

01179  
lej.  
3



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MÉXICO

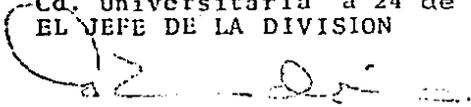
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

Profr. EDUARDO AGUAYO CAMARGO  
P r e s e n t e

Comunico a usted que a propuesta del SUBJEFE DEL AREA DE  
RECURSOS ENERGETICOS DEL SUBSUELO ha sido designado  
como director de tesis del alumno(a) SALVADOR ORTUÑO  
ARZATE para obtener el grado de  
M EN I EN EXPLORACION

Mucho he de agradecerle su comunicación, por escrito, de la  
aceptación a esta designación y el nombre de la tesis a de-  
sarrollar.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 24 de febrero de 1986  
EL JEFE DE LA DIVISION

  
DR. GABRIEL ECHAVEZ ALDAPE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

E.S.1



## **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

Página

## RESUMEN

### I. INTRODUCCION

Antecedentes -----	1
Objetivo de trabajo -----	2
Metodología -----	2

### II. GENERALIDADES

Localización del área de estudio -----	4
Fisiografía -----	4
Provincias geológicas -----	5
Trabajos previos -----	6
Marco geológico regional -----	6

### III. ESTRATIGRAFIA

Descripción general -----	8
PALEOZOICO -----	10
PALEOZOICO IGNEO Y METAMORFICO -----	10
MESOZOICO -----	14
FORMACION TODOS SANTOS -----	14
GRUPO ZACATERA -----	19
FORMACION MOGOÑE -----	21
FORMACION EL PORVENIR -----	24
FORMACION POTRERILLO -----	27
FORMACION PASO DE BUQUES -----	32
GRUPO SIERRA MADRE -----	34
CRETACICO SUPERIOR METAMORFICO -----	38
COMPLEJO RAMOS MILLAN -----	41
CENOZOICO -----	45
Terciario Marino Indiferenciado -----	45
Terciario Continental Indiferenciado -----	45
Depósito de Aluvión -----	46

### IV. AMBIENTES DE DEPOSITO, FACIES SEDIMENTARIAS Y DIA GENESIS

A) Ambientes de Depósito y Facies Sedimenta rias -----	47
B) Diagénesis -----	54

	Página
V. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	
A) Marco Local -----	62
B) Marco Regional -----	67
VI. EVOLUCION TECTONICA -----	73
VII. GEOLOGIA ECONOMICO-PETROLERA	
a) Manifestaciones de hidrocarburos -----	84
b) Rocas generadoras -----	84
c) Rocas almacenadoras -----	88
d) Tipos de trampas -----	89
e) Factores adversos a la generación y acumu- lación de hidrocarburos en el área de es- tudio -----	89
VIII. CONCLUSIONES -----	91

#### REFERENCIAS

#### FIGURAS

1. Mapa de Localización.
2. Mapa de Provincias Fisiográficas.
3. Mapa de Provincias Geológicas.
4. Ambientes de Depósito de la Formación Todos Santos.
5. Ambientes de Depósito de la Formación Mogoñé.
6. Ambientes de Depósito de la Formación El Porvenir.
7. Ambientes de Depósito de la Formación Potrerillo.
8. Ambientes de Depósito de la Formación Paso de Bu-  
ques.
9. Ambientes de Depósito del Grupo Sierra Madre.
10. Sección Estructural no. I.
11. Sección Estructural no. II.
12. Sección Estructural no. III.
13. Sección Estructural no. IV.
14. Sección Estructural no. V.
15. Geología Estructural Regional.
16. Mapa Geológico Regional y de Perfiles Magnetométricos.
17. Perfil Magnetométrico M1.
18. Perfil Magnetométrico M2.

19. Perfil Magnetométrico M3.
20. Perfil Magnetométrico M4.
21. Perfil Magnetométrico M5.
22. Evolución Estructural-Tectónica.
23. Bloque Diagramático de Evolución Tectónico-Sedimentaria de la Formación Todos Santos.
24. Bloque Diagramático de Evolución Tectónico-Sedimentaria de la Formación Mogoñé.
25. Bloque Diagramático de Evolución Tectónico-Sedimentaria de la Formación El Porvenir.
26. Bloque Diagramático de Evolución Tectónico-Sedimentaria de la Formación Potrerillo.
27. Bloque Diagramático de Evolución Tectónico-Sedimentaria del Grupo Sierra Madre.
28. Bloque Diagramático de Evolución Tectónica durante el Cretácico Superior-Mioceno.
29. Marco Tectónico Regional.

#### ANEXOS

Tabla Estratigráfica.  
Columna Estratigráfica Compuesta.  
Mapa Geológico del Área La Zacatera (Hoja Cuauhtémoc).

## RESUMEN

La región de la Zacatera se localiza en el extremo oriental del Estado de Oaxaca, específicamente, en la -- parte central del Istmo de Tehuantepec.

En el área de estudio afloran rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de las cuales, las primeras constituyen el basamento llamado Paleozoico Igneo y Metamórfico. Sobreyaciendo discordantemente a este basamento se encuentra la secuencia sedimentaria del Mesozoico, que corresponde a las formaciones Todos Santos, Mogoñé, El Porvenir, Potrerillo, Paso de Buques y, al Grupo Sierra Madre. De estas formaciones solo la Mogoñé, El Porvenir y Potrerillo integran el Grupo Zacatera.

Las rocas metamórficas existentes en el área constituyen las unidades litoestratigráficas denominadas Cretácico Superior Metamórfico y Complejo Ramos Millán, cuyo metamorfismo es cataclástico.

La denominación de las unidades litoestratigráficas Potrerillo, Cretácico Superior Metamórfico y Complejo Ramos Millán, es de nueva proposición en este trabajo.

La evolución tectónica desde el Triásico Superior al Cretácico Superior, condicionó y determinó la sedimentación y los ambientes de depósito; desde los abanicos aluviales con aporte de fragmentos volcánicos de la Formación Todos Santos, hasta los ambientes marinos de submarea somera semirrestringida de sedimentación calcárea-torrégena del -- Grupo Zacatera, y calcárea del Grupo Sierra Madre.

Posteriormente, desde el Cretácico Superior hasta el Oligoceno-Mioceno, ocurre la principal deformación del basamento así como de su cubierta sedimentaria mesozoica. --

Esta deformación ocasiona la generación de rocas metamórficas cataclásticas a partir de las unidades ígneas y sedimentarias preexistentes. La deformación más intensa tiene lugar en el Mioceno, la que trae como consecuencia el desplazamiento del Macizo de Chiapas hacia el noreste, y el consiguiente plegamiento y expresión estructural de la Sierra de Chiapas.

La evolución tectónica de esta región está relacionada y, es parte de la Geodinámica del Golfo de Tehuantepec, de Chiapas y de Guatemala.

## Antecedentes.

El estudio del área La Zacatera, Oax., así como del Istmo de Tehuantepec, ha sido de especial interés desde el punto de vista geológico, debido a su complejidad litológica-estructural y por ser el límite entre provincias geológicas disímiles.

Los primeros trabajos relacionados al área, fueron los de Böse (1905 y 1906) y Baker (1930), los que hacen una descripción litológica y estratigráfica generales de algunas rocas sedimentarias; seguidamente Weber y Ojeda (1957) y Ojeda (1966) presentan una descripción más detallada de estas rocas, y éste último propone el nombre de Formación Mogoñé para las calizas arcillosas negras que afloran en las cercanías de la población del mismo nombre, al suroeste de Palomares, Oax.

Posteriormente, el principal estudio de las unidades del área es realizado por Quezada (1975 y 1978), quien propuso el nombre de Grupo Zacatera y las formaciones que éste comprende: Mogoñé, Sarabia, Zacatera, Brecha Barbosa, Dique, Ecurridero y Paso de Buques. Este autor, también estudia las rocas de la Formación Sierra Madre, las de la unidad denominada informalmente "Alaska Metamorfizado" y algunas correspondientes al Terciario. Quezada (op. cit.), reporta contactos por fallas normales entre la mayoría de las unidades litoestratigráficas propuestas.

Finalmente, CONCIIT, S.C. (1981 y 1982) por el contrario considera como del Grupo Zacatera a todas las rocas calcáreo-terrágenas del Jurásico Medio-Cretácico Inferior, pero sin establecer la diferenciación en unidades formacio-

nales. Adicionalmente, propone el nombre de "Complejo Metamórfico" para las rocas identificadas anteriormente por Quzada (op. cit.) como "Alaska Metamorfizado". Y en relación a la configuración estructural del área, CONCIT, S.C. (op. cit.) establece un patrón de fallas de desplazamiento lateral dextral entre las unidades litoestratigráficas, así como la aloctonía del "Complejo Metamórfico".

#### Objetivo del Trabajo.

En base al marco geológico anteriormente descrito el objetivo del presente trabajo se centró en los siguientes puntos:

1. Establecer las relaciones estratigráficas de las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, así como el estudio de sus características petrológicas.
2. Diferenciar las facies y ambientes de depósito de las rocas sedimentarias y sus caracteres sedimentológicos y diagenéticos.
3. Conocer la configuración estructural del área.
4. Establecer la evolución tectónica del área La Zaca y del Istmo de Tehuantepec.
5. Evaluar sus posibilidades económico-petroleras.

#### Metodología.

El método de trabajo consistió en las siguientes etapas:

1. Recopilación de la información geológica del área.
2. Interpretación geológica de fotografías aéreas escala 1:50,000 y 1:80,000, así como de imágenes de satélite escala 1:500,000.

3. Verificación y reconocimiento de campo, así como medición y muestreo de columnas estratigráficas.

4. Evaluación e integración de la información estratigráfica, sedimentológica, estructural y tectónica del área de estudio, por lo cual se construyó una columna estratigráfica compuesta, un mapa geológico, hoja Cuauhtémoc escala 1:50,000, seis figuras de distribución de ambientes de depósito, cinco secciones estructurales, un mapa de Geología Estructural Regional, cinco perfiles magnéticos y seis bloques de evolución tectónico-sedimentaria, entre otros.

5. Establecimiento de las conclusiones económico-petroleras del área.

### Localización del área de estudio.

El área de estudio correspondiente al presente -- trabajo se encuentra localizada en la porción oriental del Estado de Oaxaca; incluyendo una pequeña parte del sur del Estado de Veracruz; ubicada concretamente en la región denominada Depreción Istmica.

El sector estudiado se ubica geográficamente entre los paralelos  $17^{\circ} 05'$  y  $17^{\circ} 15'$  de latitud Norte y los meridianos  $94^{\circ} 40'$  y  $95^{\circ} 05'$  de longitud Oeste (Fig. 1).

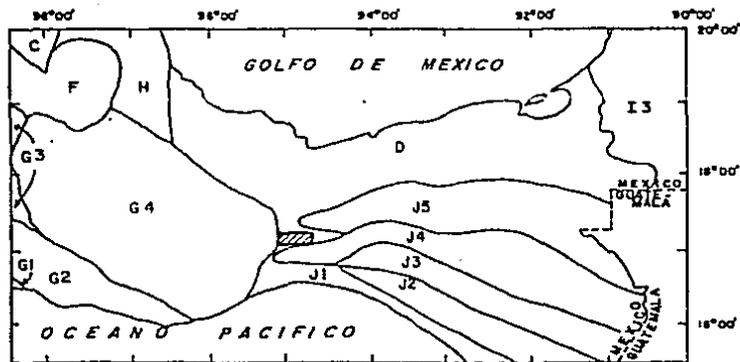
La superficie total del área de estudio es de ---  $825 \text{ km}^2$  y corresponde a la Hoja de Cuauhtémoc, Oax., de --- acuerdo a la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

### Fisiografía.

De acuerdo a la clasificación de Raisz (1964), el área estudiada queda comprendida en la Provincia Fisiográfica de la Planicie Costera del Golfo y pequeñas porciones de las Provincias Fisiográficas de la Sierra Madre del Sur, en su parte de las Tierras Altas de Oaxaca y de las Tierras de Chiapas (Fig. 2).

Las características fisiográficas del área están relacionadas con la existencia, hacia el poniente y oriente de rocas ígneas intrusivas ácidas que conforman el Batolito de la Mixtequita y el Macizo de Chiapas, respectivamente. -- Entre estos elementos se constituye la Depreción Istmica -- por la presencia de una secuencia sedimentaria que genera -- caracteres fisiográficos topográficamente suaves, que contrastan con aquéllos abruptos del Batolito de la Mixtequita





0 25 50 100 200 Km.

S. Ortuño A.  
1985.

 Area Estudiada

Según E. Raisz modificado por Enrique Aguilera H. 1975.

## PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

C.- SIERRA MADRE ORIENTAL

D.- PLANICIE COSTERA DEL GOLFO

F.- EJE NEOVOLCANICO

G.- SIERRA MADRE DEL SUR

- 1.- Planicie Costera
- 2.- Vertiente del Sur
- 3.- Depresión Balsas-Mexcala
- 4.- Tierras Altas de Oaxaca

H.- VERTIENTE DE MISANTLA

I.- PLATAFORMA DE YUCATAN

- 1.- Planicie Cárstica
- 2.- Costa Baja
- 3.- Plataforma

J.- TIERRAS ALTAS DE CHIAPAS

- 1.- Planicie Costera
- 2.- Sierra de Chiapas
- 3.- Depresión Central
- 4.- Sierras Altas
- 5.- Sierras Frontales

FIG.2 PLANO DE PROVINCIAS FISIOGRAFICAS.

y del Macizo de Chiapas.

Las características geomorfológicas del área corresponden a serranías de regulares dimensiones, en la parte sureste de ésta, generadas por la erosión de la secuencia terrígena de la Formación Todos Santos sobre el basamento igneo intrusivo; los lomeríos suaves en la mayor parte del área son producto de la denudación de rocas calcáreas y terrígenas, junto con su cubierta terrígena continental. Algunas geoformas son cársticas, por la disolución de la secuencia calcárea del Grupo Sierra Madre, en la parte noreste de la comunidad de Cuauhtémoc, Oax.

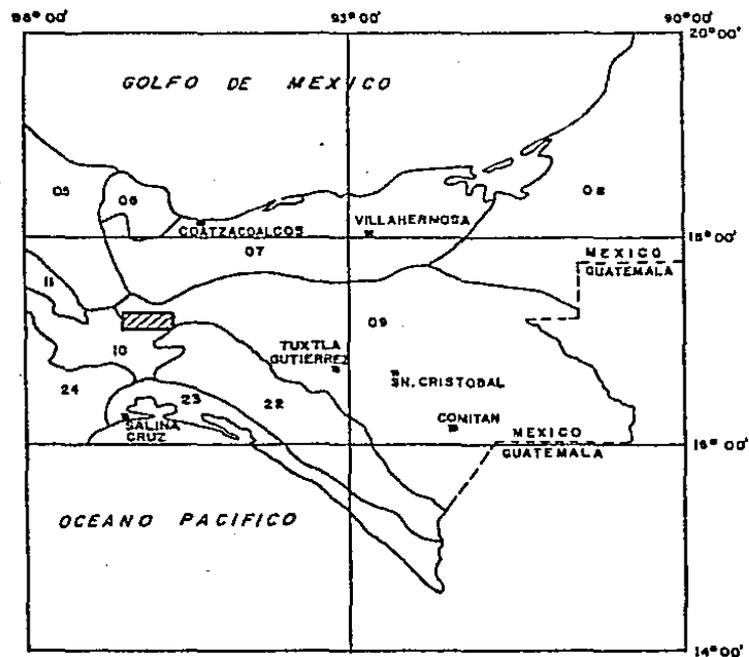
Un aspecto geomorfológico-estructural importante es la presencia de sistemas de fallamiento lateral e inverso, así como diaclasas que afectan tanto al basamento igneo con su cubierta sedimentaria que originan elevaciones o depresiones de topografía suave en disposiciones lineares.

