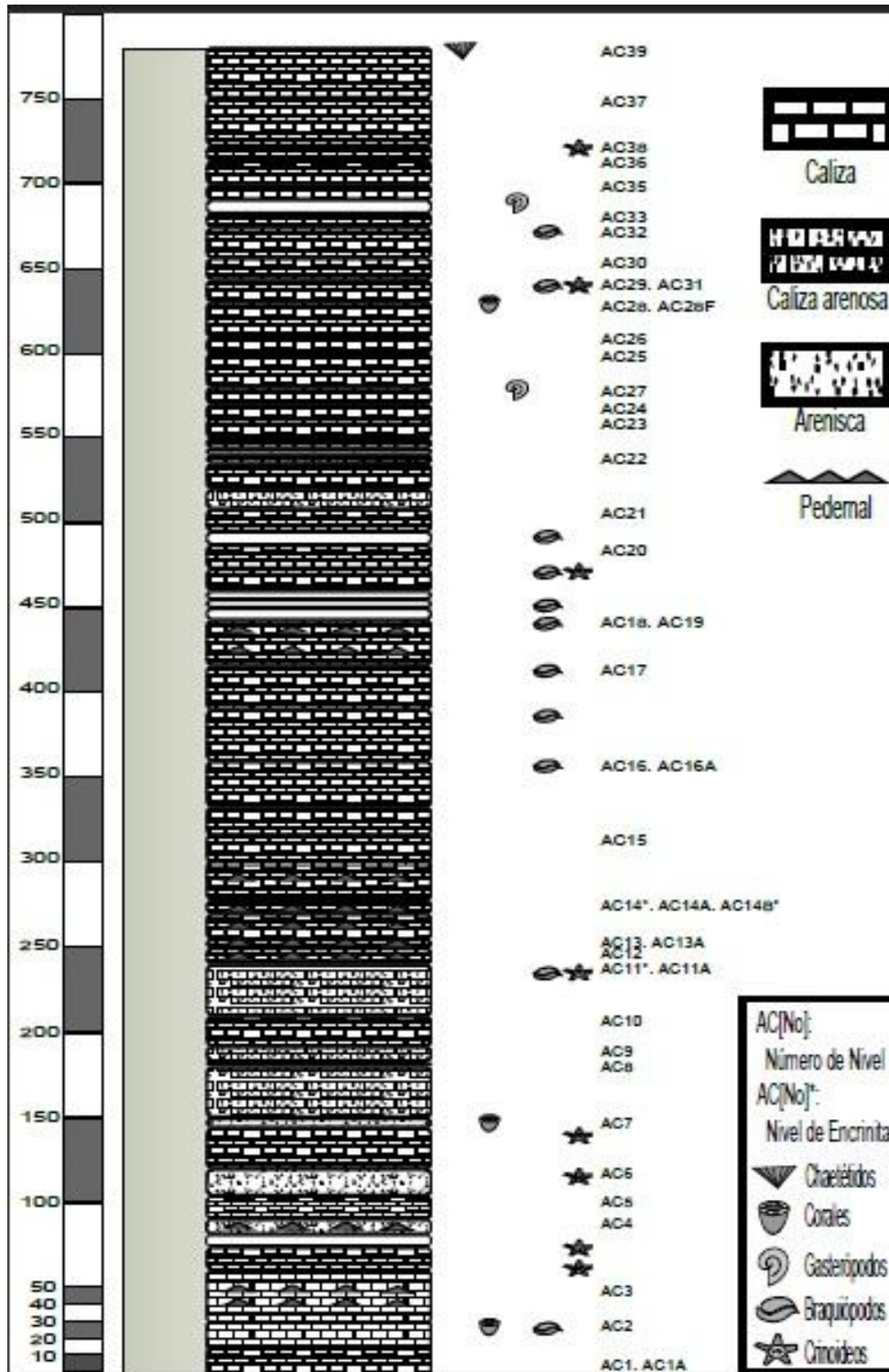


Figura 8. Columna estratigráfica de la localidad Agua Caliente. (Chacón, Garcés, Jiménez y Ortiz, 2012).

## VI. RESULTADOS

### Paleontología sistemática

El material se encuentra depositado en la Colección Paleontológica del Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora. El conjunto fósil está representado por algas calcáreas, foraminíferos-fusulínidos, esponjas coralinas, corales, briozoarios-fenestélidos, braquiópodos, gasterópodos y crinoideos.

#### Reino VEGETAL

#### Subreino THALLOPHYTA

Son plantas primitivas que carecen de raíces, tallo y vasos conductores, están formadas por una célula o por varias. Tienen pigmentos que efectúan la función clorofiliana. Se encuentran fósiles desde el Precámbrico y en la actualidad habitan en los ambientes acuáticos (Darrah, 1960).

#### División ALGAE

**Diagnosis.** Las algas son plantas primitivas unicelulares o pluricelulares. Habitan en los mares, lagos y ríos. Entre ellas se encuentran las clorofíceas, diatomeas, feofíceas y cianofíceas. En el pasado geológico fueron muy abundantes y formaron junto con los corales los estromatolitos o estructuras calcáreas de los arrecifes (Darrah, 1960).

#### Familia RODOPHYTA

**Diagnosis.** Las rodófitas son las algas rojas son de tipo filamentosos la mayoría pluricelulares es decir formadas por muchas células, entre ellas se encuentran las algas coralinas, pues calcifican sus talos. Habitaron los mares someros formando parte de los arrecifes (Darrah, 1960).



### Género *Eugonophyllum*

**Diagnosis.** *Eugonophyllum* es un tipo de alga filoide del grupo de las codiaceas, verde, probablemente pionera en las comunidades de algas filoides, que se les conoce del Pensilvánico al Pérmico. *Eugonophyllum* morfológicamente es similar con otros géneros como *Ivanovia*, *Anchicodium* y *Calcifolium*, algunos de éstos pueden ser sinónimos. El talo de los cuatro géneros consiste de una o más ampollas o vejigas calcificadas y de forma variada. Especímenes silicificados del Carbonífero Tardío sugieren que su forma de crecimiento es tabular (Konishi and Wray, 1961).

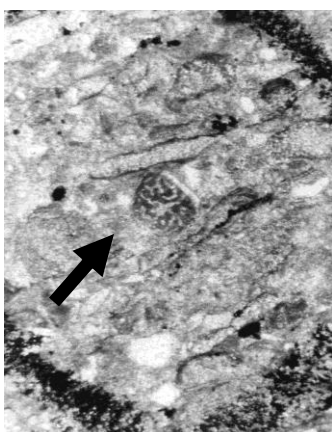


Figura 9. *Eugonophyllum*

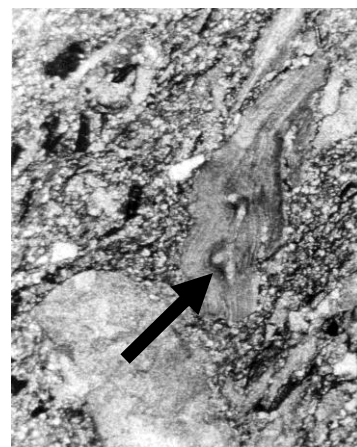


Figura 10. *Komia*

### Género *Komia*

**Diagnosis.** *Komia* está representada algas filoides, se encuentran entre las algas coralinas, el talo formado por filamentos calcificados, son marinas, tienen afinidades con algunas algas pérmicas, pero las algas del género *Komia* son abundantes en el Pensilvánico Inferior y Medio. Se distribuyen en el Pensilvánico del suroeste de Estados Unidos. Están formando parte de la vegetación marina del Este de Asia y se extienden en el resto del mar Adriático y Mediterráneo. *Komia* está asociada con los géneros *Donezella* y *Dvinella* (*Donezella-Komia*), ampliamente distribuidas en rocas del Pensilvánico Inferior y Medio. (Konishi and Wray, 1961).

Reino ANIMALIA

Subreino **PROTOZOA**. Cámbrico-Reciente

Subphylum **SARCODINA**. Cámbrico-Reciente

Clase **RHYZOPODA**. Cámbrico-Reciente

Suborden **FUSULININA** Ordovícico-Triásico.

