

## ROCAS SEDIMENTARIAS PALEOZOICAS DE LA REGION CENTRO-SEPTENTRIONAL DE OAXACA

Por  
Jerjes Pantoja-Alor

*Investigador Adjunto del Instituto de Geología, de la Universidad Nacional Autónoma de México.*

### RESUMEN

Las rocas sedimentarias paleozoicas, objeto de este estudio, afloran en las localidades de Tiñú y de Santiago Ixtaltepec, de la región de Nochixtlán, que se localiza en la parte centro-septentrional del Estado de Oaxaca.

Las rocas paleozoicas descansan, con discordancia angular, sobre un basamento de rocas metamórficas de probada edad precámbrica (Grenvilliana). Al evento tectónico, causante del metamorfismo de estas rocas, se le conoce con el nombre de Orogenia Oaxaqueña.

La unidad más antigua del Paleozoico que aflora, es la Formación Tiñú, de edad tremadociana (cambro-ordovícica), que consiste principalmente de clastos finos a medianos, de origen marino. Esta unidad ha sido dividida, de acuerdo con su litología, en dos miembros: Miembro Inferior Calcáreo y Miembro Superior Lutítico.

En el área de Santiago Ixtaltepec, sobre los clásticos de la Formación Tiñú, descansa, con ligera discordancia angular, una gruesa columna de más de 1000 m de espesor, de los clásticos del Paleozoico superior, los cuales han sido divididos en tres formaciones: Formación Santiago del Mississípico Inferior, Formación Ixtaltepec del Pennsylvánico Inferior—Pennsylvánico Medio y la Formación Yododeñe de edad pennsylvánica tardía—pérmica temprana. Al final del depósito de la Formación Yododeñe se inicia el levantamiento de la región y el retroceso de los mares paleozoicos.

Posteriormente al depósito de los conglomerados pérmicos y antes del depósito de la cubierta mesozoica, fueron emplazados algunos cuerpos intrusivos que cortan a toda la secuencia paleozoica.

### INTRODUCCION

**ANTECEDENTES.**—En los comienzos del año de 1964, el Fideicomiso para la Explotación, Exploración y Beneficio de los Minerales No Metálicos, firmó un contrato con el Instituto de Geología, para que esta última Institución se encargara de realizar un estudio geológico-económico, enfocado a la exploración de arcillas blancas susceptibles de aprovechamiento industrial, en la región de Nochixtlán-Yanhuitlán, Oaxaca. El Instituto de Geología comisionó al autor de este trabajo para la ejecución de ese proyecto, quien, durante los meses de abril y mayo, realizó los trabajos de campo.

En el mes de octubre del mismo año de 1964, durante las exploraciones realizadas en las barrancas que se localizan inmediatamente al norte de San Pedro Cántaros y en el flanco septentrional del Cerro Grande de Dododeñe, se descubrió una gruesa secuencia de capas rojas, no observadas antes en ninguna otra localidad de la región planificada. Al estudiar con más detalle estos afloramientos, se descubrieron los primeros braquiópodos del Paleozoico Superior. Después de este hallazgo, los geólogos Mario Gutiérrez y Carmen Schlaepfer, entonces ayudantes del autor, encontraron algunos braquiópodos en un afloramiento sobre el antiguo camino a Tiñú. Al obtenerse más muestras de esta localidad, el autor reconoció algunos fragmentos de trilobitas, lo que permitió el descubrimiento de la primera localidad cambro-ordovícica del sur de México.

A sugerencia del Dr. Carl Fries, Jr. (q.p.d.), los fósiles colectados durante los trabajos de campo, realizados en el año de 1964, se enviaron para su estudio al Dr. G. A. Cooper, Jefe del Departamento de Paleobiología de la Smithsonian Institution, en Washington.

Es conveniente aclarar que los resultados del estudio geológico-económico de los sedimentos arcillosos de la región de Nochixtlán-Yanhuitlán, Oaxaca, se resumieron en un informe (Pantoja-Alor, 1965) presentado al Fideicomiso para la Explotación, Exploración y Beneficio de los Minerales No Metálicos, en enero de 1965.

Alentado por el descubrimiento de las rocas cambro-ordovícicas, por la buena presentación de los fósiles contenidos en ellas, más el descubrimiento de nuevas localidades del Paleozoico inferior en la región de Santiago Ixtaltepec (Arroyo Totoyac y alrededores de Santiago), y, a sugerencia del Dr. G. A. Cooper, el autor invitó al Dr. Richard A. Robison, entonces "curator" de trilobitas de la Smithsonian Institution, para realizar un estudio paleontológico de la fauna del Paleozoico inferior. En noviembre de 1966 se midieron tres secciones estratigráficas de estos sedimentos.

La primera comunicación oficial del descubrimiento de las rocas paleozoicas de Oaxaca, apareció en la revista científica "Science" del 10 de septiembre de 1967 (Pantoja-Alor y Robison, 1967, v. 157, n. 3792, p. 1033-1035). Con base en las investigaciones de las tres secciones me-

didas, se publicaron otros tres trabajos (Robison y Pantoja-Alor, 1968; Yochelson, E. L., 1968; Flower, R. H., 1968) que describen, en parte, la abundante fauna colectada.

Con motivo de la cena anual de la Sociedad Geológica Mexicana, llevada a cabo en la Ciudad de México en diciembre de 1967, el autor fue invitado a dar una plática que intituló "Rocas sedimentarias paleozoicas de la parte centro-septentrional de Oaxaca" y que resumía la investigación que actualmente constituye esta publicación. Originalmente se tenía pensado que este manuscrito formara parte del Tomo 33 del boletín de dicha Sociedad, pero debido a que esa publicación aún no entra en prensa, se decidió finalmente que formara parte del presente Libroguía de la Excursión a Oaxaca.

LOCALIZACIÓN Y ACCESO.—Las rocas sedimentarias pa-

leozoicas de la parte centro-septentrional de Oaxaca están expuestas en dos localidades de la región de Nochixtlán. El primer afloramiento con sedimentos del Cámbrico-Ordovícico se localiza a unos 8 km en línea recta al sureste de Nochixtlán y aproximadamente a 2.2 km al oriente de la Carretera Federal 190, México-Oaxaca, sobre la brecha antigua que conduce al poblado de Tiñú. La segunda localidad, con rocas del Paleozoico inferior y del Paleozoico superior, está expuesta a unos 15 km al noreste de Nochixtlán, con su extremo más meridional a 1 km al norte del poblado de San Pedro Cántaros. Una buena vía de acceso a esta localidad la constituye un camino de tierra que parte de Nochixtlán, pasa por los poblados de Quilitongo y Yododeñe y termina en la Ranchería Hidalgo, que se localiza en el borde de la barranca que forma los terrenos altos de Santiago Ixtaltepec (Figura 1). Este camino es transitable, con vehículos de doble tracción o de rodada alta, durante todo el año.

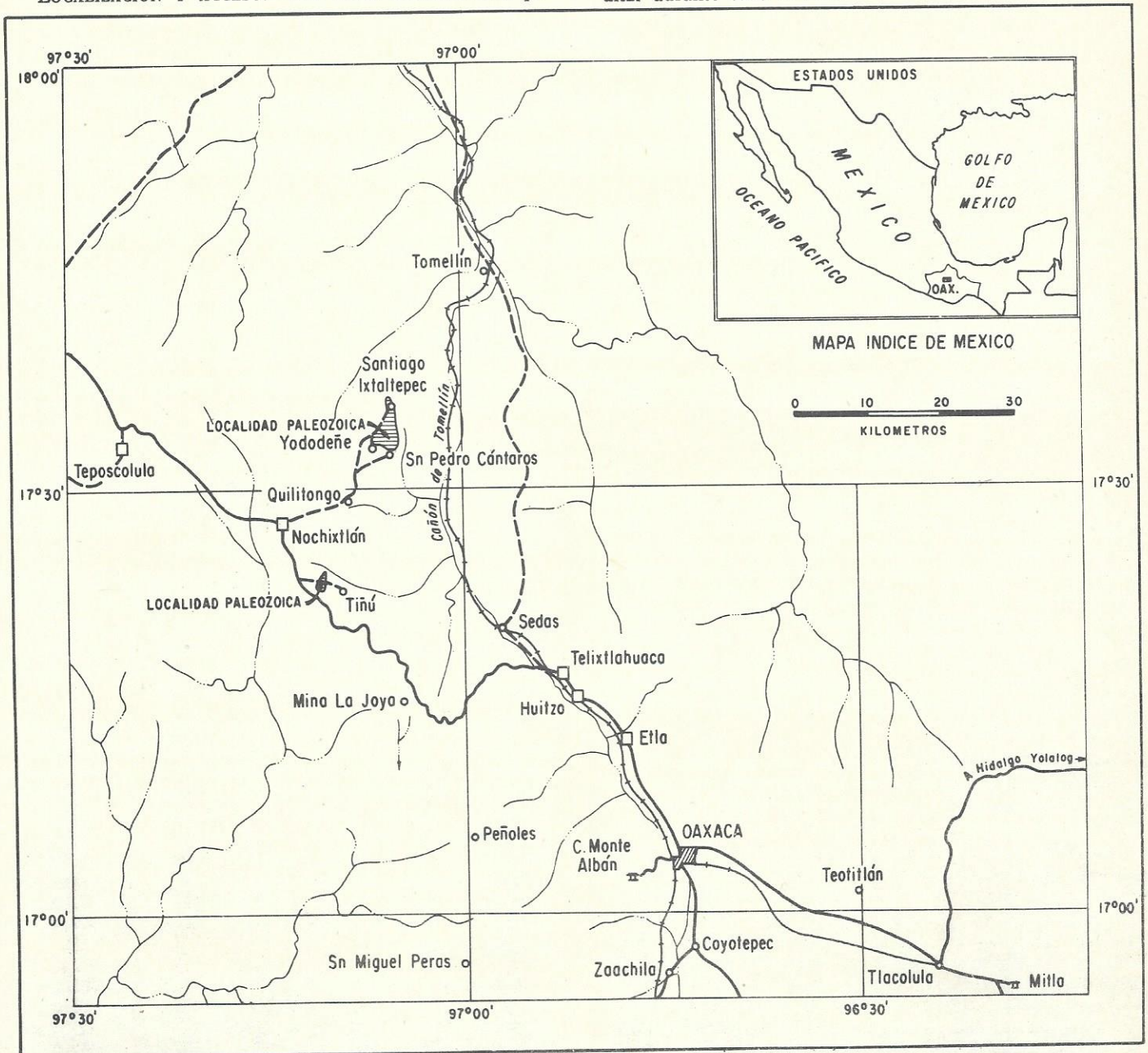


FIG. 1.—Mapa índice de la parte centro-septentrional de Oaxaca, que muestra la ubicación de las dos localidades paleozoicas.

