



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**LOS FUSULÍNIDOS (FUSULINA-FUSULINACEA) DEL  
PENSILVÁNICO DE CERROS EL TULE, SIERRA LAS  
MESTEÑAS Y SIERRA AGUA VERDE, SONORA,  
CONSIDERACIONES PALEOGEOGRÁFICAS Y  
PALEOECOLÓGICAS.**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**INGENIERO GEÓLOGO**

**P R E S E N T A**

**ALBERTO ALANIS PAVÓN**

**DIRECTORA DE TESIS**

**Dra. BLANCA ESTELA MARGARITA BUITRÓN SÁNCHEZ**



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

*“Todos quieren cambiar el mundo,  
pero nadie piensa en cambiarse a sí mismos.”*

León Tolstói

## **RECONOCIMIENTOS**

La presente investigación se realizó en el marco de los Proyectos CONACYT Núm. 165826 y UNAM, DGAPA-PAPIIT No. IN105012, CONACYT No. 165826.

El autor reconoce a la directora Dra. Elena Centeno, el haberle permitido desarrollar el trabajo de tesis en las instalaciones del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México en el Departamento de Paleontología.

Mi respeto, admiración y agradecimiento a la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez del Departamento de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM, quien propuso el tema de estudio y dirigió la investigación de la tesis.

Gracias a los investigadores Dr. Emilio Almazán Vázquez y Dr. Juan José Palafox Reyes, del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, quien asesoraron en el trabajo de campo.

Agradezco a los sinodales Dra. Silvia Rivera Olmos, M. en C. Emiliano Campos Madrigal, M. en C. Noé Piña Santillán y Dra. Dalia del Carmen Ortiz Zamora, cuyas sugerencias enriquecieron dicho trabajo.

## **DEDICATORIA**

Quiero agradecer a la UNAM por haberme brindado tantas oportunidades durante mi camino por sus instalaciones.

A mi familia por apoyarme y dejar tomar mis propias decisiones para así forjar mi propio camino del cual estoy seguro que voy por la dirección correcta.

A mis profesores que durante la carrera me proporcionaron conocimiento pero lo más importante para mí, fue el haberme inspirado para desear cumplir mis metas, las cuales estoy comenzando a realizarlas.

Para mis amigos, compañeros y conocidos que me han acompañado , me han visto cambiar en todos los aspectos y etapas de mi vida, gracias por estar siempre presente.

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.2</b>
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 Localización geográfica .....	4
1.2.1 Los Cerros el Tule.....	4
1.2.2 La Sierra Las Mesteñas .....	5
1.2.3 La Sierra Agua Verde.....	5
1.3 Vías de comunicación .....	5
1.3.1 Los Cerros el Tule.....	5
1.3.2 Sierra Las Mesteñas .....	5
1.3.3 Sierra Agua Verde.....	5
1.4 Población.....	6
1.5 Fisiografía .....	6
1.6 Hidrología .....	8
1.6.1 Cerros el Tule.....	8
1.6.2 Sierra Las Mesteñas .....	8
1.6.3 Sierra Agua Verde.....	8
1.7 Objetivos .....	8
1.7.1 Generales.....	8
1.7.2 Particulares.....	9
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	10
2.1 Actividades de campo .....	10
2.2 Trabajo de Gabinete .....	10
2.3 Trabajo de Laboratorio.....	10
CAPÍTULO III. MARCO GEOLÓGICO .....	11
3.1 Geología General.....	11
3.2 Cerros El Tule .....	15
3.3 Sierras Las Mesteñas.....	18
3.4 Sierra Agua Verde.....	21
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	25
4.1 Cerros El Tule .....	34
4.2 Sierras Las Mesteñas.....	36
4.3 Sierra Agua Verde.....	37
CAPÍTULO V. CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS.....	40
CAPÍTULO VI. CONSIDERACIONES PALEOGEOGRÁFICAS.....	43
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES. ....	48
GLOSARIO.....	49
ANEXOS.....	51
BIBLIOGRAFÍA .....	55

# RESUMEN

En el Estado de Sonora que se localiza al NW de México, se encuentran afloramientos fosilíferos del Pensilvánico en los Cerros El Tule, Sierra Las Mesteñas y Sierra Agua Verde, que corresponden a secuencias sedimentarias de rocas carbonatadas, en su mayoría calizas y lutitas con un contenido biótico abundante y diverso, entre éste, los fusulínidos que son considerados índices stratigráficos. *Triticites*, *Wedekindellina*, *Eoschubertella*, *Fusulinella*, *Fusulina*, *Millerella*, y *Pseudostaffella*, géneros de fusulínidos que tienen afinidad con los descritos para Norte América y Sudamérica. Las especies *Fusulinella famula* Thompson 1948, *Eoschubertella texana* Thompson 1947 y *Pseudostaffella atokaensis* indican que el depósito ocurrió durante el Atokano tardío (Pensilvánico).

La asociación biótica de las localidades Cerros El Tule, Sierra Las Mesteñas Sierra Agua Verde, está conformada, además de los fusulínidos, por otros invertebrados entre ellos crinoides de las especies *Heterostelechus keithi*, *Preptopremnum rugosum*, braquiópodos de los géneros *Cleiothyridina* y *Antiquatonia*, corales coloniales (*Syringopora*), esponjas coralinas (*Chaetetes*), y algas filoides del género *Komia* y *Eugonophyllum*, que indican se desarrollaron en un ambiente característico de plataforma carbonatada de aguas tropicales someras.

# ABSTRACT

In the state of Sonora, that is located in the NW of Mexico, there are Pennsylvanian fossiliferous outcrops in the Cerros El Tule, Sierra Las Mesteñas, and Sierra Agua Verde, which correspond to sedimentary sequences of carbonate rocks, mostly limestones and shales with abundant and diverse biotic content among them, the fusulinids that are considered stratigraphic indexes. *Triticites*, *Wedekindellina*, *Eoschubertella*, *Fusulinella*, *Fusulina*, *Millerella*, and *Pseudostaffella* are fusulinid genera with affinity with those described for North America and South America. The species *Fusulinella famula* Thompson 1948, *Eoschubertella texana* Thompson 1947 and *Pseudostaffella atokaensis* indicate that the deposit occurred during late Atokano (Pennsylvanian).

Besides of the fusulinids, the biotic association of Cerros El Tule, Sierra Las Mesteñas, and Sierra Agua Verde, is composed of other invertebrates including crinoids of the species *Heterostelechus keithi* and *Preptopremnum rugosum*, brachiopods of the genus *Cleiothyridine* and *Antiquatonia*, colonial corals (*Syringopora*), coralline sponges (*Chaetetes*), and phylloid algae of the genus *Komia* and *Eugonophyllum*, which indicate they developed in an environment characteristic of a carbonated platform of shallow tropical waters.



# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los continentes y mares han estado sujetos a grandes cambios en su posición, forma y características fisicoquímicas, cambios que se originaron por la dinámica de las placas tectónicas (Hallam y Audley, 1988) En este marco 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 541 y 252 millones de años aproximadamente y contienen una variada y diversa biota como algas, foraminíferos (fusulínidos), corales, briozoarios, braquiópodos, moluscos, trilobites y crinoides.

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, lo que también, permitirá reconstruir las características paleogeográficas y paleoecológicas que hubo en ese tiempo. Estas consideraciones básicas tienen aplicaciones en la reconstrucción global de las placas tectónicas y en la evaluación y predicción de yacimientos minerales (Buitrón, 1992).

Las investigaciones sobre el Paleozoico de Sonora son relativamente escasas y entre ellas, se cuenta con el trabajo de Aguilera (1896) sobre la sinopsis de la geología de México; Stewart (1982) correlacionó algunas unidades del Paleozoico Inferior del estado con otras unidades de los Estados Unidos de América. Cooper y Arellano (1946) y Cooper *et al.* (1952) describieron rocas del Cámbrico-Pérmico. Fries (1962) publicó sobre la geología de Sonora y analizó algunos eventos tectónicos ocurridos durante el Paleozoico. Almazán-Vázquez (1989) estudió el Cámbrico- Ordovícico de Arivechi del Estado de Sonora

El Pensilvánico de Sonora tiene una edad comprendida entre 359 a 252 Ma y cuenta con la presencia de algas filoides, foraminíferos-fusulínidos, corales, briozoarios, braquiópodos y crinoides. Particularmente, las investigaciones son escasas, Stewart *et al.*, (1988, 1990, 1999), Buitrón *et al.*, (2003, 2004, 2005, 2007), Mendoza *et al.*, (2004) y Almazán *et al.*, (2007) quien hace referencia que los afloramientos localizados en Sierra Agua Verde, Sonora son de una edad Atokano Tardío (Moscoviano, Pensilvánico Medio) y revelan una fuerte afinidad con algunas regiones de EUA.



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).

La información sobre el Pérmico en México fue iniciada por Pérez-Ramos (1992) quien estableció la similitud entre las faunas del Pérmico de Sonora y de Arizona, EUA y por Pérez-Ramos y Nestell (2002) que estudiaron el área de Cobachi y determinaron que las especies de fusulínidos, tienen cierta correlación con las reportadas para California, Texas, EUA, el sureste de México y Sudamérica. Igualmente, Gastil *et al.* (1973) reportó fusulínidos del Leonardiano Inferior de Baja California.

Los fusulínidos corresponden a un grupo de microorganismos extintos que tienen un papel significativo para las investigaciones del Pensilvánico, estos afloramientos se pueden encontrar en los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Coahuila, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Guerrero, Chiapas y Oaxaca (Gío-Argáez y Rodríguez-Arévalo, 2003).

## **1.2 Localización geográfica**

El Estado de Sonora se encuentra ubicado al noroeste de México, delimitado al norte por los Estados Unidos de América, al este por el Estado de Chihuahua, al sur por el Estado de Sinaloa y al oeste por el Golfo de California y el Estado de Baja California. Se localiza geográficamente entre los paralelos 32°29' y 26°17' de latitud norte y entre los meridianos 108°25' y 115°03' de longitud oeste.

Se estudiaron tres localidades fosilíferas del Estado de Sonora que incluyeron a los Cerros el Tule, La Sierra Las Mesteñas y la Sierra Agua Verde (Figura 1).

### **1.2.1 Los Cerros el Tule**

Se localizan entre las coordenadas geográficas 31°15' y 31°19' de Latitud Norte y entre los 110°15' y 110°25' Longitud Oeste, cercano al rancho El Tule que se ubica a 35km NNE del poblado de Cananea, dentro de la región centro-norte de Sonora.

### **1.2.2 La Sierra Las Mesteñas**

Se encuentra dentro de las coordenadas 30° 58' y 31° 5' Latitud Norte y entre los 109° 45' y 108° 52' Longitud Oeste, aproximadamente a 45 km al suroeste de la ciudad de Agua Prieta, se localiza en el noreste del estado.

### **1.2.3 La Sierra Agua Verde**

Está enmarcada por las coordenadas 29° 17' y 29° 08' de Latitud Norte y entre los 109° 56' y 109° 47' Longitud Oeste, a 110 km al este de la ciudad de Hermosillo.

## **1.3 Vías de comunicación**

Para acceder a las localidades se utilizaron las siguientes rutas:

### **1.3.1 Los Cerros el Tule**

Para llegar a los afloramientos paleozoicos de los cerros El Tule, a partir del poblado de Cananea; se sigue por la carretera federal no. 2 y en la población Agua Prieta se recorren 45 km de terracería.

### **1.3.2 Sierra Las Mesteñas**

Se puede acceder mediante la carretera federal México-Nogales hasta la población de Cananea-Agua Prieta, siguiendo un camino de 86 km, posteriormente se desvía a un camino de terracería Agua Prieta- Nacozari hasta el kilómetro 30.8 y se sigue una desviación que conduce al afloramiento.

### **1.3.3 Sierra Agua Verde**

Se toma la ruta principal que corresponde a la carretera estatal que comunica a la ciudad de Hermosillo con los poblados de Mazatán y Villa Pesqueira; a partir de este punto se sigue el camino de terracería hacia el pueblo San Pedro de la Cueva.

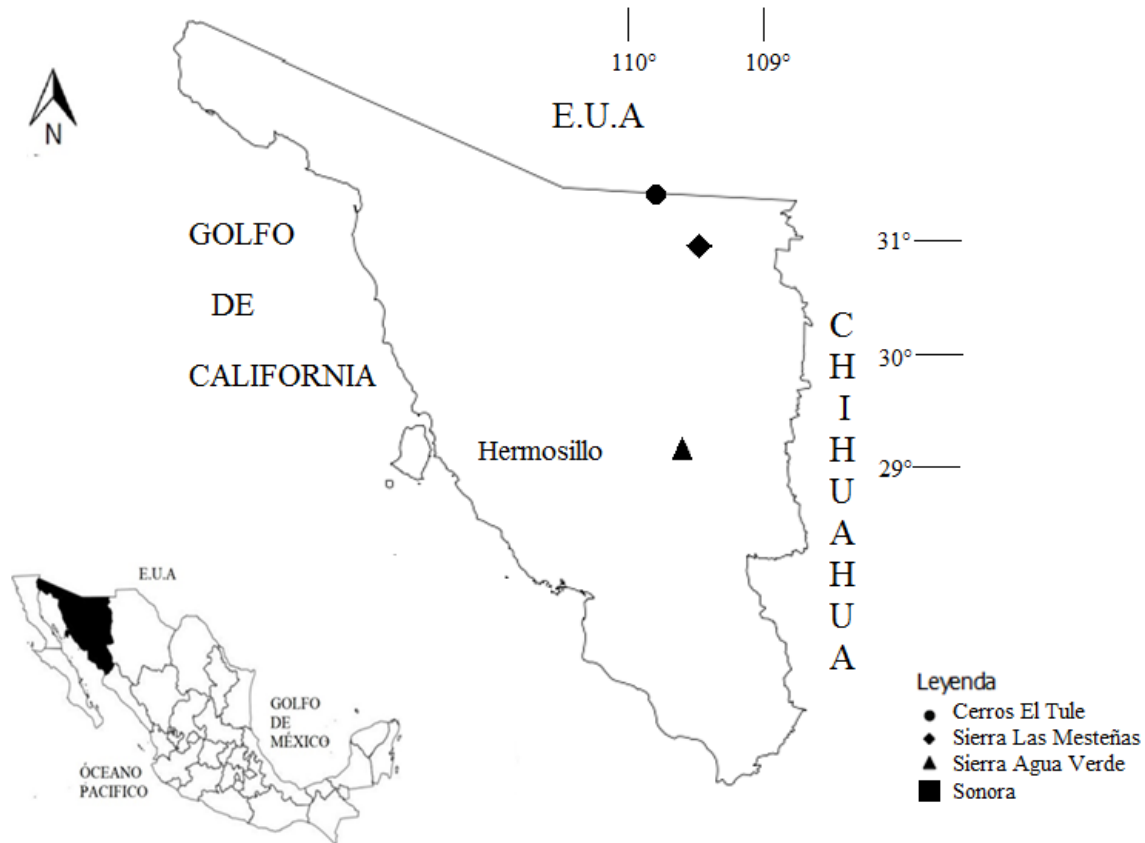


Figura 1. Mapa de localización de área de estudio.

## 1.4 Población

El Estado de Sonora representa el 9.2% de la superficie del país. Para el Censo de Población y Vivienda del 2010 el INEGI se registró un total de 2 662 480 personas dentro de este territorio. Distribuidos en el área de estudio con los municipios más cercanos Cananea con 32 936, Agua Prieta con 79 138 y Hermosillo con 784 342 habitantes. Así el 2.37% del total de población de México se encuentra residiendo en dicho Estado (INEGI, 2010).

## 1.5 Fisiografía

El territorio del estado de Sonora está comprendido dentro de cuatro provincias fisiográficas, la Provincia de la Sierra Madre Occidental, la Provincia de Llanuras

Sonorenses, la Provincia Sierras y Llanuras del Norte y la Provincia Llanura Costera del Pacifico (Figura 2).

Los Cerros el Tule y la Sierra Las Mesteñas se encuentran dentro de Provincia Sierras y Llanuras del Norte y particularmente en la Subprovincia Llanuras y Médanos del Norte. La subprovincia tiene una superficie de 7 316.07 km<sup>2</sup>, ubicándose en los municipios de Nogales, Santa Cruz, Imuris, Cananea, Naco, Fronteras, Agua Prieta y Bavispe. Caracterizada por una litología sedimentaria, aunque se pueden encontrar algunos afloramientos ígneos intrusivos.