**Diagnosis.** Los foraminíferos del suborden Fusulinina presentan la concha fusiforme, con el eje de arrollamiento más largo que el diámetro ecuatorial. El suborden comprende tres superfamilias con géneros indicadores estratigráficos. A fines del Paleozoico, este grupo adquirió un gran desarrollo y una gran importancia en la estratigrafía (Buitrón *et al.*, 2010), (Figura 11).

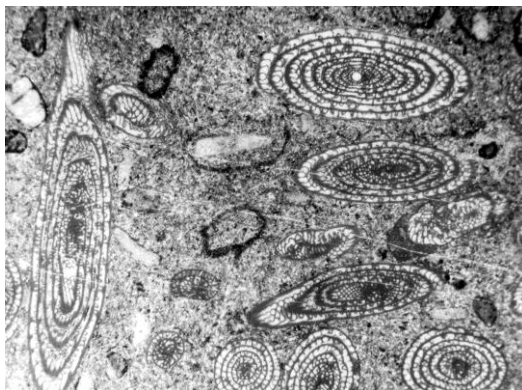


Figura 11. Roca con fusulínidos donde se observa su morfología

Superfamilia **FUSULINACEA** von Möller, 1878

**Diagnosis.** Los fusulináceos son índices estratigráficos del Pensilvánico y Pérmico. Presentan una concha grande, de forma cilíndrica y perforada. Habitaron los mares neríticos y cálidos y, por lo general, son bentónicos, a excepción de formas con conchas ligeras.

Los fusulínidos de la Formación La Joya comprenden cuatro especies.

Familia Staffellidae Miklukho-Maklay, 1949

Género *Pseudostaffella* Thompson, 1942

*Pseudostaffella* sp.

(Figura. 12)

**Diagnosis.** Concha esferoidal, umbilicada, asimétrica, espiroteca compuesta de tectum y diafanoteca con comata largos y masivos. Pensilvánico Medio con distribución en Norteamérica, Sudamérica, Europa y Asia



Figura 12.

*Pseudostaffella* sp. 40X

Familia Fusulinidae von Möller, 1878

Subfamilia Schubertellinae Skinner, 1931

Género *Eoshubertella* Thompson, 1937

*Eoshubertella texana* Thompson, 1947

(Figura 13)

**Diagnosis.** Concha pequeña inflada - elipsoidal a fusiforme, espiroteca compuesta de tectum con tectoria superior e inferior, septos planos, túnel ancho bordeado por comata bajos. Pensilvánico Medio. Norteamérica, Sudamérica, Europa y Asia.



Figura 13. 40X  
*Eoshubertella texana* Thompson, 1947

Subfamilia Fusulininae von Möller, 1878

Género *Fusulinella* von Möller, 1877

*Fusulinella llanoensis* Thompson, 1935

(Figura 14)

**Diagnosis.** Concha pequeña, planispiral y fusiforme, espiroteca compuesta de tectum y diafanoteca con tectoria superior e inferior, con septos estriados únicamente en la región polar, comata masivos. Pensilvánico Medio, Norteamérica (EUA, Canadá y México), Sudamérica (Perú, Chile) y Asia (China, Japón), Rusia y Groenlandia



Figura 14. 30X  
*Fusulinella llanoensis* Thompson, 1935

Género *Zellerella* Wilde, 1990

*Zellerella* sp.

(Figura 15)

**Diagnosis.** Concha pequeña, planispiral y fusiforme, espiroteca compuesta de tectum y diafanoteca con tectoria superior e inferior, con septos estriados únicamente en la región polar, comata masivos. Pensilvánico Medio, Norteamérica (EUA, Canadá y México), Sudamérica (Perú, Chile) y Asia (China, Japón), Rusia y Groenlandia.



Figura 15. 30X  
*Zellerella* sp.

## PHYLUM PORIFERA

Las esponjas son acuáticas bentónicas, la mayoría marinas, algunas de agua dulce, viven en la zonas neríticas y son sésiles. Como grupo no son importantes en la estratigrafía, pero tienen importancia en paleogeografía, pues forman pequeños arrecifes o son parte del complejo arrecifal, denotando cercanía a la costa.

Se caracterizan por una forma variable, cilíndrica, cónica, ramosa o laminar, adoptan la forma de objetos u organismos sobre los que viven y en otros casos son amorfas. El cuerpo tiene ectodermo y endodermo y entre ellos hay una sustancia llamada mesoglea, en la que están las estructuras esqueléticas de sostén o espículas. Las esponjas presentan además, poros, canales acuíferos y orificio apical.

Clase Demospongea (Sollas, 1885)

Orden Chaetetida Okulitch, 1936

Familia Chaetetidae Milne-Edwards y Haime, 1850

Género *Chaetetes* Milne-Edwards y Haime, 1850

*Chaetetes milleporaceous* Milne-Edwards y Haime, 1851

(Figura 16)

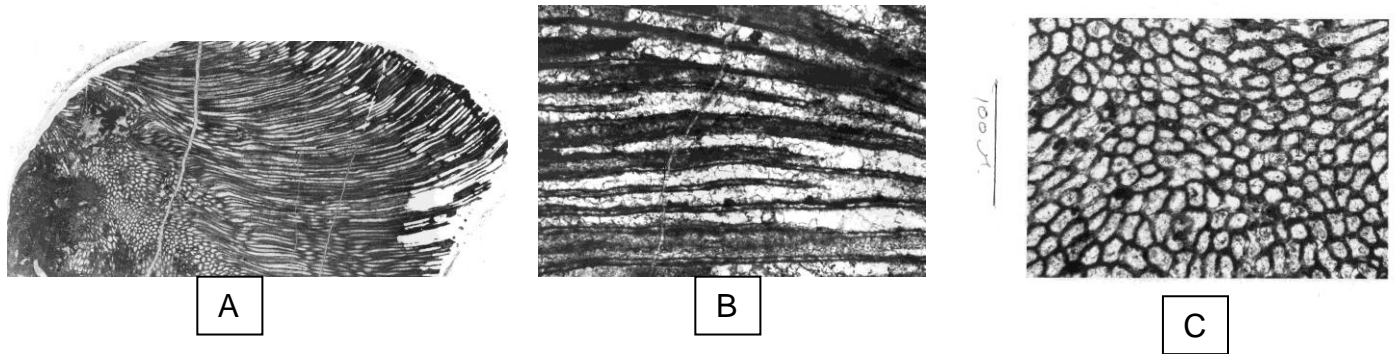


Figura 16 A. vista de la colonia 1X, B. Vista microscópica del corte longitudinal 20X y C. Vista microscópica del corte trasversal 30X.

## PHYLUM COELENTERATA

Los celenterados son organismos acuáticos, la gran mayoría marinos entre ellos están las hidras, medusas, anémonas, actinias de cuerpo blando y los corales que secretan un esqueleto calcáreo. Muchos de ellos constituyen colonias y a su vez forman arrecifes. Son invertebrados muy sencillos de simetría radial y algunos de simetría bilateral; el cuerpo está constituido por ectodermo y endodermo, que en las formas más complicadas como los corales y medusas, están separadas por una sustancia gelatinosa llamada mesoglea.

Existen fósiles de celenterados porque muchos secretan carbonato de calcio o tienen cubiertas córneas o ejes previstos de espículas calcáreas (Buitrón *et al.*, 2010).

Clase Anthozoa Ehrenberg, 1834

Subclase Tabulata Milne-Edwards y Haime, 1850

Orden Auloporida Sokolov, 1947

Familia Syringoporidae Fromentel, 1861

Género *Syringopora* Goldfuss, 1826

*Syringopora* sp.

(Figura 17)

**Diagnosis.** Colonia ramosa, con corallitos cilíndricos conectados por estolones trasversos. Sin septos, únicamente presenta 12 hileras verticales de espinas pequeñas, tábulas próximas. Silúrico- Pensilvánico. Norteamérica, Europa, Asia, Australia, África.