**AGRADECIMIENTOS.**—Es muy grato para el autor agradecer al Ing. Guillermo P. Salas, anterior Director del Instituto de Geología, el interés que mostró para la realización de este trabajo, y al Ing. Diego A. Córdoba, actual Director del citado Instituto, quien brindó toda clase de facilidades para la realización del manuscrito. También al Dr. Zoltan de Cserna, quien leyó y revisó los borradores e hizo valiosas sugerencias sobre la tectónica del área.

Asimismo, se agradece la ayuda recibida de los Sres. Toribio Meneses y Mario Gutiérrez, entonces Pasantes de Ingenieros Geólogos y becarios del Instituto de Geología, quienes durante períodos cortos acompañaron al autor en el campo. También, se aprecian los servicios de la Ing. Geóloga Carmen Schlaepfer, quien fue ayudante del autor durante la primera etapa del trabajo.

Se hace notar que, sin la generosa ayuda de las personas que a continuación se mencionan, no hubiera sido posible la realización de este trabajo:

El Dr. G. Arthur Cooper, junto con el Dr. A. R. Palmer, ambos de la Smithsonian Institution, de Washington, identificaron los braquiópodos y trilobitas de las primeras muestras enviadas. El Dr. Richard A. Robison, entonces de la Smithsonian Institution, estudió e identificó la fauna de trilobitas del Cambro-Ordovícico. El Dr. R. H. Flower determinó los cefalópodos; el Dr. E. J. Yochelson, los gasterópodos y el Dr. D. J. Clark, los conodontos.

La corrección del manuscrito estuvo a cargo de la Sra. Rebeca M. de Schmitter; los trabajos de cartografía fueron realizados por el Sr. José L. Ramírez; el dibujo por el Sr. Luis Burgos, y las fotografías por el Sr. Armando Altamira, todos ellos del Instituto de Geología.

Desde 1966 a la fecha, muchas personas han visitado los afloramientos paleozoicos de la región de Nochixtlán, Oaxaca. De ellos, los que han ofrecido observaciones y sugerencias muy atinadas han sido los colegas doctores Zoltan de Cserna y Nicolás Rast, y los ingenieros Ernesto López Ramos y José Carrillo Bravo. El autor les está muy agradecido.

### ESTRATIGRAFIA

La región de Nochixtlán está cubierta principalmente por clásticos continentales y rocas ígneas del Terciario, sedimentos marinos del Cretácico y escasos afloramientos de clásticos paleozoicos que descansan sobre rocas metamórficas precámbricas.

La unidad más antigua que forma el basamento sobre el que descansa la columna paleozoica de Tiñú y Santiago Ixtaltepec, consiste de esquisto, gneis, granito gnéisico, aplita, pegmatita y roca verde. Parte de estas rocas son meta-sedimentos, como lo demuestran las lentes de caliza recristalizada y estratos de cuarcita que se observan abajo del contacto con las rocas cambro-ordovícicas, en las cercanías de Santiago Ixtaltepec.

Con anterioridad se ha demostrado que las rocas metamórficas de la parte central de Oaxaca, son de edad precámbrica (Fries *et al.*, 1962). De acuerdo con Fries (op. cit. p. 50-51), el metamorfismo de dichas rocas ocurrió en una época entre los 1000 y 1200 millones de años antes del presente, que equivale en edad a la Orogenia Grenvilliana del oriente de Canadá, y propone para este evento metamórfico del sur de México y su actividad ígnea asociada, el nombre de Orogenia Oaxaqueña.

En el área de Santiago Ixtaltepec, las rocas paleozoicas están cubiertas, con notable discordancia angular, por un conglomerado rojo, que marca la base del Mesozoico de la región. El conglomerado pasa transicionalmente a margas y calizas con fósiles del Neocomiano (Pantoja-Alor, 1965).

En el extremo suroccidental del plano geológico del afloramiento de Tiñú (Figura 3), se observa que un conglomerado cubre, con marcada discordancia angular, tanto a los sedimentos cambro-ordovícicos como a las rocas metamórficas del zócalo precámbrico. Un conglomerado de guijas y pedregones de caliza y pedernal, con intercalaciones de limolita y arenisca roja, mal litificada, yace sobre la secuencia paleozoica y parte de la mesozoica, del extremo suroccidental del mapa geológico de Santiago Ixtaltepec. Salas (1949, p. 122) designa con el nombre de Capas Yanhuiltán a los clastos continentales del Terciario superior que afloran en el valle de Yanhuiltán y alrededores de Nochixtlán.

Basándose en su composición litológica, estratigráfica y evidencias paleontológicas, a los sedimentos cambro-ordovícicos se les ha agrupado dentro de la Formación Tiñú (Tremadociano), que a su vez se le subdivide en dos miembros: Miembro Inferior Calcáreo y Miembro Superior Lutítico. A los clásticos del Paleozoico superior se les ha dividido en tres formaciones que, por orden de antigüedad, son las siguientes: Formación Santiago de edad mississippiica, Formación Ixtaltepec de edad pennsylvánica y Formación Yododeñe de edad pennsylvánica tardía-pérmica temprana. Por sus características litológicas, a la Formación Santiago se le dividió en dos miembros: Miembro Inferior y Miembro Superior, respectivamente. El primero se caracteriza por la abundancia de calizas y el segundo por estar formado de lutita, limolita y arenisca. Debido al poco espesor de las unidades y a las necesarias reducciones a las que fueron sometidos los dos mapas geológicos de las localidades paleozoicas, los miembros de las formaciones que aparecen en el texto no fueron dibujados, pero se aclara que, en el campo, dichas unidades son fácilmente identificables y cartografiables.

La nomenclatura, junto con la correlación de las unidades estratigráficas que se describen a continuación, se presentan en la Figura 2.

ERA	SISTEMA	EDAD*	REGION DE (1) NOCHIXTLAN OAX.	REGION DE (2) CD. VICTORIA TAMPS.	REGION DE (3) CHICOMUSELO, CHIS.
PALEOZOICA	PERMICO	280	FM. YODODEÑE	FM. GUACAMAYA	FM. MONTE CALIZA LA VAINILLA FM. GRUPEÑO
	PENNSYLVANICO	320	FM. IXTALTEPEC	FM. DEL MONTE	FM. SANTA ROSA SUPERIOR
	MISSISSIPICO	345	FM. SANTIAGO	FM. PEREGRINA	FM. SANTA ROSA INFERIOR
	DEVONICO	405		FORMACION LA YERBA	
	SILURICO	425		FM. CABALLERANGOS CALIZA VICTORIA CONG. NARANJAL	
	ORDOVICICO	500	FORMACION TIÑU		
	CAMBRICO	600			GRANITO ESQUISTO Y GNEIS
	PRECAMBRICO TARDIO	1700	ZOCALO PRECAMBRICO	CUARCITA LA PIEDRA GNEIS ESQUISTO BRANQUEO	

El rayado vertical indica la ausencia de los copos correspondientes, ya sea por erosión o por falta de depósito.

1.—Sucesión estratigráfica tentativa correspondiente al presente trabajo.

2.—Tabla estratigráfica tomada de Fries, *et al.* (1962) basada en datos de Carrillo-Bravo (1961)

3.—Tabla estratigráfica tomada de López-Ramos (1970)

\* Edad en millones de años.

FIG. 2.—Tabla que muestra la correlación de las formaciones paleozoicas, planificadas en la región de Nochixtlán, Oaxaca.