En relación a la hidrografía, el área queda ubicada dentro de la cuenca hidrográfica del Rfo Suchilapan-Coatzacoalcos, de la Vertiente del Golfo de México. Los principales ríos son el Suchilapan, el Sarabia, Chalchijapá y Matlatenco.

Finalmente, es importante anotar que la mayor parte de la zona presenta drenaje dendrítico irregular y algunas formas semieúndricas en los ríos.

#### Provincias geológicas.

El área estudiada se localiza en los límites de tres provincias geológicas: al Norte la denominada Sierra de Chiapas, al Oriente la del Macizo de Chiapas, y al Poniente y Sur la de la Península de Oaxaca, (Fig. 3).



PROVINCIAS GEOLOGICAS

- 05.- DEL PAPALOAPAN
- 06.- DE LOS TUXTLAS
- 07.- DE LAS CUENCAS TERCIARIAS DEL SURESTE
- 08.- DE LA PLATAFORMA DE YUCATAN
- 09.- DE LA SIERRA DE CHIAPAS
- 10.- DE LA PENINSULA DE OAXACA
- 11.- DE ZONGOLICA
- 22.- DEL MACIZO DE CHIAPAS
- 23.- DE TEHUANTEPEC
- 24.- DE LA SIERRA MADRE DEL SUR

Según PEMEX, 1984.

 Area Estudiada

0 25 50 100 200 Km.

FIG.3. - PLANO DE PROVINCIAS GEOLOGICAS.

### Trabajos previos.

Entre los principales trabajos realizados específicamente para el área de La Zacatera, se pueden distinguir los de Bøse (1905 y 1906) y Baker (1930), que establecen algunas generalidades sobre las rocas sedimentarias marinas, y posteriormente los de Quezada (1975 y 1978), quien realizó el estudio estratigráfico de la secuencia sedimentaria del Jurásico-Cretácico y Terciario; finalmente se puede mencionar los estudios de CONCIT, S.C. (1981 y 1982) que estableció algunos caracteres estructurales y tectónicos del área.

Otros trabajos en áreas cercanas o relacionados han sido los de Burckhardt (1930), Gutiérrez (1956), Webber y Ojeda (1956 y 1957), Patiño (1958 y 1959), Richards (1962 y 1963), Ojeda (1964 y 1966), González (1968 y 1969), Hernández (1970 y 1972), Quezada (1976), García (1977), Sánchez Montes de Oca (1979), CONCIT, S.C. (1981), y Pacheco y Barba (1985), entre otros.

### Marco Geológico Regional.

En un marco regional, en la zona del Istmo de Tehuantepec, están presentes rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En la porción occidental del área se encuentra el elemento denominado Batolito de la Mixtequita constituido por rocas ígneas intrusivas granítico-granodioríticas -- (Ruiz, 1978), así como rocas sedimentarias continentales de la Formación Todos Santos (Quezada, 1975) y marinas del Jurásico-Cretácico y Terciario que bordean el flanco nororiental del Batolito de la Mixtequita según Quezada (op. cit.)

Hacia la porción sur se presentan rocas metamórfi

cas, como esquistos y rocas calcáreas con metamorfismo, de edad cretácica. Cubriendo a la unidad anteriormente anotada se tienen rocas ígneas extrusivas del Terciario. También se han reportado rocas metamórficas del Paleozoico y Mesozoico, en la Planicie Costera del Golfo de Tehuantepec (Webber y Ojeda, 1957 y Ojeda, 1966, además de Lara, 1985, entre otros).

Hacia el oriente del área la topografía es más abrupta debido a la presencia del Macizo de Chiapas que constituye la prolongación del Batolito de la Mixtequita, a través de la Depresión Istmica. El Macizo de Chiapas en su porción noroccidental, se encuentra constituido por rocas ígneas intrusivas de carácter granítico-granodiorítico e incluso tonalítico, las cuales constituyen el basamento pre-mesozoico de la secuencia sedimentaria posterior; esta secuencia comprende rocas terrígenas de la Formación Todos Santos, calcáreo-terrágenas marinas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior y calcáreas del Grupo Sierra Madre. Y finalmente, en la parte norte de la región estudiada, se presenta la secuencia marina terciaria que caracteriza a la Planicie Costera del Golfo de México.

## Descripción general.

En el área de estudio se encontraron aflorando rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Las unidades litostratigráficas de estas rocas se presentan en la Tabla Estratigráfica y en la Columna Estratigráfica compuesta adjuntas.

Las rocas más antiguas del área corresponden al basamento ígneo y metamórfico, el cual está constituido por rocas graníticas de composición tonalítica a granodiorítica las que exhiben diferentes grados de metamorfismo cataclástico, y por rocas metamórficas cataclásticas, como son protomilonitas y milonitas. Este basamento se ha considerado como del Paleozoico Superior, en base a datos radiométricos obtenidos en trabajos anteriores, por lo que a esta unidad, en este trabajo, se ha denominado Paleozoico Ígneo y Metamórfico.

Sobreyaciendo, de manera discordante al Paleozoico Ígneo y Metamórfico, se encuentran los lechos rojos con intercalación de mantos y conglomerados adhesivos de la Formación Todos Santos del Jurásico Inferior-Jurásico Medio y cuya parte superior está en contacto estructural, por falla, con el Grupo Zacatera que comprende las formaciones Mogoñé, El Porvenir y Potrerillo.

La Formación Mogoñé consiste de calizas arenosas, poco arcillosas y laminares. Su contacto inferior, como ya se mencionó, es por falla con la Formación Todos Santos; su contacto superior es también de tipo estructural, por falla con la Formación El Porvenir. Esta formación consta de ca-

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	EDAD EN M. A.	ISTMO DE TEHUANTEPEC			HOMOCLINAL DE LA SIERRA	AREA LA ZACATERA OAXACA		
					QUEZADA, 1978 DEPRESIONISTMICA	QUEZADA, 1978 BATOLITO MITEQUITA	CONCIT, S.C. 1982 PUERTA DE UZPANAPA	1976 RIO UZPANAPA	S. ORTUÑO A. 1985.		
					FORMACION	FORMACION	FORMACION	FORMACION	FORMACION		
CENOZOICO	TERCIARIO	CUATERNARIO	HOLOCENO	66.4	ALUVIONES LIMOS Y ARENAS GRAVAS Y GRAVILLAS				DEPOSITOS DE ALUVION		
		PLEISTOCENO									
		PLIOCENO									
		MIOCENO							TERCIARIO CONTINENTAL INDIFFERENC.		
		OLIGOCENO									
	PALEOCENO	EOCENO							TERCIARIO MARINO INDIFFERENC.		
		PALEOCENO									
		CRETACICO			SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	66.4	ALASKA METAMORFIZADO	ALASKA	NANCHITAL	
		MEDI	CAMPANIANO								
			SANTONIANO								
CONIACIANO											
INFERIOR	TURONIANO										
	CENOMANIANO										
	ALBIANO										
MESOZOICO	CRETACICO	MEDI	APTIANO								
			BARREMIANO								
			HAUTERIVIANO								
		INFERIOR	VALANGINIANO								
			BERRIASIANO								
	JURASICO	SUPERIOR	TITHONIANO								
			KIMMERIDGIANO								
			OXFORDIANO								
		MEDI	CALLOVIANO								
			BATHONIANO								
INFERIOR	BAJOCIANO										
	ALENIANO										
	TOARCIANO										
TRIASICO	SUPERIOR	PLIENSBAQUIANO									
		SINEMURIANO									
		HETTANGIANO									
	MEDI	NORIANO									
		CARNIANO									
INFERIOR	LADINIANO										
	ANISIANO										
PALEOZOICO	PERMICO	SCYTHIANO									
		Y									
		Y									
		Y									
		Y									
		Y									
		Y									
PRECAMBRIICO	PERMICO	SCYTHIANO									
		Y									

Tabla Estratigráfica del Area La Zacatera, Oaxaca.

S. Ortuño A. 1985.

lizas con clastos terrígenos, desde gravas hasta areniscas finas, y su edad corresponde al Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano Inferior). La Formación El Porvenir, en su parte superior se encuentra en contacto estructural con la Formación Potrerillo, del Tothoniano-Berriasiano, la que consiste en tres miembros distinguibles: el inferior, congtituido por brechas calcáreo-terrígenas, el intermedio de calizas arenosas laminares dolomitizadas y el superior de areniscas brechoso-conglomeráticas calcáreas.

En contacto estructural, encima del Grupo Zacaterra, se tiene a la Formación Paso de Buques del Valanginiano Hauteriviano, compuesta de calizas claras sin terrígenos, muy fracturadas y sin estratificación aparente.

También es estructural el contacto de la Forma---ción Paso de Buques con el Grupo Sierra Madre del Aptiano Superior-Albiano Inferior, el cual consta de dolomías en la parte inferior de la columna y calizas claras en el resto de la secuencia.

La parte superior del Grupo Sierra Madre es con---cordante con una secuencia arcillo-arenosa que presenta metamorfismo cataclástico de bajo grado, la que asigna al Cretácico Superior de acuerdo a su posición stratigráfica, -- pues sobreyace a las calizas del Grupo Sierra Madre.

Las rocas metamórficas cataclásticas que cubren gran parte del área son: protomilonitas, milonitas y ultra milonitas, agrupadas bajo el nombre genérico de Complejo Ramos Millán, y en este trabajo se le asigna la edad de la deformación que originó el metamorfismo, es decir: Cretácico Superior Oligoceno-Mioceno.

Finalmente cubriendo de manera discordante las --

unidades anteriores, se encuentran algunas secuencias arcillo-arenosas distribuidas irregularmente en el área, las cuales, dado su reducido número de afloramiento no fueron diferenciadas, denominándolas como "Terciario Marino Indiferenciado". De manera similar, gran parte del área se encuentra cubierta por depósitos continentales areno-conglomeráticos y aluviales, que se han denominado como "Terciario Continental Indiferenciado" y "Cuaternario Aluvión", respectivamente.

## PALEOZOICO

### PALEOZOICO IGNEO Y METAMORFICO.

Definición.- Se denomina Paleozoico Igneo y Metamórfico al conjunto de rocas graníticas y metamórficas cataclásticas (producto de deformación intensa), que afloran en el área de estudio, y que constituyen el basamento de la secuencia jurásico-cretácica del área. Estas rocas fueron estudiadas por CONCIT, S.C. (1981 y 1982), que las citó como - Paleozoico Igneo-Metamórfico.

Distribución.- Esta unidad aflora entre Palomas, Oax., y el Rancho La Zacatera, dentro del área estudiada, mientras que fuera de ésta, aflora en las márgenes del Rfo Malatenco, alto Rfo Suchilapan y alrededores de Santa María Chimalapa. Estos afloramientos de rocas graníticas - corresponden a la porción noroeste del Macizo granítico de Chiapas.

Litología.- En el área, la unidad se encuentra - compuesta de rocas graníticas con diferentes grados de cata

clasis y rocas metamórficas cataclásticas. Dentro de las primeras se encuentran: granodioritas y tonalitas de biotita, fenesíticas, de textura granular-hipidiomórfica. Estas rocas presentan también, en diferentes sitios, grados variables de cataclasis hasta constituirse en granodioritas y tonalitas cataclásticas. Las rocas metamórficas cataclásticas y milonitas derivadas de rocas tonalíticas y graníticas de textura cataclástica o milonítica (granular-cataclástica) con porfidoclastos de cuarzo ondulante, fracturados y alterados, feldespatos potásicos y plagioclasas sódicas, así como micas con claras evidencias de deformación.

Relaciones Estratigráficas.- Las rocas del Paleozoico constituyen el basamento de la secuencia sedimentaria presente en la Depresión Istmica o región del Istmo de Tehuantepec, siendo sobreyacido discordantemente por la Formación Todos Santos.

Edad.- En trabajos anteriores se han reportado determinaciones radiométricas en el área de estudio, algunas son las siguientes:

<u>CLASIFICACION</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>EDAD ABSOLUTA</u>	<u>SISTEMA</u>	<u>AUTOR</u>
1. Diorita (PGR-1134)	Río El Corte	K-Ar 281 ± 7 m.a. Rb-Sr 250.2 ± m.a.	Pérmico*  Pérmico*	CONCIT, S.C. 1981

\* Según Escala del Tiempo Geológico de la Sociedad Geológica de América, ed. 1983.

<u>CLASIFICACION</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>EDAD ABSOLUTA</u>	<u>SISTEMA</u>	<u>AUTOR</u>
2. Monzonita	Rfo Coatzacoalcos	Rb-Sr 250.2 $\pm$ 5 m.a.	Pérmico*	CONCIT, S.C. 1981
3. Granodiorita	Rfo Coatzacoalcos	Rb-Sr 196.9 $\pm$ 2.9 m.a.	Jurásico Temprano*	CONCIT, S.C. 1981
4. Granito (PGR-1034)	Rfo Coatzacoalcos	K-Ar 232 $\pm$ 5 m.a. Rb-Sr 346.2 $\pm$ 3.3 m.a.	Triásico Medio Carbonífero Temprano*	CONCIT, S.C. 1981
5. Granodiorita (PGP-691)	Rfo Malatenco	K-Ar 218 $\pm$ 17 m.a.	Triásico Tardío*	CONCIT, S.C. 1982
6. Monzonita (PGP-1063)	Arroyo Paquital	K-Ar 169 $\pm$ 14 m.a.	Jurásico Medio*	CONCIT, S.C. 1982
7. Granito (PGP-1820-A)	Arroyo de Las Cruces	K-Ar 198 $\pm$ 16 m.a.	Jurásico Temprano*	CONCIT, S.C. 1982

Otras determinaciones radiométricas reportadas de rocas ígneas localizadas fuera del área son:

<u>CLASIFICACION</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>EDAD ABSOLUTA</u>	<u>SISTEMA</u>	<u>AUTOR</u>
1. Roca granodiorítica - (LG-68)	Entre B. Juárez y Suchipa, Chis.	Pb-Alfa 430 $\pm$ 45 m.a.	Ordovícico* Tardío-Silúrico Temprano	Pantoja-Alor <u>et al.</u> 1974
2. Gneiss granítico (LG-71A)	Domingo Chanoana, Chis.	Pb-Alfa 780 $\pm$ 80 m.a.	Proterozoico -- Tardío*	Pantoja-Alor <u>et al.</u> 1974
3. Gneiss granítico (LG-718)	Domingo Chanoana, Chis.	Pb-Alfa 390 $\pm$ 40 m.a.	Silúrico* Tardío Devónico Medio	Pantoja-Alor <u>et al.</u> 1974
4. Monzonita (LG-72)	Arriaga, Chis.	Pb-Alfa 702 $\pm$ 10 m.a.	Proterozoico -- Tardío*	Pantoja-Alor <u>et al.</u> 1974
5. Granodiorita (LG-73)	Arriaga, Chis.	Pb-Alfa 34 $\pm$ 3 m.a.	Oligoceno Temprano*	Pantoja-Alor <u>et al.</u> 1974

<u>CLASIFICACION</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>EDAD ABSOLUTA</u>	<u>SISTEMA</u>	<u>AUTOR</u>
6. Diorita (SC-10/71)	Pueblo Viejo, Chis.	K-Ar 242±9 m.a.	Pérmico Tardío- Triásico Temprano*	Castro M. <u>et al.</u> 1972
7. Roca granf- tica	Calzada Larga a 50 km al sur de Tuxtla Gtz., Chis.	Pb-Alfa 205±20 m.a.	Triásico Jurásico Medio*	Fries, 1962

Las determinaciones radiométricas en el área estudiada indican, principalmente, edades del Carbonífero-Pérmico, lo que se interpreta como la edad del magmatismo que --dió origen a las rocas granfíticas de esta zona. Respecto a las edades de las muestras PGP-1053, PGP-1020-A y PGT-435, Grajalos (1981 y 1983) in: CONCIT, S.C. (1983), menciona -- que al considerar la pérdida de argón radiogénico, la edad se puede estimar en  $276 \pm 22$  m.a. a  $237 \pm 19$  m.a., es decir Pérmico Tardío, siendo ésta la edad del magmatismo que generó la roca.