La Sierra Agua Verde se sitúa en la provincia Sierra Madre Occidental y en la Subprovincia Sierras y Valles del Norte. El área de esta subprovincia es de 32 688.84 km<sup>2</sup>. Es una franja con orientación N-S, en la cual se encuentran presentes sierras alargadas con alturas que varían de 600 a 2 600 msnm aproximadamente.

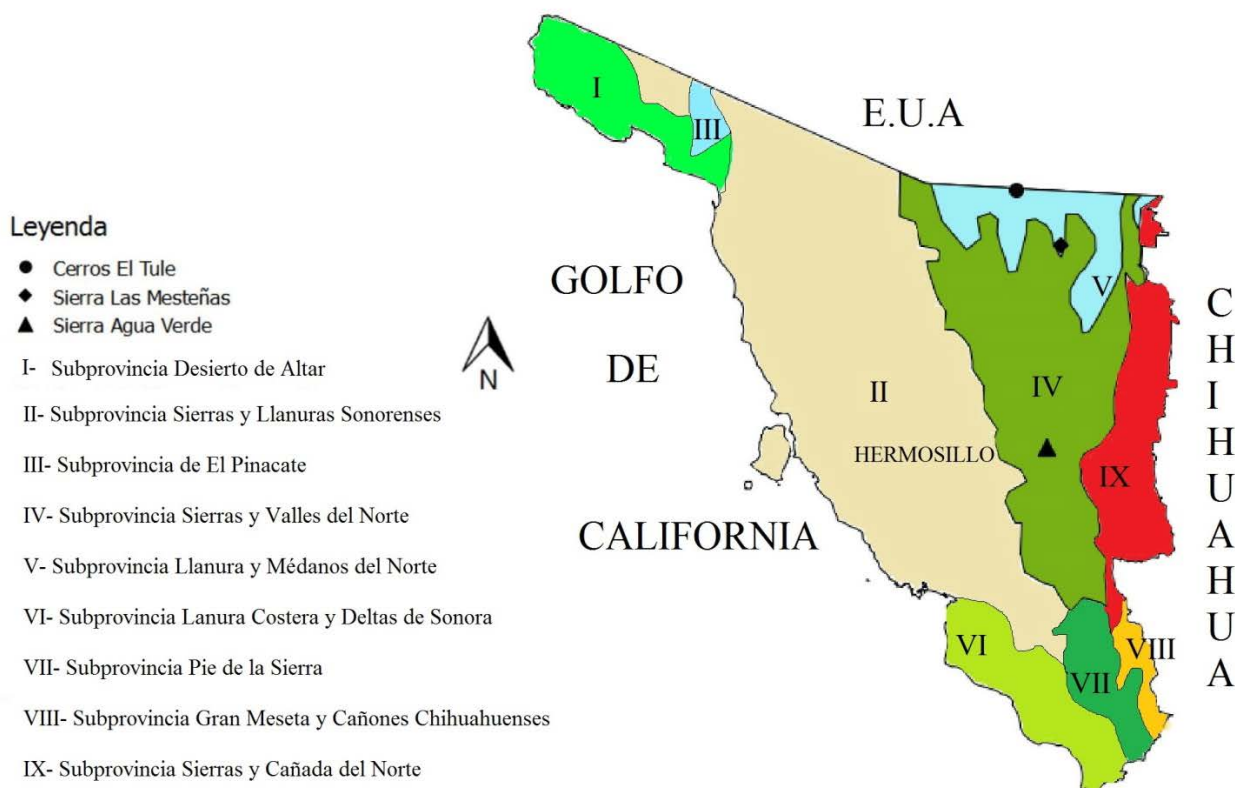


Figura 2. Provincias fisiográficas de Sonora (Modificado de Raisz, 1964).

## **1.6 Hidrología**

El agua superficial del estado de Sonora está comprendida dentro de las regiones hidrológicas: 7, Río Colorado; 8, Sonora Norte; 9, Sonora Sur; 10, Sinaloa y 34, Cuencas Cerradas del Norte (INEGI, 1993).

### **1.6.1 Cerros el Tule**

Pertencen a la región hidrológica 8, Sonora Norte, la cual se encuentra ubicada al noroeste del país y colinda con el suroeste de Estados Unidos de América, tiene una superficie en el territorio nacional de 54 857 km<sup>2</sup> localizados todos ellos en Sonora. En esta región hidrológica se encuentran las cuencas Río San Ignacio y Otros, Río Concepción- Arroyo Cócospa y Desierto de Altar- Río Bámori. Esta última cuenca tiene una superficie de 21 126 km<sup>2</sup>. Los principales usos del agua superficial en esta parte del estado son el agrícola, doméstico y pecuario.

### **1.6.2 Sierra Las Mesteñas**

Se enmarca en la región hidrológica 9, Sonora Sur, tiene una superficie de 137 504 km<sup>2</sup> en los estados de Sonora y Chihuahua. Está conformada por las cuencas Río Mayo, Río Yaqui, Río Mátape, Río Sonora y Río Bacoachi. La cuenca Río Yaqui tiene una orientación norte sur con un área de 57 739 km<sup>2</sup>. La corriente superficial más importante es el río Yaqui.

### **1.6.3 Sierra Agua Verde**

La cual pertenece a la cuenca Río Sonora que se sitúa en la porción centro-septentrional de Sonora. Tiene una extensión de 26 010 km<sup>2</sup>. El uso principal del agua es el agrícola, doméstico, industrial, pecuario y recreativo.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Generales**

- Contribuir al conocimiento integral de la paleontología del Paleozoico Superior de Sonora basada en la revisión taxonómica de los fusulínidos del Pensilvánico.
- Reforzar el conocimiento de la geología del noroeste de México con la finalidad de comprender mejor la evolución geológica del área de estudio.

### **1.7.2 Particulares**

- Realizar el estudio sistemático de los fusulínidos del Pensilvánico procedentes de las localidades fosilíferas Cerros El Tule, Sierra Las Mesteñas y Sierra Agua Verde en el estado de Sonora.
- Establecer la correlación estratigráfica de los fusulínidos del Pensilvánico de Sonora con otras localidades de México.
- Contribuir al conocimiento de la Paleoecología y Paleogeografía de la región.

# CAPÍTULO II. MÉTODO

## 2.1 Actividades de campo

La prospección geológico-paleontológica en la región de Sierra Agua Verde, fue realizada por el Dr. Juan José Palafox Reyes de la Universidad de Sonora y por la Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez del Instituto de Geología, UNAM, quienes cedieron el material fósil con control estratigráfico para este estudio.

El material se recolectó en diferentes localidades fosilíferas, las cuales varían en espesores según sea el caso; en Cerros El Tule la columna estratigráfica alcanza los 680 m aproximadamente, en sierra Las Mesteñas con 300 m de espesor y en Sierra Agua Verde se tiene una secuencia de 294 m; todas ellas de una edad del Pensilvánico. Los afloramientos contienen una biota fósil representada por algas, foraminíferos-fusulínidos, esponjas, corales, briozoarios, braquiópodos y crinoides.

## 2.2 Trabajo de Gabinete

Se consultó literatura básica sobre la geología del estado de Sonora y particularmente sobre los protistas fusulínidos en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra y en los Catálogos electrónicos pertenecientes a la UNAM. También, se consultó el Treatise on Invertebrate Paleontology (C) Protista 2(1-2) Moore editor, 1964, p C313-510.

## 2.3 Trabajo de Laboratorio

La preparación de las muestras se realizó en el laboratorio del Departamento de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM. Se utilizó un microscopio óptico con el cual se observaron las secciones delgadas, anteriormente hechas, en las cuales se pudieron analizar las características de los fusulínidos para su determinación genérica. Se elaboraron fotografías de las muestras.

# CAPÍTULO III. MARCO GEOLOGICO

## 3.1 Geología General

El Paleozoico es una de las eras geológicas más importantes ya que fue en este lapso cuando la diversidad de la vida se inició, comenzando hace aproximadamente 541 Ma (Cámbrico) y culminando hace 252 Ma (Pérmico) con una de las extinciones más importantes en la historia de la Tierra con la cual casi el 90% de las especies de organismos desaparecieron, entre ellas los fusulínidos. Pero también hubo grandes acontecimientos geológicos entre ellos los cambios en la morfología continental (Stanley y Luczaj, 2014).

El Sistema Tierra tiene dos componentes, los fisicoquímicos y los biológicos. Se pueden reconstruir algunos escenarios de la historia física del planeta, pero no se puede entender ésta separada de la historia de la vida, ya que los dos componentes están relacionados, pues el ambiente físico ha influido en la vida y la vida sobre el ambiente físico (Stanley y Luczaj, 2014).

Para el Paleozoico Superior (Carbonífero 359 Ma-Pérmico 252 Ma), emergen nuevas formas de vida marina, por ejemplo, los fusulínidos, un grupo de foraminíferos que vivió en el fondo de mares poco profundos. Se incluyen solo algunas especies para el Carbonífero temprano, pero estos organismos tuvieron una gran evolución durante el Carbonífero Tardío y Pérmico, además de que son constituyentes de calizas formadas durante esos periodos; sin contar también a los organismos que coexistieron con los fusulínidos como los crinoideos, braquiópodos, gasterópodos, entre otros (Stanley y Luczaj, 2014).

También lo que respecta a la paleogeografía durante el Carbonífero los principales continentes se seguían moviendo, en Gondwana que se situaba en el Hemisferio Sur existía una glaciación (figura 3) mientras que las condiciones cálidas persistían en las regiones ecuatoriales. El nivel del mar comenzó a aumentar por lo que los mares cálidos y poco profundos se extendieron a lo largo de todo el litoral oeste de Euramérica, y gracias a este ambiente se formaron las calizas fosilíferas que se conocen actualmente (figura 4). Igualmente, durante el Carbonífero el continente conocido como Gondwana se desplazó



hacia el norte provocando una colisión contra Euramérica, este choque ocasionó la formación de un supercontinente que se ubicaría de polo a polo conocido como Pangea, y la formación de otras cadenas montañosas en lo que actualmente es Europa, África y Norteamérica que recibe el nombre de cinturón Ouachita (Stanley y Luczaj, 2014).

Durante el final de la era Paleozoica, en el Pérmico, ocurrió otra extinción la cual influyó en los organismos vertebrados, pero también eliminó a la mayoría de los taxa incluidos en los océanos.



Figura 3. Mapa paleogeográfico que muestra la distribución de los continentes durante el Misisípico (Modificado de Stanley y Luczaj, 2014).

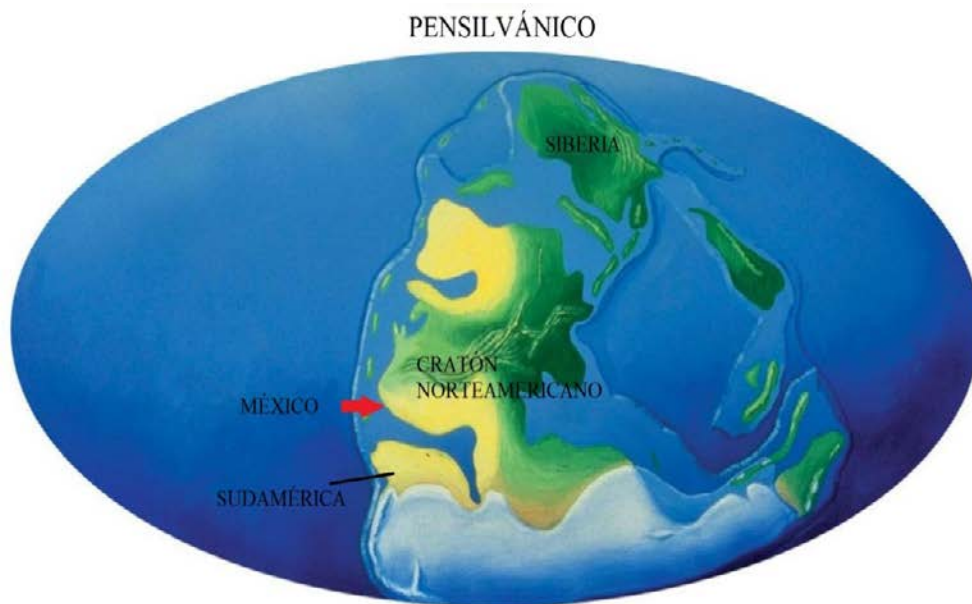


Figura 4. Mapa paleogeográfico que muestra la distribución de continentes durante el Pensilvánico (Modificado de Stanley y Luczaj, 2014).

El Orogéno Ouachita-Marathon-Sonora es un cinturón deformado de rocas paleozoicas con una longitud aproximada de 3,000 km bordeando la parte sureste del cratón norteamericano (Laurencia-Euramérica) extendiéndose hacia Misisipí y Arkansas (Ouachita) hacia el suroeste a través de Texas, EUA (Marathon) y hacia el oeste a través de Chihuahua y Sonora (Sonora) (figura 5). Este evento resultó con la clausura del antiguo océano Rheico (Poole et al., 2005).

La evolución de este cinturón orogénico dividido en tres segmentos comenzó a partir del Misisípico medio y terminando en el Pensilvánico en las montañas Ouachita, para la región del Marathon sucedió en el Pérmico temprano y Pérmico tardío en Sonora.

Las rocas paleozoicas en las montañas Ouachita, región Marathon y en la región central de Sonora consisten principalmente en depósitos de aguas profundas con escasos megafósiles pero los microfósiles han ayudado a su comprensión tales como espículas de esponja, conodontos, fusulínidos, graptolites, entre otros. Las facies sedimentarias (plataformas marinas y depósitos flysch) y los estilos estructurales (pliegues y fallas inversas con

dirección NW) son similares en los tres segmentos expuestos del Orógeno (Poole *et al.*, 2005).

También existen reportes de Handschy *et al.*, (1987) sobre la cuenca de Ouachita que se caracteriza por depósitos carbonatados, los cuales fueron interrumpidos durante el Paleozoico tardío por un levantamiento del basamento. Rocas de edad paleozoica en el noreste de Sonora y noroeste de Chihuahua forman parte de una extensión de la secuencia de plataforma carbonatada que ha sido encontrada en el sureste de Nuevo México y suroeste de Texas (Greenwood *et al.*, 1977).

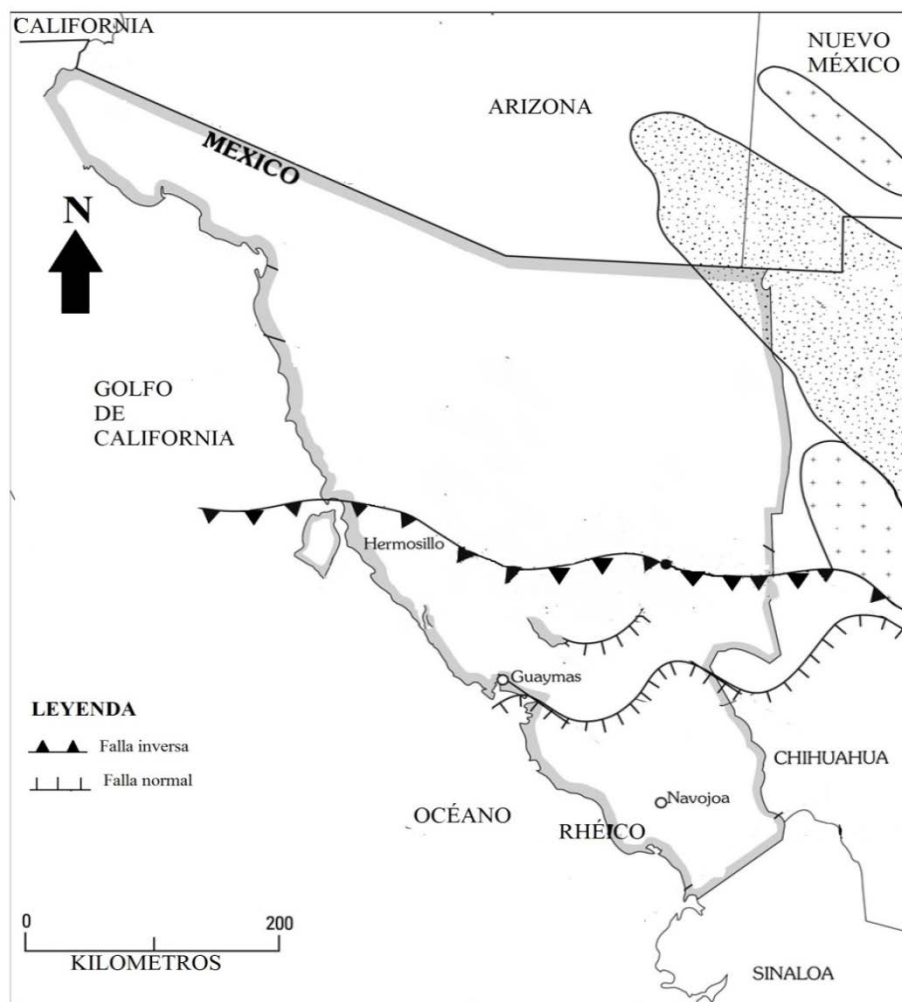


Figura 5. Mapa que muestra aspectos de la geológica de Sonora (Modificado de Poole *et al.*, 2005).