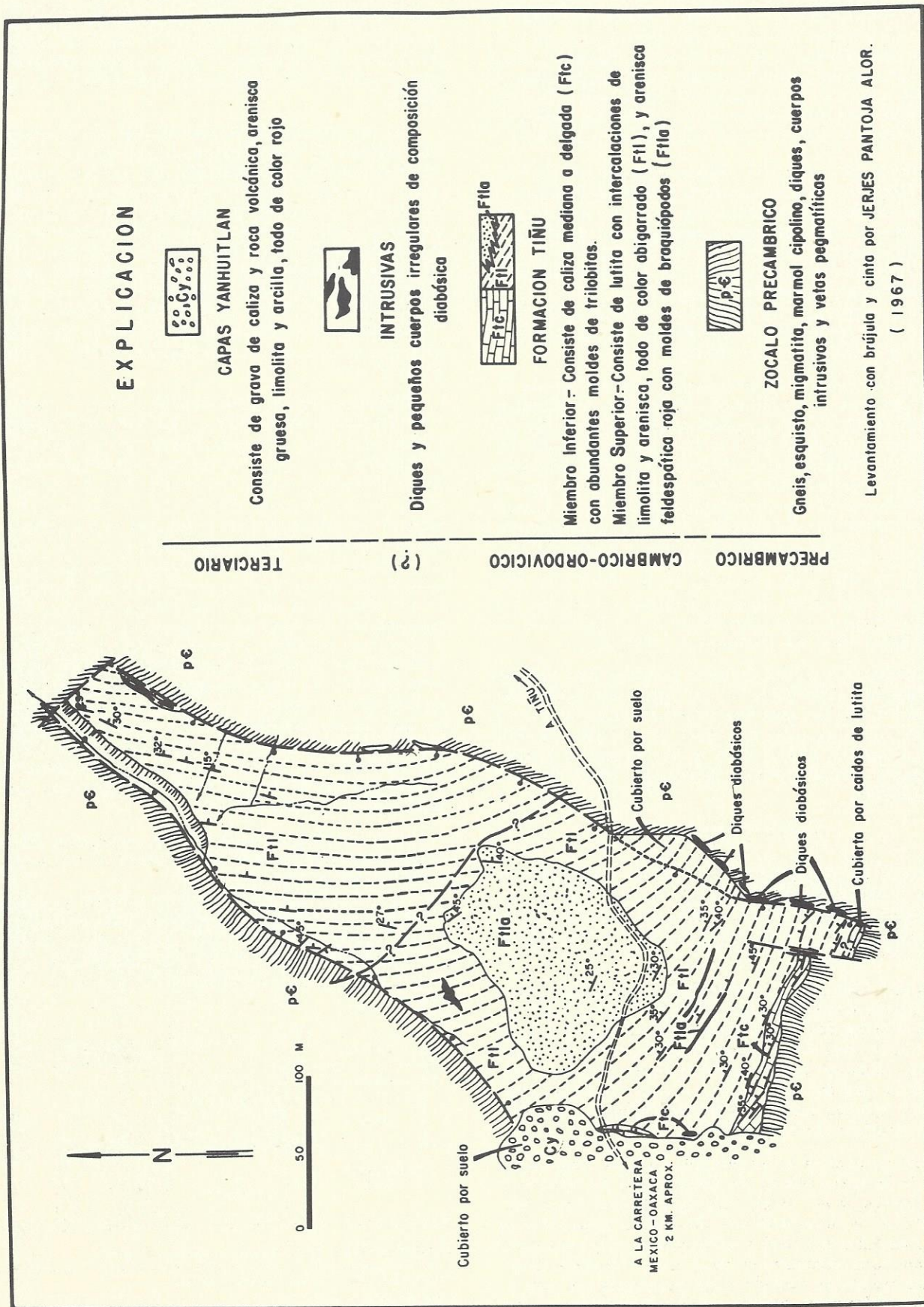


Fig. 3.—Mapa geológico de la localidad-tipo de la Formación Tiñú, situada sobre el antiguo camino a Tiñú.

## PALEZOICO INFERIOR

**FORMACIÓN TIÑÚ.**—Este nombre fue introducido por el autor para designar una serie de clásticos marinos, de edad cambro-ordovícica, consistentes de caliza, lutita, limolita y arenisca, de color gris amarillento y abigarrado, que descansan, con discordancia angular, sobre las rocas metamórficas del zócalo precámbrico y le sobreyacen, con discordancia angular, rocas del Paleozoico superior, del Mesozoico y del Terciario.

En la región de Nochixtlán existen dos áreas donde se encuentran expuestas las rocas del Paleozoico inferior; la primera se localiza a unos 8 km al suroriente de Nochixtlán, sobre el antiguo camino que parte de la Carretera Federal 190 y termina en el poblado de Tiñú; la segunda corresponde a la región de Santiago Ixtaltepec, localizada a unos 15 km al noreste de Nochixtlán (Figura 1).

Como localidad — y sección-tipo de la Formación Tiñú y de los dos miembros que la forman, se propone el pequeño afloramiento del área de Tiñú; además, dos secciones que fueron medidas en el área de Santiago Ixtaltepec, se proponen como secciones auxiliares.

En el afloramiento de Tiñú, esta unidad cubre una superficie de aproximadamente 10 hectáreas; los sedimentos fueron preservados dentro de una pequeña fosa tectónica o graben, entre las rocas metamórficas precámbricas, cuyos lados están limitados por dos fallas con rumbo noreste, que se cierran parcialmente en su extremo septentrional (Figura 3) y le dan al afloramiento una forma acunada. En el extremo suroriental de la fosa, los sedimentos cambro-ordovícicos se encuentran cubiertos por un conglomerado de pedrejones y guijas pertenecientes a las Capas Yanhuiltán (Salas, 1949).

La base del Miembro Inferior Calcáreo, que es la misma que la de la formación en su sección-tipo, consiste, en sus primeros 0.50 m, de lutita y arenisca calcárea alternadas, de color amarillo verdoso, en capas delgadas de 10 a 15 cm. Lateralmente estas capas se cambian a una calcirudita o conglomerado con fragmentos de caliza, cementados por caliza gris ligeramente arenosa. Sigue una secuencia de 5 m de lutita y arenisca, que pasa transicionalmente a caliza (calcarenita) de estratificación mediana a delgada, de color gris claro a gris amarillento que, en conjunto, tiene un espesor de 13 m. Algunas de estas capas son verdaderas coquinas formadas por fragmentos de trilobitas, espículas de esponja y acrotétidos. Las intercalaciones de lutitas contienen conchas quitinosas de linguídeos. Un conglomerado intraformacional de caliza, que por la abundancia de óxidos de hierro presenta un color abigarrado, precisa la cima del Miembro Inferior Calcáreo; tiene un espesor de 50 cm y, debido a su resistencia erosional, permite el desarrollo de cárcavas, siguiendo el rumbo de la capa, en el contacto con la lutita suprayacente.

Los restantes 180 m del Miembro Superior Lutítico están formados de lutita y limolita con intercalaciones de arenisca calcárea en su primer tercio inferior, de arenisca arcósica roja en su parte media y de lutita y limolita en el último tercio superior.

Al estudiar la columna estratigráfica de la sección medida de Tiñú (Figura 4), se concluye que en los primeros 60 m del Miembro Superior Lutítico dominan la lutita y limolita calcárea, que forman bancos de 1 a 3 m, separados por estratos delgados de arenisca calcárea y, en con-

junto, presentan un color gris verdoso y abigarrado. Son comunes los conglomerados de matatenas de arenisca, intercalados en la secuencia de clásticos finos. Una de las características de la parte media del tercio inferior, es la relativa abundancia de concreciones de arenisca fina y limolita, cuyo diámetro varía entre 10 y 40 cm; esporádicamente contienen restos de trilobitas y moldes de gasterópodos. Debido al intemperismo, la superficie de las concreciones tiene un color de rojizo a morado.

El tercio medio consiste de arenisca de grano fino a grueso, arenisca conglomerática y conglomerado fino que, en conjunto, presentan un notorio color rojo. La roca es compacta y la matriz consiste de limo con abundante hematita. Los clastos de las areniscas y conglomerados son fragmentos de conchas, lutita y limolita completamente silicificados; el espesor de las capas varía entre 20 y 50 cm.

Ciertas zonas constituyen verdaderas coquinas de conchas pequeñas silicificadas de braquiópodos, principalmente de los géneros *Nanorthis* sp. y *Schizambon* sp. Los fósiles, debido a su intensa silicificación, conservan su esmalte y parte del color original. De las areniscas fosilíferas se continúa con las areniscas rojas, las cuales presentan una menor cantidad de fauna.

Los últimos 40 m de la parte superior del último tercio del Miembro Superior Lutítico consisten de lutita y limolita calcárea de grano fino, de color amarillo, con intercalaciones de arenisca calcárea también de grano fino; estas capas casi no contienen fósiles. La sección se terminó de medir al encontrarse una falla transversal que cruza el afloramiento; sin embargo, se considera que el espesor total de la formación no aflora por haber sido erosionado.

La segunda sección de la Formación Tiñú fue medida en el Arroyo Totoyac, el cual se localiza a unos 5 km al oriente-nororiente del poblado de San Pedro Cántaros. El espesor total de los clásticos cambro-ordovícicos es de 23.50 m, de los cuales 16.40 m corresponden al Miembro Inferior Calcáreo y los restantes 7.10 m a los sedimentos del Miembro Superior Lutítico (Figura 5-A).

Una capa de caliza conglomerática de 10 cm de espesor, con abundantes restos de trilobitas y con fragmentos de cuarzo de 2 a 5 mm, en promedio, y raramente hasta de 10 cm, marca el inicio de la sedimentación cambro-ordovícica en el Arroyo Totoyac. En este lugar la base del Miembro Inferior Calcáreo descansa, con ligera discordancia angular, sobre las rocas metamórficas del zócalo precámbrico. Sigue al conglomerado basal una secuencia de caliza (calcarenita) de color gris claro a gris oscuro, fosilífera, de estratificación delgada a mediana, con intercalaciones de bancos delgados de lutita calcárea de color gris. La lutita es compacta; intemperiza en placas finas rectangulares, triangulares y en forma de lápices.

La mitad superior del Miembro Inferior Calcáreo consiste de caliza (calcarenita) gris, en capas de 5 a 15 cm, con intercalaciones de lutita compacta, en bancos de 3 a 20 cm. Los fósiles aparentemente son menos abundantes en esta mitad superior que en la inferior. Una capa de lutita calcárea, de 10 a 15 cm de espesor, con el plano de la superficie superior ondulado o corrugado y cubierto con una capa de óxidos de hierro de color abigarrado, constituye el límite superior del Miembro Inferior Calcáreo en esta localidad.

