



193  
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“COMUNIDADES CAMBRICO-ORDOVICICAS EN EL AREA  
DE SANTIAGO IXTALTEPEC, OAXACA  
(FORMACION TIÑU).  
IMPLICACIONES PALEOAMBIENTALES, PALEOGEOGRAFICAS  
Y ESTRATIGRAFICAS”.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
BIOLOGO  
PRESENTA  
FRANCISCO SOUR TOVAR

MEXICO, D. F. 1987



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 está 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.

## CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
Antecedentes	2
Ubicación de la Zona de Trabajo	3
Bosquejo Fisiográfico de la Región	3
METODOLOGIA	5
ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION TIÑU	7
RESULTADOS Y DISCUSIONES	12
Distribución Estratigráfica de la Fauna	12
Características Sedimentológicas y Mineralógicas de las Rocas Portadoras	13
DESCRIPCION DE LAS COMUNIDADES	14
Bases para la Definición de las Comunidades	14
Comunidad <i>Lingulella-Parabolinella</i>	15
Comunidad <i>Asaphellus</i>	17
Comunidad <i>Peltocare</i>	19
Tanatocenosis <i>Dictyonema</i>	19
Implicaciones Ambientales de la Descripción de las Comunidades	21
IMPLICACIONES PALEOGEOGRAFICAS DE LA FAUNA DE LA FORMACION TIÑU	28
IMPLICACIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA FAUNA DE LA FORMACION TIÑU	34
CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFIA	38

## RESUMEN

Se describen tres paleocomunidades y una asociación de muerte o tanatocenosis asociadas cada una de ellas a diferentes estratos de la Formación Tiñú. La primera comunidad es denominada *Lingulella-Parabolinella* y representa un ambiente marino de plataforma somero. La segunda es la de *Asaphellus* e indica condiciones de mayor profundidad. La tercera es la de *Peltocare* y señala condiciones de baja oxigenación. La tanatocenosis es nombrada *Dictyonema* y marca un cambio hacia un ambiente marino cerrado y una disminución mayor en la concentración de oxígeno.

Las semejanzas faunísticas y sedimentológicas de la Formación Tiñú con localidades de otras regiones geográficas, permitieron establecer que la zona de depósito presentó una mayor comunicación con Norteamérica, formando una unidad zoogeográfica. Sin embargo la presencia de faunas citadas para Europa y Sudamérica, indica que el sureste de México se ubicó durante el Paleozoico Inferior en una región de transición por la migración de faunas entre las regiones marinas de plataforma que actualmente forman parte de las placas continentales de Norteamérica, Sudamérica y Eurasia.

El análisis estratigráfico y la comparación que se hace con secuencias semejantes de otras regiones del mundo, permite determinar que en la Formación Tiñú, el Miembro Inferior es de edad Trempeleano (Cámbrico Superior) y que el Miembro Superior es del Tremadociano (Ordovícico Inferior). La separación de estas edades está señalada con la aparición de *Dictyonema flabelliforme*, con lo que se establece un criterio para resolver el problema que a nivel mundial representa el límite entre los Sistemas Cámbrico y Ordovícico.

## INTRODUCCION

Imlay (1946) desde mediados de siglo consideró a la Subprovincia Geológica de Tlaxiaco como una de las regiones de México que necesita ser estudiada más ampliamente por su importancia como fuente de información sobre la historia geológica de nuestro país, por la probabilidad de ser portadora de diversos recursos naturales y por su gran extensión geográfica. De estos puntos el primero fue resaltado con los descubrimientos de las localidades paleozoicas del área de Nochixtlán, Oaxaca (Pantoja-Alor y Robinson, 1967), las del área de Olinalá, Guerrero (Corona, 1981) y las del área de Izúcar de Matamoros, Puebla (Vazquez, 1986). De estas regiones, los afloramientos de Nochixtlán resultan muy significativos por presentar una de las secuencias de rocas paleozoicas más completas de México, la cual se localiza en las inmediaciones de el poblado de Santiago Ixtaltepec. En ella es de resaltar también la abundante paleofauna que contiene. Tomando en cuenta estos dos puntos y la gran necesidad de aumentar la escasa información que sobre el paleozoico mexicano se tiene, esta investigación tiene como objetivos analizar las comunidades Cámbrico-Ordovícicas de la Formación Tiñú en el afloramiento de el área de Santiago Ixtaltepec, determinando las condiciones ambientales en que se desarrollaron y analizar sus implicaciones paleobiogeográficas y estratigráficas.

### Antecedentes

Las localidades paleozoicas del área de Santiago Ixtaltepec, fueron descubiertas en 1964 por un grupo de investigadores bajo la dirección de Jerjes Pantoja-Alor, al realizar una serie de trabajos encaminados a la búsqueda de arcillas blancas de uso industrial. Posteriormente se realizó la descripción de la fauna Cámbrico-Ordovícica: trilobites (Robinson y Pantoja-Alor, 1968), gasterópodos (Yochelson, 1968) y cefalópodos, Flower, 1968) y se hizo la descripción formal de las formaciones (Pantoja-Alor, 1970).

En 1982 se describieron las comunidades de el Paleozoico Superior (Sour et al, 1982a) y se reportó la existencia de graptolitos dendroideos en los afloramientos del Cámbrico-Ordovícico del área de Santiago Ixtaltepec (Sour et al, 1982b). Por último, la descripción de la fauna de braquiópodos inarticulados también cámbrico-ordovícicos fue hecha por Buitrón y Rivera (1984).

#### Ubicación de la Zona de Trabajo

El afloramiento elegido para realizar el estudio se localiza en la intersección de los 17°31' latitud Norte y los 97°08' longitud Oeste, aproximadamente a 700 metros al Norte del poblado de Santiago Ixtaltepec y sobre el cauce del Arroyo de la Pulgas (Figura 1c). Además de este afloramiento existen otros dos: uno localizado aproximadamente a 18 kilómetros al noroeste de Nochixtlán, sobre la antigua carretera a Santa María Tiñú (Figura 1a) y otro que se encuentra al noroeste de San Pedro Cántaros, sobre el Arroyo Totoyac (Figura 1b).

#### Bosquejo Fisiográfico de la Región

El área de Santiago Ixtaltepec se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Altiplanicie Mixteca. Presenta una altura promedio de 2200 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por ser una zona montañosa de clima templado, moderadamente lluvioso, con precipitaciones principalmente durante el Verano y con un promedio de 700 mm. anuales (Vivó y Gomez, 1946; Rzedowski, 1978). En esta zona la vegetación se caracteriza por bosques de *Quercus* que han sido muy explotados, propiciando una gran erosión del suelo, lo que facilita la observación de los diversos afloramientos geológicos. La región tiene una gran cantidad de pequeños poblados, siendo la cabecera municipal la ciudad de Nochixtlán.

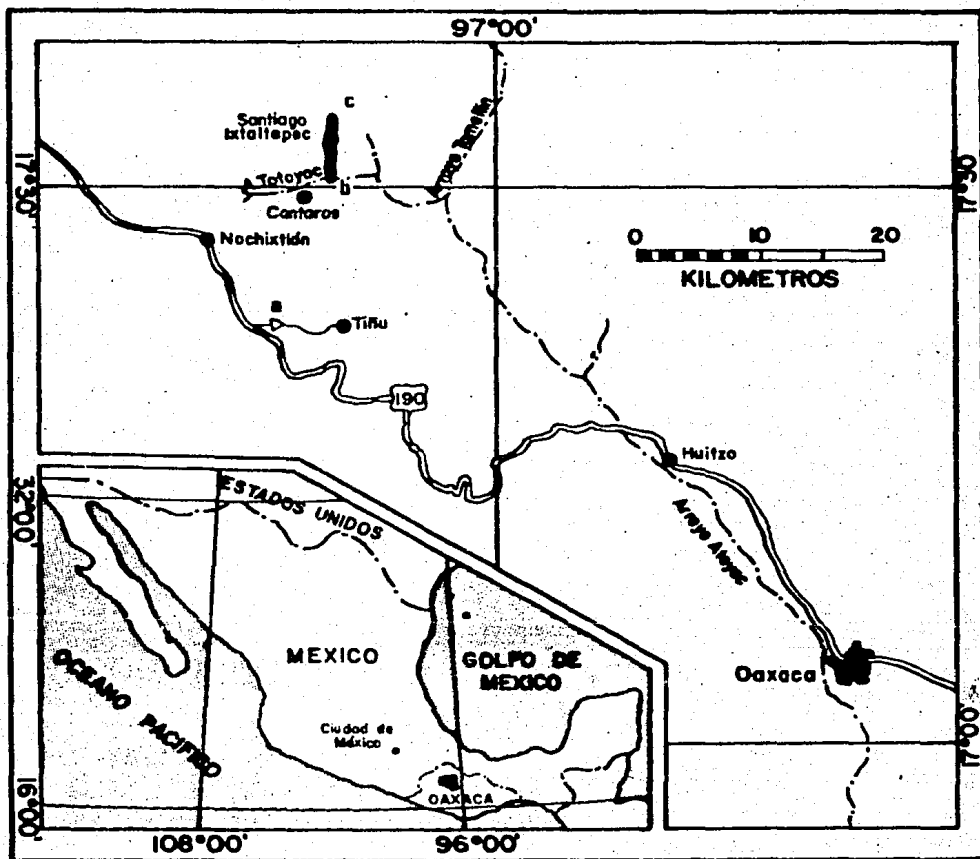


Fig. 1. Localización de la zona de estudio (c) y de los afloramientos de la Formación Tiñu en las localidades de Santa María Tiñu (a) y Arroyo Totoyac (b). (Tomado de Robinson y Pantoja-Aler, 1968).

## METODOLOGIA

Para realizar la descripción de las comunidades asociadas a las rocas de la Formación Tiñú, se realizaron una serie de colectas en el área de Santiago Ixtaltepec utilizando como base la columna estratigráfica establecida por Pantoja-Alor (1970); al efectuarse estas colectas se analizó la presencia o ausencia en cada estrato de las especies citadas para la Formación; se tomaron datos de la posición in situ de los ejemplares, su grado de preservación, desarticulación o ruptura y se observaron las características macroscópicas de las rocas en cuanto a textura, granulometría y presencia de estructuras sedimentarias. De estas colectas se obtuvieron alrededor de 600 ejemplares de los cuales 292 se encuentran depositados en el Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias con los números de catálogo E1 303-571. E1 901-924.