### 3.2 CERROS EL TULE

El levantamiento geológico en la localidad de Cerros El Tule se conoce por los trabajos efectuados por González-León, (1986) quien estudió las rocas carbonatadas del Paleozoico que comprenden desde el Cámbrico hasta el Pérmico. Particularmente para el Pensilvánico, midió una columna de 387 m de espesor y de litología clasificada como una caliza masiva en la mayoría de los estratos con presencia de algas, briozoarios, crinoideos y fusulínidos, reconstruyendo un ambiente de plataforma marina, de aguas someras con salinidad normal y circulación moderada, situando estos terrenos dentro de los pisos Atokano, Desmoinesiano, Missouriiano y Virgiliano, pero sin poder ubicar al Morrowano. En un trabajo más reciente, Buitrón *et al.* (2012) publicaron sobre la estratigrafía y biota de la región y proponen la existencia del piso Morrowano (figura 6 y 7).

Sistema	Sub sistema	Serie global	Piso regional Norte América	Piso global Europa del Este
CARBONÍFERO	PENSILVÁNICO	SUPERIOR	VIRGILIANO	GZHELIANO
			MISSOURIANO	KASIMOVIANO
		MEDIO	DESMOIDESIANO	MOSCOVIANO
			ATOKANO	
		INFERIOR	MORROWANO	BASHKIRIANO

Tabla 1. Cuadro estratigráfico de la nomenclatura del Carbonífero (modificado de Heckel y Clayton, 2006).

*Bashkiriano (Morrowano)* 40 m

El piso corresponde a una caliza que al fresco presenta color gris oscuro y que intemperiza a un gris claro, los estratos son delgados de 30 cm a 80 cm de espesor, hay una intercalación de lutita y limolita calcáreas, la presencia de fósiles es escasa como braquiópodos, gasterópodos y placas de crinoides, también presenta pequeñas grietas de desecación.

*Moscoviano superior = Atokano superior 100 m*

Los 100 m de espesor medidos en esta columna pertenecen a la parte inferior del Moscoviano superior y se describen calizas de color gris oscuro al fresco y en la zona intemperizada gris blanquecino, con un espesor que varía de 40 cm a 2 cm. Estas calizas presentan muchas placas de crinoideos la cual hace que tenga una textura gruesa y otros restos de organismos tales como braquiópodos, corales solitarios y algunos coloniales, fusulínidos tales como *Fusulinella famula* Thompson 1948, *Eoschubertella texana* Thompson 1947 y *Pseudostaffella atokaensis* Thompson 1935, esponjas y algas.

*Moscoviano superior = Desmoinesiano 90m*

La litología se encuentra caracterizada por calizas de color café amarillento, un poco arcilloso, en algunas partes sobre todo en la parte superior se encuentra una aparente escasez de fósiles, pero en otras partes son abundantes encontrar esponjas coralinas, briozoarios, fusulínidos, fragmentos de crinoideos. Lo particular de este paquete es encontrar conchas de braquiópodos fragmentadas, sugiriendo el depósito de tormentas (tempestitas).

*Kasimoviano = Missouriiano 40m*

Se reporta la secuencia de caliza color gris clara, pero con una alternancia de capas delgadas de limolita. Son escasas las evidencias fósiles de algunos organismos, aunque para otra parte de este paquete de rocas sedimentarias su abundancia es mejor, algunos espesores se encuentran saturados por fusulínidos. La Distribución Geográfica de capas de tempestitas dentro de esta secuencia estratigráfica también es más frecuente.

*Gzheliano = Virgiliano 110m*

Las calizas aflorantes de esta secuencia presentan un color de gris claro a gris oscuro, los espesores son de gruesos a masivos. En algunos intervalos se observan algunos estratos clásticos predominantemente limolita y arenisca de color rojizo. A lo largo de la mayoría de la secuencia se pueden observar la abundancia de fusulínidos.

El ambiente de depósito para la sedimentación de esta secuencia supone una plataforma carbonatada relativamente continua de clima subtropical árido (Buitrón *et al.*, 2012).

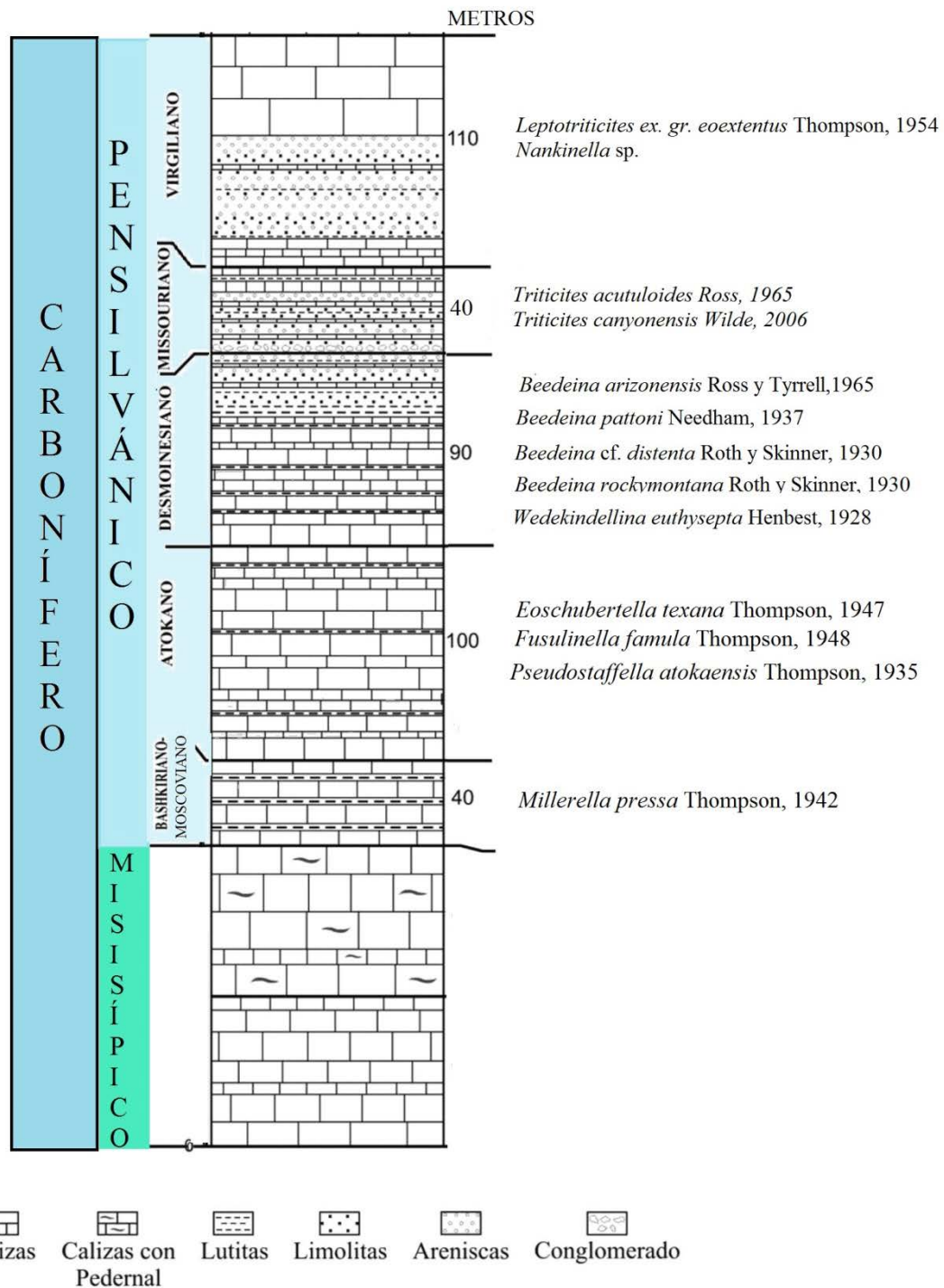


Figura 6. Columna estratigráfica de Cerros El Tule (Modificada de Buitrón, *et al.*, 2012)



Figura 7. Fotografía de los Cerros El Tule, vista desde el oriente

### **3.3 SIERRAS LAS MESTEÑAS**

Para la secuencia estratigráfica de Sierra Las Mesteñas Gómez-Tagle (1967) reportó rocas paleozoicas del Pensilvánico en la localidad, hace énfasis en una composición de rocas carbonatadas con presencia de fósiles como columnas y placas articulares de crinoideos, que se desarrollaron en un ambiente de depósito de zona marina de mediana profundidad.

Análisis más recientes en esta localidad (Villanueva-Olea *et al.*, 2016) realizó el estudio sobre la bioestratigrafía describiendo una secuencia de 300 m.

En el intervalo de 1 m-30 m se encuentran calizas de color gris oscuro en estratos gruesos, conteniendo algunos restos de organismos como crinoideos, braquiópodos y fusulínidos.

En los siguientes 30 m-60 m aflora caliza de color café claro con una estratificación delgada y la constante aparición de crinoideos, braquiópodos, briozoarios, algas, esponjas y en algunos intervalos fusulínidos.

En el intervalo 60-90 m, las calizas tienen unos espesores delgados y de coloraciones claras, se describe la existencia de corales solitarios y coloniales, braquiópodos, crinoideos y fusulínidos.

En el intervalo 90 m-120 m, los espesores de la caliza se vuelven delgados a medio, las coloraciones van desde gris claro por el contenido de arcillas hasta gris oscuro y los restos de fauna fósil son arrecifes de esponjas (*Chaetetes*), braquiópodos, crinoideos y corales solitarios y coloniales.

En el intervalo 120 m-150 m, los espesores cambian de medianos a delgados y las coloraciones de la caliza son de gris claro a café, además los fósiles recolectados son escasos y corresponden a placas de crinoideos, briozoarios y braquiópodos.

En el intervalo; 150 m-180 m, estratos de caliza delgados a medianos de colores café claro a gris, intercalados por caliza arcillosa, fauna fósil escasa, encontrándose corales, crinoideos, fragmentos de braquiópodos, restos de briozoarios y tubos de gusanos.

En el intervalo 180 m-210 m, caliza con estratificación mediana a gruesa que varía de color café a gris, presentando en ocasiones intercalaciones de caliza arcillosa. Se observó biota fósil muy escasa de algas, crinoideos, briozoarios, braquiópodos.

En el intervalo 210 m-240 m, caliza con estratificación mediana a gruesa, color café a gris claro; se recolectaron braquiópodos, crinoideos, corales solitarios, briozoarios, y esponjas (*Chaetetes*).

En el intervalo 240 m-270 m, caliza de estratificación delgada a mediana de color gris claro y café claro. Se observaron braquiópodos y placas de crinoideos.

En el intervalo 270 m-300 m, la caliza varía de estratificación delgada a mediana con una coloración gris claro y café claro. Se observaron encrinidas, briozoarios y restos de braquiópodos.

Basándose en el material conformado por algas filoides, fusulínidos, briozoarios, braquiópodos y crinoideos, además de observar la roca en la cual fueron depositados estos organismos, se infiere que la edad para esta secuencia, se define en Pensilvánico



(Carbonífero) y tiene correspondencia con la Formación Caliza Naco del Pensilvánico (Villanueva-Olea *et al.*, 2016) (figura 8 y 9).

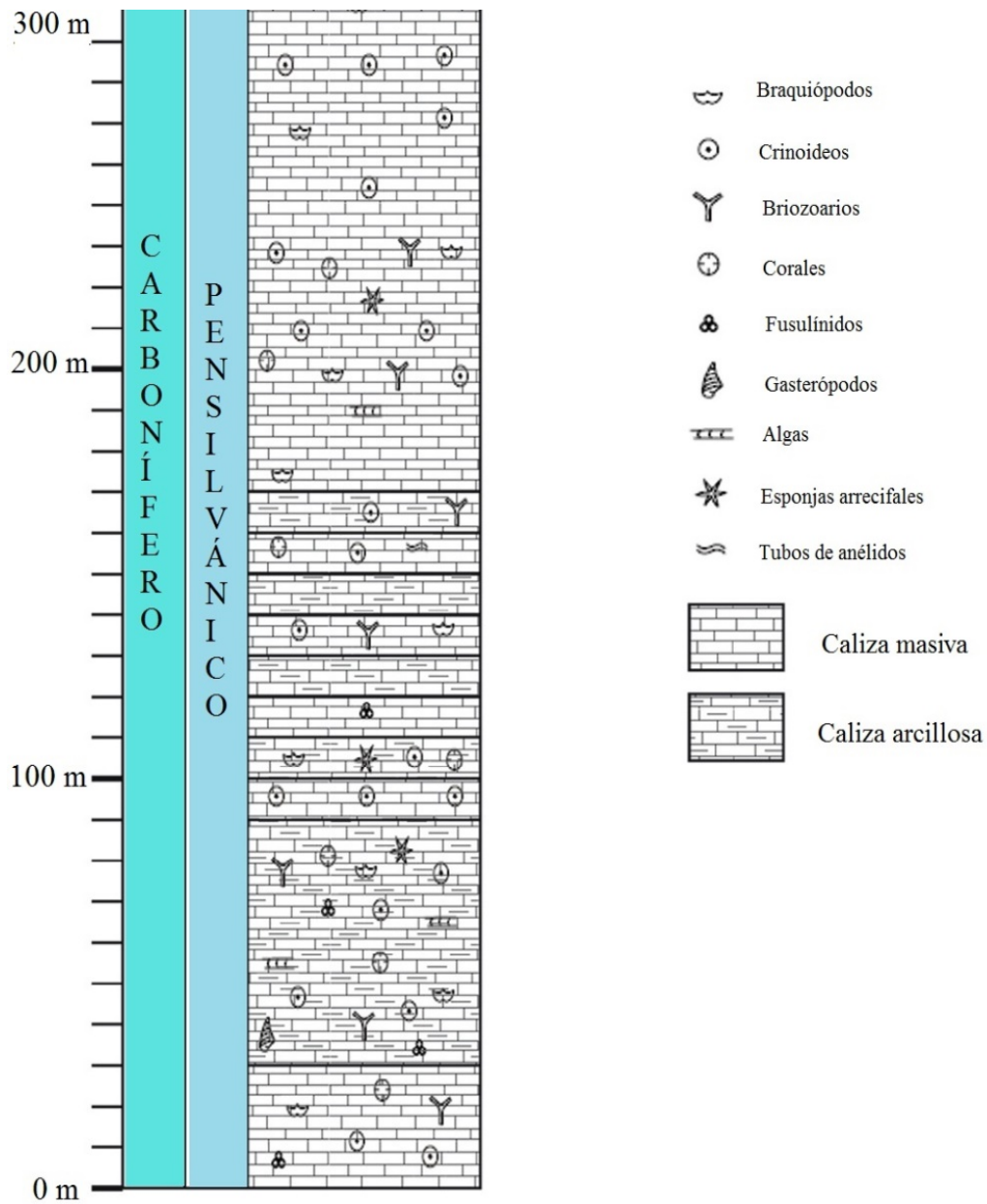


Figura 8. Columna bioestratigráfica del Pensilvánico Sierra Las Mesteñas, Sonora, México. (Modificado de Villanueva-Olea *et al.*, 2016).



Figura 9. Fotografía de La Sierra Las Mesteñas.

### **3.4 SIERRA AGUA VERDE**

La Sierra Agua Verde ha sido muy estudiada y la información es muy reciente, aunque el INEGI (1999) en la carta geológica la tiene considerada como un área formada por calizas del Cretácico Inferior y riolitas triásicas, sin embargo, en esta área afloran rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas de las eras Paleozoica, Mesozoica y Cenozoica (Ochoa-Granillo y Sosa-León 1993; Stewart et al, 1999).