Debe de puntualizarse que los estratos de caliza predo-

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA SECCION TREMADOCIANA (CAMBRO-ORDOVICICA) DE TIÑU

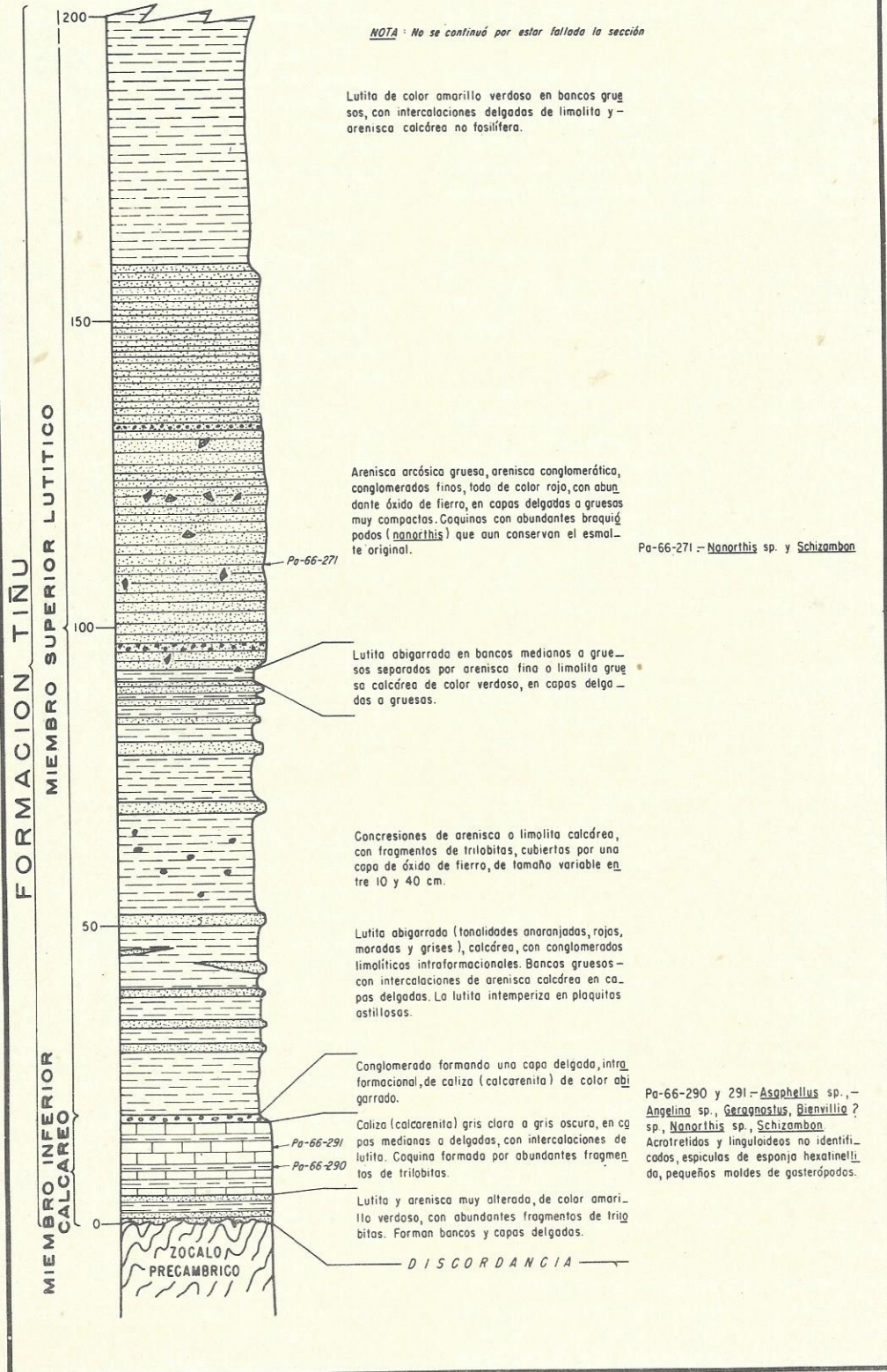


FIG. 4.—Columna estratigráfica de la Formación Tiñú, medida en su localidad-tipo, expuesta en el antiguo camino a Tiñú.

minan en la mitad inferior de este miembro y disminuyen en su parte superior, incrementándose, desde luego, el espesor y la abundancia de las capas de lutita.

Una banco grueso de lutita negra no calcárea, compacta, forma el Miembro Superior Lutítico de la Formación Tiñú en el Arroyo Totoyac (Figura 5-A). Su espesor medido sobre el arroyo es de 7.10 m, pero debe de considerarse que en esta área, la parte superior ha sido erosionada. La lutita intemperiza en fragmentos astillosos y en pequeñas placas delgadas con bordes filosos. Estos sedimentos contienen pequeños cristales de pirita que, al oxidarse, producen manchas amarillas de limonita, y rojizas de hematita; además, se notan en las paredes del afloramiento, eflorescencias de yeso secundario y calcita como relleno de fracturas delgadas. A la lutita la cubre, con ligera discordancia angular, un banco de caliza con fósiles de edad mississippica.

La tercera sección estratigráfica de la Formación Tiñú, se midió a unos 700 m al norte de Santiago Ixtaltepec, sobre la ladera oriental de una loma sin nombre, localizada entre el Arroyo de Las Pulgas y los terrenos de La Libertad (Figura 5-B). En este lugar la formación tiene un espesor total de 35.50 m, de los cuales los primeros 12 m corresponden al Miembro Inferior Calcáreo y los últimos 12 m, al Miembro Superior Lutítico. Estos sedimentos cambro-ordovícicos descansan, con discordancia angular, sobre las rocas metamórficas del zócalo precámbrico y están cubiertas, con ligera discordancia angular, por un conglomerado basal que marca el comienzo de la sedimentación mississippica.

Una capa de caliza, de color gris oscuro cuando fresca y amarillenta cuando intemperizada, inicia la secuencia de rocas del Miembro Inferior Calcáreo (Figura 6). Lateralmente pasa esta caliza a coquina de trilobitas, o a un conglomerado de guijas de caliza, cementado por el mismo material. Precisamente en el contacto con las rocas me-

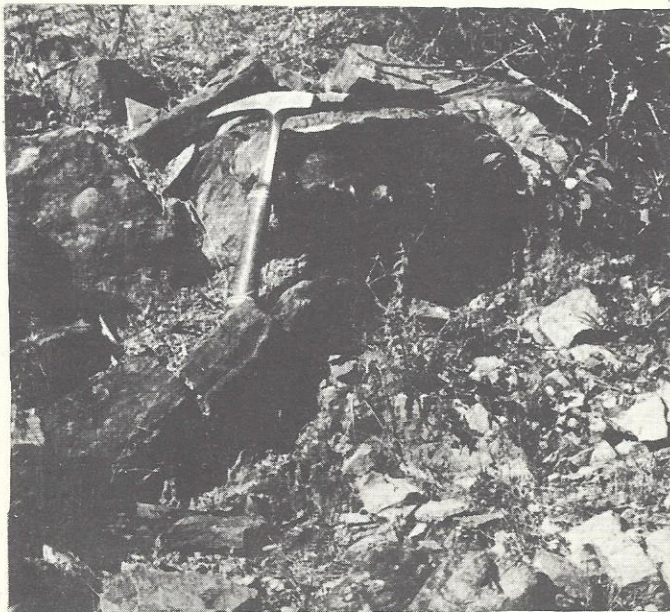


FIG. 6.—Contacto entre las calizas conglomeráticas y coquináceas de la Formación Tiñú, con las rocas metamórficas del zócalo precámbrico. Localidad a 700 m al norte de Santiago Ixtaltepec.

tamórficas, la caliza ha sufrido una completa alteración transformándose en pedernal. Sigue un tramo de caliza fosilífera (calcarenita), en capas de 10 a 30 cm de espesor, con interestratos de lutita calcárea, compacta, de color amarillo, con laminación incipiente, en bancos de 0.15 a 1.50 m de espesor. La cima de este miembro está marcada, al igual que en las otras secciones ya descritas, por una capa de lutita ferruginosa, abigarrada por la abundancia de óxidos de hierro en la superficie de su plano superior que, como particularidad, presenta una mayor resistencia a la erosión, lo que produce cárcavas en el contacto con la lutita superior del siguiente miembro (Figura 7). El espesor de este estrato varía entre 15 y 20 cm.

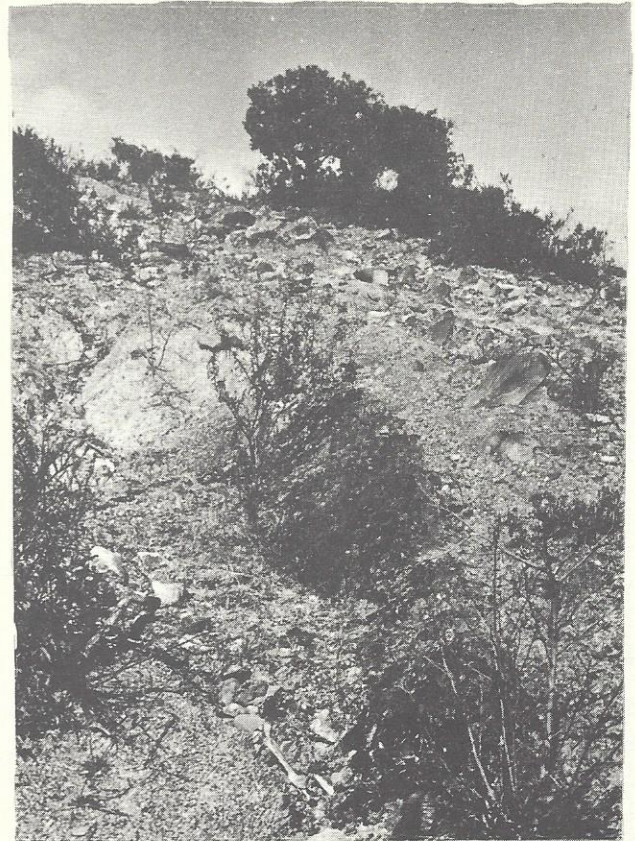


FIG. 7.—Capa de lutita abigarrada, con abundantes óxidos de hierro, compacta y resistente a la erosión, que marca la cima de la Formación Tiñú. Localidad a 700 m al norte de Santiago Ixtaltepec.

Un banco de lutita no calcárea de 7.10 m de espesor que, en conjunto, presenta un color abigarrado (tonos amarillos, café-rojizos y gris verdosos), forma al Miembro Superior Calcáreo de la Formación Tiñú en esta localidad, la cual, por su fácil acceso y perfecta exposición, se le considera como sección auxiliar. La lutita fresca tiene un color gris oscuro, la superficie se presenta abigarrada, semi-compacta a suave y se intemperiza en pequeñas placas y astillas con bordes afilados. Contiene, aunque no en forma abundante, concreciones de limolita y arenisca fina. El grano de estos sedimentos permite variaciones litológicas, de lutita limosa a limolita y arenisca fina. Los fósiles son menos abundantes que en el Miembro Inferior Calcáreo que le subyace. Se supone que el espesor real de esta unidad fue mucho mayor que el medido y que fue intensamente erosionado antes del depósito de los clastos mississippicos.