La determinación taxonómica de los ejemplares se llevo a cabo con base a los trabajos sistemáticos citados en los antecedentes y en el estudio de Sour y Buitrón(1987) sobre los graptolitos encontrados en el Miembro Superior de la Formación Tiñú. En el caso de los braquiópodos articulados no se hizo la determinación a nivel de especie, pero estos organismos sí se utilizaron en el análisis paleoambiental, tomando en cuenta principalmente sus características de morfología funcional, parámetro que se utilizó con mayor peso que el taxonómico en todos los grupos asociados y que se tomaron como índices ambientales. Estos datos se complementaron con observaciones realizadas sobre láminas petrográficas que aportaron datos sedimentológicos y mineralógicos de las rocas portadoras.

Los datos de distribución geográfica de los organismos de esta Formación se obtuvieron para: trilobites de Rasetti (1944) Hutchinson, (1952), Harrington y Leanza,(1957), Harrington et al (1959) y de Robinson y Pantoja-Alor,(1968); para graptolitos de Ruedemann, (1947), Turner, (1959), Bulman,(1970); para braquió-



podos, de Walcott(1912), Moore(1965) y Bednarczyz y Bienart(1978); para cefalópodos de Moore(1964), Flower(1964) y finalmente para gasterópodos la información se obtuvo de Knigt et al (1960)

En cuanto al análisis estratigráfico es de notar que aún cuando se logró la determinación de la gran mayoría de la fauna a nivel de especie, los resultados que se obtuvieron son producto de la presencia de una serie de géneros índice, principalmente de trilobites, conodontos y braquiópodos. Para este análisis fueron básicas las ideas concebidas por Robinson y Pantoja-Alor (1968) y Pantoja-Alor (1970).

## ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION TIÑU

La Formación Tiñú fue descrita originalmente por Pantoja-Alor (1970) y está representada por rocas que afloran en tres localidades de la región de Nochixtlán, Oaxaca y en los tres casos estas rocas se encuentran descansando sobre rocas de edad precámbrica, gneiss, esquisto, pegmatita y otras que han sido a signadas al Complejo Oaxaqueño (Fries et al, 1962).

La localidad tipo de la Formación Tiñú se encuentra en una pequeña área situada aproximadamente a 18 kilómetros al Sureste de Nochixtlán, (Fig. 1a) sobre el antiguo camino que une a la carretera México-Oaxaca con el poblado de Santa María Tiñú. En esta localidad se han medido hasta 200 metros de espesor (Fig. 2), de los cuales los primeros 13 corresponden al Miembro Inferior ó Calcáreo y los restantes 187 al Miembro Superior ó Lutítico. El Miembro Inferior está constituido por lutita y arenisca calcárea que presentan colores grisáceos y que alternan con calcarenita y caliza de color negro y con abundantes restos de trilobites. El Miembro Superior en esta localidad está formado principalmente por lutita y limolita calcárea de colores claros que forman bancos de hasta tres metros separados por estratos delgados de calcarenita gris. Este miembro es poco fosilífero en esta localidad y sólo presenta algunos braquiópodos articulados y escasos trilobites.

El segundo afloramiento de la Formación se encuentra sobre el Arroyo Totoyac, a unos cinco kilómetros al Noroeste de el poblado de San Pedro Cántaros (Fig. 1b). Aquí se han medido un total de 23 metros de los cuales 16 corresponden al Miembro Inferior y siete al Miembro Superior. El primero es muy fosilífero y está separado de el Superior por una capa de lutita calcárea con un plano superior cubierto por una capa rojiza de óxidos de hierro muy resistente a la erosión. El Miembro Superior en esta localidad está muy intemperizado y no es posible observar fósiles en él. La sección de este afloramiento se muestra en la Fig. 3.

La tercera sección conocida para la Formación Tiñú se loca-

liza a 700 metros al Norte del poblado de Santiago Ixtaltepec (Fig. 1c), sobre el cauce de el Arroyo de las Pulgas y en los terrenos de del rancho conocido como La Libertad. Presenta un espesor de 35.5 metros (Fig. 3) de los cuales 13 corresponden al Miembro Inferior y 22.5 al Miembro Superior. La separación de estos se da, al igual que en el Arroyo Totoyac, por un estrato de lutita calcárea, con gran cantidad de concreciones de hierro, compacta y muy resistente a la erosión. El Miembro Inferior se inicia con una capa de caliza gris oscura que intemperiza a amarillo y que en el contacto con el basamento precámbrico posee gran cantidad de pedernal. Siguiendo a esta capa se encuentran una serie de estratos de caliza negra muy fosilífera que llega a ser una verdadera coquina de trilobites y que posee espesores de 10 a 30 centímetros. Intercaladas con estos estratos se encuentran lutita calcárea de colores verde y amarillo, con laminación incipiente y espesores que varían de 15 a 150 centímetros. Estos estratos se hacen mas gruesos - hacia la parte superior del Miembro. El Miembro Superior esta compuesto por lutita y limolita de colores claros, verdes, amarillos, violetas y grises, que intemperizan en pequeñas placas y astillas afiladas. En esta localidad el Miembro Superior es más fosilífero que en los otros dos afloramientos de la Formación y además ésta aflora en una sección que permite analizarla más facilmente. Estos dos factores influyeron para que fuera elegida en especial para realizar esta investigación.

En el área de Santiago Ixtaltepec, la Formación Tiñú se encuentra subyaciendo en una clara discordancia angular a las rocas mississípicas de la Formación Santiago, de origen marino.

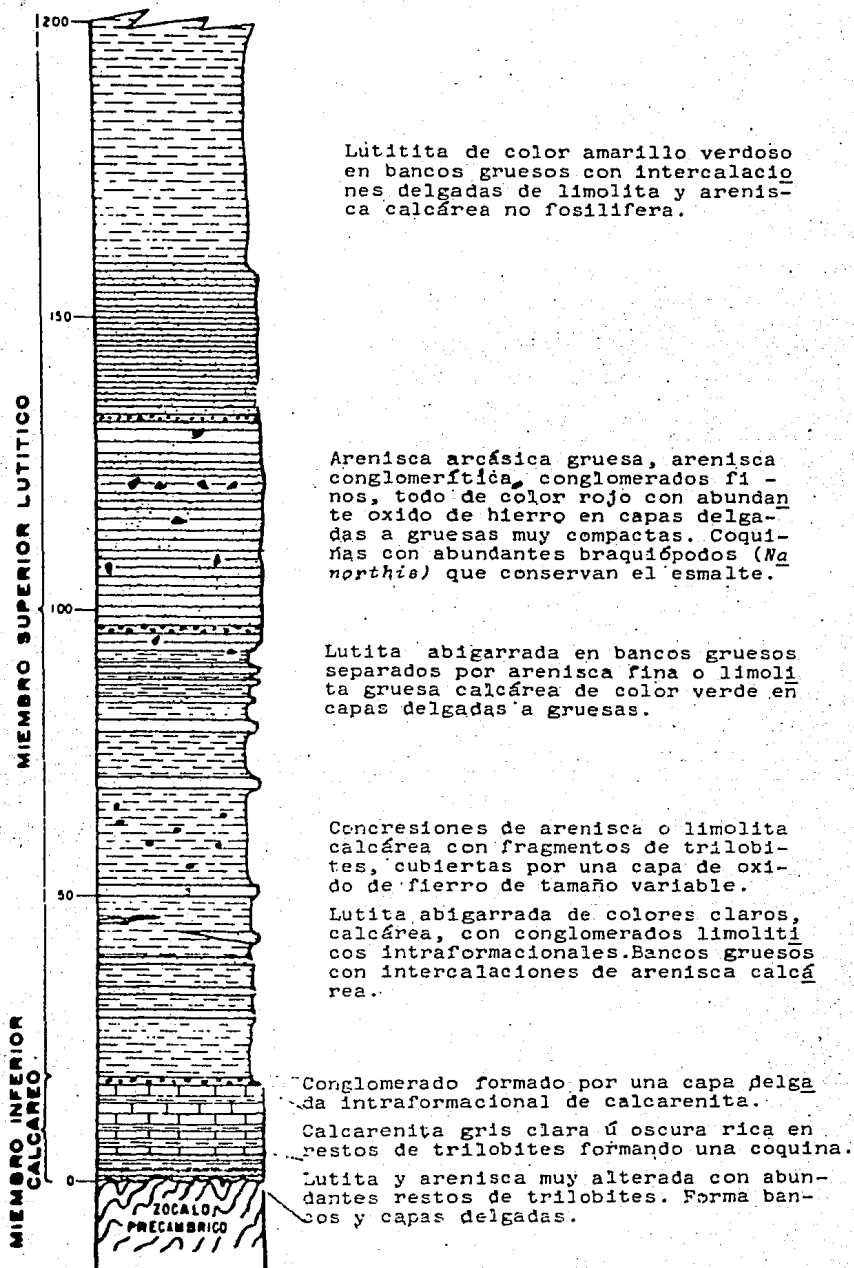


Fig. 2. Sección estratigráfica de la Formación Tifú en su localidad tipo en el área de Santa María Tifú. (Según Pantoja-Alor, 1970).