Las restantes determinaciones corresponden, en general, al Paleozoico (Silúrico-Pérmico) con lo que se advierte sincronía con las edades de la porción noroeste del Macizo de Chiapas, que aflora en la zona estudiada.

Puede concluirse en base a las determinaciones anteriores que el batolito es de edad paleozoica o pre-mesozoica en general, y que ha tenido recalentamientos por eventos ígneos o tectónicos a través del Paleozoico-Mesozoico, por lo mismo, estas edades son variables.

Origen.- La composición del Macizo de Chiapas en el área objeto de estudio, es en general granodiorítica y -

tonalítica, con intrusiones monzoníticas y dioríticas que presentan diversos grados de cataclasis, además también se encuentran rocas metamórficas cataclásticas producto de la deformación de las mismas rocas del batolito o de secuencias sedimentarias posteriores a éste. Por lo anterior se puede concluir que la génesis de las rocas batolíticas es consecuencia de varios eventos tectónicos e ígneos, principalmente durante su historia paleozoica y en menor grado durante su historia mesozoica y cenozoica.

## MESOZOICO

### FORMACION TODOS SANTOS.

Definición.- La nominación de Formación Todos Santos fue establecida por Sapper (1894) para una secuencia de areniscas, limolitas y conglomerados de color rojizo ("... un sistema de pudíngas y areniscas, a veces de pizarras de color rojo o amarillo. He observado por primera vez estos estratos en la vecindad del poblado Todos Santos (1889)", que aflora en el Departamento de Huehuetenango - en Guatemala. Posteriormente Vinson (1962), describe la misma formación en la localidad de La Ventosa, también en la República de Guatemala. En México, esta formación ha sido descrita en el Estado de Chiapas por varios autores como Sánchez (1969), Quezada (1975 y 1978), entre otros más.

En el presente trabajo se adopta el nombre de Formación Todos Santos para la secuencia de conglomerados, areniscas y limolitas rojas con intercalaciones de derrames andesíticos o conglomerados andesíticos, que afloran en el área objeto de este estudio y zonas aledañas.

**Distribución.-** Esta unidad formacional presenta una amplia distribución regional, desde la porción occidental de la República de Guatemala hasta el Istmo de Tehuantepec, a través de todo el frente nororiental del Macizo de Chiapas. En el área de La Zacatera, afloran en las cercanías de los poblados de Ramos Millán, Cuauhtémoc, El Porvenir, Sarabia, alrededores de los ríos Suchilapan, Malatenco y Sarabia. Además presenta afloramiento en el frente norte y oriental del Macizo de la Mixtequita, cercanías de Matías Romero, San Juan Guichicovi, Megoñé y Felipe Angeles, Oax.

En el área comprendida entre Matías Romero y La Zacatera, Oax., la secuencia terrígena de la Formación Todos Santos presenta deformación importante, desde intenso fracturamiento y capas en posición vertical y falladas hasta metamorfismo cataclástico de bajo grado.

**Litología y espesor.-** La unidad presenta una composición litológica variada, aunque pueden distinguirse de manera general dos partes: la porción inferior constituida por felsarenitas líticas a litarenitas feldespáticas que alternan con litarenitas conglomeráticas y horizontes limosos, la coloración es de gris claro a rojizo y rosa. Estas rocas están constituidas principalmente por feldespatos potásicos, fragmentos de rocas ígneas intrusivas, graníticas y granodioríticas, cuarzo ígneo y ocasionalmente cuarzo metamórfico con moderadas cantidades de limo rojizo en horizontes delgados o lentes. Texturalmente, su clasificación es mala, con tamaños desde limo, arena fina a gruesa y grava, y en general baja redondez. El espesor de esta parte inferior se ha estimado en 400 a 500 metros aproximadamente, ya

que debido a la deformación presente no fue posible establecer una medición directa.

La parte superior de la Formación Todos Santos, - está constituida primordialmente por conglomerados arenosos andesíticos rojizos, y derrames lávicos andesíticos de color gris verdoso o rojizo, intercalados entre las capas de conglomerados. Estos se componen de fragmentos de andesitas porfídicas, de textura microlítica, pilotáxica a porfídica, cuya mesostasis se constituye de plagioclasas sódicas y cloritas; cuarzo ígneo intrusivo, fragmentos de rocas granítico-granodioríticas, escasos fragmentos de rocas metamórficas gnéissicas o granulíticas, y poca o moderada cantidad de limo como matriz u horizontes delgados intercalados entre las areniscas; texturalmente son de mala clasificación y baja redondez. Las capas de derrames lávicos son de andesita porfídica y amigdalar, algunas con incipiente cloritización. El espesor de esta parte superior se estima entre 500 y 600 metros aproximadamente; en general para el área - de estudio, se estimó un espesor de 1100 metros aproximadamente para esta unidad formacional; aunque existen evidencias de un espesor mucho mayor.

La secuencia de la Formación Todos Santos, en su parte inferior presenta estratificación masiva en la base, variando de gruesa a delgada y laminar, y en la parte superior de gruesa a delgada.

Algunas estructuras sedimentarias presentes son: laminación paralela, estratificación cruzada, laminación - convoluta, estructuras de inyección, estratificación graduada, canales de corte y relleno, imbricación y estratificación "flaser".

Relaciones estratigráficas.- La Formación Todos Santos sobreyace discordantemente, en contacto erosional, a las rocas granodioríticas, tonalíticas y metamórficas cataclásticas que constituyen el Paleozoico Igneo y Metamórfico. Este contacto discordante se presenta en varias localidades: a 5 km al noroeste del Rancho La Zacatera, alrededor de los ríos Suchilapan y Malatenco; a 5 km al Poniente de San Juan Guichicovi y cercanías del poblado de La Mixtequita.

El contacto superior de esta unidad es principalmente estructural con la Formación Mogoñé, es decir, con la base de Grupo Zacatera, en tanto que subyace discordantemente al Grupo Sierra Madre o Formación Cantelhá del Aptiano - Superior-Albiano Inferior en las cercanías del Rancho La Zacatera y Cuauhtémoc, Oax. Es posible, empero, que el contacto con la Formación Mogoñé sea concordante, aunque éste no se observó debido a la deformación que presentan las unidades litoestratigráficas.

Es importante anotar además que Quezada (1978) reporta un contacto transicional entre las Formaciones Todos Santos y Mogoñé en las cercanías del Rancho La Zacatera.

El contacto estructural entre las formaciones Todos Santos y Mogoñé se considera obvio como resultado de la gran deformación que presenta esta última, incluso con todo el Grupo Zacatera.

Edad y correlación.- En el área de La Zacatera - se han reportado en trabajos anteriores, determinaciones radiométricas de las andesitas interestratificadas en la Formación Todos Santos, algunas de éstas son las siguientes:

<u>CLASIFICACION</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>EDAD ABSOLUTA</u>	<u>SISTEMA</u>	<u>AUTOR</u>
1. Andesita (PGT-396)	Rfo Coatzacoalcos o Suchilapan, Oax.	Rb-Sr 196.9±2.9 m.a.	Jurásico Temprano*	CONCIT, S.C. 1981
2. Andesita (PGT-415)	Rfo Coatzacoalcos o Suchilapan, Oax.	Rb-Sr 196.9±2.9 m.a.	Jurásico Temprano*	CONCIT, S.C. 1981
3. Andesita (PGT-1005)	Rfo Chalchijapa, Oax.	Rb-Sr 196.9±2.9 m.a.	Jurásico Temprano*	CONCIT, S.C. 1981

Otra determinación radiométrica establecida en andesitas aunque fuera del área es:

<u>CLASIFICACION</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>EDAD ABSOLUTA</u>	<u>SISTEMA</u>	<u>AUTOR</u>
1. Andesita	Pueblo Viejo, Chis.	K-Ar 148±6 m.a.	Jurásico Superior*	Castro M. <u>et al.</u> 1972

Las determinaciones en el área de La Zacatera asignan a las andesitas una edad del Triásico Tardío al Jurásico Temprano, (Según Escala del Tiempo Geológico de la Geologic Society of America, 1983); y es necesario hacer notar que, - las andesitas se encuentran en la parte media y superior de la secuencia de la Formación Todos Santos. Tomando en cuenta lo anterior, además de que las felsarenitas y litarenitas de la parte inferior de la unidad tienen un espesor considerable, es posible que la edad de la Formación Todos Santos - se extienda desde el Triásico Medio hasta el Jurásico Medio (Calloviano Medio).

\* Según Escala del Tiempo Geológico de la Sociedad Geológica de América, ed. 1983.

La edad de la Formación Todos Santos que ha sido reportada para el estado de Chiapas, es del Jurásico Medio al Jurásico Superior, Sánchez Montes de Oca (1979), Quezada (1975), entre otros; por lo que la edad de la andesita de Pueblo Viejo corrobora esta consideración, además de establecer diferencia cronológica para su depósito entre el área de La Zacatera y el Homoclinal de la Sierra de Chiapas.

La correlación de esta unidad formacional puede establecerse con la Formación Calhuasas del Norte de México.

Ambiente de Depósito.- De acuerdo a las características litológicas, texturales y composicionales de la Formación Todos Santos, se considera que fue originada en abanicos aluviales y llanuras de inundación fluvial.

#### GRUPO ZACATERA

El nombre de Grupo Zacatera fue propuesto originalmente por Quezada (1975), para la secuencia sedimentaria integrada por las formaciones: Mogoñé, Sarabia, Zacatera, Brecha Barbosa, Dique, Ecurridero y Paso de Buques, la cual aflora entre el Rancho La Zacatera y Palomares, Oax. Posteriormente Meneses (1977), propone cambiar el nombre Formación Zacatera por el de Formación El Porvenir y finalmente Quezada (1978) adopta este mismo nombre para la secuencia anteriormente nominada como Formación Zacatera.

En el presente trabajo se propone conservar la denominación de Grupo Zacatera para la secuencia sedimentaria constituida por las formaciones: Mogoñé, El Porvenir y Potrillo (este nombre es de nueva proposición en este trabajo), en base a que éstas representan una sucesión de forma-

ciones asociadas y adyacentes, con características litológicas comunes. Algunas características litológicas similares que presentan estas tres formaciones, descritas de manera breve son:

1. Composición calcárea-terrígena.
2. La fracción terrígena se encuentra constituida - por granos de cuarzo ígneo y metamórfico, y fragmentos de rocas ígneas granítico-granodiorítico y en menor proporción fragmentos de rocas metamórficas y feldespatos potásicos con plagioclasas.
3. Otros agregados son materia orgánica y sulfuros autigénicos.
4. Características litológicas y paleontológicas comunes que representan medios de depósito similares, la misma fuente de material terrígeno y similares condiciones tectónicas durante su génesis.

En este trabajo se considera que la secuencia de nominada por Quezada (1975) como Formación Sarabia, es en realidad una parte de la Formación Nogoñé y se encuentra - afectada por una deformación estructural extrema, pero sus características litológicas son las correspondientes a esta unidad formacional; por la razón anterior es prescindible el nombre de Formación Sarabia.

Además, se propone el nombre de Formación Potrerillo para la secuencia calcárea-terrígena, que Quezada -- (op. cit.) identificó como las formaciones Brecha Barbosa, Dique y Escurridero, en base a que la sucesión que las re-

presenta posee caracteres litológicos y composicionales comunes, por lo que corresponde a un solo evento de depósito con variaciones locales en las condiciones de sedimentación.

Finalmente, no se ha considerado a la Formación - Paso de Buques dentro del Grupo Zacatera, porque esta formación, presenta características litológicas y de depósito diferentes a las formaciones Mogoñé, El Porvenir y Potrerillo.

### FORMACION MOGOÑE

Definición.- Böse (1906) describió en las cercanías de la Estación Mogoñé unas "calizas esquistas negras" posteriormente Webber y Ojeda (1957) denominaron Caliza Balboa a estas rocas y las asignaron al Paleozoico. Finalmente Ojeda (1966) establece el nombre de Formación Mogoñé, -- proponiendo la localidad tipo en las cercanías de la Estación Mogoñé ubicada a 5 km al poniente de la Carretera Transistmica, entre Mogoñé y San Juan Guichicovi, Oaxaca.

Quezada (1975) propuso como sección tipo, para esta formación, los afloramientos presentes entre los kilómetros 8 y 9 de la Carretera Sarabia-Uzpanapa, cubriendo los afloramientos, un área de 20 km<sup>2</sup> al sur del Rancho La Zacatera.

En el área de La Zacatera afloran estas calizas - areno-arcillosas, de color gris oscuro a negro, correspondientes a la Formación Mogoñé.

Distribución.- La distribución geográfica de esta formación es reducida, ya que se localiza entre las poblaciones de Mogoñé, Matías Romero, Sarabia y Rancho La Zacatera, en el Estado de Oaxaca. Su expresión geomorfológi-

ca son pequeños lomeríos con separación de surcos fluviales suavos (ver mapa geológico anexo).

**Litología y espesor.**- La parte inferior de esta unidad tiene un espesor aproximado de 450 m, y su composición litológica, a nivel megascópico, corresponde a una alternancia de calizas poco arenosas con calizas arenos-arcillosas de color gris oscuro a negro y, ocasionalmente, horizontes arcillo-calcáreos laminares; la estratificación es delgada a laminar, con capas de 20 cm hasta 1 cm de espesor y aún menor. Esta secuencia se encuentra muy plegada y fracturada con pliegues cerrados y fallamiento de tipo compresivo. Al microscopio, la secuencia consiste primordialmente de micritas y biomicritas, poco, a moderadamente arenosas con cierta cantidad de material arcillo-carbenoso distribuido laminarmente; además se presentan intercaladas, intramicritas, intraespatitas y ooespatitas, también arenosas.