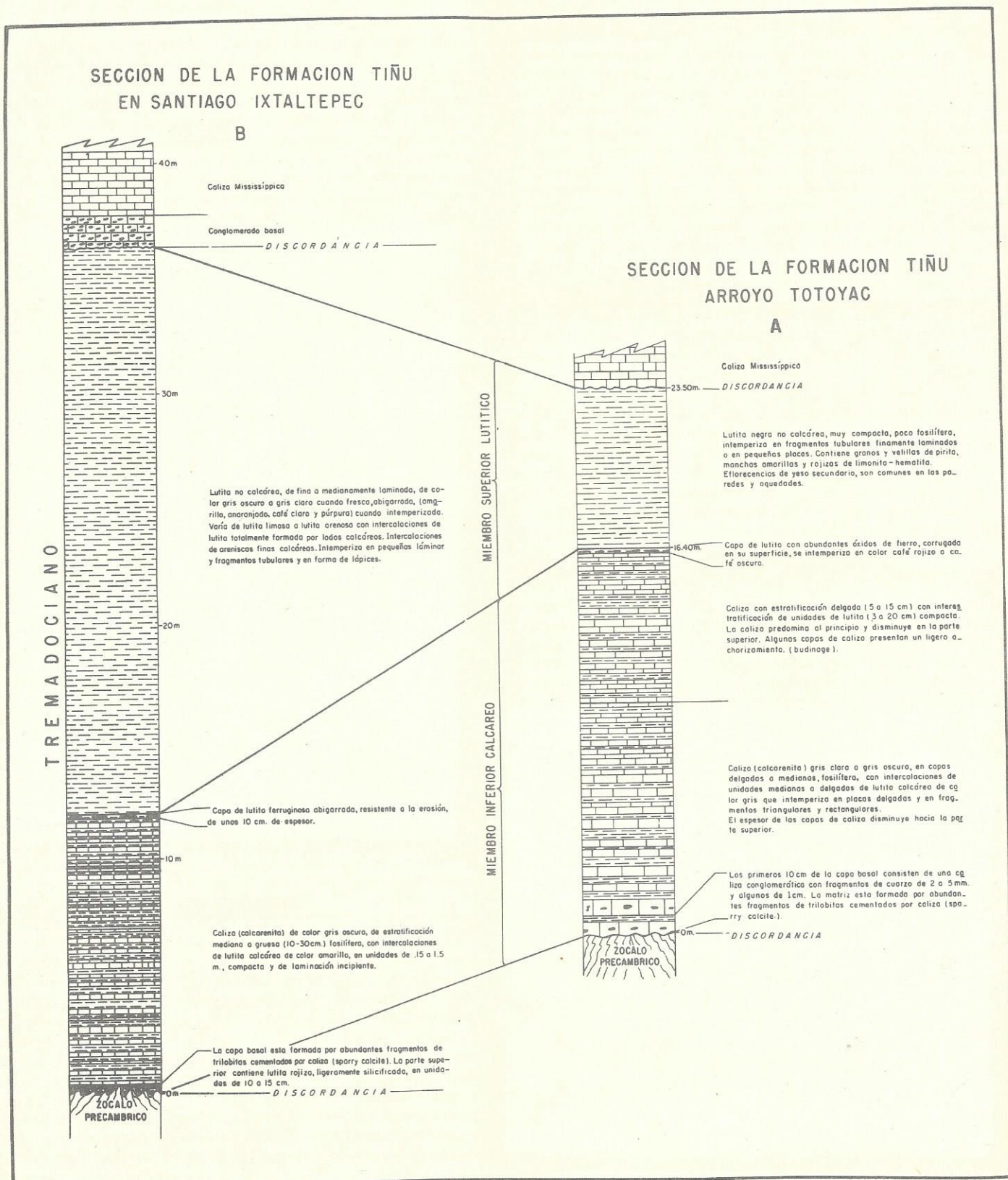


FIG. 5.—Columnas estratigráficas correspondientes a las secciones auxiliares de la Formación Tiñú, medidas en las localidades del Arroyo Totoyac y a 700 m al norte de Santiago Ixtaltepec.



En los afloramientos que forman el extremo meridional del mapa geológico (Figura 8), se observa que la Formación Tiñú está cubierta, en esa localidad, con notable discordancia angular, por un conglomerado que forma la base de la secuencia mesozoica. Este último conglomerado traslapa toda la sección del Paleozoico superior, la del Paleozoico Inferior y, finalmente, a las rocas metamórficas del zócalo precámbrico.

Paleontología.—Durante los trabajos de campo realizados en el área de Nochixtlán, a fines de 1964 y principios de 1965, fueron colectados, en el afloramiento de Tiñú, los primeros fósiles del Paleozoico inferior, los cuales se enviaron para su estudio al Dr. G. A. Cooper de la Smithsonian Institution. Estas muestras, a su vez, fueron confiadas al Dr. A. R. Palmer, entonces del U. S. Geological Survey, quien identificó (comunicación escrita del 6 de junio de 1966), la siguiente fauna: *Asaphellus*, sp., *Angelina* sp., *Parabolina?* sp., *Geragnostus*; además, espículas de esponjas, acrotétidos, linguloideos no determinados y algunos organismos que, por su difícil identificación, se clasificaron como "problemática".

Alentado por este descubrimiento, el autor decidió coleccionar más muestras de la localidad de Tiñú y de las recién descubiertas localidades de Santiago Ixtaltepec. Estos fósiles fueron estudiados por el Dr. Richard A. Robison, en aquella época "curator" de trilobitas de la Smithsonian Institution. La identificación de la fauna cambro-ordovícica sirvió, en parte, para una corta publicación (Pantoja-Alor y Robison, 1967), que anunciaba el descubrimiento de las rocas sedimentarias paleozoicas, de Oaxaca, México. En este trabajo aparece una pequeña tabla (Pantoja-Alor y Robison, 1967, Tabla 1, p. 1034) en la que, además de las trilobitas identificadas por Robison, D. L. Clark describe los conodontos, R. H. Flower los cefalópodos y E. L. Yochelson los gasterópodos.

A fines de noviembre de 1966, el Dr. R. A. Robison y el autor, visitaron los afloramientos ya descubiertos por el segundo y procedieron a medir las tres secciones de los sedimentos del Paleozoico inferior. Además, fue colectado un abundante material fosilífero, que sirvió de base posteriormente para el estudio de las trilobitas tremadocianas, de la región de Nochixtlán (Robison y Pantoja-Alor, 1968). Tomando como base esta publicación, en el presente trabajo se ha elaborado una lista con los fósiles más importantes, identificados en las tres secciones medidas de la Formación Tiñú.

LOCALIDAD DE TIÑÚ

Miembro Inferior Calcáreo

Trilobitas:

*Angelina hyeronimi* (Kayser)  
*Asaphellus communis*, n. sp.  
*Geragnostus intermedius* Palmer  
*Bienvillia grandis* n. sp.  
*Cymnagnostus? mexicanus*, n. gen., n. sp.  
*Leptoplastides marianus* (Hoek)  
*Parabolinella argentinensis* Kobayashi  
*Plicatolinella ocula*, n. gen., n. sp.  
*Saukia globosa*, n. sp.  
*Triarthrus tetragonalis* (Harrington)  
*Parabolinella variabilis*, n. sp.  
*Shumardia alata*, n. sp.

Conodontos:

*Cordylodus proavus* Müller  
*Cordylodus oklahomensis* Müller  
*Cordylodus angulatus* Pander  
*Oneotodus tenuis* Müller  
*Cyrtioniodus* sp.  
n. gen.? cf. *Gothodus*  
*Oneotodus simplex* Furnish

Miembro Superior Lutítico

Trilobitas:

*Parabolinella argentinensis* Kobayashi  
*Geragnostus curvata*, n. sp.  
*Asaphellus artus*, n. sp.

Cefalópodos:

*Rioceras minore* Flower  
*Rioceras oaxacaense* Flower

LOCALIDAD DEL ARROYO TOTOTAC

Miembro Inferior Calcáreo

Trilobitas:

*Geragnostus intermedius* Palmer  
*Angelina spinosa*, n. sp.  
*Asaphellus communis*, n. sp.  
*Bifodina longifrons*, n. gen., n. sp.  
*Pseudoagnostus* sp.  
*Tinaspis totoyaca*, n. gen., n. sp.  
*Angelina hyeronimi* (Kayser)  
*Onychopyge sculptura*, n. sp.  
*Parabolina* cf. *argentina* (Kayser)  
*Parabolinella tumifrons*, n. sp.  
*Parabolinella variabilis*, n. sp.  
*Saukia globosa*, n. sp.  
*Shumardia alata*, n. sp.  
*Asaphellus aspinus*, n. sp.  
*Pharostomina mexicana*, n. sp.  
*Leptoplastides marianus* (Hoek)

Conodontos:

*Cordylodus proavus* Müller  
*Cordylodus angulatus* Pander  
*Hertzina?* sp.  
*Oneotodus tenuis* Müller  
*Oneotodus simplex* Furnish

Gasterópodos:

*Eubucania mexicana* Yochelson

Del Miembro Superior Lutítico únicamente se colectaron linguloideos no identificados.

LOCALIDAD DE SANTIAGO IXTALTEPEC

Miembro Inferior Calcáreo

Trilobitas:

*Angelina spinosa*, n. sp.



*Asaphellus communis*, n. sp.  
*Geragnostus intermedius* Palmer  
*Angelina hyeronimi* (Kayser)  
*Pharostomina mexicana*, n. sp.  
*Gymnagnostus gongros*, n. gen., sn. sp.  
*Koldinioidia sulcatus*, n. sp.  
*Leurostega aphelix*, n. gen., n. sp.  
*Parabolinella prolata*, n. sp.  
*Richardsonella variagranula*, n. sp.  
*Parabolinella variabilis*, n. sp.  
*Saukia globosa*, n. sp.  
*Asaphellus aspinus*, n. sp.  
*Onychopyge sculptura*, n. sp.