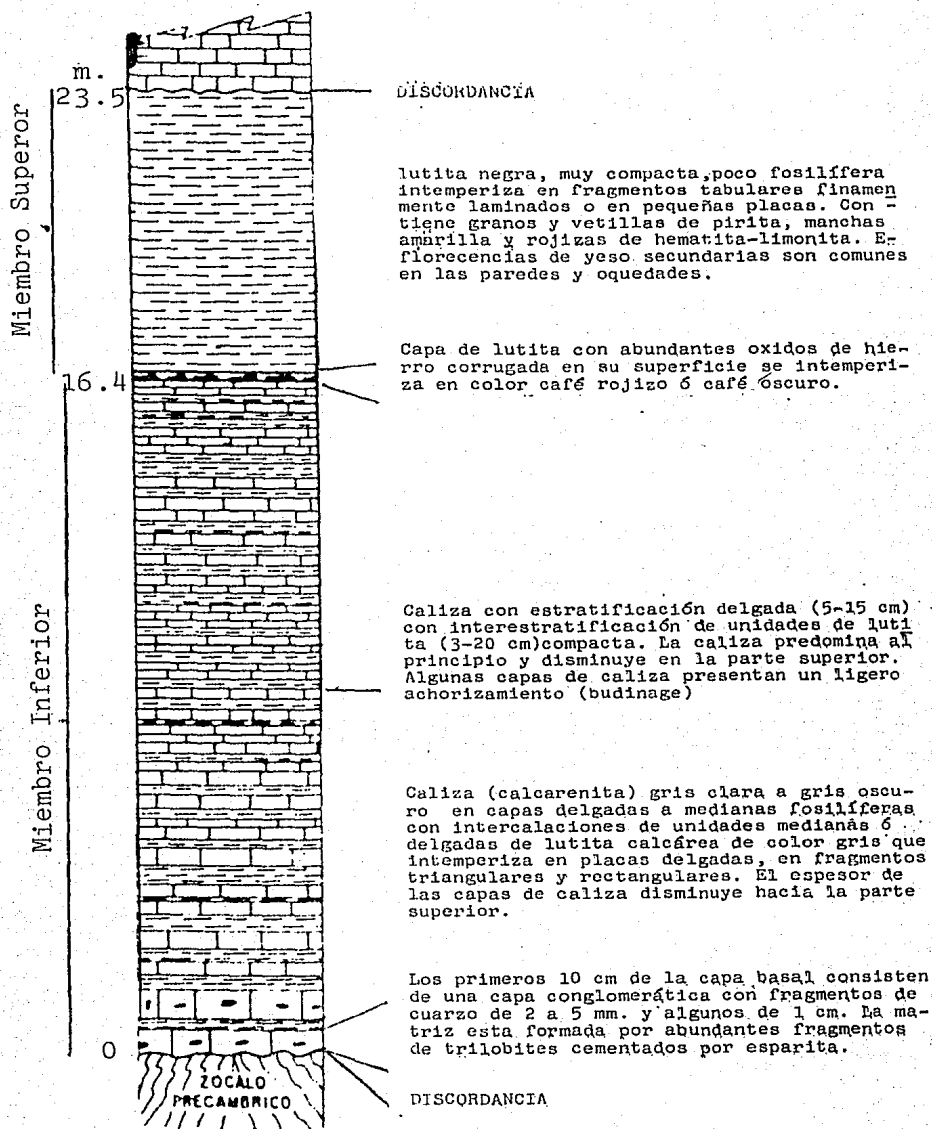


Fig. 3. Sección estratigráfica de la Formación Tiñú en su localidad del Arroyo Totoyac. (Tomado de Pantoja-Alor, 1970)

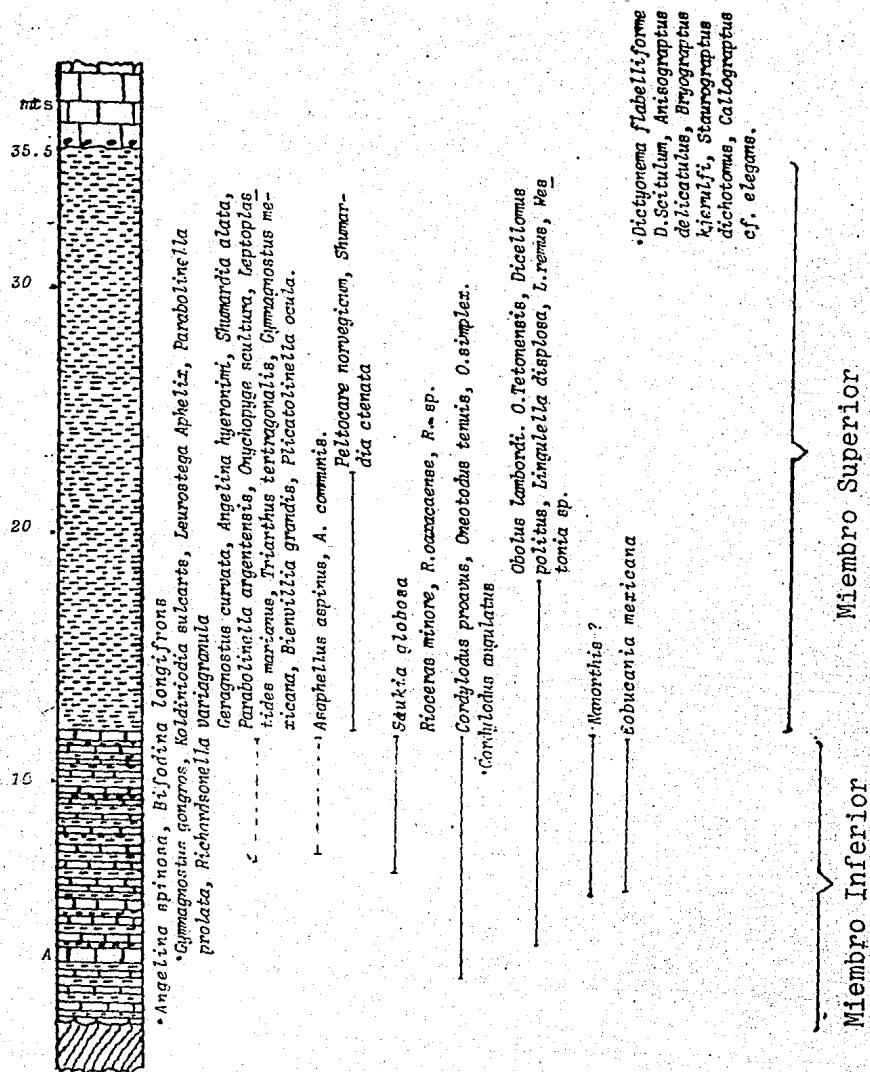


Fig. 4. Sección estratigráfica de la Formación Tiñú en su afloramiento del área de Santiago Ixtaltepec y distribución estratigráfica de la fauna citada.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES.

## Distribución Estratigráfica de la Fauna

En la Formación Tiñú, como fue señalado por Robinson y Pantoja-Alor (1968), existe una clara discontinuidad entre la fauna que se presenta entre el Miembro Inferior y la del Miembro Superior. El primero está caracterizado principalmente por la ocurrencia de los trilobites *Saukia globosa*, *Asaphellus communis*, *A. aspinus*, y los conodontos *Cordylodus proavus*, *C. angulatus*, *Oneodotus tenuis* y *O. simplex*.

El Miembro Superior se caracteriza por la ocurrencia en sus primeros ocho metros, de los trilobites *Peltocare norvergicum* y *Shumardia ctenata*. Un estrato de 30 centímetros que se ubica a 30 metros sobre la base de el afloramiento de Santiago Ixtaltepec, también caracteriza al Miembro Superior por la presencia de los graptolitos *Callograptus sp.*, *Dictyonema flabelliforme*, *D. scitulum*, *D. flabelliforme var. oaxacensis*, *Anisograptus delicatulus*, *Bryograptus kjerulfi* y *Staurograptus dichotomus*.

La Figura 4 esquematiza lo anterior y además se señala en ella la distribución estratigráfica observada de todas las especies citadas para el afloramiento de Santiago Ixtaltepec de la Formación Tiñú. Con base en ella se pudo determinar lo siguiente:

1. El gasterópodo *Eobucania mexicana* y el braquiópodo articulado *Nanorthis sp.* se encuentran en todos los estratos calcáreos y lutíticos de el Miembro Inferior.
2. Las especies de nautiloideos *Rioceras minore* y *R. oaxacaense* se encuentran sólo en los estratos calcáreos del Miembro Inferior.
3. Los braquiópodos inarticulados *Obolus lambordi*, *O. tetonensis*, *Dicellomus politus*, *Lingulella displosa*, *L. remus* y *Westonia sp.* se encuentran restringidos a los estratos de lutita de el Miembro Inferior y a los seis primeros metros de el Miembro Superior.

4. El estrato calcáreo de la parte basal de la Formación se caracteriza por ser el único en el que se encuentra a los trilobites *Angelina spinosa* y *Bifodina longifrons*. Sólo estos fósiles se encuentran en este estrato.
5. El estrato señalado con la letra A en la Figura 4 se caracteriza porque sólo en él se encuentra a los trilobites *Gymnagnostus gongros*, *Koldiniodia sulcatus*, *Leurostega aphelix*, *Parabolinella prolata* y *Richardsonella varaigranula*.
6. Los trilobites *Asaphellus communis* y *A. aspinus* están restringidos a los estratos calcáreos del Miembro Inferior y sólo aparecen a partir de la parte media de este miembro. *A. aspinus* se caracteriza además por representar hasta el 95 % de el total de especímenes que se encuentran en estos estratos.
7. Las especies de trilobites *Parabolinella argentensis*, *Geragnostus curvata*, *Shumardia alata*, *Onychopyge scultura*, *Leptoplastides marianus*, *Triarthrus tetragonalis*, *Gymnagnostus mexicana*, *Bienvillia grandis* y *Plicatolinella ocula*, se encuentran restringidos a los estratos lutíticos del Miembro Inferior.
8. La especie de trilobite *Saukia globosa* es poco frecuente en esta localidad y se encuentra tanto en estratos calcáreos como lutíticos de el Miembro Inferior.

#### Características Sedimentológicas y Mineralógicas de las Rocas Portadoras

Los estratos calcáreos de el Miembro Inferior se caracterizan por presentar una alternancia de laminación homogénea con laminación cruzada. La roca está compuesta principalmente por calcita y se observaron vestigios de glauconita, y el desarrollo de pirita u óxidos de hierro como minerales secundarios.

Las rocas lutíticas, tanto del Miembro Inferior como del Superior, presentan laminación homogénea y están compuestas de -



biotita y muscovita principalmente, con algo de glauconita, piritita como mineral secundario y carbonato de calcio como cementante.

## DESCRIPCION DE LAS COMUNIDADES

### Bases para la Definición de las Comunidades

En este trabajo, el concepto de comunidad se maneja como "el conjunto de organismos que coexisten en un ecosistema" (Pianka, 1982). Tomando como base esta idea es posible determinar que en el registro fósil es factible encontrar asociaciones de organismos que pudieron tener dos orígenes diferentes. Primero, es posible que la asociación sea producto de la acumulación de restos de organismos en el mismo ecosistema que habitaron, sin que exista un transporte. Por este medio se obtienen yacimientos en que los fósiles reflejan en cierta medida el contenido orgánico real de un ecosistema y sus condiciones abióticas. El segundo caso que se puede presentar en la formación de un yacimiento, es que los organismos hayan sufrido un transporte desde el lugar de su muerte hasta el lugar en que se depositaron sus restos. En este caso las asociaciones fósiles que se producen pueden no ser coherentes con el medio ambiente de depósito, se pueden encontrar asociados organismos de diferentes comunidades e incluso de diferentes ambientes o edades. Tomando en cuenta estas ideas autores como Raup y Stanley (1978) y Schäfer (1972) han propuesto la aplicación de el concepto de comunidad o biocenosis a asociaciones fósiles que son producto de el primer proceso descrito y la aplicación de el concepto de tanatocenosis o asociaciones de muerte para las asociaciones producto del segundo caso.