La fracción calcárea se compone predominantemente, de micrita, además de calizas espatíticas, conteniendo radiolarios calcificados, intraclastos, oolitas, oncolitos, y fragmentos de pelcofóidos, equinodermos, ostrácodos y bioclastos varios indeterminados. El material terrígeno consiste de granos de cuarzo ígneo, en menor cantidad de cuarzo metamórfico, algunos feldespatos potásicos, fragmentos de rocas ígneas intrusivas y extrusivas, y arcilla en horizontes delgados. Los fragmentos terrígenos son angulosos y de clasificación moderada. Otros agregados son: materia orgánica (vegetal principalmente de origen continental) y pirita autigénica en cantidad moderada.

En la parte superior de la unidad, cuyo espesor -

fue estimado en 600m aproximadamente, la composición litológica de la secuencia consiste de: Intramicritas, ooespatitas y biomicritas arenosas de color negro, con estratificación delgada a laminar fina, que presenta estructura nodular debido a la intensa deformación a que fue sujeta la unidad. Su contenido calcáreo principal son oolitas, intraclastos y en cemento de espatita. El material terrígeno es cuarzo ígneo y fragmentos de rocas ígneas y metamórficas, además materia orgánica negruzca en disposición laminar y pirita autigénica.

Las estructuras sedimentarias presentes son: abundante laminación fina de escala milimétrica, laminación "flaser", laminación convoluta, estructuras de inyección por lodo calcáreo-orgánico, bioturbación, gradación de la fracción terrígena, estructuras fenestrales y grietas de desecación.

El espesor total estimado de la Formación Mogoñé es de 500 m aproximadamente, ya que la secuencia se encuentra muy plegada y afectada por fallamiento inverso y lateral o transcurrente.

Relaciones estratigráficas.- El contacto inferior de esta unidad formacional se considera de tipo estructural debido a lo intenso de su deformación, aunque en condiciones predeformationales pudo ser un contacto concordante. El contacto superior también es estructural, ya que existe una falla de desplazamiento lateral e inverso entre las formaciones Mogoñé y Porvenir, en las inmediaciones del Rancho La Zacafera.

Edad y correlación.- La edad estimada para la For

mación Mogoñé es Calloviano Medio al Oxfordiano; en esta unidad se encontró Rhaxella sorbyana y Cadosina sp., cuya distribución estratigráfica corresponde a esa edad según Bonet (1956) y Trojo (1960). Esta edad parece ser la más adecuada por la posición estratigráfica que guarda la Formación Mogoñé con la Formación El Porvenir que ha sido ubicada con microfósiles por Meneses (1977) para el Kimmeridgiano-Tithoniano Medio. Además, Quezada (1978) menciona que el Consejo de Recursos Naturales no Renovables reportó un pelecípodo coleccionado en Guivixia y clasificado como Griphaea sp., asignado al Calloviano Medio.

La unidad puede ser correlacionada con la Formación Tepexic.

Ambiente de depósito.- El ambiente de depósito de esta unidad litoestratigráfica de acuerdo a sus características petrológicas, corresponde a submareas someras de baja energía, semirrestringida, con aumento de energía de manera intermitente, y aporte de material terrígeno arenoso con acumulación de materia orgánica litoral y lodos calcáreos.

#### FORMACION EL PORVENIR

Definición.- Quezada (1975) propuso el nombre de Formación Zacatera para la secuencia de calizas oolíticas y oncolíticas arenosas, y cuya localidad y sección tipo se ubican en las inmediaciones del rancho de ese nombre. Posteriormente Meneses (1977) estudia la formación en la localidad tipo y cambia el nombre original por el de El Porvenir, en base a los lineamientos y procedimientos litoestratigráficos que establece el Código de Nomenclatura Estratigráfica.

El nombre El Porvenir se tomó de la comunidad inmediata al Rancho La Zacatera, y en la cual aflora la secuencia litoestratigráfica.

En el presente trabajo se estima apropiado el uso del nombre El Porvenir para la unidad litoestratigráfica integrante del Grupo Zacatera, y de esta manera concordar con lo establecido por la Guía Estratigráfica Internacional --- (1980) y el Código de Nomenclatura Estratigráfica.

Distribución.- La distribución geográfica de la Formación El Porvenir está reducida sólo a las inmediaciones de las rancherías El Porvenir y La Zacatera; el área de afloramiento es de 4 y 5 km<sup>2</sup> aproximadamente, encontrándose confinada por límites estructurales (ver plano Geológico, - Hoja Cuauhtémoc).

Litología y espesor.- La Formación El Porvenir - está representada por una secuencia de 1000 m de espesor aproximadamente, constituida de calizas oolítico-oncolíticas areno-conglomeráticas, de color gris oscuro a negro, en estratificación gruesa y media en la parte inferior (de 600 m de espesor aproximado), y estratificación media y delgada - en la parte superior de la unidad.

Petrográficamente, la unidad está compuesta por oospatitas e intraespatitas arenosas a areno-conglomeráticas. La fracción calcárea consta de abundantes oolitas, oncolitos, intraclastos y algas, regulares cantidades de radiolarios, pelecípodos, equinodermos y bioclastos indeterminados; todos estos aloquímicos se encuentran cementados con calcita espática. La fracción terrígena se compone de gra-

nos de cuarzo ígneo y metamórfico, feldespatos potásicos, -- plagioclasas, fragmentos de rocas ígneas intrusivas (tonalitas), plagioclasas, fragmentos de rocas sedimentarias (calizas y areniscas rojizas) y de rocas metamórficas (cataclásticas). Texturalmente los tamaños de granos varían desde guijas y grava, hasta arena gruesa y fina, y limos; la clasificación textural es mala y los granos son subangulosos y angulosos.

Escasamente se presentan en la parte media de la columna, algunas biomicritas y micritas poco arenosas e incluso limosas (arcillosas), con estratificación delgada.

Las estructuras sedimentarias identificadas en la formación son: laminación paralela, laminación "flaser", -- gradación de la fracción terrígena, mínima estratificación cruzada en donde abundan las areniscas.

El espesor reportado para la Formación El Porvenir es aproximado, debido a la irregularidad en la exposición de las rocas.

Relaciones estratigráficas.- Los contactos superior e inferior de esta formación son de tipo estructural, -- ya que se encuentra limitada con la formación Mogoñé y Potrillo, por una falla de desplazamiento lateral sinistral-inverso denominada Falla La Zacatera y otra de desplazamiento lateral sinistral, respectivamente.

Edad y correlación.- Se encontraron en la unidad ejemplares de Rhaxella sorbyana, Salpingoporella sp., Didemnoides; además Meneses (1977) reportó abundante contenido -- faunístico como: Nautiloculina oolítica, Mesoendotyra sp.,

Sacocoma sp., Lenticulina sp., etc. Por lo anterior se considera una edad de Kimmeridgiano-Tithoniano Medio para la Formación El Porvenir, correlacionable con la Formación San Andrés de la Provincia del Golfo de México.

Ambiente de depósito.- Las características litológicas y paleontológicas de la formación indican que el ambiente de depósito fue de submarea somera con alta energía, libre circulación, con etapas de baja energía o condiciones más restringidas de plataforma interna con aporte de terrígenos.

#### FORMACION POTRERILLO

Definición.- Se propone el nombre de Formación Potrerillo para designar la secuencia sedimentaria constituida por: brechas calcáreo-terrígenas en la parte inferior; calizas arenosas laminares parcialmente dolomitizadas y con intercalaciones de brechas calcáreo-terrígenas, en la parte media; y una alternancia de areniscas calcáreas, brechas -- calcáreo terrígenas y calizas arenosas que se encuentran -- parcial o totalmente dolomitizadas, en la parte superior. - La denominación geográfica de la unidad se tomó del Rancho Potrerillo localizado a 2 km al norte del Rancho La Zacateña y a 2.5 km al noroeste del Rancho El Porvenir, en el Estado de Oaxaca. Se asigna como localidad tipo a las inmediaciones del Rancho Potrerillo y cuya sección tipo aflora en el arroyo que cruza este lugar.

En la secuencia sedimentaria, como se señaló anteriormente, fue denominada, en sus tres partes constitutivas por Quezada (1975) como: Formación Brecha Barbosa (parte -

inferior), Formación Dique (media) y Formación Escurridero (parte superior). Sin embargo, se observó que:

1. Las brechas calcáreo-terrígenas se presentan en toda la secuencia, aunque predominan en la parte inferior de ésta.
2. La fracción terrígena en toda la secuencia tiene la misma composición litológica, sólo que el tamaño de sus constituyentes disminuye de la parte inferior a la superior.
3. Los fragmentos calcáreos que constituyen a las brechas calcáreo-terrígenas igualmente se presentan en toda la secuencia, aunque son escasas en la parte media y superior de ésta.

En base a lo anterior, se considera que la secuencia sedimentaria denominada como Formación Potrerillo, representa una unidad caracterizada por una continuidad litológica única.

Distribución.- La distribución geográfica de la Formación Potrerillo comprende las inmediaciones del rancho del mismo nombre, en un área de 8 km<sup>2</sup> aproximadamente.

Litología y espesor.- La secuencia sedimentaria de esta formación tiene un espesor medido de 725 m, el cual se encuentra limitado estructuralmente. Dentro de este espesor medio pueden distinguirse, litológicamente, tres partes:

1. La parte inferior con un espesor medio de 375 m, está constituida por brechas calcáreo-terrígenas de color gris oscuro y claro a rojizo, con estratificación

tificación masiva a gruesa. Los fragmentos calcáreos corresponden a biomicritas laminares y, en menor cantidad, intraespatitas e intrabiomicritas arenosa-laminares, y escasas ooespatitas arenosas. Las biomicritas e intraespatitas laminares contienen Rhaxella sorbyana y Cadosina sp., además son idénticas a las biomicritas e intraespatitas de la Formación Mogóñé. Los tamaños de los clastos de rocas carbonatadas varían desde 1 mm hasta --- 25 cm, o más, y sus contornos son angulosos. Los fragmentos terrígenos son principalmente tonalitas, algunas con incipiente cataclasis, granodioritas y granulitas desde tamaños de arenas medias hasta fragmentos del tamaño de la grava, e incluso de más de 50 cm de diámetro; sus contornos son totalmente angulosos. Gran parte de la fracción arenosa la constituyen granos de cuarzo ígneo y metamórfico que se presenta entre los clastos mayores.

Esporádicamente se presentan areniscas calcáreas laminares intercaladas con las brechas y con espesores de 5 cm y más de 15 cm de espesor, especialmente en la zona transicional con la parte media de la formación.

Las estructuras sedimentarias dentro de la sucesión de brechas materialmente están ausentes, ya que son agregados caóticos de fragmentos, aunque puede notarse una clasificación textural muy burda.

2. La parte media, con un espesor medio de 200 m, está compuesta por calizas arenosas parcialmente do

lomitizadas de color gris oscuro y laminares, con algunas intercalaciones de brechas calcáreo-terrfgenas de color gris claro a gris rojizo, que presentan estratificación delgada a fina. Las calizas arenosas dolomitizadas corresponden a intraespatitas arenosas con incipiente dolomitización, -- así como algunas dolomías arenosas intercaladas. - Los elementos calcáreos son intraclastos, radiolarios y bioclastos indeterminados, en cemento de espatita, mientras que los terrfgenos son principalmente granos de cuarzo ígneo y metamórfico, cristales de feldespatos potásicos y plagioclasas, fragmentos de rocas ígneas intrusivas (tonalitas con cataclasis), escasos clastos de caliza y fragmentos de rocas metamórficas (protomilonitas). Otros agregados presentes son materia orgánica carbonosa, materia leñosa, pirita autigénica y algunos óxidos de hierro.

Las brechas calcáreo terrfgenas escasamente intercaladas son similares, en composición, a las de la parte inferior de la formación: clastos de biomicritas e intramicritas arenosas, y fragmentos de rocas tonalíticas y granos de cuarzo (ígneo y metamórfico). El tamaño de los clastos varía desde -- arenas medias hasta gravas con baja redondez.

Las estructuras sedimentarias presentes son: laminación fina predominante, laminación "flaser", laminación convoluta, textura fenestral, bioturba---ción, estructuras de corte y relleno, de carga y - gradación de la fracción terrfgena.

3. La parte superior, cuyo espesor medio es de 150 m, se encuentra constituida por una alternancia de -- areniscas calcáreas de color gris obscuro, brechas calcáreo-terrfgenas gris claro o rojizas, y cali-- zas arenosas con dolomitización parcial o total, - do color gris claro, en estratificación media del- gada y fina. Petrográficamente se presentan como sublitarenitas feldespáticas calcáreas, intraespa- titas arenosas con incipiente dolomitización y do- lomías arenosas. La fracción terrfgena se compone de: granos de cuarzo ígneo, metamórfico, feldespa- tos potásicos y fragmentos de rocas ígneas y meta- mórficas (tonalíticas y cataclásticas, respectiva- mente). En el aspecto textural, sus tamaños va--- rían desde arenas medias hasta gravas, con clasifi- cación mala y redondez baja. La composición calcá- rea consta de espatita neomórfica, dolomía e intra- clastos.

Algunas estructuras sedimentarias en estas rocas - son: laminación paralela fina, laminación "flaser" y gradación de la fracción terrfgena.

Relaciones estratigráficas.- El contacto inferior de esta unidad ocurre por falla de desplazamiento lateral iz- quierdo con la Formación El Porvenir, de igual manera, el -- contacto superior es por falla del mismo tipo con las dolo- mías del Grupo Sierra Madre.

Edad y correlación.- Se determinó para esta uni-- dad, en su parte inferior y media, la microfauna siguiente:

Rhaxella sorbyana, Cadosina sp., Didemnoidea sp., y Salpingoporella sp., que permite situar estas porciones de la Formación Potrerillo en el Jurásico Superior (Tithoniano), posterior a la edad de la Formación El Porvenir que se encuentra claramente situada en el Kimmeridgiano-Tithoniano Inferior. Y respecto a la parte superior, no se identificó fauna determinativa; sin embargo Quezada (1975) reporta una ammonita clasificada como Berriassella sp., colectada en la sección tipo donde fue medida la formación, por lo que, la parte superior, se asigna al Berriasiano; la Formación Potrerillo, por tanto, tiene una edad del Tithoniano Medio al Berriasiano.

La unidad puede correlacionarse cronológicamente con la parte media de las formaciones Caliza Chinameca y -- San Ricardo de Veracruz y Chiapas, respectivamente.

Ambiente de depósito.- La secuencia sedimentaria de la Formación Potrerillo se compone de tres partes que representan, en general, tres ambientes de depósito: la parte inferior indica condiciones de depósito de talud con formación de un abanico en fuerte pendiente topográfica, principalmente en una costa abrupta donde hay acumulación de grandes cantidades de material caído y acumulado cáusticamente; la porción media representa condiciones de submarea, semiprofunda, con baja energía, que tiene aporte de terrígenos finos; y la superior refleja condiciones de submarea somera, con energía moderada o alta y aporte predominante de terrígenos.

#### FORMACION PASO DE BUQUES

Definición.- Primeramente fue Böse (1906) quien

cita una secuencia calcárea en las cercanías de Paso de Buques y que asigna al Cretácico Inferior. Posteriormente Bonet (1972) (in: Quezada, 1975) asigna esta unidad al Valanginiano-Hauteriviano, y finalmente Quezada (op. cit.) propone el nombre de Formación Paso de Buques para las rocas aflorantes en el sitio del mismo nombre, el cual se localiza a 3 km al noroeste de Palomares, Oax.