Conodontos:

*Cordylodus proavus* Müller  
*Oneotodus tenuis* Müller  
*Hertzina* sp.  
*Cordylodus angulatus* Pander  
 n. gen.? cf. *Gothodus*  
*Oneotodus simplex* Furnish

Gasterópodos:

*Eobucania mexicana* Yochelson

En conclusión, una fauna con 21 géneros y 28 especies de trilobitas (Robison y Pantoja-Alor, 1968, p. 767) se ha descrito, de la Formación Tiñú. Además, 22 nuevas especies fueron identificadas (Robison y Pantoja-Alor, 1968, p. 767), las que incluyen: *Angelina spinosa*, *Asaphellus artus*, *A. aspinus*, *A. communis*, *Bienvillia grandis*, *Bifodina longifrons*, *Geragnostus curvata*, *Gymnagnostus gongros*, *G.?* *mexicanus*, *Koldinioidia sulcatus*, *Leurostega aphelix*, *Onychopyge sculptura*, *Parabolinella prolata*, *P. tumifrons*, *P. variabilis*, *Pharostomina mexicana*, *Plicatolinella ocula*, *Richardsonella variagranula*, *Saukia globosa* Shumardiana *alata*, *S. ctenata*, y *Tinaspis totoyaca*.

Es conveniente indicar que los taxa de la Formación Tiñú, son una mezcla en la que concurren generalmente las mismas familias, géneros y especies, que son comunes a Europa, América del Sur y América del Norte. Lo anterior procura mejores elementos para una correlación más precisa. Las faunas del Miembro Inferior Calcáreo se correlacionan de una manera general con la Zona de *Saukia* del Cámbrico superior de América del Norte y con el Tremadociano inferior de Europa. La fauna contenida en las lutitas de la parte inferior del Miembro Superior Lutítico es correlacionable con las zonas de trilobitas del Ordovícico Inferior, designadas con las letras de A a E, del occidente de América del Norte y probablemente con el Tremadociano superior de América del Sur y de Europa.

Edad.—Al analizar toda la información proporcionada por los diferentes informes y estudios paleontológicos (A. R. Palmer, comunicaciones escritas del 22 de junio y 8 de agosto de 1966; Pantoja-Alor y Robison, 1967; Robison y Pantoja-Alor, 1968), se concluye que los sedimentos de la Formación Tiñú tienen una edad cambro-ordovícica (tremadociana).

Robison y Pantoja-Alor (1968, p. 771) establecen que todos los géneros y especies de las trilobitas estudiadas, indican claramente una edad tremadociana; corroboran la edad anterior los conodontos identificados por D. L. Clark

(en Robison y Pantoja-Alor, 1968, p. 774)

Con base en la presencia de *Onychopyge* y *Parabolina*, se le asigna una edad del Tremadociano temprano al Miembro Inferior Calcáreo. Por la presencia de *Peltocare* y, en particular, por la identificación de *Peltocare norvegicum*, se considera a las capas del Miembro Superior Lutítico como de edad tremadociana tardía.

La asignación de una edad sistemática para la Formación Tiñú es complicada, debido principalmente a la controversia que existe sobre la colocación de la Serie Tremadociana dentro de la columna estratigráfica mundial. Algunos geólogos, principalmente los británicos, colocan la Serie Tremadociana dentro del Sistema Cámbrico, mientras que en otras partes esta serie ha sido colocada dentro del Sistema Ordovícico. El problema ha sido intensamente discutido (Whittington y Williams, 1964), pero aún no se ha encontrado una resolución satisfactoria.

De una manera muy generalizada y de acuerdo con la nomenclatura usada en Norteamérica, el autor considera que el Miembro Inferior Calcáreo puede pertenecer a la parte superior del Trempealeuniano (Cámbrico), mientras que el Miembro Superior Lutítico sube hasta la parte inferior de la Serie Canadiense.

### PALEZOICO SUPERIOR

FORMACIÓN SANTIAGO.—Las rocas mississippicas comprenden una serie de clásticos de origen marino, consistentes de caliza, arenisca, limolita y lutita que sobreyacen, con discordancia angular, a los clásticos del Miembro Inferior Lutítico de la Formación Tiñú y pasan transicionalmente a los clásticos suprayacentes de la Formación Ixtaltepec. El espesor de esta unidad, en su sección-tipo, en el Arroyo de Las Pulgas, es de unos 192 m.

Por sus bien marcadas diferencias litológicas, a la Formación Santiago se le divide en dos miembros fácilmente identificables: un Miembro Inferior de caliza que, en su parte superior, contiene intercalaciones delgadas de lutita y marga, y un Miembro Superior lutítico con intercalaciones de limolita, arenisca y caliza.

En el área de Santiago Ixtaltepec (Figura 8), que se propone como localidad-tipo, esta unidad presenta, por lo general, buenos afloramientos en los que es posible observar la columna completa desde la base hasta la cima; sin embargo, las mejores exposiciones se localizan en los alrededores de Santiago y en el Arroyo de Las Pulgas, que fue donde se midió la sección-tipo (Figura 9).

Las rocas mississippicas se inician con un conglomerado fino de cuarzo, cementado por caliza amarilla ligeramente arcillosa. Los fragmentos son subredondeados y angulares, con un diámetro entre 1 y 3 mm. El espesor del conglomerado varía de 1 a 2 m y, por lo general, lo forman no más de 4 capas. Del conglomerado sigue una caliza amarillenta con bandas de 5 a 20 cm, de fragmentos finos de cuarzo, que se presentan rítmicamente en los estratos y dan a la roca un aspecto rugoso. De las capas anteriores se pasa transicionalmente a una caliza franca (calcarenita) de color gris claro, de estratificación gruesa, con abundantes braquiópodos (Figura 10) que, en su parte superior, cambia a caliza arenosa, de estratificación delgada, de color amarillento, que contiene intercalaciones delgadas de lutita limonítica y margas, con abun-

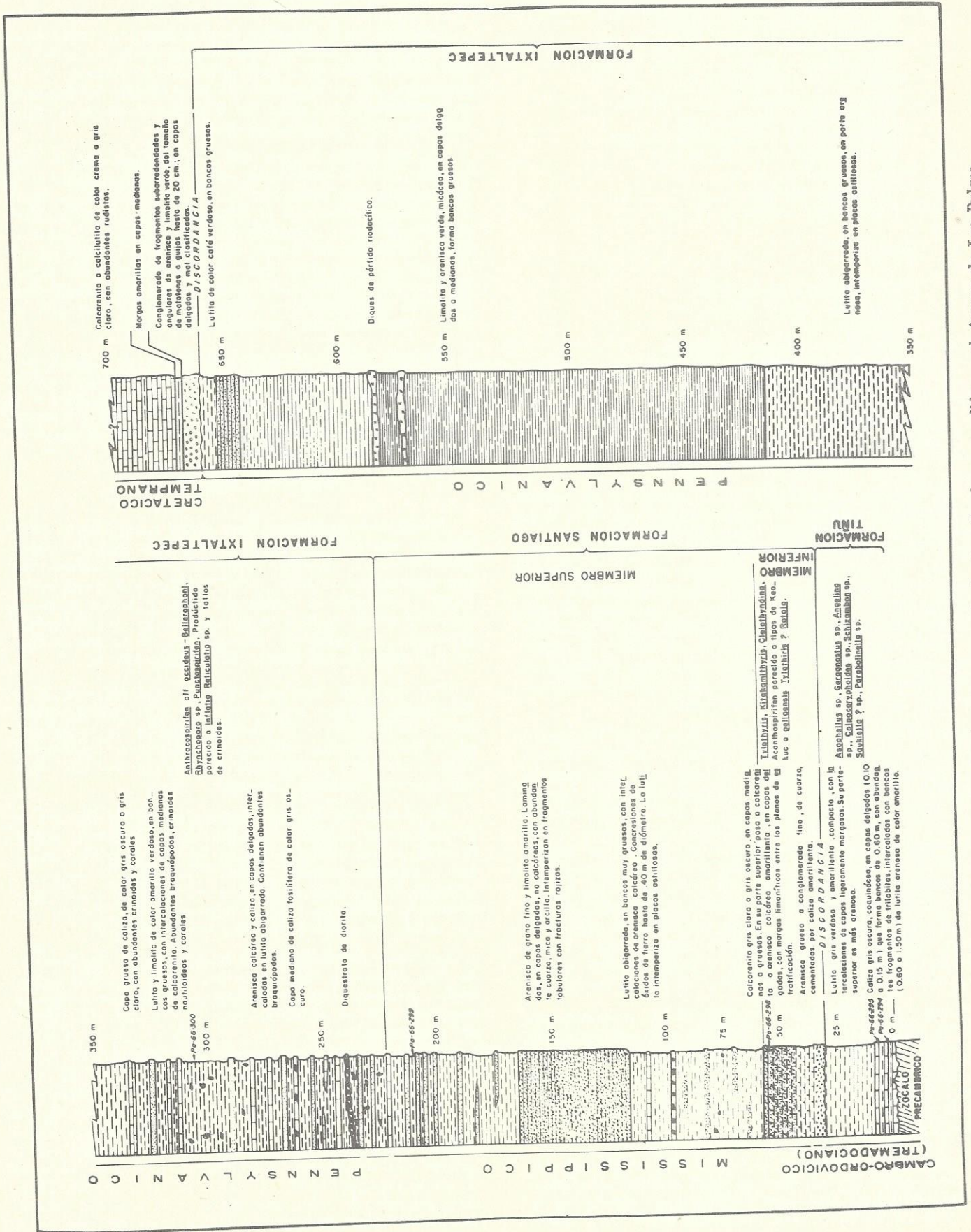


Fig. 9.—Columna estratigráfica de la sección paleozoica de Santiago Ixtaltepec, medida en el Arroyo de Las Pulgas.