De acuerdo a estos conceptos, durante el análisis de las asociaciones fósiles presentes en la Formación Tiñu se determinó la existencia de tres comunidades o biocenosis y la de una tanatocenosis o asociación de muerte. Estas asociaciones reciben su nombre por la presencia de un organismo u organismos que resal-

tan por ser buenos indicadores ambientales o por su abundancia dentro de la asociación. Cada una de las comunidades que se definen se caracteriza por la presencia exclusiva de determinadas especies de organismos y por reflejar condiciones ambientales particulares.

Comunidad *Lingulella-Parabolinella*.

Esta comunidad se presenta en los estratos de lutita de el Miembro Inferior que se caracterizan por ser de color verde y amarillo con laminación homogénea, en capas de cuatro a cinco milímetros de espesor y sin otra estructura sedimentaria visible. Están compuestas de biotita y muscovita, algo de glauconita, óxido de hierro y como cementante carbonatos. De estas características, de acuerdo a Heckel (1972), la glauconita indica claramente un ambiente marino y la laminación homogénea una tasa de sedimentación baja. De la fauna asociada, sólo los trilobites - agnostidos, braquiópodos y gasterópodos se presentan como restos de organismos completos, mientras que el resto de la fauna formada principalmente por trilobites no agnostidos, está representada por exubias (cranidios o mejillas libres), cefalones, pigidios u otros fragmentos, siendo rarísimos los ejemplares completos. En general todos los restos se presentan sin una orientación definida y existen formas de tamaños muy variables (de menos de un milímetro hasta 12 centímetros).

Los braquiópodos articulados e inarticulados son todos menores a 20 milímetros de ancho, todos representan formas pedunculadas y son infrafaunales (inarticulados) ó epifaunales (articulados) y todos son organismos filtradores. En el caso de *Lingulella* y *Obolus* se trata de organismos de conchas pequeñas, menores a seis milímetros de ancho, que presentan grandes afinidades con el género reciente *Lingula*, y de los que se ha interpretado que ocuparon zonas marinas de sustrato suave, con baja tasa de sedimentación (Rudwick, 1970; Dodd & Stanton, 1981). Como características adaptativas a este medio, se interpreta su

tamaño pequeño que provoca, por tensión superficial, el hundimiento de el organismo bajo el sustrato y la presencia de un pedúnculo retráctil que favorece mantenerse en una posición fija. En el caso de *Nanorthis*, braquiópodo articulado presente en esta asociación, su concha cóncavo-convexa, su tamaño pequeño y la presencia de costillas ornamentales indican también una morfología adaptada a un sustrato suave y condiciones de baja turbidez.

De los trilobites que se presentan en esta comunidad, sobresalen los agnostidos, *Geragnostus* y *Gymnagnostus*, que son formas de tamaño muy pequeño (menos de seis milímetros) y carentes de ojos. Estas características reflejan un tipo de vida semiinfaunal. Clarkson (1966a) ha relacionado estas formas ciegas con algunos tipos de crustáceos actuales que viven bajo el sustrato y que han perdido los ojos como una adaptación que les permite soportar ser cubiertos por sedimentos finos. El tamaño pequeño a su vez representa una ventaja que evita se hundan en el sustrato y a la vez es una desventaja en zonas con tasas elevadas de depositación donde serían sepultados rápidamente (Clarkson, 1966b). Esta idea apoya la interpretación de un ambiente con una tasa de depositación baja. *Angelina hyeronimi*, *Parabolinella argentensis* y otros trilobites representan formas de organismos adaptados a vivir sobre el sustrato, presentando un cuerpo aplanado y largas espinas genales que evitan que el organismo se hunda en el sustrato suave. A diferencia de los agnostidos, estos trilobites presentan ojos bien desarrollados y de tipo compuesto que en los crustáceos actuales solo se presentan en especies de ambientes luminosos. Esta característica, así como su capacidad de desplazamiento, permite identificarlos al igual que al gasterópodo *Eobucania mexicana* como depredadores activos. Como ya se mencionó, la mayoría de los restos de trilobites son fragmentos de partes esqueléticas y sólo los agnostidos se preservaron completos. Esto se puede explicar por el hecho de que al igual que los artropodos recientes, los trilobites su

frian una serie de mudas durante su desarrollo, originandose durante cada una de ellas una exubia que por su composición quitinosa resulta muy resistente a la descomposición pero facilmente fragmentable. Estos restos a su vez presentan una mayor probabilidad de conservación ya que no son atacados por organismos saprofitos que sí atacan a los restos de organismos completos a los cuales a la vez fragmentan en sus partes esqueléticas. Tomando en cuenta estos hechos, por la presencia de organismos sésiles, como los braquiópodos pedunculados, o infaunales como los trilobites agnostidos, y la no existencia de una selección de tamaños en los restos encontrados, se desecha la posibilidad de que la asociación fósil que se describe, sea producto de un transporte y por lo tanto es considerada como un reflejo de una comunidad real o biocenosis.

Integrando lo anterior se puede inferir que esta asociación, - sustrato-fauna, indica un ambiente marino somero de plataforma, con condiciones de buena luminosidad, con un sustrato suave (arcilloso), con una tasa baja de sedimentación y buena oxigenación. La Figura 5 representa una reconstrucción de la comunidad de *Lingulella-Parabolinella* e incluye una fotografía en que se observa parte de una muestra de la roca portadora y algunas de las especies presentes. También en esta figura se anexa la lista de las especies que integran a esta comunidad.

#### Comunidad *Asaphellus*.

Se ubica en los estratos calcáreos de el Miembro Inferior (Figura 4 ) que presentan en su composición caliza microcristalina como principal componente, son de color negro y con espesores de 10 a 30 centímetros. En la roca es posible encontrar - cristales aislados de glauconita, óxidos de hierro y piritita. En estos estratos se encuentra al braquiópodo articulado *Nanorthis*, a los nautiloideos *Rioceras minore* y *R. oaxacaense*, al gasterópodo *Eobucania mexicana* y diversas especies de trilobites entre

las que resalta *Asaphellus aspinus* por formar hasta el 95 % de los especímenes presentes. Todos los organismos están preservados en moldes recristalizados y a excepción de los trilobites, todos están representados por ejemplares completos de diversos tamaños. Los trilobites en particular sólo se encuentran en forma de pigidios o cefalones que miden de 2 a 25 centímetros de ancho. Los braquiópodos articulados del Orden Orthida que se encuentran en esta asociación, se caracterizan por presentar una concha puntuada, plano-convexa, con costillas longitudinales, un espacio corporal estrecho en relación al volumen de la concha y un foramen pedicelar que provocaba que la posición del organismo siempre fuera perpendicular al sustrato. Estas características permiten establecer que estos braquiópodos fueron organismos sésiles, que se alimentaban por filtración y que presentaron adaptaciones a vivir en aguas poco turbias (la forma y ornamentaciones de la concha) y de baja energía (Rudwick, 1970) lo que también es apoyado por la fragilidad de la concha que presentan (Dodd & Stanton, 1981). Los nautiloideos de la comunidad son formas primitivas que han sido asociadas a hábitos semibentónicos (Yochelson et al., 1973), con cierta capacidad de flotación y nado. Estas características los convierten en depredadores muy efectivos sobre el resto de la fauna asociada. *Eobucania mexicana* posiblemente jugó el mismo papel, pero dada su menor movilidad, no en forma tan activa.

Los trilobites *Asaphellus aspinus* y *A. communis* se caracterizan por presentar un cuerpo de perfil bajo y por la presencia de un área marginal plana tanto en el pigidio como el cefalón. Estas características han sido interpretadas como una adaptación que les permitía desplazarse en un sustrato lodoso, manteniéndose semihundidos y alimentándose a la vez por filtración (McKerrow, 1978). En la Figura 6 se esquematiza a la Comunidad de *Asaphellus*, se encuentra una fotografía de la roca portadora con algunos ejemplares de esta asociación y se enlistan todas las especies que la integran.

Comunidad *Peltocare*

Está asociada a una secuencia de aproximadamente ocho metros de lutita en la base del Miembro Superior. Esta roca, al igual que la lutita del Miembro Inferior, presentan laminación, están compuestas de biotita y muscovita, con vestigios de glauconita y presentan carbonatos como cementante. Se diferencian por la ausencia de óxidos de hierro y por presentar colores verdes, amarillos, lilas, rosados y grises. La fauna es escasa y sólo se encuentra a los trilobites *Peltocare norvergicum* y *Shumardia ctenata* y a los braquiópodos inarticulados de la Familia Lingulidae *Lingulella*, *Obolus*, *Dicellomus* y *Westonia*. Todos los organismos son de talla pequeña (menos de 2 cm.) y en el caso de los braquiópodos están preservados duriparticamente. Taylor y Rushton (1971) describen asociaciones semejantes en localidades cámbricas de Inglaterra asociando la pobreza de la fauna a una baja concentración de oxígeno, apoyándose en el hecho de que ciertos trilobites como *Peltocare* y *Shumardia* presentan un número elevado de segmentos torácicos, cada uno de ellos portando un par de ramas branquiales que les facilitan la respiración en ambientes poco oxigenados. En esta asociación los braquiópodos encontrados, dada su preservación duripártica, apoyan la idea de condiciones anóxicas y además por ser organismos sésiles indican autoctonía. Estos organismos también indican condiciones someras, infiriendo este dato por comparación con el género actual *Lingula*. La Figura 7 representa a esta comunidad y a ella se anexa una fotografía con los trilobites citados y la lista completa de la fauna asociada.

Tanatocenosis *Dictyonema*

Se encuentra en un estrato de lutita de 30 centímetros de espesor, que se ubica a 30 metros sobre la base de la Formación Tífu. La roca es de color amarillo-crema, presenta laminación homogénea y está compuesta de biotita y muscovita cementada con

carbonatos y con algunos cristales de glauconita como mineral secundario. Esta asociación está formada por los graptolitos de tipo dendroideo *Dictyonema flabelliforme*, *D. scitulum*, *Anisograptus delicatulus*, *Bryograptus kjerulfi*, *Staurograptus dichotomus* y *Callograptus* sp.. De ellas, las cinco primeras han sido clasificadas como parte del plankton paleozoico (Ruedemann, 1947; Bulman, 1970) y se les considera como organismos epipelágicos, flotadores pasivos que se encontraban sobre la superficie de los océanos gracias a la presencia de una serie de vacuolas gaseosas. Kirk, (1969) por el contrario, propuso que los graptolitos de este tipo, tenían la capacidad de desplazarse voluntariamente por medio de una serie de movimientos del lóforo. Lenz y Chen-Xu (1985) propusieron que graptolitos semejantes a *Dictyonema* podían desplazarse a voluntad por medio de la especialización de ciertas tecas y que el tejido vascularizado les servía como una estructura de intercambio gaseoso que le daba a la colonia una flotabilidad neutra y con ello lograr que la colonia se mantuviera a determinada profundidad. Estas dos teorías son todavía criticadas por el hecho que implican un alto grado de diferenciación entre las tecas de una colonia, lo cual no se observa en el registro fósil, y también la existencia de un sistema de comunicación complejo entre los zooides de cada colonia. En el caso de *Callograptus*, el último graptolito mencionado, ha sido interpretado como una forma bentónica, fija al sustrato por la sícula y de hábitos alimenticios por filtración (Bulman, 1964; McKerrow, 1978). Este organismo por lo fragil de la colonia que forma, indica condiciones de baja energía en el medio y a la vez el lóforo, que se encuentra sin protección, indica aguas poco turbias.