Ochoa-Granillo y Sosa-León (1993) proponen que el grupo Agua Verde está representado por cinco unidades formacionales: El Boquinete (Ordovícico), El Pollo (Silúrico-Devónico), Santiago (Misisípico), La Joya (Pensilvánico Medio) y Tuntunudé (Pérmico). La investigación de estos autores constituyó su tesis de Maestría y aún no ha sido publicada, por lo tanto, la denominación estratigráfica de dichos grupos y formaciones es informal.

La Formación La Joya sobreyace concordantemente a la Formación Santiago e infrayace en contacto con una falla normal a la Formación Tuntunudé. El afloramiento de la Formación La Joya en el Rancho Agua Caliente presenta una secuencia de 294 m y para Sierra Agua Verde la sección estudiada comprende 100 m (figura 10 y 11).

La base está formada por caliza fosilífera, caliza con estratos de medianos a gruesos, arenisca, lodolita y lentes de pedernal.

Las calizas son constantes a lo largo de toda la secuencia, pero son más abundantes en la parte basal, con coloración gris claro a rojizo, estratificación mediana a gruesa, aunque varía su espesor, contiene pequeñas intercalaciones de lodolita calcárea y presentando algunos nódulos de pedernal.

La parte media de la secuencia se puede observar caliza de color gris claro al fresco y en la parte intemperizada gris oscuro, acompañada en intercalaciones de lodolita de color rojizo. Estas dos litologías presentan un contenido faunístico de corales coloniales, fragmentos de crinoideos, conchas de gasterópodos y briozoarios.

La parte superior de la secuencia está constituida por calizas que tienen una coloración al fresco de gris oscuro y en la parte intemperizada gris claro, el espesor de estos estratos es mediano y se puede observar intercalaciones de lodolita calcárea y lentes de pedernal. Contiene restos de fósiles como briozoarios, braquiópodos y esponja coralina (Gómez-Espinosa, 2010; Buitrón-Sánchez et al, 2015).

Buitrón-Sánchez et al. (2007) reconocen para la Formación La Joya de la Sierra Agua Verde, una fauna que consiste en algas filoides, fusulínidos, chaetétidos, corales, gasterópodos, briozoarios, braquiópodos, crinoideos y conodontos, lo que hace situar estas calizas en un ambiente de plataforma tropical de aguas someras.



Figura 10. Vista panorámica de la Sierra Agua Verde

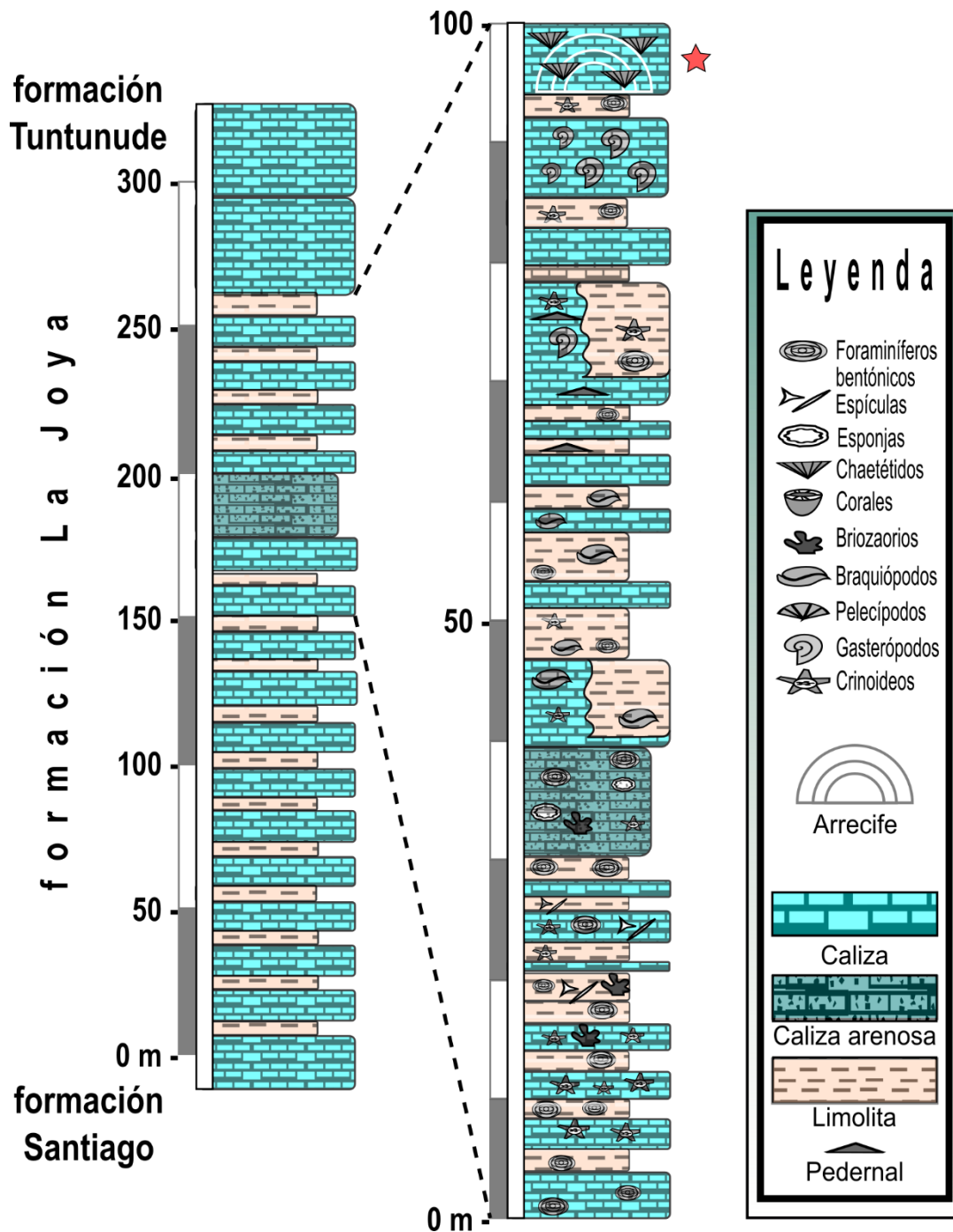


Figura 11. Columna estratigráfica en el arroyo La Joya de la Formación La Joya en la Sierra Agua Verde. (Modificada de Ochoa y Sosa, 1993).

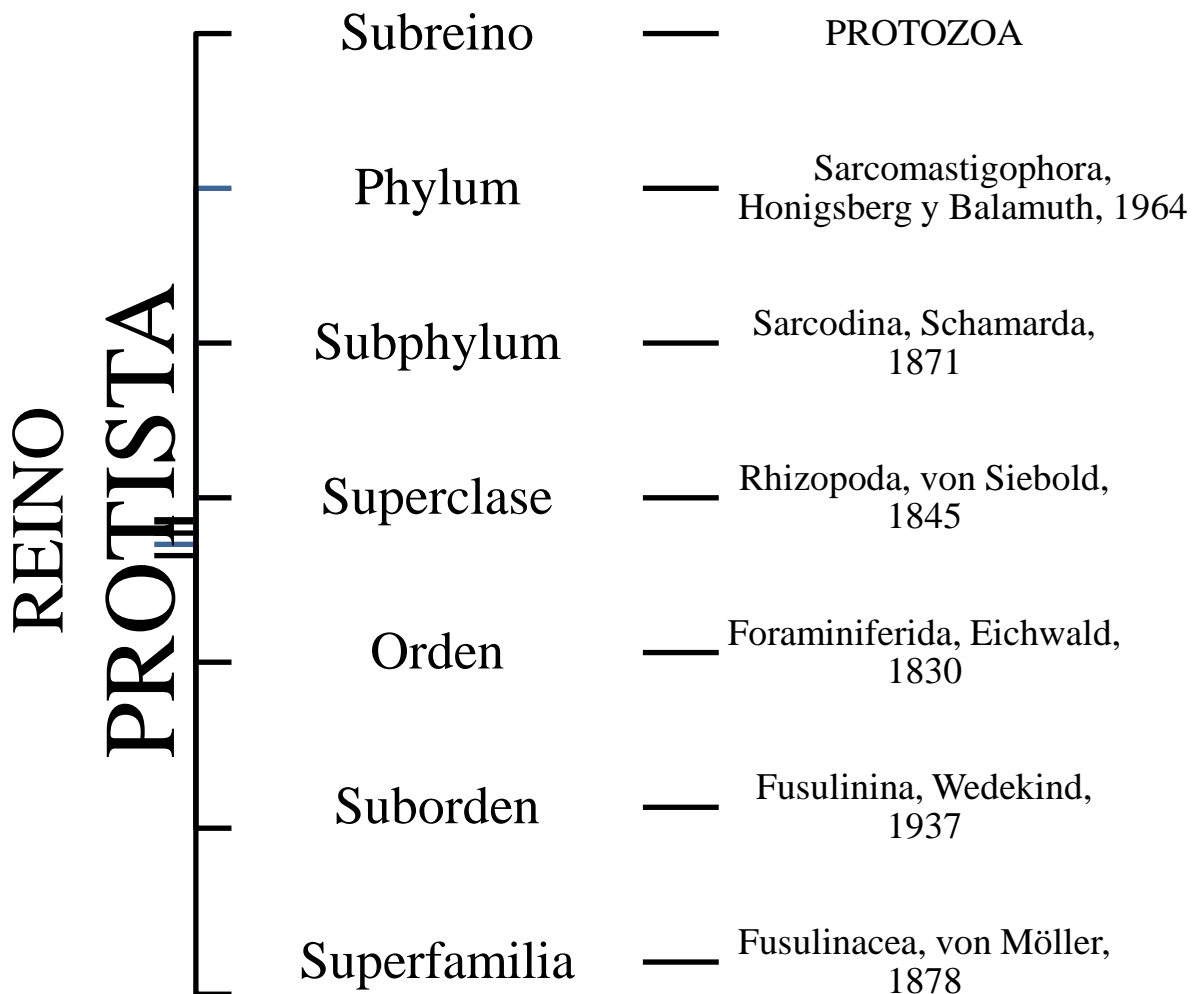
Localidad	Formación/edad	Litología	Biota asociada a fusulínidos
Cerros El Tule, Sonora; (31°15' N y 31°19'N; 110°15' O y 110°25' O).	Unidades estratigráficas en estudio/ Pensilvánico	Estratos masivos de caliza gris oscuro con nódulos de pedernal, alternados con capas delgadas de lutita calcárea.	Algas calcáreas, corales solitarios, corales coloniales, braquiópodos, crinoides.
Sierra Las Mesteñas, Sonora; (30° 58'N y 31° 5'N; 109° 45'O y 108° 52'O).	Unidades estratigráficas en estudio/ Pensilvánico	Caliza de espesores variables con una coloración gris oscura a parda.	Algas filoides, esponjas coralinas ( <i>Chaetetes</i> ), corales solitarios, corales coloniales, braquiópodos.
Sierra Agua Verde, Sonora; (29° 17'N y 29° 08'N; 109° 56'O y 109° 47'O).	Formación La Joya / Pensilvánico	Secuencia de caliza con nódulos de pedernal con estratos de diferentes grosores además de una alternancia con lodolita calcárea.	Esponjas coralinas ( <i>Chaetetes</i> ), corales solitarios, braquiópodos y crinoides.

Tabla 2. Información sintetizada de las localidades Cerros El Tule, Sierra Las Mesteñas y Sierra Agua Verde

# CAPÍTULO IV. RESULTADOS

## PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA.

La clasificación que se utiliza sigue la propuesta por Loeblich y Tappan (1956).



## **REINO PROTISTA**

Los protistas son organismos constituidos por una sola célula (unicelulares) o por varias (pluricelulares) y generalmente viven en hábitats acuáticos. La mayoría de los protistas realizan la fotosíntesis y son los productores primarios en lagos, ríos y océanos. El tamaño de estos organismos es microscópico.

### **SUBREINO PROTOZOA**

Diagnosis. Las características morfológicas son que tienen un núcleo y citoplasma los cuales se encuentran dentro de una membrana. Su reproducción puede ser asexuada (división múltiple) o sexuada (gametogonia). El mecanismo de locomoción que tienen estos organismos es por medio de seudópodos, flagelos, cilios y complejo apical. En la mayoría de los casos, tienen el cuerpo recubierto por endoesqueleto u exoesqueleto. Su tamaño llega a variar desde micras a hasta algunos centímetros.

**Phylum** Sarcomastigophora Honigsberg y Balamuth, 1964

**Subphylum** Sarcodina Schmarda, 1871

Diagnosis. Son organismos unicelulares ameboides, con una etapa no flagelada, capaz de formar seudópodos, algunos pueden tener una concha interna o externa las cuales pueden ser de calcita, aragonita, sílice, quitina o aglutinación de materia orgánica.

Edad. ? Precámbrico, Cámbrico-Reciente.

**Superclase** Rhizopoda von Siebold, 1845

Diagnosis. Son organismos de vida libre, presentan pseudópodos, sin filamentos axiales que les sirven para moverse y de igual manera alimentarse.

Edad. Cámbrico-Reciente.

**Orden** Foraminiferida Eichwald, 1830.

Diagnosis. Son organismos unicelulares que generalmente presentan una testa mineralizada o aglutinante y que a su vez esta concha tiene cámaras sucesivas que se conectan por medio de espacios llamados forámenes. La última cámara se comunica con el exterior a través de

una o varias aberturas. Su tamaño puede oscilar entre 0.1 y 1 mm pero hay algunos que llegan a medir hasta 10 cm.

Se encuentran en casi todos los ambientes marinos y se les reconoce dos formas de vida, sujetos al sustrato (bentónicos) o tener una vida libre (plantónicos).

Edad. Cámbrico-Reciente

**Suborden** Fusulinina Wedekind, 1937.

Diagnosis. Algunos organismos primitivos están formados de calcita microgranular, los organismos más avanzados en sus formas tienen dos o más capas diferenciadas en la pared. Además, presentan el eje de enrollamiento más grande que el diámetro ecuatorial, denominado fusiforme.

Edad. Ordovícico-Triásico

**Superfamilia** Fusulinacea von MÖLLER, 1878

Diagnosis. La concha en forma puede ser discoidal, esférica, fusiforme o subcilíndrica (figura 12-16). El eje de enrollamiento es más coincidente con el máximo diámetro de la testa. Las cámaras son numerosas y pequeñas.