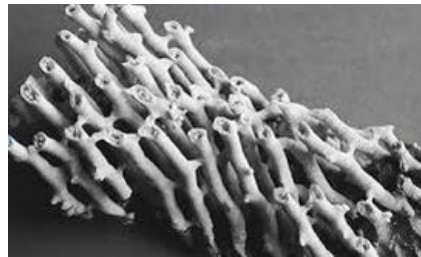


Figura 17. 1X  
*Syringopora* sp.

Subclase Rugosa (Milne-Edwards y Haime, 1850)

Orden Stauriida Verrill, 1865

Suborden Plerophyllina Sokolov, 1960

Familia Lophophyllidae Grabau, 1928

Género *Lophophyllidium* Grabau, 1928

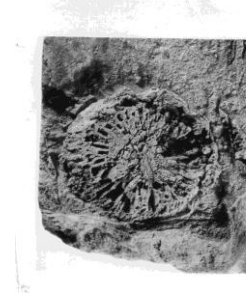
*Lophophyllidium* sp.

(Figura 18)

**Diagnosis.** Coral solitario de contorno curvo con columela ancha y con laminitas y láminas radiales próximas, que se separan por septos en el estado adulto y se fusionan en un collar alrededor de la columela



Figura 18. *Lophophyllidium* sp. 2X



A. Vista longitudinal 1.5X y B. Vista trasversal del coral 1.5X

## PHYLUM BRYOZOA

Los briozoarios con organismos coloniales, sésiles, asociados a los corales, generalmente marinos. Tiene una estructura que semeja a pequeñas plantas, viven en colonias, son de tamaño variable, entre 30 y 60cm de longitud, de contorno redondo, estructura ramificada o laminar, son incrustantes sobre los arrecifes, rocas o conchas de invertebrados.

En la colonia cada individuo se denomina zooide, el cual mide aproximadamente un milímetro de longitud. Su alcance es desde el Cámbrico Superior al Reciente.

### Orden **CRYPTOSTOMATA** Vine, 1983

Las colonias son masivas, ramosas o dendroides, con aberturas formadas entre dos tubos cilíndricos, se caracterizan por tener, hacia adentro de la abertura un tabique llamado hemisepto. Un tejido calcáreo esponjoso une a los tubos y se conoce como cenosteos.



Familia **FENESTELLIDAE**, King, 1840

Genero *Thamniscus* King, 1849

**Diagnosis.** Zoario ramoso y frenestrado, zoecias distribuidas en dos hileras con aberturas simples, diseipimentos escasos o ausentes. Silúrico- Pérmico. Alemania, Norteamérica (Figura 19).

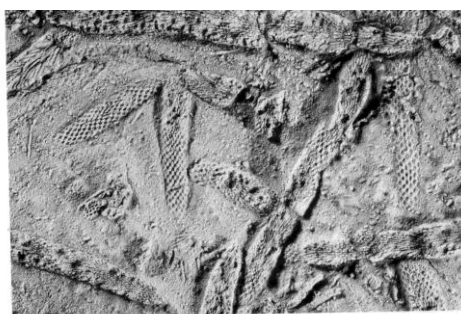


Figura 19. 2X  
*Thamniscus* sp.

## PHYLUM BRACHIOPODA

Los braquiópodos son solitarios y sésiles. Viven en el mar principalmente en la zona nerítica o a grandes profundidades y algunos, en el agua salobre.

Es un grupo que tiene mayor importancia en paleontología por ser índices estratigráficos. En la actualidad existen 60 géneros y se han descrito 1700 géneros fósiles. Su alcance estratigráfico es del Cámbrico al Reciente.

El esqueleto está formado por una concha con dos valvas desiguales entre sí, una más pequeña que la otra; la mayor se llama valva peduncular porque tiene un foramen por donde sale el pedúnculo, y la menor es la braquial con el aparato esquelético (braquidio) que sostiene una estructura muscular ciliada (lofóforo), (Figura 20. Braquiópodo), (Buitrón *et al.*, 2010)

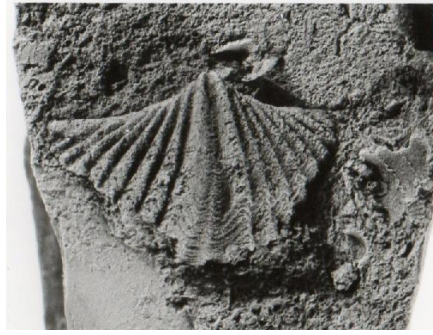


Figura 20. 2X Braquiópodo espiriférido

Subphylum Rhynchonelliformea Williams *et al.*, 1996

Clase Rhynchonllata Williams *et al.*, 1996

Orden Athyridida Boucot, *et al.*, 1964

Suborden Athyrididina Boucot, *et al.*, 1964

Superfamilia Athyridoidea Davidson, 1881

Familia Athyrididae Phillips, 1841

Género *Cleiothyridina* Buckman, 1906

*Cleiothyridina* sp.

(Figura 21)

**Diagnosis.** Concha biconvexa transversalmente suboval, equilátera, con un surco ventral y pliegue dorsal. Superficie cubierta con laminillas anchas y leves líneas de crecimiento. Devónico Superior-Pérmico. Distribución cosmopolita.



Figura 21. 1.5X  
*Cleiothyridina* sp.

Superfamilia Pennospiriferinoidea Dagys, 1972

Familia Punctospiriferidae Waterhouse, 1975

Género *Punctospirifer* North, 1920

*Punctospirifer* sp.

(Figura 22)

**Diagnosis.** Concha mediana, pliegue y surco distintivo, ancho, liso, costillas laterales gruesas y numerosas, laminillas imbricadas. Carbonífero- Pérmico.



Figura 22. 1X  
*Punctospirifer* sp.

Familia Spiriferidae King, 1846

Subfamilia Sergospiriferina Carter, 1994

Género *Anthracospirifer* Lane, 1963

*Anthracospirifer* sp.

(Figura 23)

**Diagnosis.** Concha biconvexa fuertemente trasversal, línea de la charnela denticulada del ancho de la concha, con costillas laterales gruesas. Pensilvánico, Norteamérica.



Figura 23. 1X  
*Anthracospirifer* sp.

Clase Strophomenata Williams et al., 1996  
Orden Productida Sarytcheva y Sokolskaya, 1959  
Suborden Productidina Waagen, 1883  
Superfamilia Productoidea Gray, 1840  
Familia Dictyoclostidae Stehli, 1984  
Subfamilia Dictyoclostinae (Stehli, 1954)  
Género *Antiquatonia* Miloradovich, 1945

*Antiquatonia* sp.

(Figura 24)

**Diagnosis.** Concha de tamaño variable, con valvas geniculadas, costillas rugosas prominentes, reticuladas posteriormente con escasas espinas. Lados comúnmente curvos lóbulo mediano en el proceso cardinal. Carbonífero. Europa, Asia, Norteamérica, Australia.



Figura 24. 1X  
*Antiquatonia coloradoensis* (Girty, 1903)

## PHYLUM MOLLUSCA

Los moluscos constituyen un filo muy numeroso y diversificado, entre ellos son conocidos los bivalvos, gasterópodos y cefalópodos. Todos presentan la misma organización morfológica, con algunas variaciones. Poseen concha formada por aragonita o calcita. Su morfología es variable, pues las hay univalvas, bivalvas, simples o enrolladas en espiral, con una diversidad de estructuras ornamentales como costillas, líneas de crecimiento, quillas, nódulos, perforaciones y espinas (Buitrón *et al.*, 2010).

## Clase **GASTROPODA**

Los gasterópodos constituyen uno de los grupos más abundantes de los moluscos e invertebrados. La mayoría son marinos, terrestres y unos pocos dulceacuícolas. Los marinos y terrestres están adaptados a diversas temperaturas, profundidades, y alturas; resisten la sequía, pues otros viven en regiones desérticas. Los acuáticos son bentónicos, móviles y algunos, como los pterópodos nadan con el pie que se trasforma en aleta (Buitrón *et al.*, 2010)

Subclase Opisthobranchia Milne-Edwards, 1848

Suborden Macluritina Cox y Knight, 1848

Superfamilia Eumphalacea de Konnick, 1881

Familia Euomphalidae de Konnick, 1881

Género *Euomphalus* Sowerby, 1814

*Straparollus (Euomphalus) sp.*

(Figura 25)

**Diagnosis.** Concha subdiscoidal de espira deprimida a alta, vueltas con canal, anguloso en la parte superior externa, suturas generalmente profundas, vuelta del cuerpo ancha, superficie de las vueltas redonda o angular. Ornamentación con líneas de crecimiento finas en algunos hay nódulos. Silúrico- Pérmico Medio. Cosmopolita. Norteamérica, Inglaterra.