Berry y Boucot (1972) han estudiado diversas asociaciones de graptolitos en Europa y Norteamérica y han observado que no existe una clara relación entre el ambiente sedimentario y el tipo o las especies que en ellos se depositaron, sin embargo sí pudieron inferir que normalmente un sustrato limo-calcáreo refleja un ambiente de plataforma somera, un sustrato exclusivamen

te calcáreo indica un ambiente de plataforma profundo y los sus tratos arcillosos fueron asociados a ambientes de plataforma sin una profundidad determinada. Para estas inferencias se basaron en estudios sedimentológicos comparativos y en la presencia de otro tipo de faunas en las localidades estudiadas. De los resultados que obtuvieron concluyeron que de ser ciertas las ideas de Lenz y Chen-Xu (1985) o las de Kirk (1969) se podrán asociar los diferentes tipos de graptolitos a determinadas profundidades marinas. En la Formación Tiñú, dado que no existen otro tipo de organismos asociados en el mismo estrato a los graptolitos, es difícil establecer con fineza las características de el ambiente sedimentario, pero los datos que da *Callograptus* apoyan las ideas de Berry y Boucot (1972) y se establece como un ambiente marino somero de plataforma. Otro dato que se puede agregar a esta definición es el de una baja concentración de oxígeno, el cual se infiere por la misma preservación de los graptolitos que en la mayor parte de los yacimientos en que se han encontrado, se han preservado por impresiones carbonosas o por preservación de las partes originales de la colonia. Este último tipo de preservación sólo es posible en ambientes anóxicos, dada la composición esclero-proteica de los graptolitos que es fácilmente oxidable.

La Figura 8 es una reconstrucción de la tanatocenosis de graptolitos originada en zonas de baja energía, en las que el transporte se da simplemente por sedimentación de formas planctónicas ó nectónicas. A esta figura se anexa una lámina con fotografías de los principales tipos de graptolitos asociados.

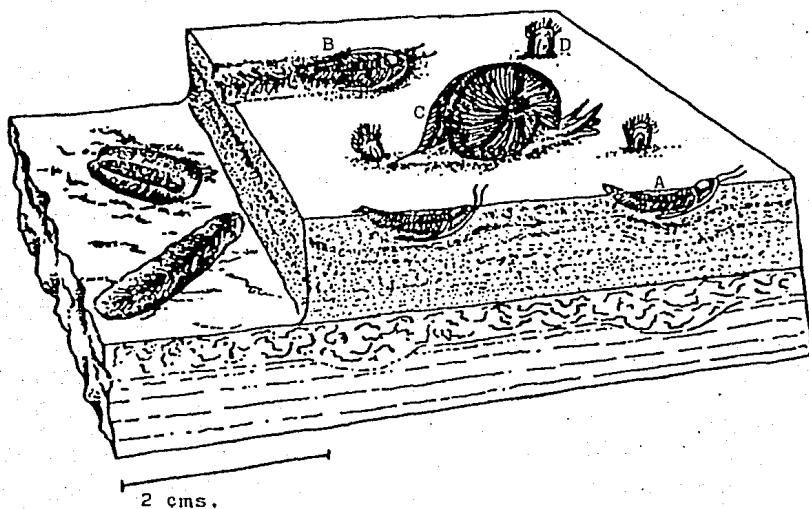
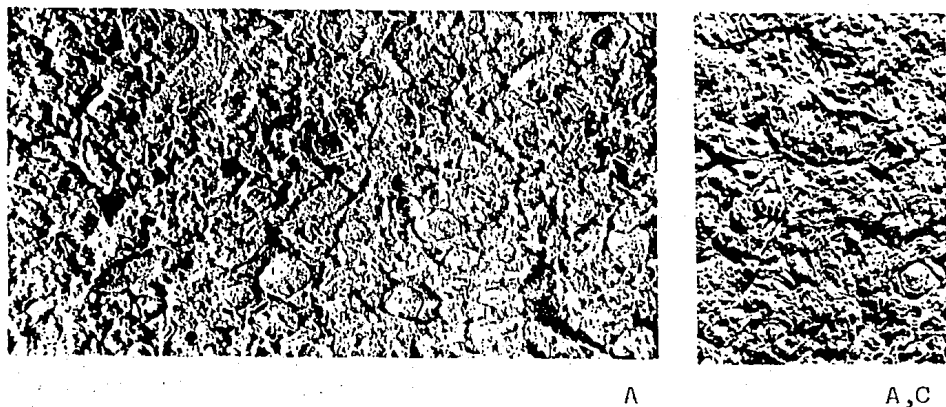
#### Implicaciones Ambientales de la Descripción de las Comunidades

El análisis de las diferentes asociaciones fósiles de la Formación Tiñú, refleja claramente que durante la depositación de sus sedimentos se dieron dos etapas deposicionales. La primera de ellas está registrada en el Miembro Inferior, en el



que la alternancia de lutita y caliza, paralela a una alternancia en el establecimiento de las comunidades de *Lingulella-Paraboline* (presente en los estratos lutíticos) y *Asaphellus* (en los estratos calcáreos) indican que durante esta etapa la región en que se dió la depositación estaba sujeta a una serie de procesos transgresivos-regresivos. Los estratos lutíticos de este miembro, por la laminación que presentan y los datos de la comunidad asociada, indican un ambiente de aguas someras, con un perfil sin pendiente y con características ambientales estables. Por el contrario, los estratos calcáreos del mismo miembro indican un ambiente marino de plataforma carbonatada, con baja pendiente pero mayor profundidad. En estos estratos la alternancia de laminación homogénea con laminación cruzada indica la posibilidad de que en el ambiente se presentaran tormentas estacionales, semejantes a las tormentas tropicales que azotan en el presente a las costas del Golfo de México (Brewner y Davies, 1973). Estas mismas tormentas explican también la falta total de orientación en la posición de los fósiles y su gran fragmentación.

Los estratos lutíticos del Miembro Superior presentan características semejantes a los estratos lutíticos del Miembro Inferior (composición mineral, granulometría); sin embargo, como se mencionó en la descripción de la asociación de *Dictyonema*, la conservación de los graptolitos indica condiciones anóxicas. Estas condiciones señalan un cambio hacia un ambiente marino de plataforma cerrado o semicerrado a la circulación de corrientes oceánicas.



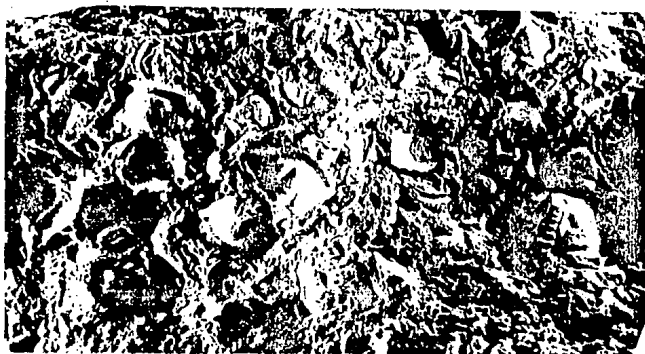
Especies asociadas

-*Geragnostus curvata*, *Angelina hyeronimi*, *Shumardia alata*, *Parabolinella argenteensis* (A), *Onychopyge scultura*, *Leptoplastides marianus* (B), *Triarthrus tetragonalis*, *Gymnagnostus mexicana*, *Bicuvillia grandis*, *Plicatolinella ocula* (Trilobites)

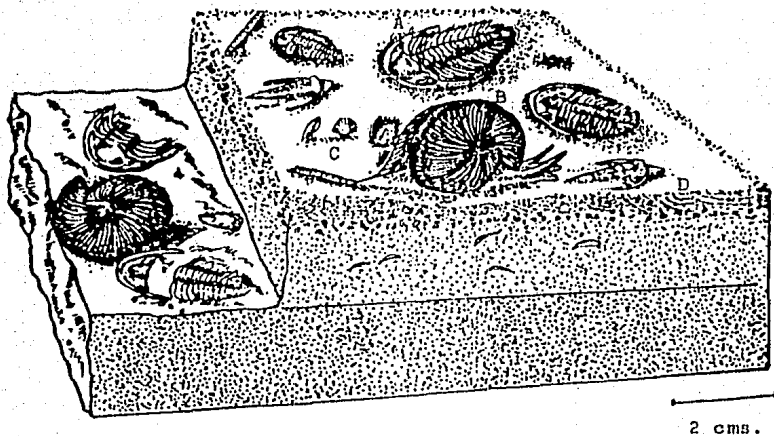
-*Eobucania mexicana* (C). (Gasterópodo)

-*Obolus lambordi*, *O. tetonenis*, *Dicellomus pelitus*, *Lingulella displosa* (D), *L. remus*, *Westonia* sp. (Braquiópodos inarticulados)  
*Nanorthis* sp. (Braquiópodo articulado).

Fig. 5. Reconstrucción de la Comunidad *Lingulella-Parabolinella*



A

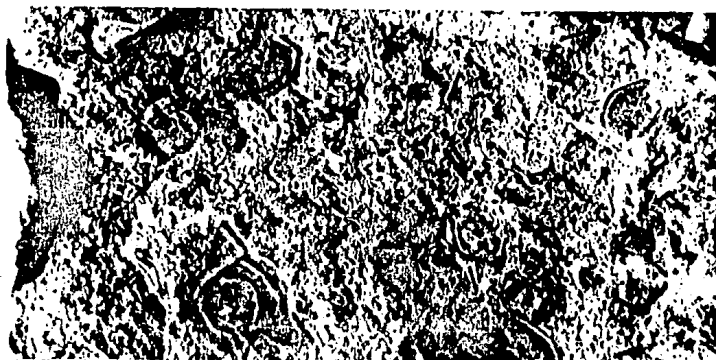


2 cms.