Distribución.- Esta unidad tiene una distribución geográfica reducida, de sólo 3 km<sup>2</sup> en las cercanías de la Pedrera Paso de Buques (ver plano geológico anexo). Además Quezada (op. cit.) reporta afloramientos de la unidad entre las rancherías El Zapote y Los Monteros, ubicadas al noroeste de Palomares, Oax.

Litología y espesor.- Las rocas aflorantes de esta unidad en la Pedrera Paso de Buques, están muy fracturadas, presentando incluso, fallamiento intenso con evidencias de desplazamiento lateral considerable, por tal razón, sólo especulativamente se puede establecer un espesor aproximado de 300 metros.

Litológicamente estas rocas corresponden a calizas gris claro con abundantes bioclastos que, petrográficamente, consisten de bioespatitas e intraespatitas con bioclastos abundantes, oncolitos, placas y espículas de equinodermos, fragmentos de moluscos, corales, algunos miliólidos, "pellets", radiolarios calcificados, algas e intraclastos abundantes en ciertos horizontes. Estos aloquímicos se encuentran contenidos en espatita principalmente, aunque también se presentan en micrita.

Se nota estratificación masiva, gruesa y mediana, aunque no claramente, debido a la intensa deformación de la unidad. Algunas estructuras sedimentarias presentes son: - laminación y textura fenestral.

Relaciones estratigráficas.- La secuencia de esta formación se encuentra limitada por fallas de desplazamiento lateral izquierdo (Falla Cuauhtémoc); por el lado sur, se pone en contacto con el Paleozoico Igneo y Metamórfico, y su límite norte es con las calizas del Grupo Sierra Madre.

Edad.- Quezada (1975), reporta la microfauna siguiente para estas rocas: Calpionellites dardieri, Lithocodium sp., y Acicularia sp., por lo que sitúa la Formación Paso de Buques en el Valanginiano-Hauteriviano, además de que ya ha sido situada la unidad en esta edad por Bonet (1972) (in: Quezada, op. cit.).

Ambientes de depósito.- Corresponde a un ambiente de submarea somera con alta energía y circulación libre, en el dominio de plataforma interna, con desarrollo de arrecifes algáceo-coralinos.

#### GRUPO SIERRA MADRE

(Formación Cantelhá y Formación Cintalapa no diferenciadas)

Definición.- Se ha considerado como Formación Sierra Madre a la secuencia de rocas calcáreas de plataforma cuya edad va del Albiano al Conomaniano, y que aflora ex

tensamente en el Estado de Chiapas. Estas rocas han sido - estudiadas anteriormente por varios autores, de los cuales algunos son: Böse (1905), Burnett y Beam (1921) (in: Quezada, 1978), Page (1921), Hyde (1922) (in: Quezada, 1978), Pike y Blom (1922), Bichopp (1929) (in: Quezada, 1978), Inlay (1944), Vinson (1962), Richards (1963), González (1963) (in: Quezada, 1978), López Ticha (1969), Sánchez (1969), Castro et al. (1972), Quezada (1975) y Sánchez (1978), entre otros. González (1963) propone la división de la formación en dos miembros constitutivos: Caliza Cantelhá del Cretácico Medio y Caliza Jolpabuchil del Cretácico Superior, mientras - que, Sánchez (1978 y 1979) propone elevar la formación al - rango de Grupo Sierra Madre, constituido por las formacio-- nes Cantelhá, Cintalapa y Angostura; con lo anterior, el -- grupo comprende una edad del Cretácico Medio a Superior.

En el presente trabajo se ha adoptado el nombre - de Grupo Sierra Madre para la secuencia calcárea que aflora en el área de estudio, entre las poblaciones de Palomares, Cuauhtémoc y La Esmeralda.

Distribución.- La secuencia calcárea de esta unidad litoestratigráfica aflora ampliamente en el Estado de - Chiapas, frente noroeste del Dabolito de la Mixtequita y en el área de estudio, en las cercanías de Palomares, Paso de Buques, Cuauhtémoc, La Esmeralda y Poblado No. 1. En gran parte del área, la secuencia se encuentra semicubierta, debido en parte a sus características litológicas como a la - presencia de una cubierta sedimentaria terrígena continen-- tal.

Litología y espesor.- La parte inferior de la -- unidad se encuentra representada por una sucesión de dolo--- mías cristalinas y brechosas de color gris claro, en estratificación media y gruesa, y cuyo espesor aproximado es de 100 a 200 m, teniendo variaciones de un sitio a otro; la -- parte superior, con un espesor aproximado de 1400 m, está -- constituida por calizas gris claro, con moderado fractura--- miento, en estratificación gruesa y media, con intercala--- ción de delgados horizontes de estratificación media y delgada. Petrográficamente, la secuencia consiste de dolomías cristalinas brechosas con cristales anhedrales y subhedra--- les de tamaño generalmente mayor de 100 micras. Las formas y tamaños de los cristales de dolomita están controlados -- por fracturas, además de que presentan deformación o cata--- clasis incipiente. La porosidad por disolución, intercris--- talina y por fracturamiento, es cercana al 10%. Las cali--- zas corresponden a micritas, bioespatita, intraespatitas e intramicritas. Los aloquímicos presentes son: moluscos, -- equinodermos, algas, miliólidos, "pellets", intraclastos, -- oncolitos, ostrácodos y abundantes bioclastos; algunos mi--- crofósiles importantes que contienen son: Microcalamoides diversus, Favusella washitensis, F. hiltermanni, Orbitolina sp., Salpingoporella, Triloculina sp., Spiroloculina sp., -- Dictyoconus walnutensis, Nummuloculina heimi y Quinquelocu--- lina sp. Los ortoquímicos son micrita y espatita. Otros -- caracteres son la presencia de estilolitas, y por tanto, po--- rosidad por disolución, cuarzo autígeno y cementación espá--- tica variada.

Las estructuras sedimentarias presentes son: la--- minación paralela escasa, fenestral y bioturbación.

Se estimó para esta unidad en el área de la Zaca-  
tera, un espesor aproximado a los 1650 m.

Relaciones ostratigráficas.- Esta unidad litoes-  
tratigráfica, en el área estudiada, se encuentra afectada -  
por deformación considerable, por lo que, su contacto infe-  
rior es por falla de desplazamiento lateral izquierdo con -  
las formaciones Paso de Buques, Potrerillo y Todos Santos;  
aunque con esta última formación, también presenta contacto  
discordante localizado al noreste y sureste de la población  
de Cuauhtémoc, Oax. Es importante anotar que las rocas del  
Grupo Sierra Madre se encuentran, en las cercanías de Cuauh-  
témoc, sobreyaciendo de manera discordante a la secuencia -  
plegada de la Formación Potrerillo. Y su contacto superior  
es, por una parte, por efecto de falla de desplazamiento la-  
teral izquierdo en las cercanías de La Esmeralda, Oax., y -  
por otra, discordante con una secuencia arenoso-arcilloso del  
Cretácico Superior a Post-Cenomaniano con metamorfismo cata-  
clástico en las cercanías de San Carlos y la Colonia 16 de  
Septiembre, sobre la margen izquierda del rfo Suchilapan.

Quezada (1978) reporta la existencia de una zona  
transicional entre el Grupo Sierra Madre (Formación Cante-  
lhá) y la Formación La Victoria en el rfo de este nombre.

Los contactos del Grupo Sierra Madre, en el área  
estudiada, son el resultado de la deformación estructural -  
local, mientras que en el Estado de Chiapas, esta secuencia  
ha sido bien ubicada en sus contactos inferior y superior.

Edad y correlación.- En base a las determinacio-  
nes de la microfauna siguiente: Orbitolina sp., Salpingo

relio, Microcalamoides diversus, Favusella washitensis, F. hiltermanni, Nummuloculina heimi, Dictyoconus walnutensis y Triloculina sp., Spiroloculina sp., Dicyclina schlumbergeri, Rotalia sp., y Kathina cf. K. jamaicensis; la unidad litoestratigráfica, para el área estudiada, se asigna al Aptiano Superior-Cenomaniano pudiendo alcanzar hasta el Cretácico Superior de acuerdo a la determinación realizada.

La secuencia calcárea que aflora en el área San Carlos y 16 de Septiembre, representa la parte alta del Grupo Sierra Madre que subyace a la secuencia arcillo-arenosa metamorfizada del Cretácico Superior.

En la región del Río La Victoria, Quezada (1978) reporta, para la parte superior de esta unidad una edad del Cenomaniano en base a la microfauna: Calciesphaerula innotata, Pithonella ovalis, Cuneolina sp., y Nummuloculina heimi.

La unidad aflorante en el área, se puede correlacionar con la Formación Teposcolula de Oaxaca y con la Formación Morelos del Estado de Guerrero.

Ambientes de depósito.- Corresponde a submareasomera de baja y alta energía en plataforma interna con depósito de carbonatos.

#### CRETACICO SUPERIOR METAMORFICO

Definición.- En este trabajo se denomina Cretácico Superior Metamórfico a la secuencia areno-arcillosa (con intercalación de tobas) que presenta diferentes grados de metamorfismo cataclástico, y cuya posición estratigráfica parece ser discordante sobre las rocas calcáreas del Grupo

Sierra Madre, en el área comprendida entre San Carlos, Oax., y 16 de Septiembre, Ver., en la margen izquierda del Rfo Su chilapan.

Esta secuencia metamórfica fue considerada por -- Quezada (1975 y 1978) como el equivalente metamórfico de la Formación Alaska, nombre formacional propuesto por González (1968), para una secuencia que aflora en las inmediaciones del Rancho Alaska, a 10 km al noroeste, aproximadamente de Palomares, Oax. Posteriormente CONCIT, S.C. (1981 y 1982) estudió estas rocas que nombró informalmente como Complejo Metamórfico. Sin embargo, se verificó que la secuencia del área de estudio litológicamente se diferente a las rocas de nominadas por González (1968) como Formación Alaska; por lo que este nombre no es utilizado en el presente trabajo.

Distribución.- La distribución geográfica de esta secuencia se reduce sólo a las proximidades de San Carlos, Colonia 16 de Septiembre y Rancharía Los Leones, que se localizan a 15 km al noreste de Palomares, Oax. El área donde se presenta esta unidad es de 70 km<sup>2</sup> aproximadamente (ver plano geológico anexo).

Litología y espesor.- La secuencia sedimentaria metamorfizada consiste de una alternancia de areniscas finas, limolitas y arcillas de aparente carácter laminar que presentan diferente grado de metamorfismo cataclástico, desde incipiente hasta constituir esquistos miloníticos y protomilonitas con claras bandas de segregación de cuarzo; esta clasificación de rocas metamórficas cataclásticas es de acuerdo a Higgins (1971). Petrográficamente presenta textu

ra esquistosa, foliada y samítica cataclásticas, con abundante cuarzo y feldespatos ondulantes y granulados periféricamente; sus constituyentes presentan disposiciones alineadas; los feldespatos, exhiben seritización. Sedimentológicamente se componen de cuarzo ígneo intrusivo, extrusivo, fragmentos de rocas ígneas intrusivas y considerables cantidades de limolitas y arcillas. El tamaño de grano de la fracción arenosa gradúa de 2 hasta 0.25 milímetros aproximadamente.

Esporádicamente se encuentran algunas tobas intercaladas o interestratificadas en la secuencia, las que también están afectadas por cataclasis.

El espesor del Cretácico Superior, de acuerdo a la expresión topográfica-hidrográfica, sugiere ser mayor de 300 m.

Relaciones estratigráficas.- Su contacto inferior aparentemente es discordante sobre las rocas calcáreas del Grupo Sierra Madre, mientras que su contacto superior no es claro, ya que se encuentra en aparente discordancia con la secuencia terrígena terciaria.

Esta unidad se encuentra limitada estructuralmente al este por la Falla San Carlos (ver plano geológico anexo).

Edad y correlación.- Debido a las condiciones de metamorfismo que presenta la unidad, no fue posible obtener datos paleontológicos que indicaran su edad, sin embargo, en base a su posición estratigráfica, al sobreyacer al Grupo Sierra Madre, se asigna una edad del Cretácico Superior

(Post-Cenomaniano).

La correlación de estas rocas puede establecerse con la Formación Méndez, nombre utilizado en el Estado de Chiapas.

Ambientes de depósito.- En base a las características litológicas presentes, la secuencia caracteriza ambientes de depósito de submarea profunda en plataforma externa con aporte de arenas medias y finas con limos en cierta abundancia.

#### COMPLEJO RAMOS MILLAN

Definición.- Se denomina Complejo Ramos Millán a al conjunto de rocas metamórficas cataclásticas, ígneas y sedimentarias con grados variables de metamorfismo dinámico, que aflora entre las poblaciones Javier Jasso, Ramos Millán y 24 de Febrero, ubicada entre 15 y 25 km al noreste de Palomares, Oax. Se propone como localidad tipo al área que comprende las inmediaciones del Ejido Ramos Millán, en la margen derecha del Rfo Suchilapan.

Anteriormente estas rocas habían sido reportadas por CONCIT, S.C. (1981 y 1982) que las menciona como Complejo Igneo-Metamórfico y Complejo Metamórfico, respectivamente; y finalmente Camacho (1983) utiliza nuevamente este último nombre para las mismas rocas. Sin embargo CONCIT, S.C. (1982) considera como parte de este complejo a las rocas metamórficas del Cretácico Superior que aflora en la margen izquierda del Rfo Suchilapan y que en el presente trabajo han sido consideradas como unidad distinguible y diferente del Complejo Ramos Millán.

Distribución.- El Complejo Ramos Millán tiene una distribución geográfica amplia en la zona estudiada, desde la ranchería de Otilio Montaño, las poblaciones Javier Jasso, Ramos Millán, Juan Escutia, 16 de Septiembre hasta las cercanías de 24 de Febrero en el Estado de Veracruz. El área de distribución geográfica es de 230 km<sup>2</sup> aproximadamente; el complejo se encuentra limitado por fallas de desplazamiento lateral al poniente, sur y oriente, y el norte por el traslape de las formaciones terciarias (ver Hoja Cuauhtémoc).

Litología y espesor.- El Complejo Ramos Millán se encuentra principalmente constituido por rocas metamórficas cataclásticas, según la clasificación de Huggins (1971) como: protomilonitas, milonitas, ultramilonitas y blastomilonitas, de colores gris claro, gris rojizo a negruzco, algunas de las cuales presentan silicificación de contacto en grado variable. Megascópicamente se presentan como cuerpos compactos limitados por fracturamiento, foliación y deformación compresional excesiva, con abundantes superficies es-triadas de falla, de material molido de color negruzco, por lo que estas rocas conforman bloques de aspecto y composición variada. Petrográficamente se constituyen de megaporfiroclastos y porfiroclastos que forman del 10 al 15% de la roca, de tamaños de 100 micras a más de 2 mm, rodeados por superficies deslizantes rellenas de material fino, de biotita de neoformación y abundante estructura pseudofluidal. La textura es granular cataclástica.

Estas rocas cataclásticas son cuarzo-feldespáticas y que pueden reconocerse su origen en rocas tonalíticas, granodioríticas o sedimentarias, tales como areniscas con--

glomeráticas y conglomerados arenosos andosíticos, de la -- Formación Todos Santos que han sido afectadas por metamor-- fismo cataclástico.