Figura 25. 1X  
*Straparollus (Euomphalus) sp*

Orden Incierta

Superfamilia Pyramidellacea d' Orbigny, 1840

Familia Streptacididae Knight, 1931

Género *Donaldina* Knight, 1933

*Donaldina cf. D. robusta* (Stevens, 1858)

(Figura 26)

**Diagnosis.** Concha fusiforme con numerosas vueltas que descienden de tamaño hacia la vuelta del cuerpo, abertura oval. La ornamentación de la concha consiste en líneas de crecimiento finas y cercanas, hacia la base de las vueltas se observan bandas trasversales finas. Carbonífero –Pérmico Inferior. Norteamérica y Europa.

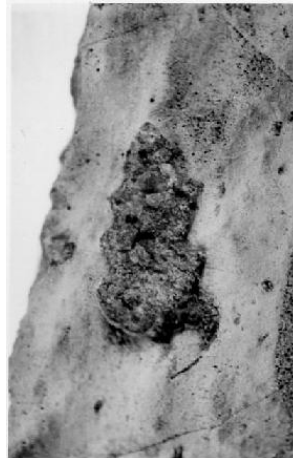


Figura 26. 1.5X  
*Donaldina cf. D. robusta* (Stevens, 1858)

## PHYLUM ECHINODERMATA

Los equinodermos son invertebrados celomados, deuterostomados, con la piel cubierta por espinas. El grupo comprende en la actualidad aproximadamente 6000 especies, agrupadas en cinco clases: Crinoidea, Holoturoidea, Echinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Hay además muchos grupos extintos que

desaparecieron antes del final del Paleozoico (¿Machaeridea, Homostelea, Stylophora, Homiostelea, Eocrinoidea, Paracrinoidea, Cystoidea, Parablastoidea, Blastoidea, Edrioblastoidea, Edrioasteroidea, Cyclocystoidea, Helicoplacoidea, Ophiocystioidea).

Los equinodermos son solitarios, marinos, bentónicos con excepción de algunos crinoides que pueden ser epiplanctónicos y nectónicos y las pelagoholoturias que son planctónicas. Presentan simetría pentámera, endoesqueleto de calcita cristalina y un sistema acuífero o ambulacral.

Los fósiles estudiados corresponden a placas sueltas y algunos fragmentos de las columnas de crinoides que se clasifican en el Subphylum Crinozoa y la Clase Crinoidea.

### **SUBPHYLUM CRINOZOA**

El Subphylum se caracteriza por la presencia de simetría radial, pentámera, con teca y braquiolas, cuya función es la de capturar alimento. Los Crinozoa viven fijos al fondo del mar por la parte aboral ya sea directamente o por medio de un pedúnculo que desarrollan. Todas las clases son extintas del Paleozoico con excepción de los Crinoideos que continuaron hasta la actualidad.. El Subphylum Crinozoa comprende ocho clases: Blastoidea, Crinoidea, Cystoidea, Edrioblastoidea, Eocrinoidea, Parablastoidea, Paracrinoidea y Lepidocystoidea (Buitrón *et al.*, 2010).

### **CLASE CRINOIDEA**

Es un grupo grande diversificado y bien caracterizado dentro de los Pelmatozoarios. Comenzaron en el Ordovícico y los hay en la actualidad, aun cuando su mayor desarrollo ocurrió en el Paleozoico, extinguiéndose la mayor parte a fines de esa era. Son habitantes de aguas profundas (batiales) y de zonas

arrecifales miden desde unos cuantos centímetros hasta 18 metros en algunas especies fósiles, presentan pedúnculo con el que se fijan formando “verdaderos jardines marinos” aun cuando hay formas libres como las estrellas plumosas.

El pedúnculo de los crinoideos está formado por discos calcáreos de contorno circular, pentagonal o poligonal en cuya superficie hay estrías que permiten un perfecto acoplamiento entre dos placas y así sucesivamente para formar la columna o tallo con número variable de placas; la parte central del pedúnculo es hueca y en ella se alojan órganos vitales. El organismo está protegido por una teca, formada por dos partes el cáliz y el tégmen. El cáliz está constituido por placas calcáreas poligonales o rectangulares.

Las partes desarticuladas de los esqueletos de los crinoideos son extremadamente abundantes como fósiles, globalmente se calcula que al menos en 100 millones. En muchas formaciones estos restos fragmentarios son dominantes componentes de los depósitos y en adición su variabilidad morfológica es ilimitada. La abundancia de este material fósil significa, primero que las poblaciones de muchas clases de crinoideos en las faunas marinas del pasado geológico fueron enormemente grandes y segundo que los tallos de los crinoideos se desarticulaban fácilmente post mortem (Moore y Jeffords, 1968; Hess, *et al.*, 1999). Los crinoideos fueron habitantes de mares someros durante sucesivas épocas y periodos y la historia de la Tierra está testificada por el gran volumen de sus restos fragmentarios sobre todo en el Paleozoico a través de 250 millones de años hasta la gran extinción de finales del Paleozoico con el casi 95 % de la fauna y flora.

Es bien conocido que las características morfológicas de las columnas (tallos) son importantes en la identificación de géneros y especies con valor estratigráfico sobre todo en el Paleozoico.

Estas placas presentan una ornamentación característica que permitió su clasificación a nivel específico. Los rasgos ornamentales consisten en estrías



relativamente salientes llamadas cúlmenes y surcos formados entre los cúlmenes nombrados crenulaciones, en la parte central existe un hueco de tamaño variable de forma circular, pentagonal o petaloidea llamado lúmen a su alrededor puede haber un reborde o perilumen. Entre el lúmen y el crenulario puede presentarse una superficie lisa llamada areola (Buitrón *et al.*, 2010); (Figura 27).

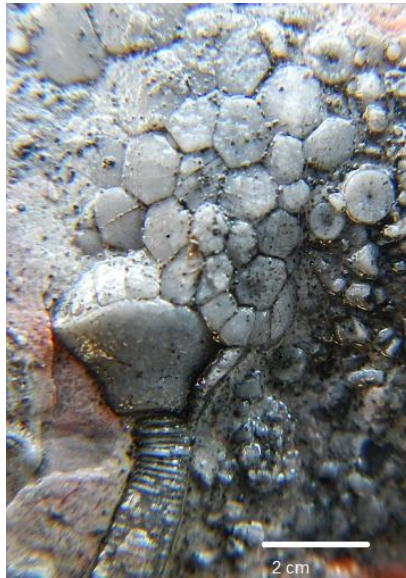


Figura 27. Ejemplar procedente de Sierra Agua Verde en el que se observa la teca y la columna, ambas formadas por numerosas placas.



Figura 28. Encrinita de la localidad.

Los crinoideos procedentes del Atokano de Sierra Agua Verde consisten en numerosas placas articulares y algunos fragmentos de las columnas o tallos con tres o cuatro placas en perfecta condiciones de conservación, que permitieron su identificación, determinación y posterior clasificación. Por ser parte de un individuo y no encontrarse rastros de las tecas se utilizó un método parataxonómico.

#### **SUBCLASE INCIERTA\***

**\*Nota.** Por tratarse de placas aisladas de la columna del crinoideo, no es posible su clasificación en algunas de las subclases establecidas en la sistemática del phylum, pues no se observa la morfología de la teca o corona y cuando se carece de esta información se considera como Clase y Orden "Incierta"

#### **ORDEN INCIERTA {GRUPO PENTAMERI}**

**Diagnosis.** Columnas principalmente caracterizadas por el desarrollo de cinco secciones en la superficie, algunas divididas por suturas longitudinales en

secciones pentagonales, las cuales pueden estar separadas o no, otras presentan la sección transversal pentagonal o subpentagonal (Moore y Jeffords, 1968).