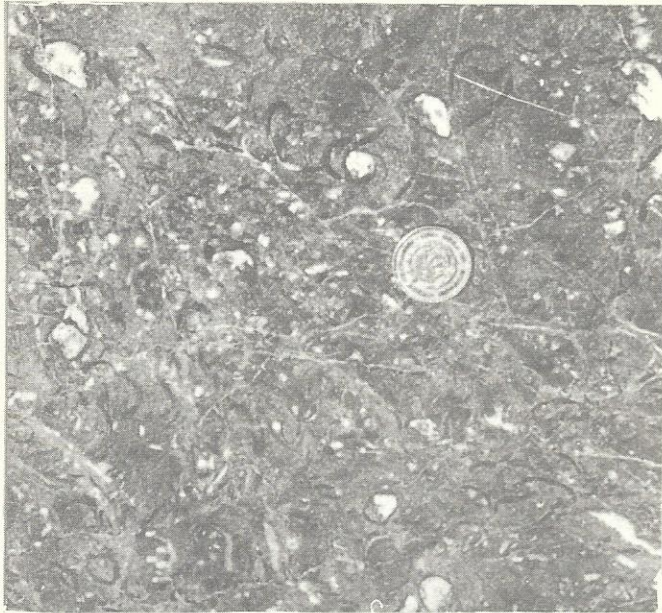


FIG. 10.—Conchas de braquiópodos fósiles en la caliza del Miembro Inferior de la Formación de Santiago. Localidad a 700 m al norte de Santiago Ixtaltepec.

dantes moldes de braquiópodos, tallos de crinoides e impresiones de briozoarios y corales. El espesor total de este Miembro Inferior es de 30 m en la sección antes descrita del Arroyo de Las Pulgas. Es conveniente aclarar que en el Arroyo Totoyac, el conglomerado basal de la Formación Santiago no aparece y la caliza gris masiva del Miembro Inferior de esta unidad, descansa discordantemente sobre las lutitas de la parte superior de la Formación Tiñú.

De la última capa de la secuencia calcárea se pasa a una lutita abigarrada que marca la base del Miembro Superior lutítico. El espesor de este miembro, en la sección medida es de 162 m. La lutita tiene un color abigarrado, forma bancos gruesos limitados por intercalaciones de arenisca amarillenta calcárea de grano fino, en capas delgadas que, entre los planos de estratificación, contienen finas capas de marga limonítica. En la parte central de este miembro se presenta una arenisca poco calcárea, amarillenta al intemperizarse, que bajo el microscopio revela una abundancia de cuarzo, feldespatos y mica, en una matriz arcillosa. Por la abundancia y composición de los constituyentes, a esta roca se le clasifica como subgrauvaca cuarzosa. Los últimos metros que forman el tercio superior de este Miembro, están formados por lutita abigarrada en bancos gruesos, con interstratificación de arenisca calcárea que, lateralmente y en pocos metros, suelen cambiar a caliza arenosa. Algunas de estas capas contienen conchas de braquiópodos, moldes de moluscos y tallos de crinoides.

Se considera como límite superior de la Formación Santiago en su sección-tipo, a una capa gruesa de caliza que aflora unos 10 m más arriba del último estrato de arenisca con fósiles mississippiques.

Al sur del poblado de Santiago, a unos 200 m sobre la vereda que va a Tierra Caliente y al Arroyo de Totoyac, una lutita abigarrada, bien laminada y con escasas concreciones de limolita y arenisca, forman una litología ligeramente diferente que la descrita para el Miembro Superior de la sección-tipo.

En el Arroyo de Totoyac aflora la columna completa de la Formación Santiago, con rocas menos intemperizadas que en otras localidades. La lutita, limolita y arenisca del miembro superior, presentan una coloración gris oscura, son compactas y, desde luego, más difíciles para la recolección de fósiles. Tomando en cuenta lo anterior y puesto que la demarcación entre esta unidad y la suprayacente Formación Ixtaltepec se basa en determinaciones fosilíferas, en este lugar el contacto aparece como inferido.

**Paleontología.**—La zona más fosilífera de la Formación Santiago se localiza en las calizas delgadas con intercalaciones de lutita y marga limonítica de la parte superior del miembro inferior de caliza. En esta zona y cerca de la sección medida del Arroyo de Las Pulgas, se colectaron algunos ejemplares de fósiles que fueron identificados por el Dr. G. A. Cooper, de la Smithsonian Institution, como *Acanthospirifer* cf. *A. keokuk* (Hall) ó *A. pellaensis* (Weller), *Tylothyrus* sp., *Rotaia*, sp., y *Kitakamathyris*. Algunos ejemplares de esta misma fauna abundan sobre la caliza del Miembro Inferior que corta la vereda de Santiago al Arroyo Totoyac.

Muy cerca de la cima del Miembro Superior lutítico, se colectaron, en los afloramientos más meridionales de esta formación, algunas muestras que, además de los fósiles antes descritos, contienen abundantes tallos de crinoides y ejemplares de *Cleiothyndina*, sp.

**Edad y correlación.**—Basándose en la presencia de *Kitakamathyris* y *Rotaia* dentro del conjunto faunístico estudiado, el Dr. G. A. Cooper (comunicación escrita del 2 de septiembre de 1966) considera una edad mississippiques para las capas de la Formación Santiago, similar a la de la Caliza Keokuk de la Serie Osageana.

Por lo antes expuesto, se puede correlacionar a la Formación Santiago con la Arenisca Vicente Guerrero estudiadas por Carrillo-Bravo (1959, p. 677) en las márgenes del Cañón de Peregrina, de la región de Ciudad Victoria, Tamaulipas y con las rocas metamórficas de la parte inferior de la Formación Santa Rosa del sureste de Chiapas, que López-Ramos (1970, p. 2403) sugiere como mississippiques.

**FORMACIÓN IXTALTEPEC.**—En el presente trabajo se propone el nombre de Formación Ixtaltepec para una secuencia de clásticos marinos con fauna pennsylvánica, consistente de lutita, limolita y arenisca, con intercalaciones de lentes de caliza, que descansan concordantemente sobre los clásticos de la Formación Santiago y que está cubierta, con ligera discordancia, por los conglomerados de la Formación Yododeñe. Su mejor afloramiento se localiza a unos 699 m al norte del poblado de Santiago Ixtaltepec y precisamente sobre la sección medida en esa localidad, en donde esta formación tiene un espesor de 430 m, aunque parte de su cima está erosionada (Figura 9).

Arbitrariamente se ha fijado como contacto inferior de esta unidad, al primer banco de limolita que descansa sobre una capa gruesa de caliza (calcarenita) y que, en la sección medida del Arroyo de Las Pulgas, se encuentra a unos 10 m más arriba de la última capa con fósiles mississippiques. Debido al carácter transicional de su base, la colocación precisa del contacto entre esta unidad y la Formación Santiago no fue posible; se marca como inferido en la parte meridional del mapa geológico (Figura 8).

En el Arroyo de Las Pulgas, los primeros 100 m consisten de limolita, arenisca calcárea de grano fino y capas delgadas de caliza (calcarenita), en parte, ligeramente arcillosa, todo de un color gris y gris verdoso de intemperismo. Esta parte de la sección es la más fosilífera, encontrándose abundante fauna, tanto en las areniscas como en las calizas. Los siguientes 80 m son de una lutita abigarrada, ligeramente arenosa, que forma bancos gruesos a masivos, con intercalaciones de arenisca de grano fino, que permiten la separación entre estos sedimentos clásticos (Figura 11). Las areniscas tienen una composición



FIG. 11.—Afloramiento de la Formación Ixtaltepec, cerca de su localidad-tipo, situada sobre el Arroyo de Las Pulgas.

de subgrauvacas cuarzosas, los granos presentan una buena clasificación y la matriz es arcillo-calcárea. Continúa una secuencia de 170 m de limolita y arenisca de grano fino, micácea, de color gris y gris verdoso, debido al intemperismo. En algunas zonas la mica es bastante abundante. Los últimos 175 m consisten de lutita arenosa de color abigarrado con predominio de tonos de color morado y café rojizo. Forma bancos gruesos a masivos, delimitados por estratos de arenisca fina y limolita. Sobre la vereda que va de la Ranchería Hidalgo a Santiago Ixtaltepec, cerca de un ojo de agua que surte al rancho, la Formación Ixtaltepec está cubierta, con notable discordancia angular, por un conglomerado de 10 m de espesor, en parte brechoide, de color rojo a morado, que marca la base de la secuencia mesozoica de la región. Los constituyentes de este conglomerado son fragmentos subredondeados a angulares de arenisca, limolita, caliza y rocas volcánicas e intrusivas, erosionadas de la secuencia paleozoica.

Si se estudia con detenimiento la parte meridional del mapa geológico (Figura 8), se observará que la cubierta mesozoica se extiende traslapando las rocas precámbricas, sobre los sedimentos del Paleozoico inferior y los clastos del Paleozoico superior. Una vereda que parte de San Pedro Cántaros hacia el Río Caliente, permite el fácil acceso a esta área. El conglomerado de la base del Mesozoico en esta localidad, consiste de fragmentos retrabajados de limolita, arenisca y caliza, pórfidos cuarcíferos, diabasa

y otras rocas ígneas que pertenecían originalmente a la secuencia paleozoica.

Los mejores afloramientos para observar la cima de la Formación Ixtaltepec y su contacto con la Formación Yododeñe, está en el Arroyo de Yododeñe y en la Cuesta de Tiuno. En esta última localidad, que se localiza 1 km al oriente de la Ranchería de Yododeñe, los últimos 50 m de los clásticos pennsylvánicos consisten en una secuencia de limolita compacta de color rojizo, con algunas intercalaciones de conglomerados de limolita y lutita con fragmentos de 0.5 cm a 1 cm, de estratificación delgada entre 20 y 30 cm. Cerca del contacto es común observar algunas capas conglomeráticas. Con fragmentos de areniscas de 1 a 3 cm.