En cantidad importante se presenta, constituyendo al complejo, rocas ígneas intrusivas identificadas como tonalitas que presentan diferentes grados de cataclasis, hasta constituir rocas metamórficas cataclásticas. Asimismo, se reconocen rocas areno-calcareo-arcillosas con alta deformación cataclástica, integradas a bloques claramente metamórficos. Estas rocas sedimentarias cataclásticas tienen afinidad litológica con las unidades formacionales del Jurá sico Superior del Grupo Zacatera.

El espesor de la unidad litoestratigráfica es desconocido, debido a la deformación y estructura que presenta.

Relaciones estratigráficas.- Debido a la complejidad petrológica y estructural de esta unidad litoestratigráfica, es difícil distinguir sus relaciones estratigráficas; sin embargo, se puede establecer sus límites: al poniente su contacto es por falla de desplazamiento lateral izquierdo-inverso o Falla San Carlos, con las calizas del Grupo Sierra Madre y el Cretácico Superior Metamórfico; al sur y oriente, por una falla del mismo tipo, llamada Falla La Esmeralda, también con el Grupo Sierra Madre; y al norte, es cubierta por la secuencia terciaria de la región del Golfo de México.

Edad y correlación.- Es importante primeramente distinguir los siguientes hechos:

1. Se han identificado rocas metamórficas cataclásti

cas derivadas de rocas ígneas intrusivas (tonalitas y granodioritas) y de rocas sedimentarias de la Formación Todos Santos y de afinidad litológica con las correspondientes a las formaciones del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (Berriasiano).

2. Las tonalitas corresponden al basamento llamado Paleozoico Igneo y Metamórfico, y la Formación Todos Santos tiene una edad Triásico Superior-Jurásico Medio.

Por lo anteriormente expuesto, es obvio que la edad del Complejo Ramos Millán corresponde a la del metamorfismo cataclástico que le dió origen, es decir, es post-Cretácico Inferior (Berriasiano). Además, este metamorfismo cataclástico afecta la secuencia areno-arcillosa que sobreyace a las calizas del Grupo Sierra Madre, denominada Cretácico Superior Metamórfico. Por tanto, la edad del complejo puede ser desde el Cretácico Inferior (Aptiano) (ya que el Grupo Sierra Madre sobreyace discordantemente al Grupo Zacatera, es decir, este grupo presenta deformación pre-Cretácico Medio), hasta el Cretácico Superior-Mioceno, relacionado con la deformación de la Sierra de Chiapas.

Origen.- Como ya se apuntó, el Complejo Ramos Millán está constituido por rocas preexistentes pertenecientes al basamento Paleozoico Igneo y Metamórfico, a la Formación Todos Santos y a las formaciones del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (Berriasiano), las cuales fueron afectadas por metamorfismo cataclástico intenso, debido a un sistema de deformación comprensivo local e intermitente, en --

condiciones de cataclasis profunda, desde el Cretácico Inferior (Aptiano) hasta el Mioceno. Por lo que, el metamorfismo cataclástico y sus productos son el resultado de la evolución tectónica local.

## CENOZOICO

### Terciario Marino Indiferenciado

Se ha denominado genéricamente con este nombre, a la secuencia de areniscas de grano medio y fino de color rojizo y café, que alternan con limolitas y arcillas de color café, rojizo y negruzco en estratificación delgada a gruesa y de capas delgadas. Su distribución geográfica se reduce al Cerro Tronador y a las cercanías de Cuauhtémoc, Oax. Su espesor se considera menor a 200 metros y, litológicamente, las areniscas se constituyen de granos de cuarzo, fragmentos de rocas ígneas intrusivas y extrusivas, sedimentarias terrígenas y algunas metamórficas.

Se encuentran en discordancia sobre las calizas del Grupo Sierra Madre y con echados de 20° a 45° en varias direcciones. Es posible que correspondan en edad al Paleoceno-Eoceno, en ambientes de depósito de submarea somera restringida aún con influencia fluvial.

### Terciario Continental Indiferenciado

Se considera con este nombre a la secuencia sedimentaria poco consolidada compuesta de conglomerados polimicticos arenosos compuestos de rocas ígneas extrusivas, intrusivas sedimentarias y metamórficas, con clastos arredondados y en capas horizontales. Las rocas sedimentarias

de esta secuencia cubren discordantemente a gran parte de - las unidades del Mesozoico y del Terciario Marino Indiferenciado, por lo que, se consideran del Mioceno-Plioceno. Sus condiciones de depósito son continentales de carácter flu-- vial-aluvial.

#### Depósitos de Aluvión

Estos son los sedimentos holocénicos que cubren - las rocas mesozóicas y terciarias o rellenan los bajos topográficos; consisten de cantos rodados, gravas, arenas, li-- mos y arcillas de coloraciones variadas.

#### IV. AMBIENTES DE DEPOSITO, FACIES SEDIMENTARIAS Y DIAGENESIS

##### A) Ambientes de Depósito y Facies Sedimentarias

El ciclo sedimentario del área de La Zacatera comienza en el Triásico Medio-Superior-Jurásico Medio, en ambientes continentales, continuando durante el Jurásico Medio hasta el Cretácico Superior, en ambientes marinos. La sedimentación desde el Triásico Medio al Cretácico Superior estuvo controlada e influenciada por el Batolito de la Mixtequita al oeste, y el Macizo de Chiapas al sur y sureste, los cuales constituyeron paleoclementos elevados montañosos y generadores de sedimentos (Figs. 4 a 9).

Los cambios estructurales entre las unidades litoestratigráficas, no permiten tener una secuencia continua evolutiva de los ambientes de depósito; sin embargo, puede notarse una evolución transgresiva general desde los medios continentales a los marinos de plataforma interna y externa (Columna Estratigráfica Compuesta).

De manera general se exponen a continuación las características ambientales y de facies sedimentarias de cada una de las unidades formacionales del área.

##### a) Triásico Medio-Jurásico Medio (Calloviano Inferior)

Los ambientes de depósito para esta época fueron abanicos aluviales y planicies de inundación (Fig. 4).

Ambientes de abanicos aluviales.- Los paleoclementos, Batolito de la Mixtequita y Macizo de Chiapas estuvieron rodeados por depósitos aluviales que constituyeron formas de abanico con abundancia de material grueso conglo-

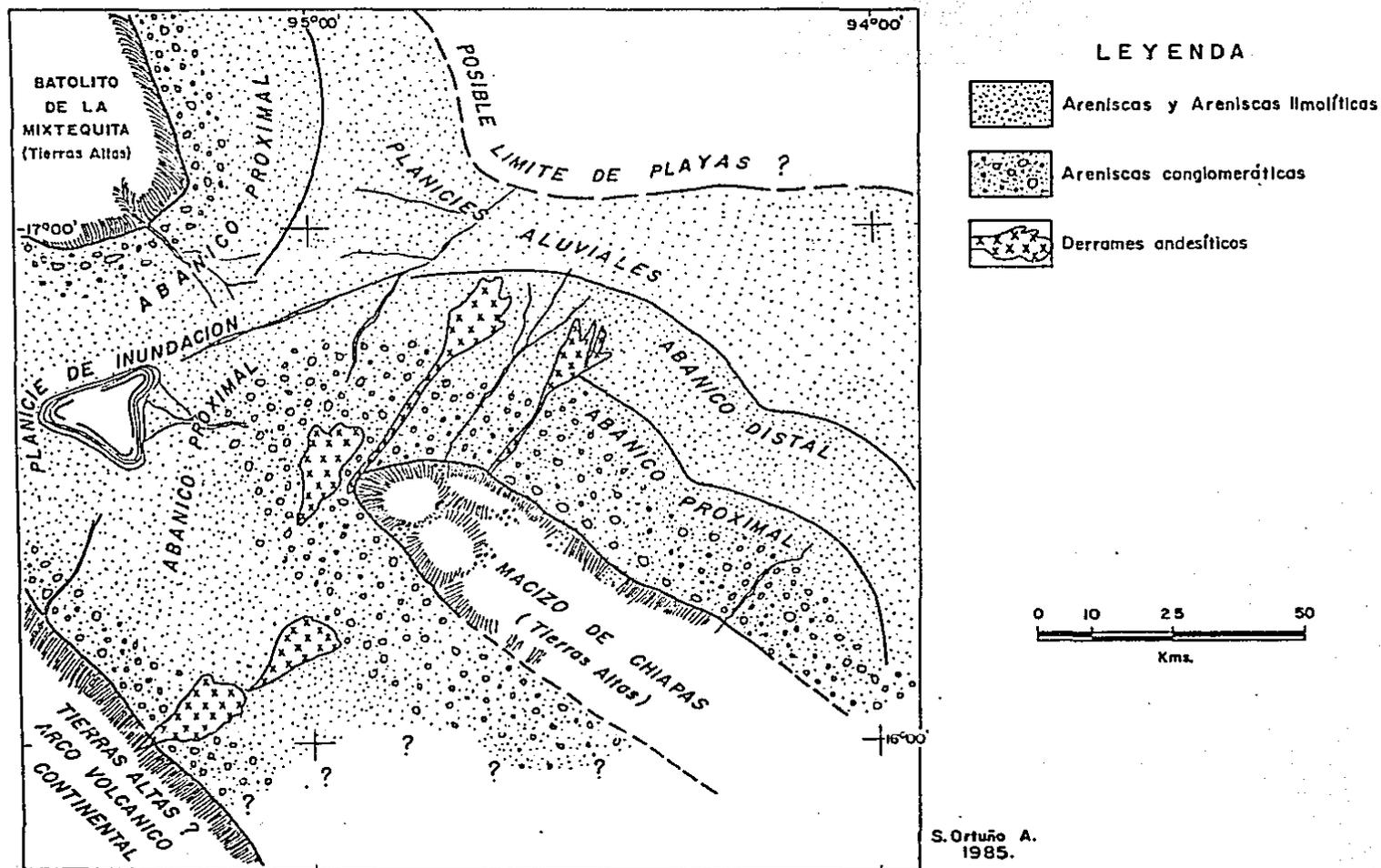


Figura 4 - Ambientes de depósito de la Formación Todos Santos, durante el Jurásico Inferior y Medio.

merático arenoso en las partes proximales, y material arenoso-conglomerático y limoso en las porciones distales. Este material procedía de las rocas ígneas y metamórficas de los paleoelementos existentes.

En la parte del abanico proximal se formaron canales distributarios que fueron rellenos por partículas gruesas con mala clasificación textural, así como depósitos cáuticos generados por flujos de detritos gruesos y medios, con matriz limosa. También en el dominio proximal tuvo lugar el escurrimiento de lavas andesíticas que se intercalaron con el material terrígeno arenoso-conglomerático (Fig. 4).

En los dominios distales del abanico, predominaron depósitos de arenas y limos distribuidos por aguas de flujo laminar de poca profundidad o formando amplios canales intermitentes.

Las facies sedimentarias de los abanicos aluviales, identificadas son: facies de conglomerados arenosos o areniscas conglomeráticas limosas constituidas principalmente de fragmentos de roca o feldespatos, según la fuente de materiales; facies de areniscas limosas y facies de mantos y areniscas conglomeráticas andesíticas. Estas facies se encuentran mezcladas aleatoriamente, dadas las condiciones variantes de los ambientes de depósito.

Ambientes de Planicies de Inundación.- En las zonas más alejadas de los paleoelementos, y frente a los abanicos aluviales, se formaron planicies de inundación, donde se acumuló gran cantidad de material drenado y transportado fluvialmente, depositado luego en disposición laminar. Este material está constituido principalmente por arenas de -

moderada clasificación y redondeamiento, con cantidades subordinadas de arcillas en forma de laminillas (Fig. 4).

Algunas facies reconocibles son de areniscas poco arcillosas y laminares que presentan gradación, estructuras de corriente, y otras asociadas.

b) Jurásico Medio (Calloviano Superior)-Jurásico Superior (Oxfordiano)

Durante el Calloviano Superior tuvo lugar una transgresión marina que avanzó de este a oeste, cubriendo gran parte del área situada entre los paleoalimentos Batolito de la Mixtequita y Macizo de Chiapas con lo que comenzó la sedimentación marina en ambientes de submarea somera sobre los depósitos continentales.

En estos ambientes marinos de submarea somera semirrestringida se depositaron los sedimentos de la Formación Mogoñé, del Calloviano Superior-Oxfordiano, iniciándose así el depósito calcáreo-terrágeno del Grupo Zacatera.

El ambiente de depósito fue de submarea somera costera, donde prevalecieron condiciones semirrestringidas de circulación, baja energía en general, características ligeramente alcalinas; donde tuvo lugar la acumulación de lodos calcáreos con materia orgánica de origen continental, así como aporte variable e intermitente de terrígenos del tamaño de arena a limo; sin embargo, temporalmente existieron condiciones de mayor energía y de circulación. En este medio se desarrollaron algas en condiciones hipersalinas, así como una variada fauna bentónica como foraminíferos, polípodos, equinodermos, ostrácodos y esponjas, así como otros planctónicos tales como radiolarios; por lo anterior,

la actividad biológica, y por lo tanto la bioturbación del sedimento, es abundante (Fig. 5).

El ambiente sedimentario marino fluctuó entre submarea somera semirrestringida a ambientes de intermarea con exposición subaérea intermitente, donde tuvieron lugar las estructuras fenestrales, la desecación de lodos calcáreo-orgánicos y generación de láminas de calcita hipermagnésiana.

Las facies sedimentarias presentes son: biomicrota arenosa con intercalaciones de intraespatitas también -- arenosas; estructuras sedimentarias características son la laminación paralela, laminación "flaser", gradación, textura fenestral, grietas de desecación y abundante bioturbación.

### c) Kimmeridgiano-Tithoniano Inferior

Para esta época ocurre una regresión parcial hacia el este, y se establece una sedimentación marina en ambiente de submarea somera de libre circulación en el dominio de plataforma interna, y cuyo gradiente hipsográfico es bajo (Fig. 6).

Este ambiente de submarea somera se caracterizó -- por ser de energía alta a moderada, donde se depositaron sedimentos calcáreos con abundantes oolitas, intraclastos, oolitos, radiolarios y bioclastos en general, donde además, hubo aporte de terrígenos procedentes de rocas ígneas y sedimentarias. Tuvieron lugar esporádicamente, condiciones -- de menor energía, especialmente durante el Tithoniano Inferior con aporte menor de terrígenos.