Edad. Misisípico Superior-Pérmico Superior (Moore editor, 1964)



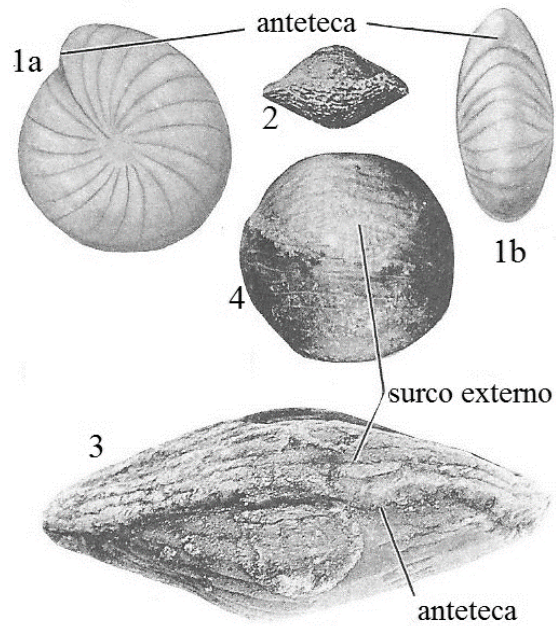


Figura 12. Vista exterior de los fusulínidos mostrando las formas típicas de las conchas; 1a-1b forma discoide; 2-3 forma fusiforme; 4 forma esferoidal (Modificado de Moore, 1964)

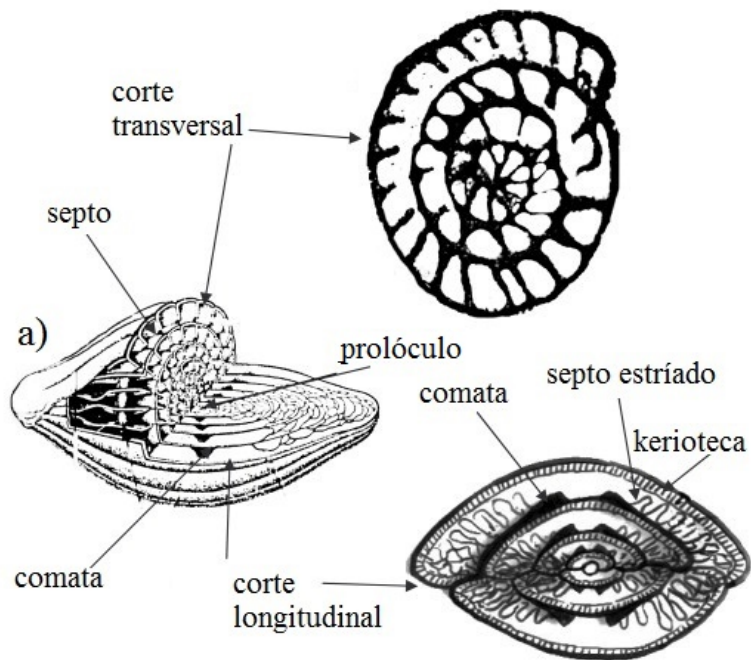


Figura 13. Vista esquemática del fusulínido; a) vista en tres dimensiones de la concha (Modificado de BouDagher-Fadel, 2008)

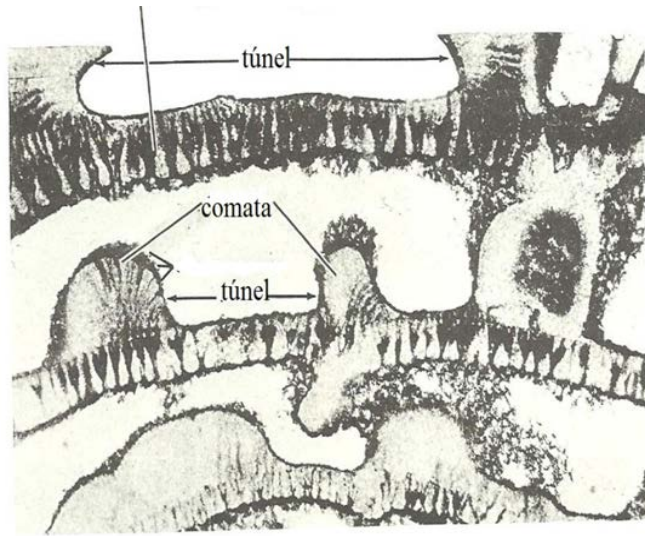


Figura 14. Partes internas del fusulínido (Modificado de Moore, 1964)

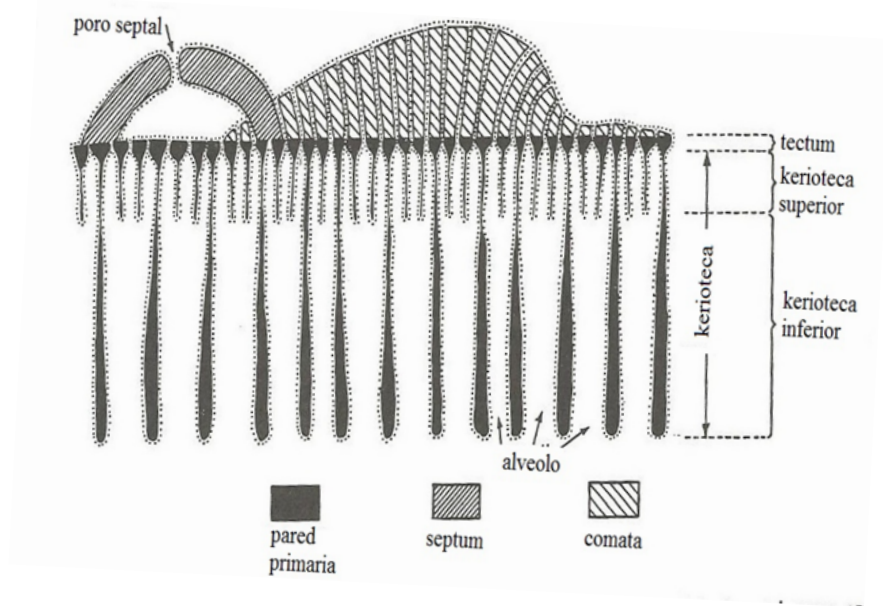


Figura 15. Partes internas de la concha de un fusulínido (Modificado de Moore, 1964)

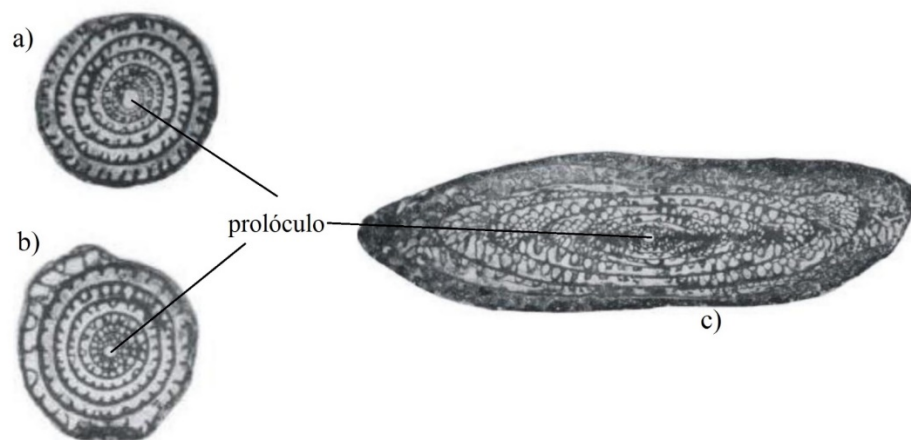


Figura 16. Fusulínidos de Cobachi, Sonora mostrando prolóculo. Cortes transversales y longitudinal (Modificado de Pérez-Ramos y Nestell, 2002).

#### **FAMILIA OZAWAINELLIDAE Thompson and Foster, 1937.**

Diagnosis. Concha umbilicada hasta esférica o elongada, evoluta en forma temprana, involuta o enrollamiento irregular en algunas más tardías, el eje de enrollamiento es corto o largo, espiroteca compuesta de tectum con tectoria superior y tectoria inferior en formas tempranas pero la diafanoteca se encuentra abajo del tectum y encima de tectorium inferior; septa plana; concha generalmente planiespiral pero pueden ser asimétricas; túnel singular (figura 11-12-13).

Edad. Misisípico Inferior-Pérmico Superior.

#### **Género *Mediocris* Rozovskaya, 1961.**

Diagnosis. Testa discoide con la periferia ampliamente redondeada y aplanada, posteriormente presenta enrollamiento planispiral e involuto, pared calcárea microgranular, tectoria escasamente definida.

Edad. Misisípico Medio-Pensilvánico Medio,

Distribución Geográfica. Asia-Europa-Norteamérica

**Género *Millerella* Thompson, 1942.**

Diagnosis. Concha pequeña, involuta o hasta evoluta parcialmente, el eje más pequeño que el diámetro del prolóculo, espiroteca del tectum con tectoria superior e inferior, septos arqueados.

Edad. Misisípico Superior-Pensilvánico Superior-Pérmico?

Distribución Geográfica. Norteamérica-Europa-Asia

**FAMILIA STAFFELLIDAE Miklukhu-Maklay, 1949.**

Diagnosis. Concha pequeña, esférica o discoidal; los septos están fuertemente curvos, los espacios son cerrados, el túnel es singular, limitado por comatas asimétricas excepto en la parte terminal de la última vuelta.

Edad. Pensilvánico Superior-Pérmico

**Género *Staffella* Ozawa, 1925.**

Diagnosis. Testa subesférica, discoidal con involuciones tempranas; septa plana.

Edad. Pensilvánico Medio-Pérmico,

Distribución Geográfica. Europa-Asia-Sudamérica-Centroamérica-Norteamérica.

**Género *Nankinella* Lee, 1933.**

Diagnosis. La testa es discoidal, con zonas del eje umbilicadas, periferia angular; paredes del tectum y diafanoteca mineralizadas en todas las formas conocidas, septos planos.

Edad. Pensilvánico Superior-Pérmico Superior,

Distribución Geográfica. Norteamérica-Europa-Asia.

**Familia SCHWAGERINIDAE Dunbar and Henbest, 1930.**

Diagnosis. Testa grande, fusiforme a cilíndrica irregular, planispiral e involuta, septos muy estriados, con túnel y comata masiva.

Edad. Pensilvánico (Moscoviano)-Pérmico.

**Género** *Leptotriticites* Skinner y Wilde, 1965.

Diagnosis. Testa de pequeña a grande, hasta 11 mm de longitud, elongada, subcilíndrica, eje de enrollamiento recto, septos numerosos y muy estriados, pared muy delgada, comata masiva.

Distribución Geográfica. Norteamérica (Nuevo México, Arizona, Kansas, Texas, Utah, Oklahoma, Nevada).

**Familia FUSULINIDAE Von Möller, 1878.**

Diagnosis. La concha es esférica, fusiforme o subcilíndrica, más comúnmente fusiforme irregular; calcáreo, perforada, planispiral excepto en algunos géneros de sus estadios más tempranos, la espiroteca en varias especies, incluye tectum y diafanoteca con tectorium superior, el eje de enrollamiento generalmente coincide con el máximo diámetro de la concha. La anteteca formada de una sola capa que es plegada o estriada.

Edad. Pensilvánico Medio-Pérmico Superior

**Género** *Eoschubertella* Thompson, 1937.

Diagnosis. Concha pequeña, fusiforme, espiroteca compuesta por tectum con tectoria superior e inferior, septos planos, túnel ancho con relación al tamaño de la concha.

Edad. Pensilvánico Medio,

Distribución Geográfica. Norteamérica-Asia-Europa-Sudamérica.

**Género** *Fusulina* Fischer de Waldheim, 1829.

Diagnosis. Concha fusiforme a subcilíndrica, planispiral en todas las involuciones, septa estriada, comata masiva.

Edad. Pensilvánico Medio-Pensilvánico Superior.

Distribución Geográfica. Norteamérica (EUA-Canadá-Groenlandia)-Sudamérica (Perú-Brasil-Chile) -Asia-Europa.

**Género *Beedeina* Galloway, 1933.**

Diagnosis. Testa fusiforme, alargada, hasta 10 mm de longitud, septa plana y escasamente estriada, tectoria superior e inferior gruesa, túnel prominente pero estrecho, comata masiva.

Edad. Pensilvánico (Moscoviano).

Distribución Geográfica. Norteamérica (Texas-Nuevo México)-Asia.

**Género *Fusulinella* von Möller, 1877.**

Diagnosis. Concha pequeña, planispiral y fusiforme, espiroteca compuesta de tectum y diafanoteca con tectoria superior e inferior, septo estriado solo en regiones polares; comata masiva.

Edad. Pensilvánico Superior,

Distribución Geográfica. Norteamérica (EUA-Canadá-México)-Sudamérica (Perú-Chile), Asia-Groenlandia.

**Género. *Pseudostaffella* Thompson, 1942.**

Diagnosis. Concha esférica o umbilicada, espiroteca compuesta de tectum con tectoria superior e inferior o en formas avanzadas, el tectum y diafanoteca con tectoria superior e inferior; comata masiva y larga.

Edad. Pensilvánico Medio,

Distribución Geográfica. Norteamérica-Sudamérica-Europa- Asia.

**Género *Wedekindellina* Dunbar y Henbest in Cushman, 1933.**

Diagnosis. Concha muy elongada-fusiforme, eje de enrollamiento recto, espiroteca compuesta de tectum y diafanoteca con tectoria superior e inferior; septo grueso, eje compacto, masivo en toda la concha, excepto en la última parte, comata ancha y masiva.

Edad. Pensilvánico Medio-Pensilvánico Superior,

Distribución Geográfica. Norteamérica (EUA-Canadá-Groenlandia)-Asia

**Género *Triticites* Girty, 1904.**

Diagnosis. La concha planispiral fusiforme a subcilíndrica desde el inicio al final; la espiroteca compuesta de tectum y la kerioteca alveolar; septa estriada en zonas terminales, pero menos estriada en las partes centrales de la concha; comata distintiva.

Edad. Pensilvánico Superior-Pérmico Superior,

Distribución Geográfica. Norteamérica (EUA-Canadá) -Asia-Sudamérica (Chile-Perú).

**Familia EOSTAFFELLIDAE Mamet in Mamet, Mikhailoff y Mortelmans, 1970.**

Diagnosis. Testa discoide, esférica u ovoide, eje de enrollamiento corto a elongado, espiroteca con tectum y tectoria superior e inferior, diafanoteca entre tectum y tectoria inferior, túnel singular.

Edad. Pensilvánico-Pérmico.

**Género *Eostaffella* Rauser-Chernousova 1948.**

Diagnosis. Testa pequeña, involuta a ligeramente evoluta, pared calcárea microgranular, con tectum y tectoria superior e inferior.

Edad. Carbonífero Inferior-Pensilvánico Medio,

Distribución Geográfica. Norteamérica-Europa-Asia.

## **4.1 CERROS EL TULE**

**Superfamilia FUSULINACEA von MÖLLER, 1878**

**Familia Ozawainellidae Thompson y Foster, 1937**

**Género *Millerella* Thompson, 1942**

*Millerella* sp.

*Millerella pressa* Thompson, 1944

**Familia Staffellidae Miklukhu-Maklay, 1949**

**Género *Nankinella* Lee, 1933**

*Nankinella* sp.

**Género** *Zellerella* Wilde, 1990

*Zellerella* sp.

**Familia** Fusulinidae von Moller , 1878

**Subfamilia** Schubertellinae Skinner, 1931

**Género** *Eoschubertella* Thompson, 1937

*Eoschubertella texana* Thompson, 1947

**Subfamilia** Fusulininae von Moller, 1878

**Género** *Beedeina* Galloway, 1933

*Beedeina arizonensis* Ross y Tyrell, 1965

*Beedeina* cf. *B. distenta* Roth y Skinner, 1930

*Beedeina rockymontana* Roth y Skinner, 1930

*Beedeina* cf. *B. Novamexicana* Needham

*Beedeina euryteines* Thompson

*Beedeina leei* Skinner

*Beedeina pattoni* Needham, 1937

**Género** *Fusulinella* von Moller, 1877

*Fusulinella famula* Thompson, 1948

*Fusulinella* sp.

**Género** *Pseudostaffella* Thompson, 1942

*Pseudostaffella atokaensis* Thompson, 1935

**Género** *Wedekindellina* Dunbar y Henbest in Cushman, 1933



*Wedekindellina euthysepta* Henbest, 1928

**Subfamilia** Schwagerininae Dunbar y Henbest, 1930

**Género** *Leptotriticites* Skinner and Wilde, 1965

*Leptotriticites* ex gr. *eoextentus* Thompson, 1954

**Género** *Triticites* Girty, 1904

*Triticites canyonensis* Wilde, 2006

*Triticites acautuloides* Ross, 1965

## 4.2 SIERRAS LAS MESTEÑAS

**Familia** Fusulinidae von Möller , 1878

**Subfamilia** Fusulininae von Möller, 1878

**Género** *Fusulina* Fischer de Waldheim, 1829

**Subfamilia** Schwagerininae Dunbar y Henbest, 1930

**Género** *Triticites* Girty, 1904

### 4.3 SIERRA AGUA VERDE

**Superfamilia** FUSULINACEA von MÖLLER, 1878

**Familia** Ozawainellidae Thompson y Foster, 1937

**Genéro** *Mediocris* Rozovskaya, 1961

*Mediocris breviscula*

**Genéro** *Millerella* Thompson, 1942

*Millerella* sp.

**Familia** Staffellidae Miklukhu-Maklay, 1949

**Genéro** *Staffella* Ozawa, 1925

*Staffella powwoensis* Thompson, 1935

**Genéro** *Zellerella* Wilde, 1990

*Zellerella* sp.

**Familia** Fusulinidae von Möller , 1878

**Subfamilia** Schubertellinae Skinner, 1931

**Genéro** *Eoschubertella* Thompson, 1937

*Eoschubertella texana* Thompson, 1947

**Subfamilia** Fusulininae von Möller, 1878

**Genéro** *Fusulinella* von Möller, 1877

*Fusulinella llanoensis* Thompson, 1935

*Fusulinella* aff. *F. llanoensis* Thompson, 1935

**Genéro** *Pseudostaffella* Thompson, 1942

*Pseudostaffella* sp.

**Familia** Eostaffellidae Mamet in Mamet, Mikhailoff y Mortelmans, 1970

**Género** *Eostaffella* Rauser-Chernousova 1948

*Eostaffella grozdilovae* Maslo y Vachard, 1997

Tabla 3. Distribución de los géneros de fusulínidos en América.