Paleontología.—Durante los trabajos de campo se colectó, de la parte inferior y media de la Formación Ixtaltepec, un abundante material fosilífero, desafortunadamente con poca variación genérica. Sobre la sección medida en el Arroyo de Las Pulgas y muy cerca de un estanque artificial con peces, se colectaron abundantes ejemplares de productidos y espiriféridos, algunos de los cuales, el Dr. G. A. Cooper (comunicación escrita, del 2 de septiembre de 1966) identificó como *Anthracospirifer occideus*, *Inflatia*, *Reticulatia* sp., *Rhynchopora* sp. En las mismas areniscas y lutitas también se colectaron abundantes tallos de crinoides. En la misma sección, a unos 100 m estratigráficamente más arriba, se colectaron varios ejemplares de *Cruithieris* (grandes), *Neochonetes* y productidos parecidos a *Inflatia*.

Varios moldes de trilobitas proetidos del género *Echinoconchus*, además de numerosos ejemplares de espiriféridos y productidos, fueron obtenidos de las muestras colectadas en los alrededores del cementerio de Santiago Ixtaltepec.

Edad y correlación.—Por su contenido faunístico y relaciones estratigráficas, a la Formación Ixtaltepec se le asigna una edad pennsylvánica temprana — pennsylvánica media. Con base en la identificación de *Linoproductus*, el Dr. G. A. Cooper (comunicación escrita del 2 de septiembre de 1966) considera que las capas de esta unidad son definitivamente pennsylvánicas. *Anthracospirifer occideus*, *Reticulatia* sp., *Thynchopora* sp. y algunos de los grandes productidos, semejantes a *Inflatia*, sugieren una edad pennsylvánica temprana — pennsylvánica media.

La Formación Ixtaltepec se puede correlacionar con las capas pennsylvánicas de la región de Tehuacán, Puebla, cuya flora fósil fue estudiada por Silva-Pineda (1970), quien las restringe con el nombre de Formación Matzitzi. En el Cañón de Peregrina, cerca de Ciudad Victoria, Tamaulipas, Carrillo-Bravo (1959, p. 678) describe una gruesa secuencia de estratos del Pennsylvánico Inferior, a los cuales designa con el nombre de Capas del Monte. Por lo anterior, a esa formación se le puede correlacionar con la Formación Ixtaltepec.

FORMACIÓN YODODEÑE.—Con el nombre de Formación Yododeñe se designa a una gruesa secuencia pérmica de conglomerados, con intercalaciones de arenisca y limolita, que descansa, con ligera discordancia erosional, sobre los clásticos de la Formación Ixtaltepec y es cubierta, con notable discordancia angular, por los conglomerados basales de la secuencia mesozoica y terciaria de la región. Se considera como sección-tipo de esta formación, la parte superior del Arroyo de Yododeñe, el cual se localiza inmediatamente al oriente de la ranchería del mismo nombre

(Figura 8). El espesor de esta unidad en esta localidad, es de unos 500 m y se considera que su parte superior está erosionada. Su base es una capa conglomerática de 1 m de espesor, que contiene fragmentos de arenisca y limolita del tamaño de guijas y matatenas, hasta cantos tabulares de 1 m de largo (Figura 12). Se continúa la



FIG. 12.—Conglomerado basal de la Formación Yododeñe, en su localidad-tipo del Arroyo Yododeñe.

sección, aguas arriba del arroyo, con estratos de limolita y conglomerados de matatenas, todo de color rojizo o amarillento. A medida que avanza, las capas conglomeráticas son más abundantes que los estratos de limolita y arenisca calcárea y en la parte superior únicamente afloran capas gruesas a masivas de conglomerados de cantos y guijas, en una matriz de arena y limolita, en partes calcárea. Por lo general, los clastos están bien cementados, compactos, bien redondeados y medianamente clasificados. Están formados principalmente de caliza, arenisca subgrauváquica, limolita y lutita, siendo notable la ausencia de rocas ígneas y metamórficas.

El contacto superior, entre la Formación Yododeñe y el conglomerado basal de las capas Yanhuiltán (Salas, 1949) del Terciario, es marcado por una notable discordancia angular y por la abundancia de caliche en la superficie del contacto.

La vcreda que va de Yododeñe al Arroyo Totoyac, corta en la Cuesta de Tiuno una buena sección de referencia de la secuencia pérmica. La base se ha marcado en la primera capa gruesa y formal de un conglomerado amarillo rojizo de guijas y matatenas, de arenisca y limolita, producto de la erosión de la secuencia paleozoica subyacente. El contacto con los clásticos de la Formación Yododeñe es aparentemente concordante. Continúa la secuencia con unos 200 m de capas conglomeráticas con intercalaciones de estratos de limolita rojiza, las cuales se hacen más escasas a medida que se avanza en la sección. Se supone que toda la parte superior de la Formación Yododeñe se encuentra erosionada en esta localidad, en donde los conglomerados de la base del Terciario la cubren con notable discordancia angular.

La sección del Paleozoico superior, expuesta en las barrancas inmediatas al norponiente de Santiago Ixtaltepec, es bastante incompleta. Gran parte de la Formación Ixtaltepec y la totalidad de la Formación Yododeñe ha desaparecido por erosión y está cubierta por el conglomerado basal de la secuencia mesozoica.



FIG. 13.—Conglomerado de la parte superior de la Formación Yododeñe, en su localidad-tipo, del Arroyo de Yododeñe.

En la ladera septentrional del Cerro Grande de Yododeñe, se observa que los clásticos de la Formación Yododeñe están cubiertos, con clara discordancia angular, por un conglomerado rojizo, con fragmentos subredondeados a angulares, de caliza, limolita, arenisca y de rocas ígneas porfídicas. El espesor de este conglomerado mesozoico varía de 20 a 30 m y pasa transicionalmente a margas, de color amarillo, que contienen abundantes paquiodontos. La misma relación aparece en las barrancas entre Yododeñe y el ojo de agua de Yiyoco.

Edad y correlación.—Una de las particularidades de la Formación Yododeñe es su completa carencia de flora y fauna. Durante el trabajo de campo se puso particular empeño en la búsqueda de fósiles, principalmente en las areniscas y limolitas; sin embargo, los esfuerzos resultaron infructuosos, puesto que lo único colectado fueron pequeños fragmentos que asemejan restos de madera.

Tomando en consideración su litología, posición estratigráfica y marco tectónico, a la Formación Yododeñe se le asigna una edad pennsylvánica tardía al pérmico temprano o medio.

Desafortunadamente, al no disponerse de una adecuada información paleontológica para establecer con precisión la edad de la Formación Yododeñe, es difícil la correlación con otras unidades que tengan una posición estratigráfica similar. Tentativamente se le considera como equivalente a la Formación Guacamaya del Anticlinorio de Huayacocotla, descrita por Carrillo-Bravo (1961, 1965), en el Estado de Hidalgo y a las Formaciones Gruperá, Vainilla y Paso Hondo, reconocidas por Gutiérrez-Gil y Thompson (1956), en la parte suroriental de Chiapas. También puede ser equivalente a la Formación Tactict del Grupo Santa Rosa (Bohnenberger, 1956, p. 51) que aflora en Guatemala.

## ROCAS INTRUSIVAS

En las áreas estudiadas se observaron varios afloramientos de rocas ígneas intrusivas, que forman diques y diquestratos (*sills*), de composición variable de ácida a

- FRIES, CARL, JR., 1962, *Estudios geocronológicos de rocas mexicanas*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 64, 151 p.
- FRIES, CARL, JR., SCHMITTER, EDUARDO, DAMON, P. E., Y LIVINGSTONE, D. E., 1962, *Rocas precámbricas de edad grenvilliana, de la parte central de Oaxaca, en el sur de México*: en *Estudios geocronológicos de rocas mexicanas*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 64, p. 55-69.
- FRIES, CARL, JR., SCHLAEPFER, C. J. Y RINCÓN-ORTA, CÉSAR, 1966, *Nuevos datos geocronológicos del Complejo Oaxaqueño*: Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 29, p. 59-66.
- GUTIÉRREZ-GIL, ROBERTO Y THOMPSON, M. L., 1956, *Geología del Mesozoico y estratigrafía pérmica del Estado de Chiapas*: en *Cong. Geol. Intern.*, 20, México, Excur. C-15, 82 p.
- LÓPEZ-RAMOS, ERNESTO, 1969, *Marine Paleozoic rock of Mexico*: American Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 53, n. 12, p. 2399-2417.
- PANTOJA-ALOR, JERJES, 1965, *Estudio geológico-económico de los sedimentos de la región de Yanhuítlán-Nochixtlán, Oaxaca*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología. Informe inédito.
- PANTOJA-ALOR, JERJES Y ROBISON, R. A., 1967, *Paleozoic sedimentary rocks in Oaxaca, Mexico*: Science, v. 17, p. 1033-035-1033-1035.
- ROBISON, R. A. Y PANTOJA-ALOR, JERJES, 1968, *Tremadocian trilobites from the Nochixtlán region, Oaxaca, Mexico*: Jour. Paleont., v. 42, p. 767, 800.
- SALAS, G. P., 1949, *Bosquejos geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca*: Bol. Asoc. Mexicana Geol. Petrol., v. 1, p. 79-156.
- SILVA-PINEDA, ALICIA, 1970, *Plantas del Pensilvánico de la región de Tehuacán, Puebla*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 29, 47 p.
- TWENHOFEL, W. H., 1954, *Correlation of the Ordovician formations of North America*: Geol. Soc. America, Bull. v. 65, p. 247-298.
- WHITTINGTON, H. B., Y WILLIAMS, ALWYN, 1964, *The Ordovician Period*: Quart. Jour. Geol. Soc. London, v. 120s, p. 241-254.
- YOCHELSON, E. L., 1968, *Tremadocian mollusk from the Nochixtlán region, Oaxaca, Mexico*: Jour. Paleont. v. 42, p. 80-803. 801-803.



ESTELAS DE LA ZONA ARQUEOLOGICA DE MONTE ALBAN (Fotografía de L. R. Segura)