Las facies sedimentarias que se distinguen son -- ooespatitas e intramicritas areno-conglomeráticas para el --

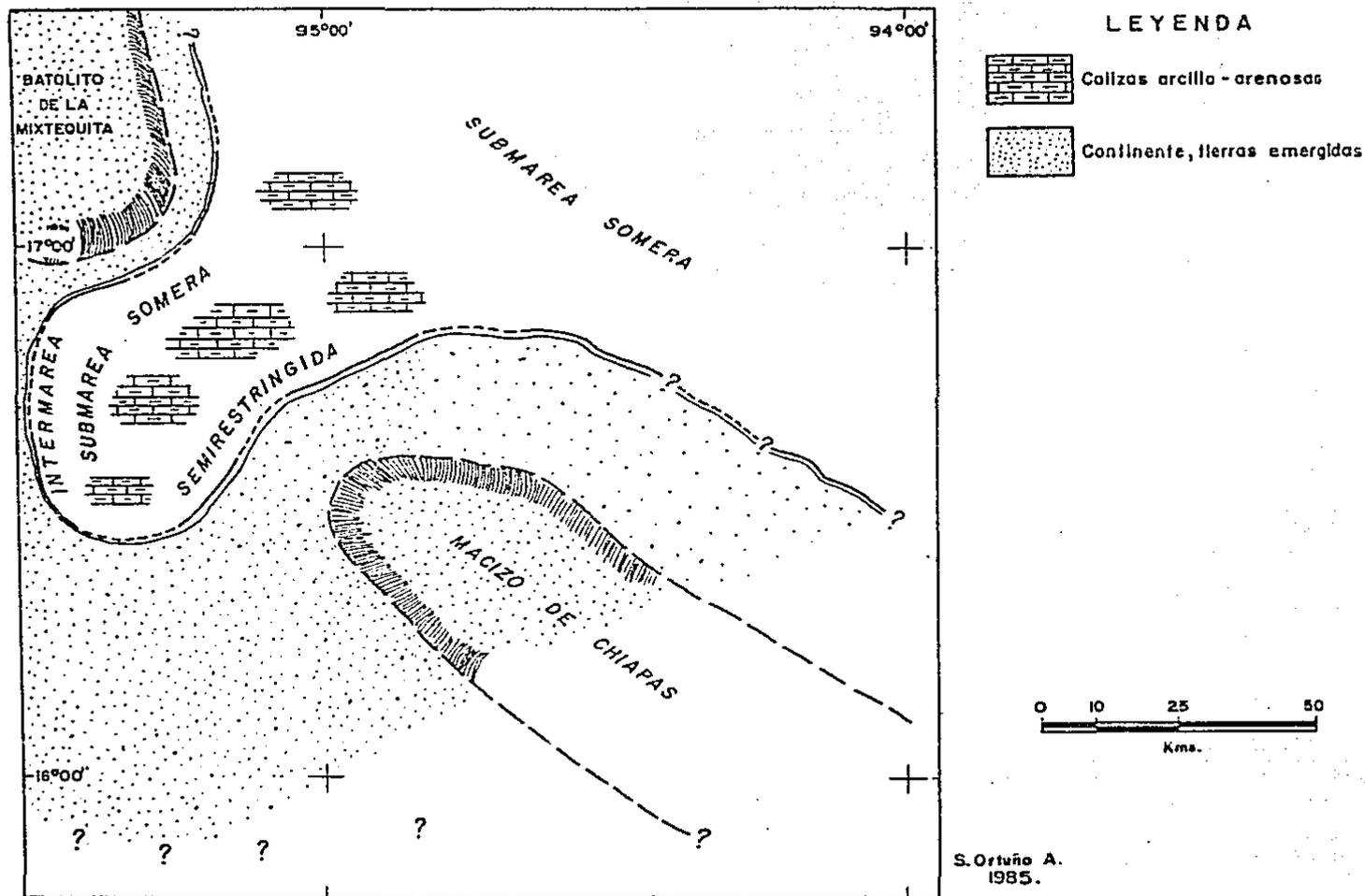
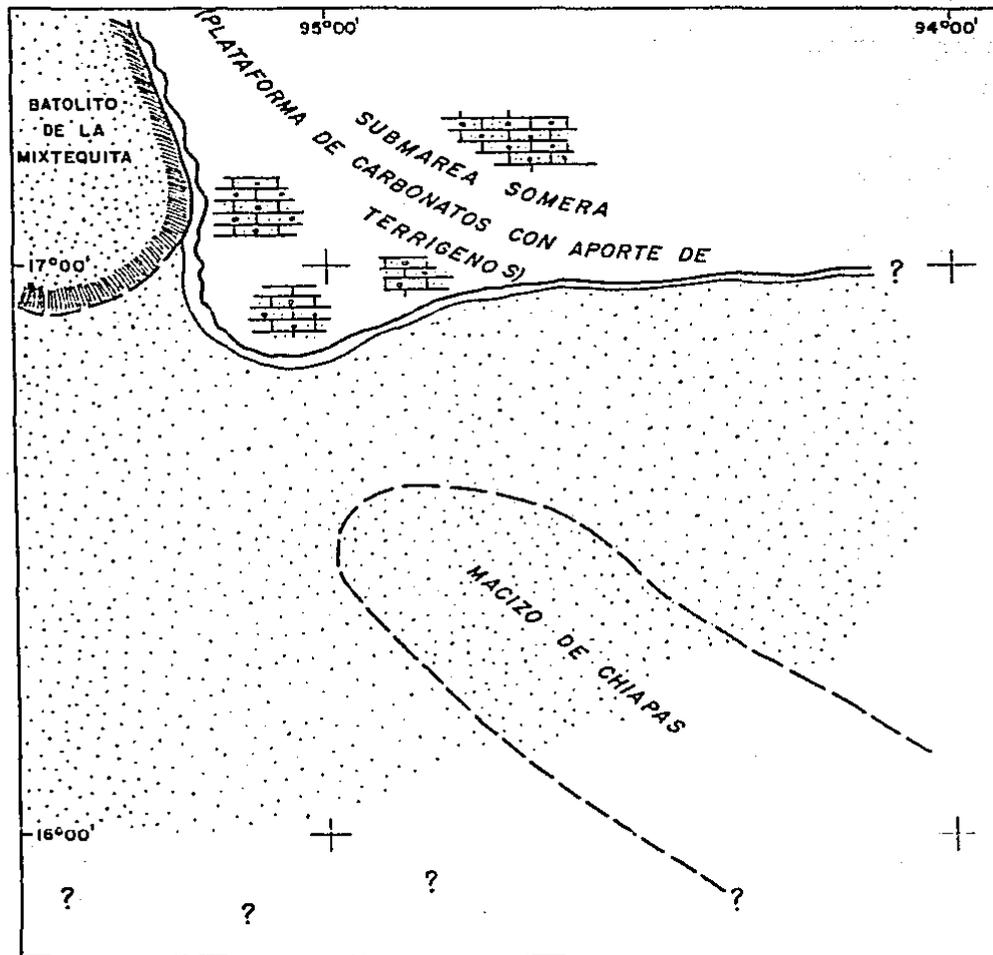


Figura 5 - Ambientes de depósito de la Formación Mogoñé durante el Jurásico Medio (Calooviario Superior) y Jurásico Superior (Oxfordiano).



S. Ortuño A.  
1985.

Figura 6.- Ambientes de depósito de la Formación El Porvenir, durante el Jurásico Superior (Kimmeridgiano - Tithoniano Inferior).

Kimmeridgiano, y biomicritas e intreospatitas arenosas para el Tithoniano Inferior. Las estructuras sedimentarias asociadas a estas facies son principalmente laminación paralela y gradación.

d) Tithoniano Medio-Berriasiano.

En esta época, correspondiente a la Formación Potrillo, la línea de costa experimentó poca variación con elevaciones montañosas costeras, aunque los ambientes de depósito fueron modificados de manera importante debido a la actividad tectónica del área; los medios de depósito marinos se ubicaron al este del Batolito de la Mixtequita y norte del Macizo de Chiapas (Fig. 7).

Primeramente, durante el Tithoniano Medio, el ambiente de depósito fue costero con alto gradiente hipsográfico, es decir, zonas bajo el nivel del mar donde se acumularon brechas y material caído de acantilados o costas montañosas abruptas. Estos medios recibieron gran cantidad de sedimentos de gran variabilidad de tamaño por mala clasificación textural y baja redondez, de disposición caótica y procedentes de rocas sedimentarias de la Formación Mogoñé - del Calloviano Superior-Oxfordiano, de rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico. Las facies presentes son de brecha calcáreo-terrágena-arenosa sin estructuras sedimentarias aparentes.

Posteriormente durante el Tithoniano Superior ocurre un movimiento transgresivo marino hacia el oeste y suroeste, cambiando las condiciones de depósito a ambientes de submareo más profunda de circulación abierta, pero también con aporte de terrígenos como arenas de tamaño intermedio o

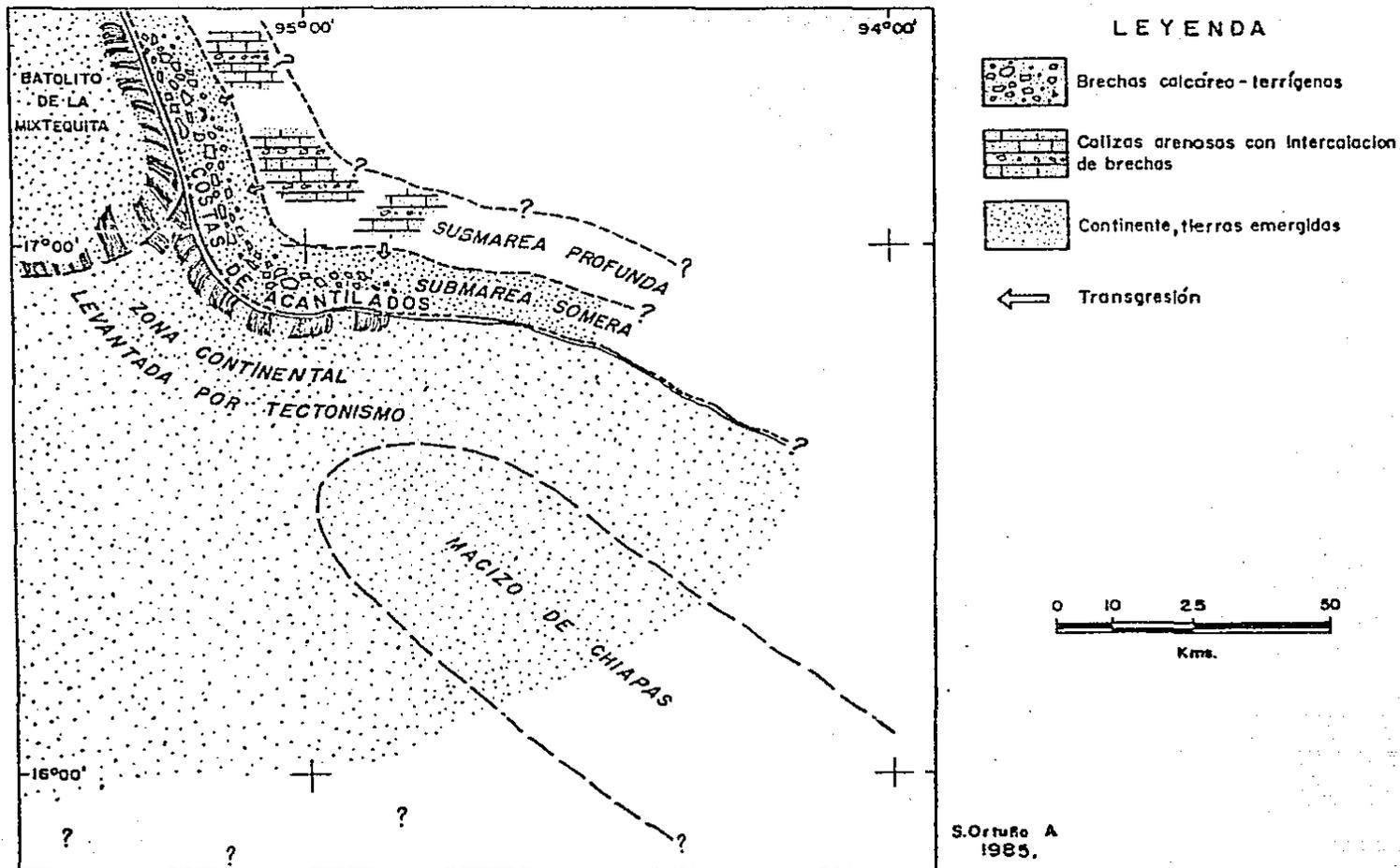


Figura 7: Ambientes de depósito de la Formación Potrerillo, durante el Jurásico Superior (Tithoniano Medio) - Cretácico Inferior (Berriasiano).

intermitentemente, brechas calcáreo-terrágenas. La sedimentación en este medio es, por lo tanto, calcáreo-terrágena - en ambiente de moderada y baja energía, y condiciones posiblemente, abajo de la superficie de acción de las olas, lo que probablemente permitió la conservación de la materia orgánica de origen continental y la estructura laminar de los depósitos.

Las facies sedimentarias representativas de estos depósitos son de intraespátitas arenosas con algunas capas de brechas calcáreo-terrágenas intercaladas; su contenido faunístico son radiolarios, algunos tintinnidos, espículas de esponjas, y fauna bentónica en general. Las estructuras sedimentarias presentes son laminación paralela, laminación "flaser", laminación convoluta, bioturbación y gradación.

Finalmente durante el Berriasiano, continúan las condiciones de submarea semiprofunda a somera, circulación abierta, aunque la energía es mayor, así como el aporte de terrígenos de procedencia continental. En este ambiente -- predominan los sedimentos terrígenos sobre los calcáreos.

Las facies correspondientes a este ambiente son de areniscas calcáreas dolomitizadas y brechas calcáreo-terrágenas y aunque presentan algunas estructuras con laminación paralela y gradación.

Con estos depósitos finaliza la sedimentación calcáreo-terrágena del Grupo Zacatera.

### e) Cretácico Inferior ( Valanginiano-Hauteriviano)

Para esta época la línea de costa experimentó pocas variaciones; sin embargo, la sedimentación cambió totalmente como resultado de la estabilidad tectónica del área,

disminuyendo el aporte de material terrígeno, por lo que se desarrolló una sedimentación exclusivamente calcárea (Fig. - 8).