Género	EUA					México			Sudamérica
	Kansas	Texas	Nuevo Mexico	Cerros El Tule	Sierra Las Mesteñas	Sierra Agua Verde			
<i>Beedeina</i>		•	•		•				
<i>Eoschubertella</i>		•			•			•	•
<i>Eostaffella</i>			•					•	
<i>Fusulina</i>		•					•		•
<i>Fusulinella</i>		•	•		•			•	•
<i>Leptotriticites</i>	•	•	•		•				
<i>Mediocris</i>								•	
<i>Millerella</i>			•		•			•	
<i>Nankinella</i>			•		•				
<i>Pseudostaffella</i>			•		•			•	
<i>Staffella</i>		•						•	
<i>Triticites</i>	•	•	•		•		•		•
<i>Wedekindellina</i>	•	•	•		•				
<i>Zellerella</i>					•			•	

# CAPÍTULO V. CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS.

La Paleoecología se puede definir como la ciencia que trata de la ecología de los organismos fósiles (Morkhoven, 1966). En Ecología los biólogos trabajan con organismos vivos, factores ambientales, y procesos de vida. Es posible por medio del estudio del material viviente obtenido en depósitos conocer con relativa facilidad las interrelaciones de un organismo o grupo de organismo con su ambiente.

Por el contrario, los paleontólogos cuando tratan de establecer la ecología de los grupos fósiles tienen dificultades por los escasos conocimientos, en general, del medio ambiente pretérito. El paleontólogo no tiene material viviente y la gran mayoría de los factores ambientales pasados no pueden cuantificarse en toda su extensión.

Para un estudio paleoecológico, los sedimentos en los cuales están presentes los fósiles, constituyen una de las fuentes de información. Ambos pueden reflejar ciertos datos concernientes a los factores ambientales (físico, químico y biológico) en el muestreo localizado en el tiempo de deposición.

En el caso del ambiente físico, los factores que influyen es la temperatura, condiciones de luminosidad, presión, profundidad de agua, condiciones atmosféricas, movimientos de agua, tipo de suelo, geomorfología y tipo de piso marino, condiciones sedimentológicas, distancia de la costa, latitudes y longitudes.

El ambiente químico puede ser influenciado por salinidad del agua, concentraciones de ion-hidrógeno, elementos traza, contenido en agua y aire con dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno, otros factores químicos como el contenido de calcio y carbón orgánico.

Los factores que afectan al ambiente biológico son la asociación de organismos por número, tamaño y tipo, relaciones simbióticas con otras especies, movilidad, origen y mortandad, población en incremento o decremento. Obviamente algunos de estos factores no se pueden interpretar solamente por la evidencia fósil (Ager, 1963).

La evidencia disponible indica que los fusulínidos fueron extremadamente sensitivos al ambiente físico que los rodeaba. Parece ser que el mismo ambiente les restringía habitar en otras partes como en aguas abiertas y sus restos fósiles es más común encontrarlos en calizas o lutitas calcáreas. Se han encontrado de igual manera conchas las cuales tienen cierta orientación y sugiere que fueron depositadas por una corriente marina (Moore, 1964).

La asociación faunística que se puede encontrar corresponde a crinoides de las especies *Heterostelechus keithi*, *Lamprosterigma mirificum*, *Preptopremnum rugosum*, *Preptopremnum laeve*, así como algunas algas del género *Eugonophyllum* y *Komia*, esponjas arrecifales *Chaetetes*, corales coloniales del género *Syringopora*, también corales solitarios tal como *Záfrentidos*, briozoarios del género *Thamniscus*, algunos braquiópodos de la especie *Cleiothyridina sp*, *Punctospirifer sp*, *Antiquatonia coloradoensis*, y gasterópodos del género *Eumphalus* y *Donaldina* (Gómez-Espinosa, 2008; Buitrón-Sánchez *et al.* 2012, Buitrón-Sánchez *et al.* 2015).

Los mares durante el Paleozoico Superior pasaron de ser mares calcíticos (Misisípico) a mares aragoníticos durante el Pensilvánico y Pérmico, continuando hasta el Mesozoico, y las esponjas (*Chaetetes*) eran los organismos dominantes constructores de los arrecifes durante este período, estos organismos marinos son sésiles (figura 17).

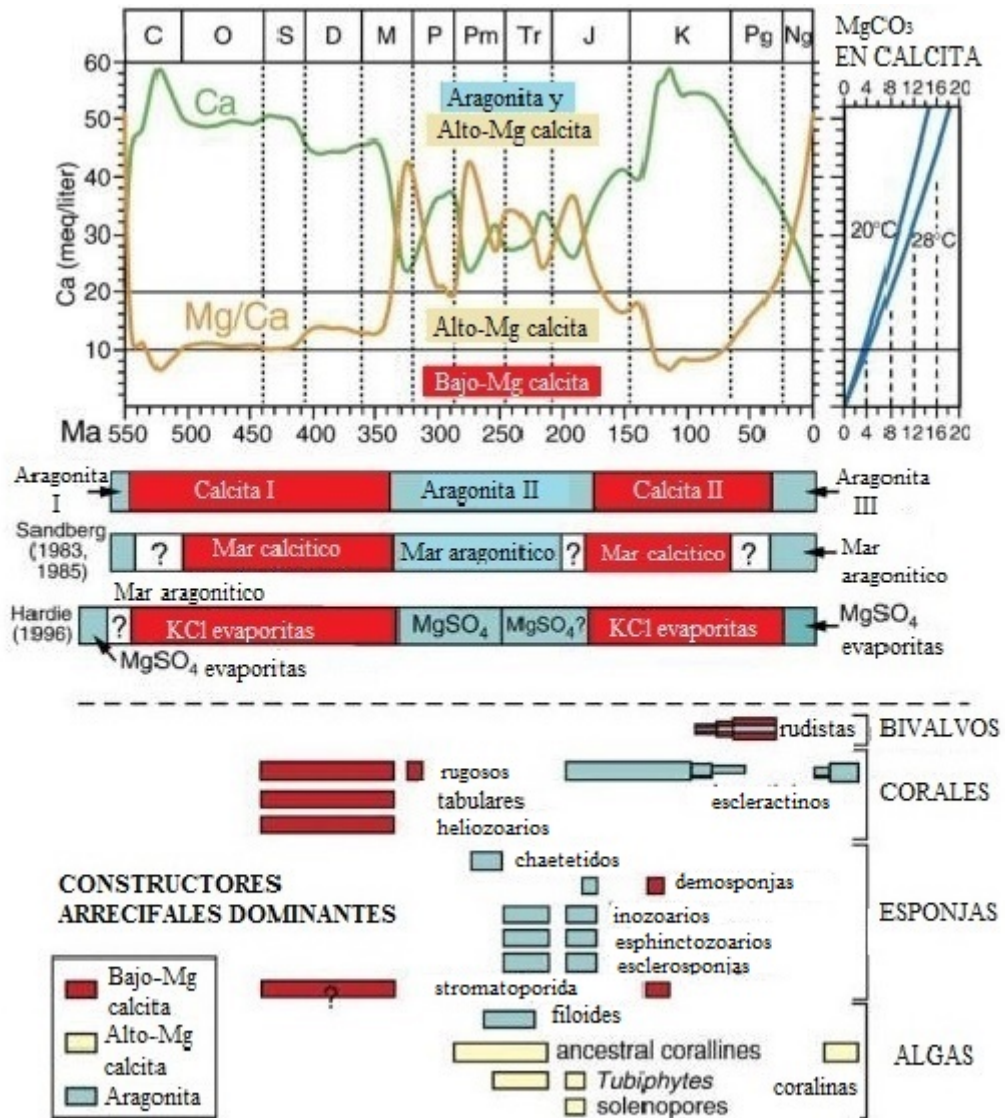


Figura 17. Gráfica de contenido de Ca vs Mg/Ca a lo largo del Fanerozoico, contenido biológico de los arrecifes, y el tipo de mar predominante para cada periodo de tiempo (Tomado de Stanley, 2014).

# CAPÍTULO VI. CONSIDERACIONES PALEOGEOGRÁFICAS.

. La paleogeografía es el estudio de la configuración geográfica de la superficie de la Tierra y los factores que afectaron a dicho arreglo, para este caso en particular, se recurre al estudio de los fósiles pues permiten entender que distribución tuvieron en vida. Desafortunadamente existen algunos factores que afectan la distribución de la biota en función de diferentes escalas de tiempo y espacio. Tales como un “rifting” continental, colisión, cambios en el clima global o patrones de circulación oceánica, todo esto puede afectar la distribución geográfica de cualquier especie (Hallam y Audley 1988). Anteriormente se realizaban estudios de manera casual ya que la distribución de las especies solo era mapeada y se trataba de dar una explicación acerca de esta disposición, actualmente se desarrollan métodos más sistemáticos para tratar de dar una solución a estas teorías (Prothero, 2013).

Cada capa de roca tiene características diferentes por las cuales se puede conocer la historia de dicho paquete rocoso, sin embargo, para saber su edad relativa basta conocer que fósiles índice contenían y así demostrar que las rocas pertenecen a una secuencia estratigráfica con una determinada edad relativa geológica. A los organismos fósiles que vivieron en un lapso corto y con una amplia distribución geográfica se les denomina fósiles guía o índices estratigráficos.

Los fusulínidos tuvieron una distribución geográfica casi a nivel mundial, ellos se han encontrado en todos los continentes con excepción de Antártida y Oceanía. Para el Pérmico estos organismos se han reportado con más abundancia en la parte del Hemisferio Norte que en el Hemisferio Sur, probablemente haya sido resultado de la glaciación que afectaba a Gondwana.

Los fusulínidos reportados para el Pensilvánico han sido en algunas islas Europeas del Ártico; en Asia ha habido registros para Japón, China, Mongolia, y posiblemente Vietnam. En el Hemisferio Oeste se han reconocido faunas en EUA, Perú, Chile, Brasil, Bolivia y México (figura 18).



Se han encontrado a lo largo de los continentes, porque ellos eran extremadamente sensibles, su distribución sugiere que el clima para el Paleozoico Superior (Pensilvánico-Pérmico) era más uniforme alrededor del globo que el clima de hoy día. Sin embargo, se puede pensar que los fusulínidos fueron bentónicos en zonas marinas de aguas someras, donde ellos probablemente vivieron en profundidades moderadamente constantes en temperatura y otras condiciones físicas en casi todas las latitudes (Moore, 1964).

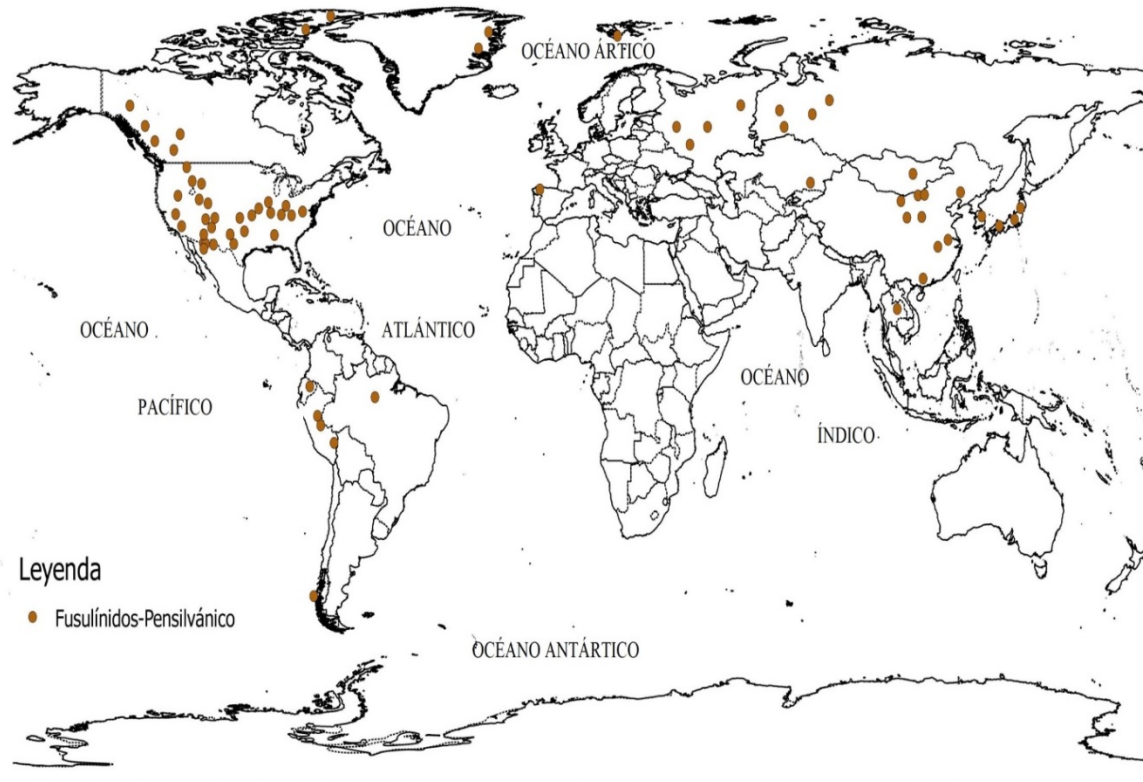


Figura 18. Distribución de fusulínidos en los continentes americano, asiático y europeo.

Un mapa con zonas de la fauna de fusulínidos pueden servir para demostrar que los rangos estratigráficos dentro del Paleozoico Superior para Asia y Europa son los mismos para Norte América y Sudamérica.

Las zonas reconocidas son designadas por el nombre de género elegidos como índices en el siguiente orden; *Millerella*, *Profusulinella*, *Fusulinella*, *Fusulina*, *Triticites*, *Pseudoschwagerina*, *Parafusulina*, *Polydiexodina*, *Verbeekina* y *Yabeina*.

Para México el estudio de organismos como los fusulínidos han sido de gran importancia ya que sirven para hacer nuevas interpretaciones de los terrenos sospechosos mexicanos para el Paleozoico Superior (figura 19). México se componía de varios terrenos de los cuales algunos se encontraban conectados con Laurencia y otros estaban situados entre Laurencia y Gondwana (figura 20) (Vachard *et al.*, 2000).

Los fusulínidos descritos para el Pensilvánico en Los Cerros El Tule y Sierra Las Mesteñas del género *Triticites* tienen una afinidad con los reportados para Norte América y Sudamérica, al igual que el género *Wedekindellina*. Los géneros *Eoschubertella* y *Fusulinella* se pudieron encontrar en Los Cerros El Tule y Sierra Agua Verde además se reportan registros para Norte América y Sudamérica (tabla 3).