## Especies asociadas:

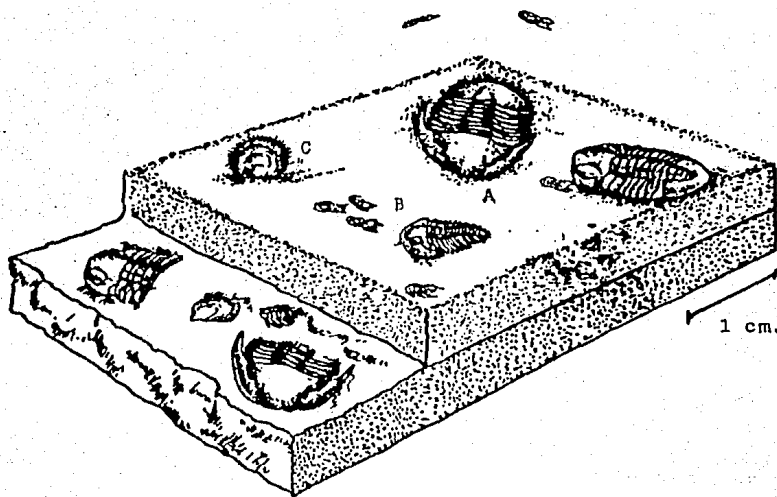
- Asaphellus aspinus* (A), *A. communis* (Trilobites)
- Eobucania mexicana* (B) (Gasterópodo)
- Obolus lambordii*, *O. tetonensis*, *Dicellogomus politus* (Braqu. inarticul.)
- Nanorthis* sp. (C) (Braquiópodo articulado)
- Rioceras minore*, *R. oaxacaense* (D) (Nautiloideos)

Fig. 6. Reconstrucción de la Comunidad de *Asaphellus*.



A

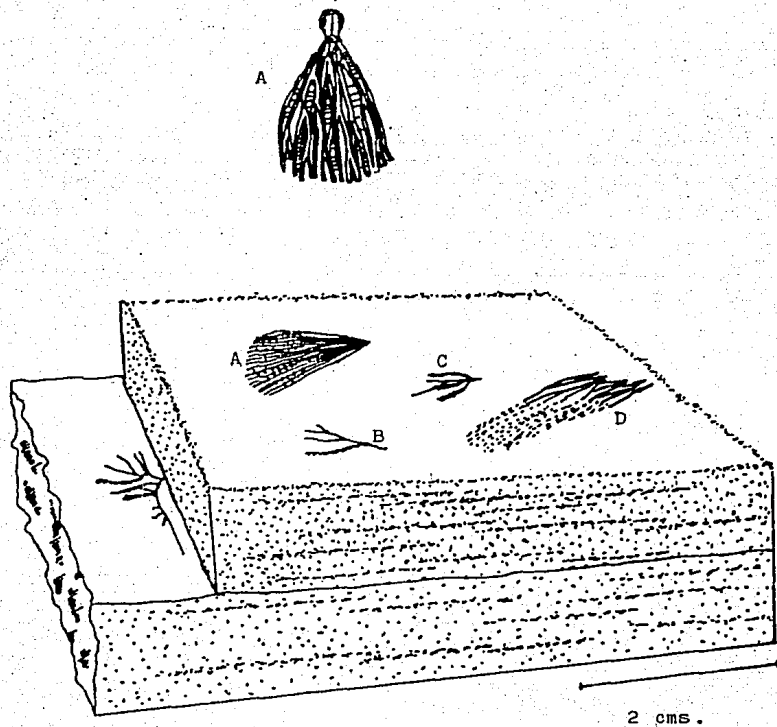
A



Especies asociadas:

- Peltocare norvegicum* (A), *Shumardia ctenata* (B) (Trilobites).
- Obolus lambordi*, *O. tetonensis*, *Dicellogmus politus*, *Bingulella displosa*, (C), *E. remus*. (Braquiópodos inarticulados)

Fig. 7. Reconstrucción de la Comunidad *Peltocare*.



Especies asociadas:

-*Dictyonema flabelliforme* (A), *D. scitulum*, *Anisograptus delicatulus*, *Bryograptus kjerulfi* (B), *Staurograptus dichotomus* (C), *Callograptus cf. elegans* (D). (Graptolitos dendroideos)

Fig. 8. Reconstrucción de la Tanatocenosis de *Dictyonema*.



*D. flabelliforme*



*Dietyonema scitulum*



*D. flabelliforme* var. *oaxaquensis*



*Callograptus* sp.



*Staurograptus dichotomus*

Fig. 8 (Cont.) Fotografías de algunas de las especies de graptolitos de la Tanatocenos *Dietyonema*.

## IMPLICACIONES PALEOGEOGRAFICAS DE LA FAUNA DE LA FORMACION TIÑU

Tratando de establecer la configuración geográfica que presentó la Tierra durante los Periodos Cámbrico y Ordovícico, se han realizado una serie de estudios sobre los patrones de distribución que presentan diferentes grupos de organismos de esos Periodos y analizadas las relaciones estratigráficas y sedimentológicas de los diferentes afloramientos cámbrico-ordovícicos que se han descubierto. De estos estudios se ha llegado a establecer que durante este tiempo la mayor parte de las zonas actualmente continentales se encontraban agrupadas en una gran masa continental (Protopangea) o formando parte de la plataforma que rodeaba a ese Supercontinente. Las reconstrucciones hechas por Boucot y Gray en 1976 (Figura 9A) y las de Smith, Briden y Drewey en 1973 (Figura 9B) representan esta configuración, y en ellas es posible notar que Africa ocupaba la región central de la Protopangea ubicándose sobre el Polo Sur. Alrededor de Africa se encontraban América del Sur hacia suroeste, Australia hacia sureste, Eurasia hacia el noreste y América del Norte hacia el noroeste. En estas mismas representaciones es posible observar que la mayor parte de los continentes actuales formaban parte de zonas de plataforma. En el esquema de Smith, Briden y Drewey, la región del sureste de México es claramente señalada como una región marina que separa a Sudamérica y Africa de Norteamérica, prolongándose hacia el este en un océano que separa a Europa de Sudamérica y Africa. El esquema de Boucot y Gray representa lo mismo pero en él es posible observar además que este océano es dividido en tres regiones de acuerdo a la fauna de graptolitos y conodontos que se han citado para los afloramientos que se conocen de esta edad y que representan a esta región. De acuerdo a los datos de Boucot y Gray (op cit), el sureste de México se ubicaba dentro de la provincia Noratlántica, compartiendo características con la mayor parte de Norteamérica (características faunísticas). Whittington y Hughes (1973)

analizaron la lista de géneros de trilobites de 37 áreas diferentes en el mundo, correspondientes al Ordovícico Inferior y observaron la existencia de tres provincias faunísticas. La primera la caracterizaron por el género *Rasettia* y la ubicaron abarcando Norteamérica. La segunda es llamada "Tsinaniid" y se extendía desde Australia hasta el sureste asiático. La tercera la llamaron Olenidae y propusieron que se extendía desde Suramérica hasta Europa, atravesando por el sur de México. Para postular esto último analizaron la fauna de trilobites de la Formación Tiñú y le dieron gran importancia a la presencia de *Pharostomina* y *Onychopyge*, géneros de trilobites que han sido considerados como endémicos de Sudamérica. Tomando en cuenta lo antagónico que resultan las ideas de Boucot y Gray con las de Whittington y Hughes, se analizó la similitud faunística de la Formación Tiñú con otras regiones del mundo (Cuadros I-III) y se observó que en cuanto a los trilobites presentes, de 21 géneros sólo cuatro se encuentran en Norteamérica, Europa, Asia y Sudamérica; cinco se encuentran citados para Norteamérica, Sudamérica y Europa; tres exclusivamente en Sudamérica y cuatro en Norteamérica. Al analizar la distribución de las especies de graptolitos de la Formación Tiñú, se observó que de seis especies una se encuentra en Norteamérica, Sudamérica, Europa y Australia; una en Norteamérica, Sudamérica y Europa; una en Norteamérica, Sudamérica y Australia; una en Norteamérica y Europa y dos exclusivamente en Norteamérica. El análisis de la distribución geográfica de las especies de los otros taxa citados para la Formación Tiñú, indica que todas las especies han sido encontradas en Norteamérica, sólo cuatro para Europa y ninguna para otras regiones. Un análisis a nivel genérico indica que un porcentaje del 50 % ha sido reportado para Sudamérica. Estos análisis reflejan claramente que la fauna de la Formación Tiñú tiene una mayor similitud con faunas norteamericanas, apoyando las ideas de Boucot y Gray y contradiciendo la zonación hecha por Whittington y Hughes. A su vez, la existencia de cierta similitud con faunas sudameri-



canas y europeas indica que la Formación Tiñú se depositó en una región que comunicaba estas regiones. Retomando las reconstrucciones citadas, es posible notar que el sureste de México durante el Cámbrico-Ordovícico se encontraba en una región marina de plataforma unida a Norteamérica y que por su posición recibía influencia faunística de las zonas de plataforma que actualmente forman parte de las placas continentales de Sudamérica y Euroasia.

Analizando los datos sedimentológicos de la Formación Tiñú, que como ya se mencionó, indican ambientes marinos de plataforma, es notable la semejanza que presenta con numerosas localidades que han sido estudiadas en la región de las Montañas Rocallosas (Markelo y Read, 1981; Keeper, 1981; Aitken, 1966). Estas similitudes pueden interpretarse como prueba de la teoría de Dietz (1972), que establece un origen semejante para las rocas paleozoicas que afloran en las Montañas Rocallosas y ciertas localidades de la Sierra Madre Oriental, donde se ubica a la Subprovincia Geológica de Tlaxiaco.