### **Familia Pentacauliscidae Moore y Jeffords, 1968**

**Diagnosis.** Columna heteromórfica con o sin cirros y de sección pentagonal.

Género *Pentaridica* Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Columna heteromórfica, de lados rectos a ampliamente convexos, pentagonales. Faceta articular caracterizada por el contorno pentagonal con areola amplia, crenelas rectas que coinciden con los lados de la faceta, lumen circular moderadamente grande, típicamente con claustro de mediana altura y las placas columnares unidas por yugula estelar. Virgiliano (Pensilvánico Superior) (Figura 29).

*Pentaridica simplicis* Moore y Jeffords, 1968



Figura 29. 4.2X  
*Pentaridica simplicis*

Género *Pentagonopternix* Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Columna pentaestelar conspicua, heteromórfica con placas nodales altas que portan en los lados cicatrices de cinco cirros de forma elíptica. Faceta articular marcada por una estructura estelar de tamaño medio, recta crenulada con

sus extremos alineados interiormente en forma de cinturón curvo y sus terminaciones internas continúan con una areola estelar con el fondo cóncavo liso, lumen circular moderadamente grande; el canal axial conteniendo claustra y yugula. Pensilvánico Superior, Texas, EUA. (Figura 30).

*Pentagonopternix insculptus* Moore y Jeffords, 1968



Figura 30. 10X  
*Pentagonopternix insculptus*

### (GRUPO CYCLICI)

Familia **Cyclomischidae** Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Columna típicamente heteromórfica, pero algunos géneros con aparente columna homeomórfica, caracterizados ampliamente por su faceta articular, esencialmente de crenulario ancho, generalmente con el lumen circular pero en escasos géneros pentalobulado, carecen de areola o perilumen o son insignificantes. Silúrico Medio- Pensilvánico Superior.

Género *Cyclocaudex* Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Columna heteromórfica, de lados rectos o ligeramente convexos, nodales no más anchos que los internodales, comúnmente con cicatrices cirrales. Superficie articular caracterizada por la presencia de un ancho crenulario con

crenelas largas y anchas, areola pequeña o sin ella, presencia de perilumen, lumen típicamente pequeño y circular, pentagonal o ampliamente quinquelobulado. Misisípico Inferior-Pensilvánico Superior Pensilvánico Medio (Desmonesiano). Texas, EUA. (Figura 31).

*Cyclocaudex* sp



Figura 31. 3.2X  
*Cyclocaudex* sp

Género *Mooreanteris* Miller, 1968

**Diagnosis.** Columna homeomórfica, pequeña, lisa, con el diámetro mas ancho que la altura con los lados rectos o convexos con cinco poros espaciados en hileras en la parte media y cicatrices esporádicas del cirrus de forma circular, que en algunos especímenes reemplazan a los poros.

El crenulario es asimétrico a simétrico con cúlmenes rectos, anchos, irregularmente, bifurcados o trifurcados, existen algunos intercalados muy pequeños en el perímetro de la placa, en la proximidad del lumen se engruesan; las crenulaciones son menos anchas que los cúlmenes. Carecen de areola y perilumen. El lumen es pequeño de forma circular a oval y puede o no presentar granulaciones. Pensilvánico Superior- Pérmico Inferior. Pensilvánico Superior, Texas, EUA (Figura 32).

*Mooreanteris waylandensis* Miller, 1968

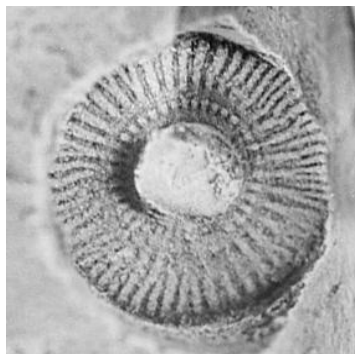


Figura 32. 12X  
*Mooreanteris waylandensis*

Familia Floricyclidae Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Columna heteromórfica, en algunos géneros aparentemente homeomórfica compuesta de placas columnares de lados rectos o convexos, nodales comúnmente cirríferos. La faceta articular con lumen floriforme conspicuo, bordeado por un perilumen denticulado a tuberculado en la mayoría de los géneros de la familia, pero no en todos. Presentan areola, el crenulario ocupa la mitad del diámetro de la superficie y está formado por cúlmenes rectos o ligeramente bifurcados en la periferia de la placa, crenelas menos anchas que los cúlmenes. Misisípico Inferior-Pensilvánico Superior.

Género *Lamprosterigma* Moore y Jeffords, 1968 p. 78

**Diagnosis.** Columna homeomórfica, o débilmente heteromórfica, placas columnares bajas con perfil recto o ampliamente convexo, suturas no crenuladas ni indentadas. La faceta articular caracterizada por un crenulario de cúlmenes rectos o ligeramente bifurcados en la periferia de la placa, crenelas menos anchas que los cúlmenes. Areola pentalobulada que se continúa con un perilumen grande y pentalobulado o ligeramente separado por un perilumen estrecho. Pensilvánico Medio. Kansas, EUA (Figura 33).

*Lamprosterigma mirificum* Moore y Jeffords, 1968



Figura 33. 3X  
*Lamprosterigma mirificum*

**Familia Leptocarphiidae Moore y Jeffords, 1968**

Columna distintivamente heteromórfica gruesa a delgada formada por nodales e internodales con cirros. Faceta articular caracterizada por cúlmenes gruesos y cortos separados por crenelas estrechas, areola lisa estrecha o ancha en algunos géneros ligeramente cóncava, lumen circular pequeño, en algunos géneros con perilumen ancho a poco notable. Pensilvánico Superior-Pérmico Inferior.

Género *Cyclocrista* Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Columna delgada a mediana, noditaxis de cuatro a ocho placas, nodales con uno a tres cirros, lados de la columna con salientes angulosas en la parte media. Faceta articular con crenulario estrecho, costilloso formado por cúlmenes gruesos cortos, crenelas estrechas, areola generalmente algo cóncava con perilumen circular muy ancho, lumen circular y estrecho. Pensilvánico Superior-Pérmico Inferior. (Figura 34).

*Cyclocrista martini* Miller, 1968



Figura 34. 3X  
*Cyclocrista martini*  
Género *Preptopremnum* Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Columna de tamaño medio con cuatro placas nodales y las internodales con cicatrices de cirros, faceta articular estrecha con cúlmenes gruesos, cortos intercalados con crenelas estrechas, ligeramente hundidas. La areola es ancha, ligeramente hundida provista de granuloso, perilumen estrecho y lumen pequeño de contorno circular. Pensilvánico Medio- Superior de Texas. EUA. (Figura 35).

*Preptopremnum rugosum* Moore y Jeffords, 1968



Figura 35. 5X  
*Preptopremnum rugosum*



*Preptopremnum leave* Moore y Jeffords, 1968



Figura 36. 9X  
*Preptopremnum leave*

Género *Heterosteolechus* Miller, 1968

**Diagnosis.** Columna heteromórfica, perfil redondeado, suturas indentadas y crenuladas placas nodales con una o más cicatrices cirrales, de contorno circular, distintivamente más altas que las internodales pero no más anchas. Faceta articular con cúlmenes cortos y gruesos, crenelas estrechas, areola ligeramente cóncava, areola ancha y granulosa, perilumen y lumen circular. Pensilvánico Superior-Pérmico Inferior (Figura 37).

*Heterosteolechus keithi* Moore y Jeffors

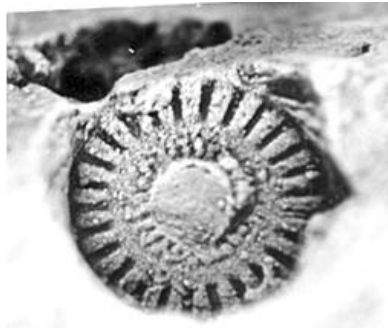


Figura 37. 5 X *Heterosteolechus keithi*

Género *Cycloscapus* Moore y Jeffords, 1968

**Diagnosis.** Faceta articular con cúlmenes gruesos medianamente cortos con crenelas menos gruesas que ellos, areola ancha y hundida, lumen de forma circular y ancho. Pensilvánico Superior. Texas, EUA (Moore y Jeffords, 1968) (Figura 38).