Leyenda

- 1 Area San Felipe, Baja California Norte
- 2 El Antimonio, Sonora
- 4 Sierra de Huachuca, Sonora
- 5 Distrito Minero de Cananea, Sonora
- 6 Sierra de Teras Bavispe, Sonora
- 7 Sierra Hachita Hueca, Sonora
- 8 Área la Casita-Los Chinos, Sonora
- 9 Sierra de Cobachi, Sonora
- 10 Sierra La Salada, Chihuahua
- 11 Sierra de Palomas, Chihuahua
- 12 Sierra de Los Chinos, Chihuahua
- 13 Poso Los Chinos, Chihuahua
- 14 Sierra de Santa Rita, Chihuahua
- 15 Pozo Moyotes no.1, Chihuahua
- 16 Área de Placer de Guadalupe-Mina Plomosas, Chihuahua
- 17 Sierra del Cuervo, Chihuahua
- 18 Área de San Jose de Gracia, Sinaloa
- 19 Las Delicias-Acatita, Coahuila
- 20 Área Ciudad Victoria, Tamaulipas
- 21 Pozo Gonzalez no. 101, Tamaulipas
- 22 Área Tanguistengo Molango-Tlahualompa, Hidalgo
- 23 Chicomuselo, Chiapas
- 24 Olinalá, Guerrero
- 25 Cerro de Cuxtepec, Peña Colorada, Puebla
- 26 San Salvador Patlanoaya, Puebla
- 27 Ixtaltepec, Oaxaca
- 28 Yododene, Oaxaca
- 29 Sierra Agua Verde, Sonora
- 3 Cerros El Tule, Sonora
- 30 Sierra La Mesteñas, Sonora

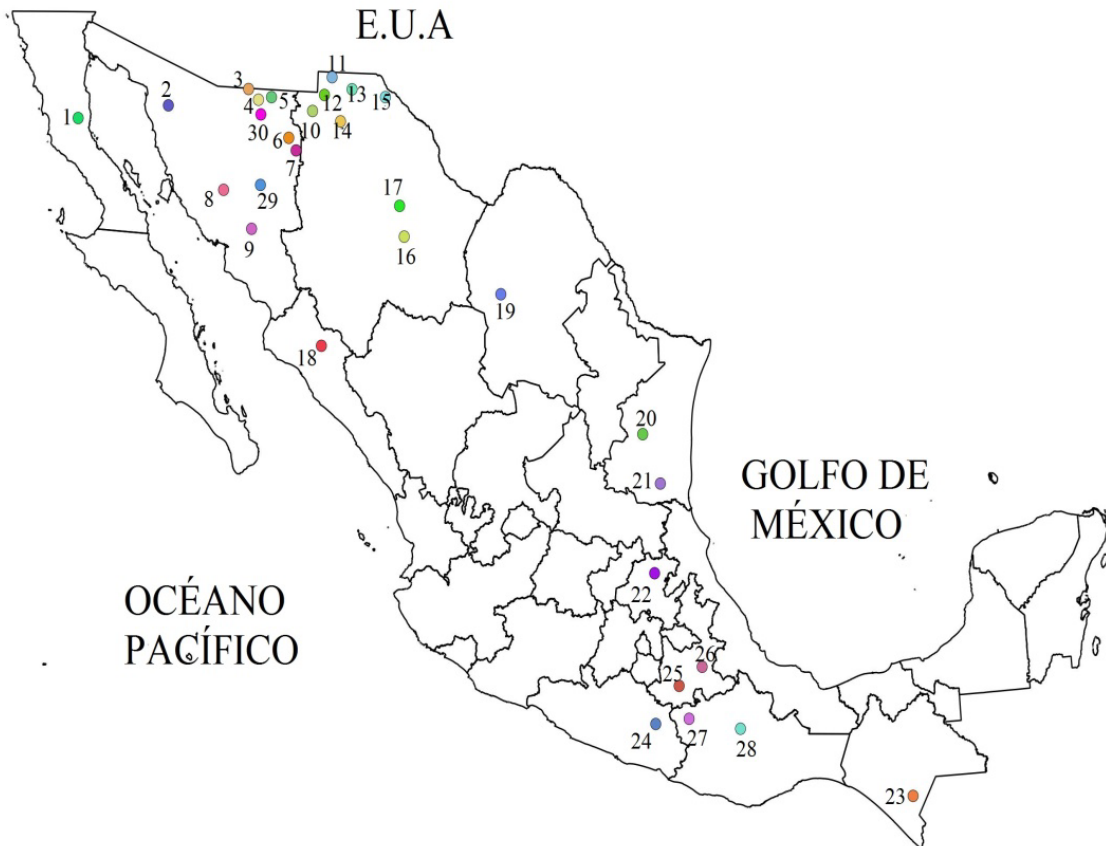


Figura 19. Localidades de fusulínidos en México (modificado de Brunner, 1984).

Asociada a la biota antes mencionada se pueden encontrar crinoides de las especies *Heterostelechus keithi*, *Preptopremnum rugosum*, braquiópodos de los géneros *Cleiothyridina* y *Antiquatonia*, corales coloniales (*Syringopora*), esponjas coralinas (*Chaetetes*), y algas filoides del género *Komia*, *Eugonophyllum*, estas faunas se relacionan con localidades de Sonora (Cerros El Tule, Sierra Las Mesteñas y Sierra Agua Verde) y de Estados Unidos de América (Texas, Arizona, Nuevo México y Colorado) (Gómez-Espinosa, 2008; Buitrón-Sánchez *et al.* 2012; Buitrón-Sánchez *et al.* 2015).

Para el caso en particular de Sierra Las Mesteñas, los estudios realizados son escasos en comparación con las otras dos localidades, un análisis reciente sobre microfacies del área, se sabe que el ambiente de depósito, fue en un talud somero, a diferencia de las otras dos localidades. Sin embargo, determinaciones de los fusulínidos denotan una edad del Pensilvánico.



Figura 20. Reconstrucción paleogeográfica del Territorio Mexicano durante el Pensilvánico (Tomado de Vachard y Pantoja, 1997).

# CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.

Para el Pensilvánico, en la región oriental del Estado de Sonora, se estudiaron los fusulínidos procedentes de tres localidades (cerros El Tule, Sierras Las Mesteñas y Sierra Agua Verde). En ellas se encuentran fósiles marinos como los fusulínidos de los géneros *Eoschubertella*, *Fusulinella*, *Millerella*, *Pseudostaffella*, *Triticites* y *Zellerella* que comparten afinidades con los mismos géneros encontrados en Norte América y Sudamérica.

Asimismo, se informa de otras faunas asociadas a los fusulínidos tales como crinoides de las especies *Heterosteichus keithi*, *Preptopremnum rugosum*, braquiópodos de los géneros *Cleiothyridina* y *Antiquatonia*, corales coloniales (*Syringopora*), esponjas coralinas (*Chaetetes*) y algas filoides del género *Komia* y *Eugonophyllum*.

Este conjunto faunístico ayuda a corroborar el ambiente de depósito, el cual se describe como una plataforma carbonatada de aguas someras y cálidas que tiene una correlación con zonas del Cratón Norteamericano en Arizona y Texas, EUA y una posible correspondencia con Sudamérica.

Posiblemente por la presencia de tales microfósiles, se puede suponer la existencia de una plataforma carbonatada a lo largo de los bloques Maya y Oaxaquia que conectaba entre sí a Sudamérica con Sonora, Texas y Arizona, EUA.

---

# GLOSARIO.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS MORFOLÓGICOS PARA EL ORDEN FORAMINIFERIDA (Moore editor, 1964).

**Aglutinado.** Partículas en el exterior pegadas por algún cementante.

**Alvéolo.** Cavidad diminuta en la pared de la concha, dirección opuesta del enrollamiento.

**Anteteca.** Cara final del septo en los fusulinácea.

**Apertura.** Abertura desde la cámara de la concha hacia el exterior.

**Comata.** Depósito de una sustancia densa en la concha que delimita al túnel.

**Citoplasma.** Protoplasma que rodea al núcleo celular.

**Diafanoteca.** Capa relativamente gruesa, transparente a colores claros de la pared de la espiroteca abajo del tectum.

**Epiteca.** Depósito secundario en el interior de la pared de algunos fusulínidos.

**Espiroteca.** Pared superior de la concha en los fusulínidos.

**Evoluta.** Enrollamiento flojo.

**Flagelo.** Como un látigo utilizado para locomoción.

**Fusiforme.** Forma de huso, se hace estrecho en cada extremo.

**Interseptal.** Localizado entre el septo.

**Involuta.** Enrollamiento cubierto por la última cámara.

**Kerioteca.** Capa de la concha relativamente gruesa en forma de panal en algunos fusulínidos, forma parte de la espiroteca.

**Microgranular.** Granos microscópicos, que componen a la pared con cristales pequeños de calcita, posiblemente recristalizada.

---

**Planispiral.** Enrollamiento en un solo plano.

**Prolóculo.** Cámara inicial en la concha de los foraminíferos.

**Protoplasma.** Toda la materia viva que forma a las células.

**Pseudopodios.** Proyecciones temporales o semipermanentes de citoplasma que sirven para la locomoción, y captura de comida.

**Poros septal.** Pequeña perforación en el septo.

**Rellenos axiales.** Depósitos de calcita densa, desarrollado en zonas axiales en algunos fusulínidos, formados tal vez al mismo tiempo que el túnel y la formación de la comata.

**Sección longitudinal.** Corte de la testa en un plano ecuatorial, a través del prolóculo.

**Sección transversal.** Corte bisector de la testa en plano coincidente con el eje de enrollamiento y que intersecta al prolóculo.

**Septum.** Divisiones entre las cámaras.

**Tectum.** Prolongación marginal de las cámaras en el enrollamiento de las testas.

**Testa.** Concha o esqueleto que puede ser secretado, gelatinoso, quitinoso, calcáreo o silíceo, paredes sólidas, partículas aglutinantes o la combinación de estas dos últimas.

**Túnel.** Área en la base de la septa en la parte central de la testa en algunos fusulínidos, facilitando la comunicación entre las cámaras adyacentes.

# ANEXOS.

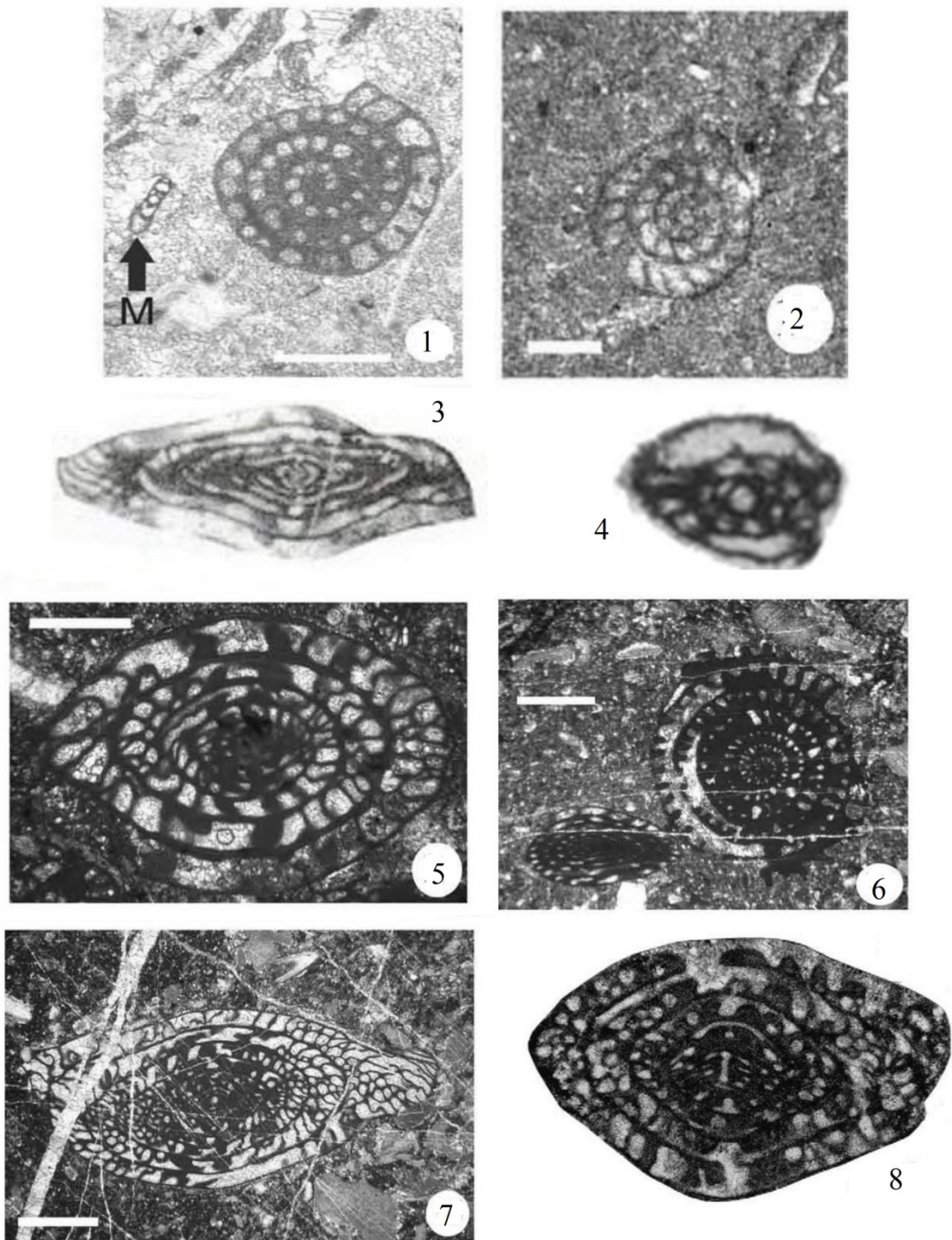


Figura 1. Foraminíferos del Pensilvánico de los Cerros El Tule (Sonora, México). 1:



Millerella sp. X 39. 2. Millerella pressa Thompson, 1944 X 78. 3. Zellerella sp. X 30. 4: Eoschubertella Thompson, 1937 X 40. 5. Beedeina arizonensis Ross y Tyrell, 1965 X 17.5. 6. Beedeina cf. distenta Roth y Skinner, 1930 X 14. 7. Beedeina rockymontana Roth y Skinner, 1930 X 11. 8. Beedeina cf. novamexicana Needham X 25.

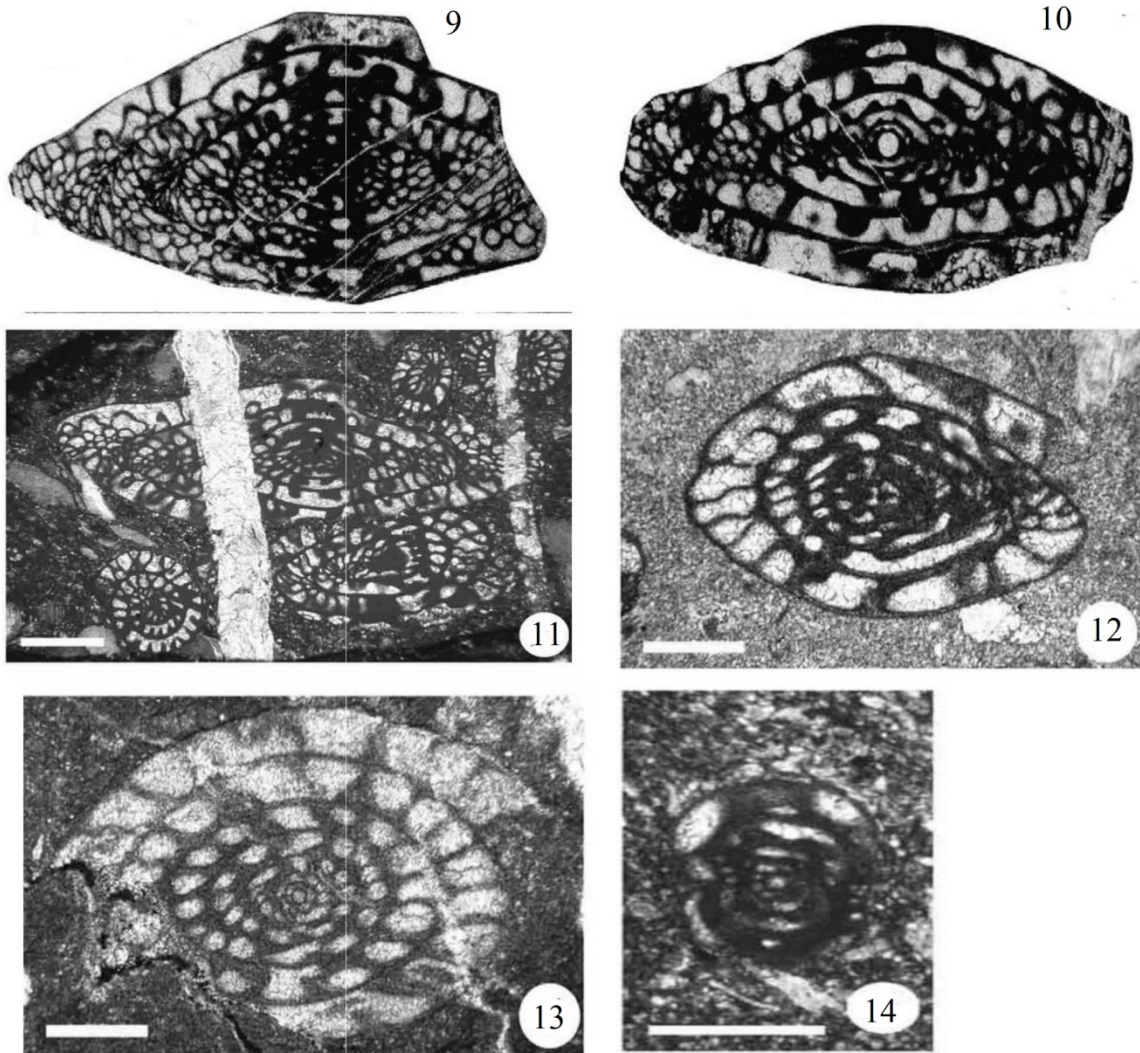


Figura 2. Foraminíferos del Pensilvánico de los Cerros El Tule (Sonora, México). 9. Beedeina euryteines Thompson X 16. 10. Beedeina leei Skinner X 20. 1. Beedeina pattoni Needham, 1937 X 11. 12. Fusulinella famula Thompson, 1948 X 28. 13. Fusulinella sp X 28. 14. Pseudostaffella atokaensis X 39.