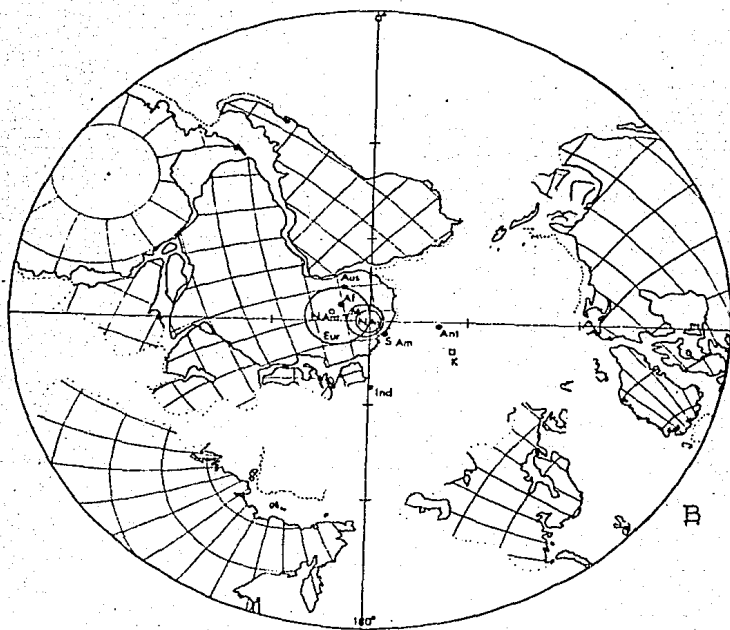
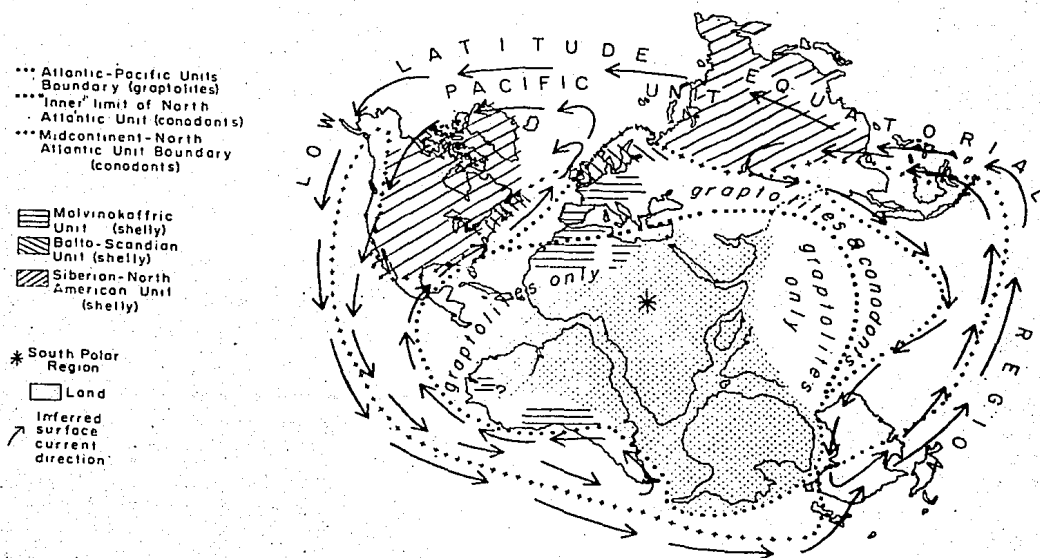


Fig. 9. Reconstrucciones Paleogeográficas de la Tierra para el Cámbrico-Ordovícico. A. Tomado de Boucot y Gray, 1976. B. Proyección estereográfica tomada de Smith, Briden y Drewey, 1973. (Vista sobre el Polo Sur)

Género	Nortame.	Surame.	Europa	Asia
<i>Geragnostus</i>	X	X	X	X
<i>Gymnagnostus</i>				
<i>Pseudoagnostus</i>	X	X	X	X
<i>Asaphellus</i>	X	X	X	X
<i>Pharostomina</i>		X		
<i>Onychopyge</i>		X		
<i>Tinaspis</i>		X		
<i>Angelina</i>	X	X	X	
<i>Bienvillia</i>	X			
<i>Parabolina</i>	X	X	X	
<i>Parabolinella</i>	X	X	X	
<i>Triarthus</i>	X	X	X	
<i>Leptopalstides</i>			X	
<i>Leurostega</i>	X			
<i>Peltocare</i>	X	X	X	
<i>Plicatolinella</i>				
<i>Richardsonella</i>	X			
<i>Saukia</i>	X			X
<i>Koldiniodia</i>				X
<i>Shumardia</i>	X	X	X	X
<i>Bifodina</i>				

Cuadro I. Distribución geográfica de los géneros de trilobites citados para la Formación Tifú. Basado en Rasestti, 1944; Hutchinson, 1952; Harrington y Leanza, 1957; Harrington et al., 1959; Robinson y Pantoja-Alor, 1968).

Especie	Nortame.	Surame.	Europa	Aust.
<i>Anisograptus delicatulus</i>	X			
<i>Bryograptus kjerulfi</i>	X	X	X	X
<i>Staurograptus dichotomus</i>	X			
<i>Dictyonema flabelliforme</i>	X	X	X	
<i>Callograptus elegans</i>	X		X	
<i>Dictyonema scitulum</i>	X	X		X

Cuadro II. Distribución geográfica de las especies de graptolitos citados para la Formación Tiñu. Basado en - Ruedemann, 1947; Turner, 1959; Bulma, 1963.

Especie	Nortame.	Surame.	Europa	Aust.
<i>Eobucania mexicana</i> (G)	X			
<i>Rioceras minore</i> (N)	X	g	g	
<i>Rioceras oaxacaense</i> (N)	X		X	
<i>Cordylodus proavus</i> (C)	X		X	
<i>Cordylodus angulatus</i> (C)	X		X	
<i>Oneodotus simplex</i> (C)	X	g	g	
<i>Oneodotus tenuis</i> (C)	X	g	g	
<i>Obolus lambordi</i> (Bi)	X	g	X	
<i>Obolus tetonensis</i> (Bi)	X	g	g	
<i>Dicellomus politus</i> (Bi)	X			
<i>Lingulella displosa</i> (Bi)	X	g	g	g
<i>Lingulella remus</i> (Bi)	X	g	g	g
<i>Westonia</i> sp. (Bi)	X		g	g
<i>Nanorthis</i> sp. (Ba)	g	g	g	

Cuadro III. Distribución geográfica de las especies de gasterópodos (G), nautiloideos (N), conodontos (C), braquiópodos inarticulados (Bi) y articulados (Ba) que se han citado para la Formación Tiñu. La presencia de la letra g en las columnas de distribución indica que en esas regiones se han localizado especies de el mismo género.

## IMPLICACIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA FAUNA DE LA FORMACION TIÑU

EL establecimiento del límite entre los Sistemas Cámbrico y Ordovícico ha representado un problema que se ha tratado de resolver aplicando diversos criterios y dependiendo de los hallazgos que se han hecho en distintas regiones geográficas. Reflejo de este problema es que la Serie Tremadociana es ubicada por los geólogos ingleses dentro del Cámbrico, mientras que para los geólogos y paleontólogos de otras nacionalidades representa al Ordovícico Inferior (Whittington y Willians, 1964). Los ingleses a su vez han separado al Cámbrico del Ordovícico por la presencia de una discontinuidad muy notable entre las rocas cámbricas y las rocas ordovícicas de Inglaterra, mientras que en Norteamérica la separación se ha realizado caracterizando a las rocas del Cámbrico Superior con la presencia del trilobite *Saukia* y las rocas del Ordovícico Inferior con el trilobite *Symphysurina*. En Europa continental y Suramerica el límite se marca con la aparición del graptolito *Dictyonema flabelliforme* en las rocas ordovícicas. Esta falta de uniformidad de criterios en gran medida se debe a la falta de hallazgos de localidades en que se encuentren asociaciones de las faunas utilizadas para marcar este límite. Este punto lo analizaron Robinson y Pantoja-Alor en 1968 y Pantoja-Alor en 1970, al observar que la fauna de el Miembro Inferior de la Formación Tiñu es correlacionable con la Zona de *Saukia*, del Cámbrico Superior de América del Norte y a la vez con la fauna del Tremadociano Inferior de Europa. Observaron también que la fauna del Miembro Superior es correlacionable con la de trilobites del Ordovícico Inferior del occidente de Norteamérica y semejante a la fauna que en Europa y Sudamérica ha sido asociada a rocas del Tremadociano Medio-Superior (en particular el trilobite *Peltocare*). Dadas estas controversias para ubicar a la Serie Tremadociana dentro de la columna estratigráfica mundial, estos autores, aplicando la nomenclatura utilizada en Norteamérica, consideraron que el Miembro Inferior de la Formación Tiñu podría pertenecer al Trempeleano (Cámbrico Superior),

mientras que el Miembro Superior podría representar edades del Tremadociano Inferior al Superior. Geocronológicamente asignaron una edad de Tremadociano temprano para el Miembro Inferior, por la presencia de *Onychopyge* y *Parabolinella*, y una edad de Tremadociano tardío para el Miembro Superior por la presencia de *Peltocare norvergicum*.

Tomando en cuenta estas ideas, el hallazgo posterior de la fauna de graptolitos en un estrato del Miembro Superior (Figura 4) suprayaciendo a todos los estratos portadores de la fauna utilizada en las dataciones hechas por Robinson y Pantoja-Alor (1968), presenta una serie de implicaciones. En el Norte de Europa, subyaciendo a rocas portadoras de *Dictyonema flabelliforme*, se han encontrado estratos con conodontos del género *Cordylodus*. En Norteamérica se han encontrado rocas con este conodonto por debajo de rocas portadoras del trilobite *Shymphysurina*, pero nunca asociado con *Saukia*. Por este motivo nunca se utilizó a *Cordylodus* con el mismo significado de *Saukia* como índice del Cámbrico Superior, aunque se llegó a pensar que indicaba la transición cámbrico-ordovícica (Miller, 1969; Miller et al 1970). En la Formación Tiñú *Cordylodus* se encuentra asociado a *Saukia* y como sucede en Europa se encuentra por debajo de rocas portadoras de *Dictyonema flabelliforme*. Este dato permite postular que las faunas de *Cordylodus* al igual que las de *Saukia* son índices del Cámbrico Superior (Trempeleano). Si se acepta este postulado, la edad de la Formación Tiñú en el Miembro Inferior deberá considerarse como Cámbrico Superior y en el caso del Miembro Superior *Dictyonema flabelliforme* indica claramente Ordovícico Inferior. Robinson y Pantoja-Alor (1968) analizaron la situación del trilobite *Peltocare* y le asignaron una posible edad Tremadociano Inferior-Superior, sin embargo su posición estratigráfica inferior a la de la fauna de graptolitos de nota que la edad de *Peltocare norvergicum* se puede ubicar dentro del Tremadociano Inferior.

Las dataciones que se han expuesto apoyan la idea más gene-

realizada de considerar al Tremadociano como la Serie inicial del Sistema Ordovícico y con ellas es posible establecer un criterio que permite resolver el problema existente en cuanto a la separación de las rocas de edades cámbricas y ordovícicas. Esta idea, sin embargo, debe ser corroborada con el hallazgo de localidades en que se encuentren asociaciones semejantes a las de la Formación Tifú y que demuestren que las secuencias que se comparan, en cuanto al tipo de fauna que contienen, no deben sus diferencias a factores ambientales, migratorios o de otro tipo que no sean temporales.