*Cycloscapus laevis* Moore y Jeffords, 1968



Figura 38. 6X  
*Cycloscapus laevis*

## VII. CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS.

La biota fósil procede de las rocas calizas y lutitas de la Formación La Joya, en los afloramientos de cerro La Joya y Agua Caliente, que forman parte de la Sierra Agua Verde, con un espesor aproximadamente de 294 m y de 780 m respectivamente. El contacto inferior se encuentra concordante con la Formación Santiago y el contacto superior por falla con la Formación Tuntunudé.

La base está constituida por calizas fosilíferas, areniscas, lodolitas y lentes arenosos y de pedernal. 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 encuentra un paquete de calizas con intercalaciones de lodolitas calcáreas que en la lodolita hay cristales de cuarzo. Se presenta tanto en las calizas como en las lodolitas corales coloniales, y numerosas placas y columnas de crinoideos, además se observaron restos de conchas de gasterópodos y briozoarios ramosos.

La parte superior está formada por calizas e intercalaciones de lodolitas calcáreas, nódulos y lentes de pedernal. La caliza contiene ejemplares de los géneros de briozoarios *Thamniscos*, del braquiópodo *Neospirifer* y de la esponja coralina *Chaetetes* del Pensilvánico Medio (Figura 39).

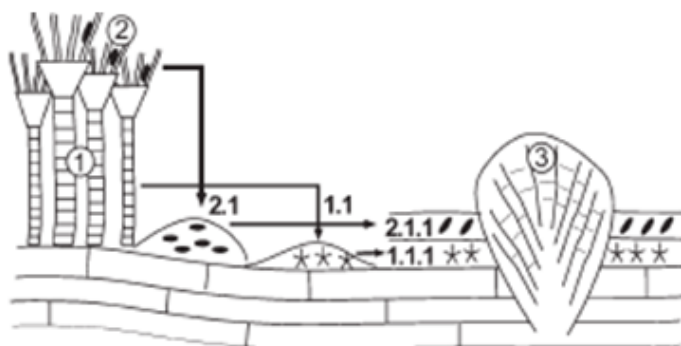


Figura 39. Reconstrucción de los biotopos de crinoideos (1) fusulínidos (2) y Chaetétidos (3).

## VIII. CONSIDERACIONES PALEOGEOGRAFICAS

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

Dos cinturones orogénicos se formaron en las márgenes de Norteamérica, 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 Norteamérica; 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; Pérez-Ramos, 1992).

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 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 representadas por los complejos de subducción y acrecionarios (Miller, *et al.*, 1992).

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*, Ross, 1962, Ross y Ross, 1983).

De acuerdo con Poole y Madrid (1988); Pool y Rivera (1988) Pool *et al.*, (1993, 1995), 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, California y Sonora; la Plataforma al Sur de California-Sonora; la elevación continental de California-Sonora o también denominada como cuenca oceánica marginal.

Anderson and Silver (1979) reportan 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 paleontológico no se han realizado con la profundidad que éstos ameritan, por lo que un análisis más profundo de las secuencias sedimentarias del Paleozoico Superior y su contenido biótico, sobre 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 la región (Miller, *op.cit*, Ross, 1962, Ross y Ross, 1983).

## **PALEOZOICO DE LA REGIÓN CENTRO-ORIENTE.**

En la región centro-oriente se presentan facies sedimentarias, una eminentemente calcárea de plataforma y la otra silíceo-clástica de cuenca. Las secuencias calcáreas presentan afloramientos de rocas cuyas edades varían desde el Cámbrico al Pérmico Temprano.

A partir del año 2000, se ha incrementado el interés por el estudio de la región del centro oriente de sonora, particularmente de la Sierra Agua Verde, Mendoza *et al.* (2004); Buitrón, *et al.*, (2004, 2005).

Las algas, fusulínidos y esponjas del Pensilvánico de Sonora muestran afinidades con la biota de Arizona, Nuevo México, Texas y California, EUA. Una posible conexión entre México y los Urales y/o el Paleo-Tethys fue reportada previamente por Vachard *et al.* (2000a; 2000b; 2000c) y Buitrón *et al.* (2012). El problema geodinámico regional en Sonora resulta más simple debido a que los

conjuntos ("assemblages") son similares tanto en el Cratón Norteamericano como en el Terreno Caborca (González, 1989; Sedlock *et al.*, 1993).

El Cratón Norteamericano estaba separado de Gondwana y Sudamérica por un remanente del Océano Rheico, donde hay algunos terrenos separados tectonoestratigráficamente por plataformas carbonatadas, tal como el Mixteco y Oaxaquia, mientras que algunas cuencas se desarrollaban en las partes intermedias de México (Almazán *et al.*, 2007; Buitrón *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2008) (Figura 40) .

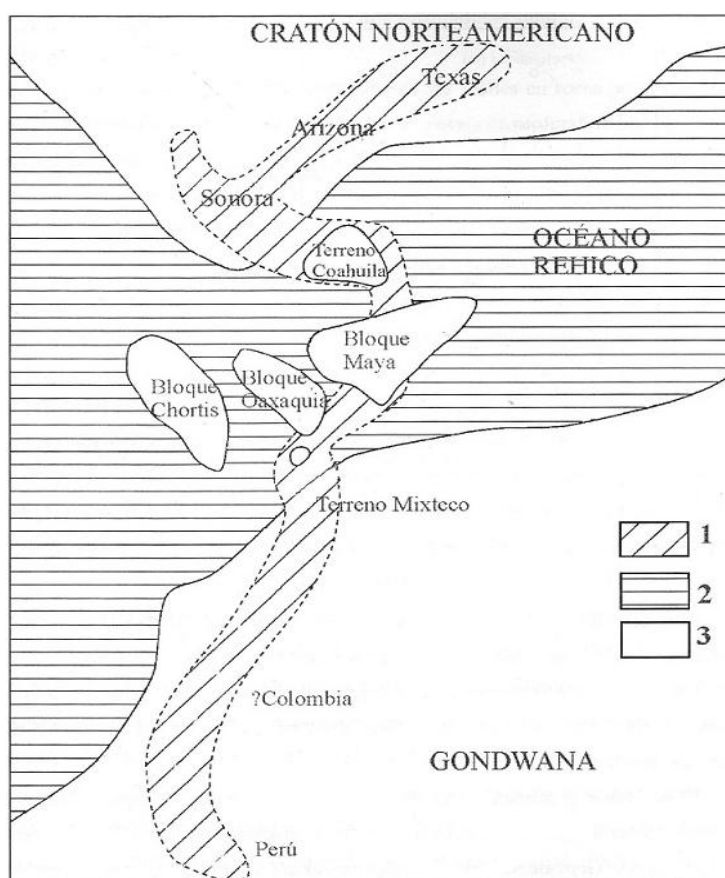


Figura 40. Reconstrucción paleogeográfica donde se muestra la conexión entre Sonora, el cratón norteamericano (Arizona, Texas) y el dominio sudamericano a través de diferentes terrenos mexicanos: Coahuila, Maya, Oaxaquia y Mixteco. 1 plataformas carbonatadas, 2 cuencas de flysch, 3 islas y continentes (Gómez *et al.*, 2008).

## IX. CONCLUSIONES

Los afloramientos del Paleozoico marino en México son escasos en relación a la extensión territorial, debido a que fue cubierto en gran parte por una gruesa secuencia de sedimentos mesozoicos y cenozoicos. Sin embargo, existen localidades de rocas marinas, sedimentarias del Carbonífero que contienen fósiles, estas localidades con crinoideos del Carbonífero (Misisípico y Pensilvánico). En México, se encuentran en la región norte del país en los Estados de Sonora y Tamaulipas, en la porción central en los Estados de Hidalgo y Puebla y en la zona sur en los Estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

La biota identificada para la Formación La Joya corresponde a algas de los géneros: *Eugonophylum* y *Komia*; foraminíferos-fusulínidos de las especies: *Pseudostaffella* sp, *Eoshubertella texana*, *Fusulinella llanoensis*, *Zellerella* sp. ; esponjas coralinas del género *Chaetetes*; corales coloniales como *Syringopora* y solitarios como *Lophophyllidium* sp.: briozoarios ramosos del género *Thamniscus*.