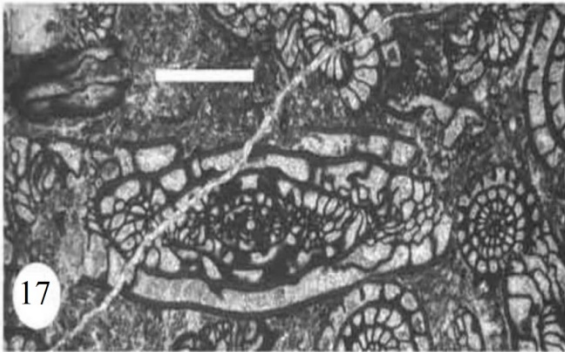
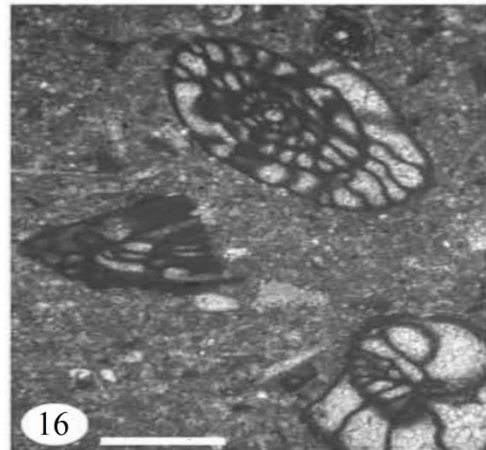
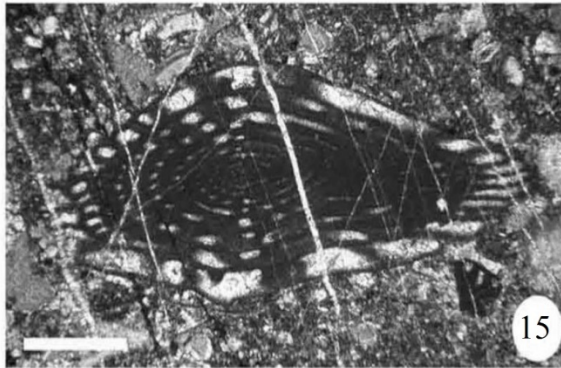


Figura 3. Foraminíferos del Pensilvánico de los Cerros El Tule (Sonora, México). 15. *Wedekindellina euthysepta* Henbest, 1928 X 17.5. 16. *Triticites canyonensis* Wilde, 2006 X 22. 17. *Triticites acutuloides* Ross, 1965 X 9. 18. *Leptotriticites* ex gr. *eoextentus* Thompson, 1954 X 5.5.

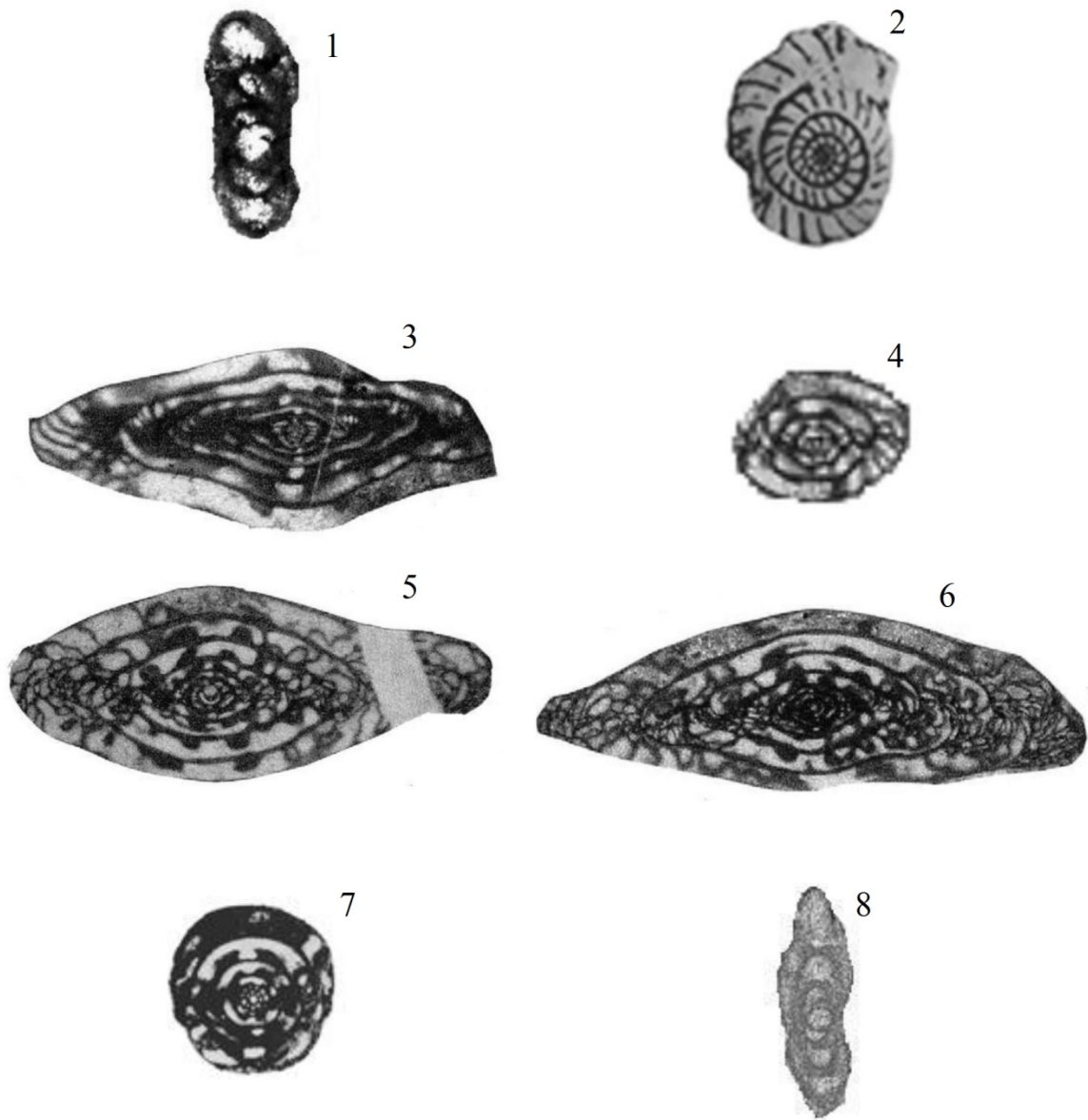


Figura 4. Foraminíferos del Pensilvánico de Sierra Agua Verde (Sonora, México). 1: *Mediocris breviscula*. 2. *Millerella* sp. 3. *Zellerella* sp. X 20. 4. *Eoshubertella texana* Thompson, 1947. 5. *Fusulinella llanoensis* Thompson, 1935 X 20. 6. *Fusulinella* aff. *llanoensis* Thompson, 1935 X 12.5. 7. *Pseudostaffella* sp. 8. *Eostaffella grozdilovae* Maslo y Vachard, 1997.

# BIBLIOGRAFÍA

Ager, D. V., 1963. Principles of paleocology; an introduction to the study of how and where animals and plants lived in the past. McGraw- Hill, New York, 371 p.

Aguilera, J.G., 1896, Sinopsis de la geología Mexicana. Bol. Inst. Geol. México, 4-6:189-250.

Almazán-Vázquez, 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-Sanchez, 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 palaeoenvironmental signals. In Álvaro, J.J., Aretz, M., Boulvain, F., Munnecke, A., Vachard, D., Vennin, E. (eds.), Paleozoic reefs and bioaccumulations: climatic and evolutionary controls: Geological Society London, Special Publications, 275, 189-200

BouDagher-Fadel, M. K., 2008, Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera, Amsterdam: Elsevier.

Brunner, P., 1984, Catálogo de microfósiles índice del Paleozoico, Jurásico Superior-Cretácico y microfacies del Paleozoico de México, parte I: Fusulinácea. Instituto Mexicano del Petróleo, non paginé, México.

Buitrón-Sánchez, B. E, 1992, Las rocas sedimentarias marinas del Paleozoico Inferior de México y su contenido biótico, en Gutiérrez, J.G., Saavedra, J., and Rábano, I. (Eds.) Paleozoico Inferior de Ibero-América, España, Universidad de Extremadura, p. 193-201.

Buitrón, B. E., Almazán, V. E., Ochoa, G. A. y Vachard D., 2003., Chaetetes, corales tabulados del Pensilvánico de Sonora. Semana Cultural de Geología XXVIII Aniversario Resúmenes, p. 15.

Buitrón, B.E. Almazán, V. E. y Vachard, D, 2004, Benthic invertebrates, of Carboniferous-Permian age, from Sonora: Their paleogeographic implications. 32nd. 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-Sánchez, B. E., Almazán- Vázquez, E., and Vachard d., 2007a. Middle Permian crinoids (Echinodermata) from cerro Los Monos, Caborca, Sonora, México and paleogeographic considerations. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 24 (3); 344-353.

Buitrón-Sánchez, B.E., Gómez-Espinosa C., Almazán-Vázquez, E., Vachard, D., 2007b, A lateAtokan regional encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora state, NW Mexico, en Álvaro, J.J., Aretz, M., Boulvain, F., Munnecke, A., Vachard, D., Vennin, E. (eds.), *Paleozoic reefs and bioaccumulations: climatic and evolutionary controls: Geological Society London, Special Publications, 275, 201-209.*

Buitrón-Sánchez, B. E., Almazán-Vázquez, E, and Palafox-Reyes J.J., 2012, Una secuencia cratónica del Carbonífero al Pérmico Inferior expuesta en los cerros El Tule, noreste de Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 29 (1): 39-62.

Buitrón-Sánchez, B.E., Chacón-Wences O., Vachard D., Palafox-Reyes J.J., Jiménez-López J.C, and Sour-Tovar. F., 2015, Pennsylvanian biota of the Sierra Agua Verde, Sonora, México: biostratigraphic and paleogeographic considerations, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, no.86, p.521-527.

Cooper, G.A. and Arellano, A.R., 1946, Stratigraphy near Caborca, Northeastern Sonora, México; *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 30: 606-611.

Cooper, G.A., Arellano, A.R., Johnson, J.H., Okulitch, V.J., Stoyanow, A., and Lochman, C., 1952, Cambrian Stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, Mexico. *Smithsonian Misc. coll.*, 119. 1: 1-35.

Fries, Jr. C., 1962, Reseña de la geología del estado de Sonora, con énfasis en el Paleozoico, *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.* Vol. XIV, No. 11 y 12, pags. 257- 273.

Gastil, R.G., Lemone, D.V. and Stewart, W.J., 1973, Fusulínidos pérmicos cerca de San Felipe, Baja California. *Soc. Geol. Mexicana Bol.*34. 1 y 2 (1973) p. 93-95.

Greenwood, E., F. E. Kottowski, and S. Thompson III, 1977, Petroleum potential and stratigraphy of the Pedregosa basin: comparison with Permian and Oro Grande basins, *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 61, 1448-1469.

Gómez-Espinosa, C., 2010, Análisis tafonómico y taxonomía del macrobentos calcáreo del Paleozoico Tardío de Sierra Agua Verde, Noreste de Sonora, México, Tesis Doctoral, UNAM, p.149.

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), and their biostratigraphic and palaeobiogeographic implications. *Comptes Rendus palevol*, 7, p. 259-268.

Gómez-Tagle V., A., 1976, Estudio geológico de la Sierra las Mesteñas, municipio de Fronteras, Estado de Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. Tesis.

Gómez-Rosales, D, 2008, Bioacumulaciones de Chaetetes del Pensilvánico de Atokano de Agua Sierra Verde. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis profesional, 52 p.

González-León, C., 1986, Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, Noreste de Sonora, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista vol. 6, núm. 2, p. 117-135.

Hallam, Anthony M. and Audley-Charles, Michael Geoffrey, 1988, Gondwana and tethis / Ed. by m. g. audley-Charles and a. hallan, London : Geological society ; oxford : Oxford University Press, p.317.

Handschy, J.W., Keller, G.R., and Smith, K.J., 1987, The Ouachita system in northern Mexico: *Tectonics*, v. 6, no. 3, p. 323–330.

Heckel, P.H., Clayton, G., 2006, The Carboniferous System. Use of the new official names for the subsystems, series, and stages: *Geologica Acta*, 4(3), 403-407.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1990, Estudio Hidrológico del Estado de Sonora, Impreso en México ISBN 968-892-879-8, p.128.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía e informática (INEGI) 1999, Sierra Agua Verde, Sonora.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010, Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010-Sonora, México: INEGI, c2011, p.30.

Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1956, Treatise on Invertebrate Paleontology (C) Protista 2. Sarcodina Chiefly Tecamoebians and Foraminiferida, vol 1, Moore R.C. (editor), p C313-510 Sociedad Geológica Americana y Universidad de Kansas.

Moore R.C. (editor) 1964, Treatise on Invertebrate Paleontology (C) Protista 2(1-2), p C313-510 Sociedad Geológica Americana y Universidad de Kansas.

Morkhoven Van, 1966, The concept of paleoecology and its practical application: Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans., v., 16 p 305-313.

Ochoa-Granillo, A. y Sosa-León, P., 1993. Geología y estratigrafía de la Sierra Agua Verde, con énfasis en el Paleozoico. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, Sonora, México.

Pérez-Ramos, O., 1992, Permian biostratigraphy and correlation between southeast Arizona and Sonora. Boletín del Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 9, 2, 74 p.

Pérez-Ramos, O., and Nestell, M., 2002, Permian fusulinids from Cobachi, central Sonora, Mexico, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 19, núm. 1, 2002, p. 25-37.

Pfeiffer, R.F., 1988. Biostratigraphic Study of Paleozoic rocks of Northeastern and Central Sonora, Francia, 80p. Inédita

Poole G., F., Perry J., W., Madrid J., R., Amaya-Martínez, R., 2005, Tectonic synthesis of the Ouachita-Marathon-Sonora orogenic margin of southern Laurentia: Stratigraphic and structural implications for timing of deformational events and plate-tectonic model, Geological Society of America, Special Paper 2005, 393; p 543-596.

Prothero, Donald R., 2013, Bringing fossils to life: an introduction to paleobiology, Third edition, New York; Columbia University Press.

Raisz, E., 1964, Landforms of Mexico; Cambridge Mass, mapa de escala 1:3 000 000

Stanley-Steven, M. y Luczaj, J., 2014, Earth System History, 4<sup>th</sup> edition, W.H. Freeman & Company, 608 pp.

Stewart, J.H., 1982, Regional relations of Proterozoic Z and lower Cambrian rocks in the Western United States and Northern Mexico: *In* Cooper J.D., Troxel, B.W. and Wright, L.A., Eds, Guidebook Geology of selected areas in the San Bernardino Mountains, Western Mojave desert, and South Great Basin California: Anaheim California, Geol. Soc. America, Ann Meeting: 171-186.

Stewart, J. H., Poole, F. G., Harris, A. G., Repetski, J. E., Wardlaw, B. R., Mamet, B. L. y Morales-Ramírez, J. M., 1999, Neoproterozoic (?) to Pennsylvanian inner-shelf, miogeoclinal strata in Sierra Agua Verde, Sonora, México, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 16: 35-62 p.

Vachard D. y Pantoja J., 1997, Evolution of Mexico during the Upper Paleozoic. *Ile Convención sobre la evolución geológica de México y recursos asociados*, Pachuca, Hgo., 4, 49-53

Vachard, D., Flores de Dios, A., Pantoja, J., Buitrón, B., Arellano, J. y Grajales, M., 2000, Les fusulines du Mexique, une revue biostratigraphique et paléogéographique. *GEOBIOS*, 33, 6:655-679. Villeurbanne, le 31.12.2000

Villanueva-Olea, R., Palafox-Reyes, J.J., Piña-Flores, S., and Buitrón-Sánchez, B. E., 2016, Crinoides (Echinodermata-Crinozoa) del Pensilvánico de Sierra Las Mesteñas, en el estado de Sonora: consideraciones bioestratigráficas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Vol. 87, p. 1225–1234.