## CONCLUSIONES

- Se establece la existencia de tres comunidades: *Lingulella-Parabolinella*, *Asaphellus* y *Peltocare* y la de una tanatocenosis ó asociación de muerte denominada *Dietyonema*.

-Se postula que la sucesión de comunidades es producto de cambios periódicos en la profundidad del ambiente durante el depósito del Miembro Inferior y a un cambio en las condiciones de oxigenación durante el depósito del Miembro Superior.

-Se señala la mayor similitud faunística de la Formación Tiñú con Norteamérica y se ubica la zona de depósito en un punto geográfico que comunicó zonas marinas de plataforma que actualmente forman parte de las placas continentales de Norteamérica, Sudamérica y Eurasia.

-Se confirma la importancia de *Dietyonema flabelliforme* como índice para el Ordovícico Inferior.

-Se señala la edad de *Peltocare norvegicum* como Tremadociano Inferior.

-Se establece que el Miembro Inferior es de edad Trempeleana (Cámbrico Superior) y que el Miembro Superior es del Tremadociano (Ordovícico Inferior).



## BIBLIOGRAFIA

- Aitken, J. D. 1966. Middle Cambrian to Middle Ordovician cyclic sedimentation, Southern Rocky Mountains of Alberta. Bull. Can. Petrol. Geol. v. 14: p. 405-441.
- Bednarczyz, W. & G. Bienart. 1978. Inarticulate brachiopods from the lower Ordovician of the Holy Cross Mountains, Poland. Acta Paleontologica Polonica. v. 23. # 3: p. 293-315.
- Berry, W.B.N. & A. J. Boucot. 1972. Silurian graptolite depth zonation. International Geological Congress. 24 th. session 7. Paleontology. p. 59-65.
- Boucot, A. J. & J. Gray. 1976. Epilogue: A Paleozoic Pangea? in: Gray and Boucot (eds). Historical Biogeography, Plate Tectonics and the Changing Environments. Oregon State Univ. Press. p. 465-482.
- Brenner, R. L. & D. K. Davies. 1973. Storm-generated coquinoid sandstone genesis of high-energy marine sediments from the upper Jurassic of Wyoming and Montana. Bull. Geol. Soc. Am. v. 84: p. 1685-1698.
- Buitrón, B. E. y E. Rivera. 1984. Lingúlidos (Brachiopoda-Articulata) del Ordovícico de Oaxaca, México. Mem. III Congreso Latinoamericano de Paleontología. p. 54-61.
- Bulman, O.M.B. 1964. The evolution and classification of the graptolites. Quart. Journ. Geol. Soc. London. v. 476, # 119; p. 401-418.
- Bulman, O.M.B. 1970. Graptolithina, 2° ed. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part. V.. R. C. Moore (edit). The Geological Society of America and the University of Kansas Press. 163 p.
- Clarkson, E.N.K. 1966a. Schizochroal eyes and vision in some acastid trilobites. Palaeontology. v. 9: p. 1-29.
- Clarkson, E.N.K. 1966b. Schizochroal eyes and vision in some phacopid trilobites. Paleontology. v. 9: p. 464-487.
- Corona-Esquivel, R. J. 1981. Estratigrafía de la Región de Olinalá-Tecoconyuca, noroeste del Estado de Guerrero. Rev. del Inst. de Geología. U.N.A.M. v. 5, # 1: p. 17-24.
- Dietz, R. S. 1972. Geosinclinales, Montañas y Formación de Continentes. in: Deriva Continental y Tectónica de Placas. Sel. del Sci. Am. 1976. Ed. Blume Madrid: p. 167-178.
- Dodd, J. R. & R. J. Stanton, 1981, Paleoecology, Concepts and Applications.

- John Wiley & Sons Pubs. New York: 559 p.
- Flower, R. H. 1964. The nautiloid order Ellesmeroceratida. New Mexico Bureau Minen. Min. Resorces. Men. 12. 234 pp.
  - Flower, R. H. 1968. Cephalopods from the Tifñu Formation, Oaxaca State, Mexico. Journ. Paleontology. v. 42: p. 804-811.
  - Fries, C., E. Schmitter, P. E. Damon y D.E. Livingstone. 1962. Rocas precámbricas de edad grenvilliana de la parte central de Oaxaca en el sur de México. Univ. Nal. Autón. México. Inst. de Geología, Bol. 64: p. 45-53.
  - Harrington, H. J. & A. F. Ileanza. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. Dpto. Geol. Univ. Kansas. Sp. Pub. 1. 276 pp.
  - Heckel, P. H. 1972. Recognition of ancient shallow marine environments. in: E. Heckel (edit). Recognition of ancient sedimentary environment. Soc. Econ. Paleont. and Mineralogist. Sp. Pub. # 16: p. 226-286.
  - Hutchinson, R. D. 1952. The stratigraphy and trilobites faunas of the cambrian sedimentary rocks of Cope Breton Island, Nova Scotia. Canadian Geol. Survey. Mem. 263: 124 pp.
  - Imlay, R. W. 1946. Posibles aplicaciones de la Paleontología en el desarrollo de los recursos minerales de México. Bol. Soc. Geol. Mexicana. 1946. p. 43-50.
  - Keeper, J. C. 1981. Sedimentology of a middle Cambrian outer shelf-margin with evidence for syndepositional faulting, Eastern California and Western Nevada. Jour. Sedimentary Petrology. v. 51, # 3: p. 807-821.
  - Kirk, 1969. in: Lenz, A. C. & Chen-Xu. 1985. Graptolite distribution and lithofacies. Some cases historic. Jour. Paleontology, v. 59, # 3: p. 636-642.
  - Knigth, J. B., R. L. Batten & E. L. Yochelson. Mollusca I. Treatise on Inv. Paleont. Part I. R. C. Moore (ed). Geol. Soc. of Am.: 551 pp.
  - Lenz, A. C. & Chen-Xu. 1985. Graptolite distribution and lithofacies. Some cases historic. Jour. Paleontology. v. 59, # 3 : p. 636-642.
  - Markello, J. R. & J. F. Read. 1981. Carbonate ramp-to-deeper shale transsitions of an upper Cambrian intrashelf basin, Nolichucky Formation. Southwest Virginia Appalachians. Sedimentology, v. 28: p. 573-597.
  - McKerrow, W. S. 1978. The Ecology of Fossils. The Mit Press, Cambridge-Massachusetts. 383 pp.
  - Miller, J. 1969. Conodont fauna of the Notch Peak Limestone (Cambro-Ordovi-

- cian) House Range, Utah. *Jour. Paleontology*. v. 43: p. 413-469.
- Miller, J. 1970. Conodont zonation of the uppermost Cambrian and lowest Ordovician. *Geol. Soc. Am. Abstracts with programs*. Ann. Mtg. 1970. p. 624.
- Moore, R. C. (ed). 1959. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Pt. O, Arthropoda I. University of Kansas Press Lawrence, 560 pp.
- Moore, R. C. (ed). 1964. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Pt. K, Mollusca III. University of Kansas Press Lawrence, 519 pp.
- Moore, R. C. (ed). 1965. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Pt. H, Brachiopoda I y II. University of Kansas Press Lawrence, 927 pp.
- Pantoja-Alor J. 1970. Rocas sedimentarias paleozoicas de la región centro-septentrional de Oaxaca. *in*: *Libreto Guía México-Oaxaca*. Soc. Geol. Mexicana: p. 67-84.
- Pantoja-Alor, J. & R. A. Robinson. 1967. Paleozoic sedimentary rocks in Oaxaca, México. *Sci.* v. 157, # 3792: p. 1033-1035.
- Pianka, E. R. 1982. *Ecología Evolutiva*. Omega, Barcelona: 365 pp.
- Rasetti, F. 1944. Upper Cambrian trilobites from the Levis Conglomerate. *Jour. Paleontology*. v. 18: p. 229-258.
- Raup, D. M. y S. M. Stanley. 1978. *Principios de Paleontología*. Ariel, Barcelona-México: 456 pp.
- Robinson, R. A. & J. Pantoja-Alor. 1968. Tremadocian trilobites from the Nochixtlan region, Oaxaca, Mexico. *Jour. Paleontology*, v. 42: p. 767-800.
- Ruedemann, R. 1947. Graptolites of North America. *Geological Society of America*. Memoir 19.
- Rudwick, M.J.S. 1970. *Living and Fossils Brachiopods*. Hutchinson Univ. Library. Londres: 119 pp.
- Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*. Limusa, México: 432 pp.
- Shäfer, W. 1972. *Ecology and Paleoecology of Marine Environments*. G. Y. Craig (ed). Univ. of Chicago Press: 568 PP.
- Sour, T. F., M. I. Barradas B y C. Duran G, 1982a. Descripción de la primera fauna de graptolitos (Dendroidea) reportada para México, Formación Tifiu (Santiago Ixtaltepec, Oaxaca). VI Cong. Nac. de Zoología, Mazatlán, Sin. Libro de Resúmenes sin número de páginas.
- Sour T. F., M. A. Calderón M. y F. Ramírez H, 1982b. Comunidades arrecifales de la Formación Ixtaltepec (Pensilvánico), Oaxaca, México. VI Cong.

- Nac. de Zoología. Mazatlán Sin. Libro de resúmenes sin número de páginas.
- Taylor, K. & A.W.A. Rushton. 1971. The prewespalian geology of the Warwickshire coalfield. Bull. Geol. Surv. v. 35: p. 1-150.
  - Turner, J.C.M. 1959. Faunas graptolíticas de América del Sur. Rev. de la Asoc. Geol. Argentina. T. XIV, n. 1-2: 180 pp.
  - Vazquez, E. A. 1986. Descubrimiento de una nueva localidad de rocas marinas del Paleozoico al sureste del Estado de Puebla. Manuscrito inédito.
  - Vivó, J. A. y J. C. Gómez. 1946. Climatología de México. Inst Panam. Geogr. e Hist. Dir. Meteorol. e Hidrol. México.
  - Walcott, C. D. 1912. Cambrian Brachiopoda. U. S. Geol. Survey. Mem. 51: 872 pp.
  - Whittington, H. B. & C. P. Hughes. 1973. Ordovician trilobite distribution and geography. in; N. F. Hughes (ed). Organisms and Continents Through Time. The Palaeontological Assoc. Londres: p. 235-240.
  - Yochelson, E. L. 1968. Tremadocian mollusks from the Nochixtlan region, Oaxaca, Mexico. Jour. Paleontology. v. 42: p. 801-803.
  - Yochelson, E. L., R. H. Flower, & G. F. Weber. 1973. The bearing of the new Late Cambrian monoplacophoran genus *Knightoconus* upon the origen of the Cephalopoda. Lethaia. v. 6: p. 275-310.