Los braquiópodos están representados por las especies: *Cleiothyridina* sp, *Punctospirifer* sp, *Anthracospirifer* sp, y *Antiquatonia coloradoensis*; dos géneros de gasterópodos se identificaron con *Eumphalus*, y *Donaldina*. Los crinoideos están ampliamente representados por numerosas columnas y placas articulares de los géneros *Pentaridica*, *Pentagonopternix*, *Cyclocaudex*, *Mooreanteris*, *Lamprosterigma*, *Lamprosterigma*, *Cyclocrista*, *Preptopremnum*, *Preptopremnum*, *Heterosteleschus* y *Cycloscapus*. Su posición estratigráfica exacta se muestra en la columna estratigráfica (Figuras 7 y 8).

Con este estudio se corrobora la edad de las capas que contiene a la biota de Sierra Agua Verde, Sonora, en relación a que son índices estratigráficos en localidades de Kansas, Colorado y Texas en Estados Unidos de Norteamérica. Se demuestra que la edad de los estratos sonorenses corresponde al Atokano, piso del Pensilvánico Superior, con una antigüedad de 311 millones de años.

Los ejemplares de las especies que conforman a la biota se encontraron en afloramientos cuyo depósito ocurrió cercano a la costa, interpretado por la presencia de organismos diagnósticos de agua somera, marina normal y cálida.



## X. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Almazán, V. E.** 1989. El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi del Estado de Sonora. UNAM. Instituto de Geología, Revista no. 8, p. 58-66.
- Almazán-Vázquez, E., Buitrón-Sánchez, B. E, Vachard, D., Mendoza-Madera, C. and Gómez-Espinosa C.,** 2007. The late Atokan (Moscovian, Pennsylvanian) chaetetid accumulations of Sierra Agua Verde, Sonora (NW Mexico), composition, facies and paleoenvironmental signals. *In:* Álvaro, J.J., Aretz M., Boulvain, F., Munnecke, A., Vachard, D. and Vennin, E. (eds) Paleozoic Reefs and Bioaccumulations: Climatic and Evolutionary Controls. Geological Society, London, Special Publications, 275, 189-200.
- Anderson, T. and Silver, L.** 1979. The role of the Mojave Sonora Megaseam in the tectonic evolution of Northern Sonora. GSA. Annual Meeting Guide book trip 27, p. 59-68.
- Arellano-Gil, J., Vachard, D., Yussim, S. y Flores de Dios, A.** 1998. Aspectos Estratigráficos, Estructurales y Paleogeográficos del Pérmico Inferior al Jurásico Inferior en Pemuxco, Estado de Hidalgo, México. Revista mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 15, núm. 1, p. 9-13.
- Buitrón B.E.,** 1977. Invertebrados (Crinoidea y Bivalvia) del Pensilvánico de Chiapas. UNAM, Inst. Geología Revista, vol. 1, Núm. 2, p. 144-150
- Buitrón B. E., Patiño, J., y Moreno A.,** 1987. Crinoides del Paleozoico Tardío (Pensilvánico) de Calnali, Hidalgo. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, vol. 1, núm. 1, p. 125-136.
- Buitrón B. E., Arellano, J. y Flores de Dios, A.,** 1998. Crinoides del Pensilvánico del Cañón de la Peregrina, Estado de Tamaulipas, México. 1ª Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, 21 al 25 de septiembre 184 p.

- Buitrón, B. E., Almazán, V. E., Ochoa, G. A. y Vachard D.**, 2003 a *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.**, 2003.b Crinoides del Pérmico Temprano del Cerro Los Monos, Caborca, Sonora. Semana Cultural de Geología XXVIII Aniversario Resúmenes, p. 15-16.
- Buitrón, B.E. Almazán, V. E. y Vachard, D**, 2004, Benthic invertebrates, of Carboniferous-Permian age, from Sonora: Their paleogeographic implications. 32 nd. International Geological Congress, Florencia, Italia, 20 al 28 de agosto de 2004, p. 202.
- Buitrón, B. E., Almazán, V. E., Vachard, D. Gómez, 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, Época II, vol. 25, no. 1, 338 p.
- Buitrón, B. E., Almazán, V. E., Vachard D., Gómez E. C.** 2006. Carboniferous Crinoids from México and their biogeographic significance. Kölner Forum für Geologie und Paläontologie Carboniferous Conference Cologne Program and Abstracts p. 16
- Buitrón-Sánchez, B., Gómez-Espinosa, C, Almazán-Vázquez, E y Vachard, D.** 2007. A late Atokan regional encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora State, NW Mexico. *in*: Álvaro, J. J., Aretz, M., Boulvain, F., Munnecke, A., Vachard, D. and Vennin, E. (eds) Paleozoic Reefs and Bioaccumulations: Climatic and Evolutionary Controls. Geological Society, London, Special Publications, 275, 201-209.
- Buitrón, B. E., Almazán-Vázquez, E. y Gómez Espinosa, C.** Paleontología General. Invertebrados. Editorial Facultad de Ingeniería , UNAM, México, Segunda Edición, 2010, 317 p. ISBN 978-607-02-1356-4

- Buitrón- Sánchez, B., Vachard, D., Almazán-Vázquez, E., Palafox, J.,** 2012  
Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v 29, núm 1, 39-62 p.
- Cooper, G. Arellano, A. and Johnson, J.** 1952. Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, NW, Sonora. Smithsonian Misc. Coll 119, p. 1-35.
- Cooper, G. Arellano, A., Stoyanov, A. and Lochman, C.,** 1952. Cambrian Stratigraphy near Caborca. Son. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología., Boletín 58, p. 259.
- Cooper G.A. Dunbar C.O., Duncan, H, Miller, A.K., and Knigh., J. B.,** 1953. Permian fauna at El Antimonio, Western Sonora, Mexico. Smithsonian Miscellaneous Collections, vo. 119, no. 2, p. 1-111.
- Darrah, W. C.** 1960. Principles of Paleobotay. The Ronald Press Company. New York, 295 p.
- Debrenne, F.** 1987. Archaeocyatha from México. GEOBIOS 20, p. 267-273.
- Debrenne, F. Gandin A., and Rowland, S.** 1989. Lower Cambrian Bioconstruction in NW, Sonora. GEOBIOS 22, p. 137-195.
- Dickinson, W.,** 1981. Plate tectonic evolution of the southern Cordillera Arizona. G. S. Digest, v. 14, p. 113-135.
- Esquivel-Macías C. Ausich, W.I., Buitrón, B.E. and Flores de Dios, A.** 2000, Pennsylvanian and Mississippian pluricolumnal assemblages (Class Crinoidea) from Southern Mexico and new occurrence of a column with a tetralobate lumen. Journal of Paleontology vol 74, no. 6, p. 1187-1190.
- (García, E.,** 1973. MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE KOPPEN (para adaptarlo a las condiciones de la republica Mexicana)., Univ. Nal. Autón. México, Instituto de Geografía, 243 p.)

- Gómez Espinosa, C., Vachard, D, Buitrón-Sánchez, B.E., Almazán- Vázquez, E. and Mendoza-Madera, C.,** 2008. Pennsylvanian fusulinids and calcareous algae from Sonora (northwestern Mexico).
- Gómez-Espinosa,** 2010, Análisis tafonómico y taxonomía del macrobentos calcárea del Paleozoico tardío de Sierra Agua Verde, Noroeste de Sonora, México, tesis profesional. 141p.
- Gómez- Rosales, D,** 2008, Bioacumulaciones de Chaetetés del Pensilvanico de Atokano de Agua Sierra Verde. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis profesional, 52 p.
- 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, noroeste de Sonora, UNAM, Inst. Geología, Revista, vol. 6, núm. 2, p. 117-135.
- González León, C.** 1989. Evolución de terrenos mesozoicos en el noroeste de México, Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora 6, 39-54.
- Hess, H, Ausich, W.I. Brett C.E., & Simms, M.J.** 1999. Fossil Crinoids. Cambridge University Press, 275 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI)** 1985, Síntesis de Información Geográfica del Estado de Sonora. Secretaría de Programación y Presupuesto. México 87p.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI)** 1999, Carta Fisiográfica. Hoja Madera H-129, Escala 1:1000 000.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI)** 1999, Carta Topográfica. San José Batúc H12D44, Escala 1:1000 000.

- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI)** 1999, Carta Geológica. Hoja Madera H-129, Escala 1:250 000.
- King, R.** 1939. Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental, México. GSA, Bull 50, p. 1623-1722.
- King, R.,** 1940. Paleozoic Stratigraphic of Mexico. VIII Amer. Sci. Congr. Washington, 4, p. 109-119.
- Konishi, K., Wray, J.,** 1961, *Eugonophyllum, a new Pennsylvanian and Permian Algal Genus*, Journal of Paleontology, v 35, núm 4, 659-665 p.
- Loeblich, A. R. y H Tappan,** 1956. *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C., protista 2. Sarcodina Chiefly Tecamoebians and Foraminiderida*, vol. 1, Moore, R. C. (ed) The Geological Society of America and the University of Kansas Press: 510 pp.
- 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.
- Maloney, M. M., R. D. Hoare y Sturgeon, M. T.,** 1988, Pennsylvanian Paleotextulariid Foraminifer from the Appalachian Basin, Journal of Paleontology, 62: 724-730 p.
- Mendoza Madera, C., Almazán-Vázquez, E., Buitrón, 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, División de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología, Resúmenes p. 9

- Miller, E.**, 1968. *Mooreanteris waylandensis* Miller, new species. In R. C Moore and R. M: Jeffords. Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts and their columns. University of Kansas, Paleontological contribution. Echinodermata, Article 9, 86 p.
- Miller, and M., Stevens, C.** 1992. Late Paleozoic Paleogeography and tectonic evolution of the Western USA Cordillera. GSA, v. G-3, p. 57-105.
- 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.
- Moore R.C.** (editor) 1967. Treatise on Invertebrate Paleontology. Echinodermata 1.1, 1-2. Sociedad Geológica Americana y Universidad de Kansas p. 1-650.
- Moore R. C and Jeffords R.**, 1968. Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts and their columns. University of Kansas, Paleontological contribution. Echinodermata, Article 9, 86 p.
- Noll, J.H.** 1981. Geology of the Picacho Colorado area, Northern Sierra de Cobachi, Central Sonora, México. Thesis of Northern Arizona University 165p.
- Ochoa Camarillo, A y Sosa León, P.** 1993. Geología y estratigrafía de la Sierra Agua Verde, con énfasis en el Paleozoico. Universidad de Sonora. Departamento de Geología, tesis de Licenciatura. 44p.
- O., J., JC., S.**, 2012. Reconocimiento geológico paleontológico en la Sierra Agua Verde, sección Agua Caliente. 15 p. (informe inédito).
- Peiffer, R., Echevarría, A. Salas, G. and Rangin, C.** 1980. Sur la presence de l' Ordovicien superieur a graptolites dans le nord-ouest du Mexique. CRA, Sci Paris 290, p. 13-16.

- Peiffer F.** 1988. Biostratigrafic Study of Paleozoic rocks of Northeastern and Central Sonora, Francia, 80p. Inédita.
- Pérez-Ramos, O.** 1992. Permian biostratigraphy and correlation between southeast Arizona and Sonora. Boletín del Departamento de Geología de la Universidad d Sonora v.9, núm. 2, 1-74 p.
- Pérez-Ramos, O.** 2002. Permian fusulinids from Cobachi, central Sonora, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v.19, núm.1, p. 25-37.
- Poole, F., Berry, W and Madrid, R.,** 1993. Allochthonous Ordovician eugeosinclinal rocks on Turner Islan. Eastern Gulf of California and their paleotectonic significance. GSA, 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.
- Poole, 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.
- Poole, F. Stewart, J., y Amaya, R.,** 1995. Ordovician carbonate shelf rocks of Sonora. Ordovician. Odissey, p. 280-284.
- Ross, C. A.,** 1962, Fusulinids from the Leonard Formation (Permian) western Glass Mountains, Texas. Contributions Cushman foundation foraminiferal research, vol. 13, p. 1-21.
- Ross, C. A. and Ross, J. R. P.,** 1983, Late Paleozoic accreted terranes of western North America, *in* Stevens, C. H., ed., Pre Jurassic rocks in western North America suspect terranes: Society Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, P. 7-22.

- Sedlock, R. L., Ortega-Gutiérrez, F and Speed, R. C,** 1993. Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. Special paper 278. 153p.
- Skinner, J. W. and Wilde, G. L.** 1954. New early Pennsylvanian fusulinids from Texas, *Journal of Paleontology*, 28, 796-803.
- Stewart, W.** 1983. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge University Press, 1983, 405 p.
- Stewart, J.** 1982. Regional relation of Proterozoic and Lower Cambrian rocks in the Western USA and northern Mexico. *GSA Ann. Meeting* p. 171-186.
- Stewart, J. McMenamin, M. A. S., Morales-Ramírez, J.M,** 1984. Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, México. Physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies and regional relations. U. S. Geological Survey Professional Paper 1309p.
- Stewart, J., Madrid, R. J., Poole, F. G. y K. B. Kernet,** 1988, Studies of Late Proterozoic, Paleozoic, and Triassic rock in Sonora, Mexico (abstract), in Almazán-Vázquez, E. y M. A. Fernández-Aguirre (eds) resúmenes, segundo simposio sobre geología y Minería de Sonora: hermosillo, Sonora, México, Instituto de Geología, UNAM: 60-62.
- Stewart, J., Poole, F., Roldán, J.,** 1990. Tectonic and stratigraphy of the Paleozoic and Triassic southern margin of North America, Sonora, México. *Arizona Geol. Survey, Special Paper 7*, p. 183-202.
- Stewart, J., Poole, F. G., Harris, A. G., Repetski, J. E., Wardlaw, B. R., Mamet, B. L. y J. M. Morales-Ramírez,** 1999, Neoproterozoic (?) to Pennsylvanian inner-shelf, miogeoclinal strata in Sierra Agua Verde, Sonora, México, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 16 (1): 35-62.
- Stewart, J. and Poole, F.G,** 2002. Inventory of Neoproterozoic and Paleozoic strata in Sonora, México. U.S. Geological Survey Open file Report 02-



- Taylor, N., Taylor, E. L., Krings, M.** 2009. PALEOBOTANY. The Biology and Evolution of Fossil Plants, 1230 p.
- Vachard, D., Flores de Dios, A., Buitrón, B. E., M. Grajales- Nishimura,** Biostratigraphie par fusulines des calcaires carbonifères et permians de San Salvador Patlanoaya (Puebla, Mexique), *Geobios* 33 (1) (2000) 5–33.
- Vachard, D., Vidaurre-Lemus, M., Fourcade, E., Requena, J.,** New Early Permian fusulinid assemblage from Guatemala, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. Ila* 33 (1) (2000) 789–796.
- Vachard, D., Flores de Dios, A., Pantoja, J., Buitrón, B., Arellano J., Grajales M.,** Les fusulines du Mexique, une revue biostratigraphique et paléogéographique, *Geobios* 33 (6) (2000) 655–679.
- Vega, G. R. y Araux, S. E.,** 1985, Geología y yacimientos minerales de la Sierra de la Campaneira Municipio. de Bacanora, Sonora Central. UNISON, Tesis Profesional, 167 p.
- Verviller, G. J. y Sanderson G. A.,** 1988, Early Atokan fusulinids from the Lower Antler Overlap Sequence, Lander and Humboldt Counties, Nevada, *Journal of Paleontology*, 62: 520-529 p.
- Wilde, G.L.,** Pennsylvanian-Permian fusulinaceans of the Big Hatchet Mountains, New Mexico, *New Mex. Mus. Nat. Hist. Sci.* 38 (2006) 1-311.