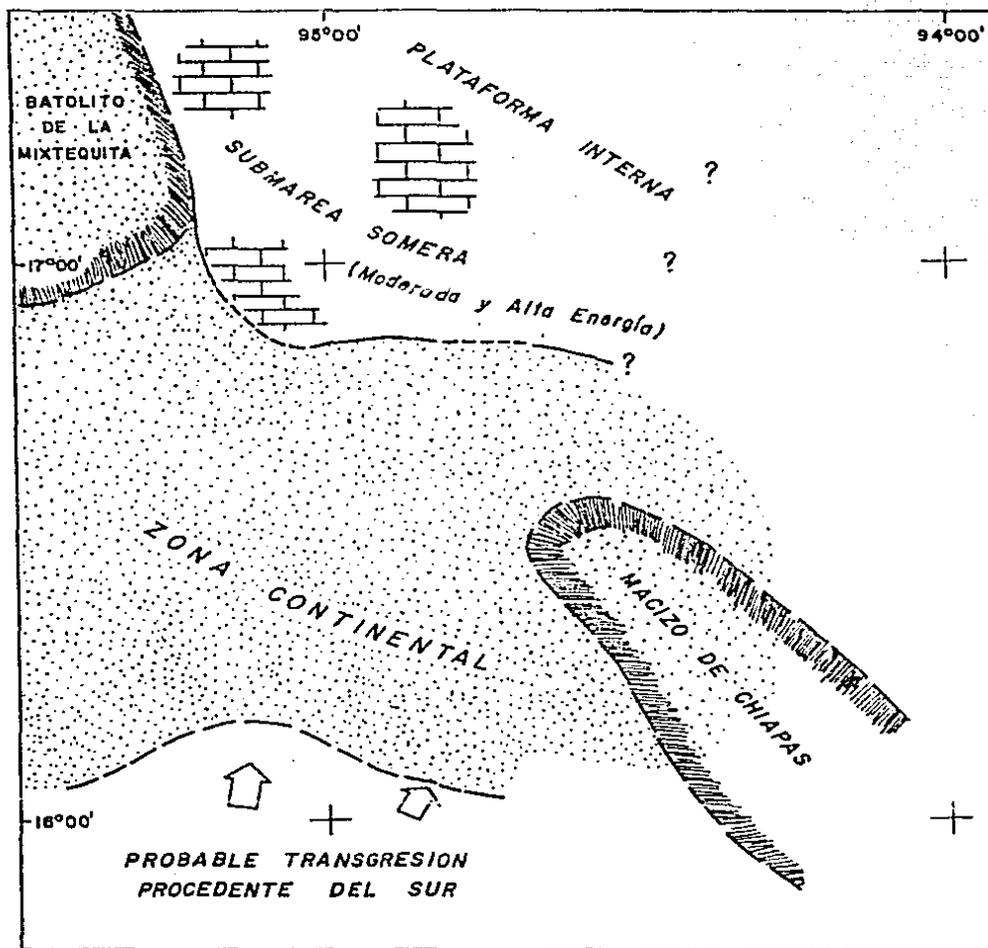
El ambiente de depósito de la Formación Paso de Buques estuvo caracterizado por ser una extensa plataforma de carbonatos en condiciones de submarea somera, de moderada y alta energía en zonas fóticas oxigenadas. El ambiente fue propicio para el desarrollo de algas, corales, pelecípodos, ostrácodos, gasterópodos, equinodermos, foraminíferos bentónicos, y otros organismos bentónicos.

Las facies sedimentarias son de bioespatitas e intraespatitas con laminación escasa y bioturbación, en capas medias y gruesas.

f) Cretácico Inferior (Aptiano Superior)-Cretácico - Medio (Albiano-Cenomaniano)

En el Aptiano Superior comenzó una transgresión generalizada procedente del Golfo de México, que avanzó con dirección al suroeste, bordeando el Batolito de la Mixtequita y cubriendo casi totalmente la porción nororiental del Macizo de Chiapas. Por tal motivo, durante el Aptiano Superior-Cenomaniano, se desarrollaron extensas plataformas con sedimentación calcárea, que dieron lugar a la secuencia del Grupo Sierra Madre (Fig. 9).

El ambiente de depósito de estas plataformas calcáreas corresponde a condiciones de submarea somera semirrestringida, con variaciones en el nivel de energía de baja a moderada, dependiendo de las irregularidades topográficas del fondo. Se desarrollaron en estas condiciones, organismos bentónicos como pelecípodos, equinodermos, foraminíferos



S. Ortúño A.  
1985.

Figura 8 - Ambientes de depósito de la Formación Paso de Buques, durante el Cretácico Inferior ( Valanginiano - Hauteriviano ).

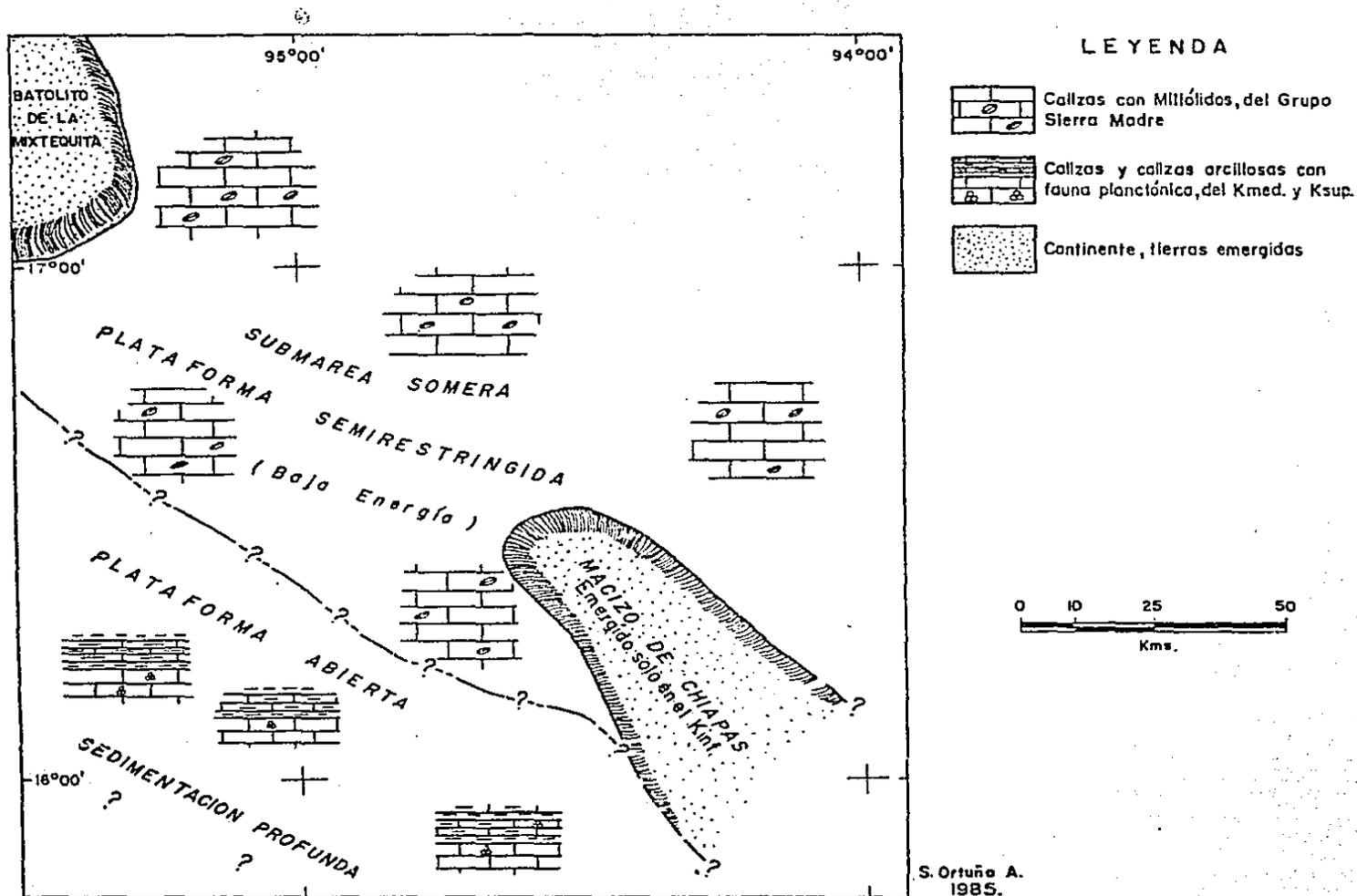


Figura 9.- Ambientes de depósito del Grupo Sierra Madre, durante el Cretácico Inferior (Aptiano Superior) - Cretácico Medio (Albiano - Cenomaniano).

y algunos aglomerados algóceos, probablemente en ambientes ligeramente hipersalinos, en relación a la salinidad marina normal.

Las facies representativas de estos depósitos son variables, desde pelmicritas y biomicritas hasta intramicritas o intraespatitas que se presentan intercaladas. Las estructuras sedimentarias en estas facies son: laminación paralela escasa y bioturbación abundante.

#### g) Cretácico Superior

Durante esta época, los ambientes evolucionaron a condiciones de submarea profunda, quizá como resultado de eventos de actividad tectónica. La sedimentación fue entonces eminentemente terrígena, constituida por arenas, limos y arcillas.

Probablemente el medio de depósito fue en condiciones de baja energía en zonas profundas o dominios de plataforma externa; estas facies corresponden a areniscas y lutitas en alternancia, las cuales no presentan estructuras sedimentarias u orgánicas debido al intenso metamorfismo cataclástico que las ha afectado.

#### B) Diagénesis

La diagénesis (del griego διά a través y δεινύω formación) es el conjunto de procesos químicos, físicos y biológicos que afectan un depósito sedimentario o sedimento y lo transforman progresivamente en roca sedimentaria. Este concepto se maneja en el presente trabajo desde el punto de vista de la escuela inglesa-americana.

En el área de estudio, la secuencia sedimentaria representada por las formaciones Mogoñé, El Porvenir, Potrerillo, Paso de Buques y el Grupo Sierra Madre, presenta diferentes estructuras diagenéticas. Estas estructuras aparecen en grado variable en las unidades formacionales, siendo las más importantes: calcita espática de neomorfismo (ya sea por inversión cristalográfica o por recristalización, Folk, 1965), cementación temprana, estilolitización, disolución, dolomitización tardía, dolomitización tectónica, cementación tardía, calcitización, desdolomitización, silicificación incipiente y diversos tipos de porosidad secundaria.

La calcita espática de neomorfismo existente, se considera derivada a partir de sedimentos de composición originalmente aragonítica y de calcita hipermagnesiada, puesto que los carbonatos primarios durante la sedimentación en medios marinos someros generalmente corresponden a esta mineralogía, Friedman, (1964); Milliman, (1966) (in: Flügel, 1982); Wilson, (1975); Milliman, (1979) y Folk (1974) (in: Flügel, 1982); y Flügel (1982). Esta calcita espática de inversión cristalográfica o de recristalización está conformada por cristales anhedrales generalmente mayores de 10 micras y localizados entre los aloquímicos y terrígenos. La secuencia que presenta mayor recristalización es la de la Formación Potrerillo en sus partes media y superior, y en menor proporción las secuencias de las formaciones Mogoñé, El Porvenir, Paso de Buques y Grupo Sierra Madre.

La cementación temprana que caracteriza algunas partes de la secuencia sedimentaria, se ha considerado que

aparece en una etapa de diagénesis temprana, Milliman (1974) y Folk (1974) (in: Flügel, 1982). El ambiente diagenético de esta cementación temprana probablemente corresponde al marino, cuando el sedimento aún está en la superficie del fondo o cerca de ésta. Este cemento temprano consiste de aragonita con cristales alargados de estructura fibrosa y granulares subhedrales de calcita hipermagnesiana mayores de 10 micras, que se encuentran rodeando algunos elementos aloquímicos. Las formaciones que presentan esta cementación temprana, en cantidad moderada a escasa son: Potreri- llo, Paso de Buques, El Porvenir y Grupo Sierra Madre.

Las estructuras estilolíticas tienen lugar en algunas partes de todas las formaciones de la secuencia sedimentaria marina. Según Park y Schot (1968), así como Stockdale (1922) y Bathurst (1975), estas estructuras pueden comenzar a formarse durante la diagénesis temprana, por procesos de presión-disolución. Para el caso de la secuencia estudiada, se considera que las estructuras estilolíticas tienen lugar durante la etapa de litificación inicial o diagénesis temprana; ya que estas estructuras afectan a los aloquímicos y a los cristales de cementación temprana solamente. Las estructuras estilolíticas se localizan especialmente en las rocas de las formaciones El Porvenir, Paso de Buques y Grupo Sierra Madre.

Contemporáneamente a los procesos de formación de estructuras estilolíticas, tuvieron lugar otros de disolución que ocasionaron algo de porosidad secundaria en aloquímicos, al quedar disueltas sus partes internas principalmente. Las rocas de las formaciones El Porvenir, Potreri- llo, Paso de Buques y Grupo Sierra Madre, presentan poca disolu-

ción temprana de aloquímicos, algunos de los cuales se encuentran parcialmente ocluidos por cemento calcítico tardío.

La dolomitización tardía<sup>(1)</sup> es otro rasgo diagenético encontrado en la secuencia sedimentaria y que tuvo lugar en etapas posteriores a la consolidación del sedimento. Las rocas de la secuencia corresponden a ambientes marinos de depósito, de submarea somera semirrestringida a submarea profunda, sin relación alguna con medios restringidos evaporíticos o similares; lo anterior es importante porque la dolomitización tardía de las unidades del área tiene relación con ambientes diagenéticos subterráneos<sup>(1)</sup> en el dominio de la zona de mezcla de agua freática meteórica y freática marina. El mecanismo de dolomitización parece ser como el -- propuesto por Land (1973), Hanshaw et al. (1971) y Badiozamani (1973). Es decir, cuando la secuencia sedimentaria de las diferentes unidades litoestratigráficas fue expuesta -- subaéreamente, el agua meteórica disolvió el carbonato de -- bajo contenido de magnesio, la cual se constituyó en agua -- freática de bajo contenido de magnesio, que se mezcló con -- agua marina saturada de magnesio, dando lugar a salmueras -- con alta relación Mg/Ca. Estas condiciones provocaron la -- dolomitización tardía de algunas partes de las formaciones Potrercillo, El Porvenir, Paso de Buques y Grupo Sierra Ma--

(1) En sentido estricto estas transformaciones ya no corresponden al sedimento, sino a la roca, es decir a la etapa de postlitificación y por tanto posteriores al -- desarrollo propio de la cuenca sedimentaria.

dre. En tanto que la Formación Mogoñé no presenta esta dolomitización, debido a que fue expuesta subaéreamente durante el Tithoniano-Berriasiano, pero totalmente alejada de la influencia marina, por lo que las interfaces de agua saturada respecto al Mg no tuvieron lugar.

Petrográficamente esta dolomitización tardía presenta cristales anhedrales y subhedrales de tamaños variables de 30 hasta 120 micras aproximadamente, y conformando mosaicos de dolomita inequigranular (porfiroide) o equigranular. La dolomitización es parcial en algunos niveles estratigráficos y total en otros, es decir, en micritas y espátitas dolomitizadas o mosaicos de dolomita en algunos casos.

La secuencia sedimentaria del área de estudio también estuvo sujeta a cementación tardía con calcita espática, es decir, posterior a la consolidación o compactación del sedimento, y a menudo relacionada con fracturas pre y postdeformationales. Esta cementación tardía consiste de cristales de calcita espática subhedral o anhedral de menos de 20 micras hasta más de 150 micras; estos cristales conforman mosaicos de calcita equigranular o inequigranular, cuya distribución depende de los espacios disponibles entre aloquímicos o en las fracturas. Esta cementación tardía se desarrolló posteriormente a la dolomitización tardía, desde el inicio del fracturamiento, hasta etapas post-deformationales o tectónicas, bajo la influencia de agua meteórica en la zona freática. La cementación tardía tiene lugar en cantidad escasa a moderada en las formaciones Mogoñé, El Porvenir, Paso de Buques y Grupo Sierra Madre; especialmente en este grupo tiene lugar, ya que es donde encontramos la ma--

yor deformación por tectonismo, sea deformación por compresión o por fallamiento de desplazamiento lateral.

Otro tipo de dolomita existente es aquella que se encuentra asociada a fracturas y estructuras de deformación y es el producto de un proceso de dolomitización por tectonismo. Esta dolomitización tiene lugar en la etapa de deformación máxima en el área, es decir durante el Terciario, y se encuentra relacionada con abundante fracturamiento y brechamiento de rocas calcáreas y dolomíticas preexistentes. Macroscópicamente, la roca se presenta como una brecha calcárea dolomitizada, de color gris claro, en tanto que, microscópicamente corresponde a agrupamientos de forma irregular de cristales de dolomita anhedral y subhedral de 30 a 120 micras de tamaño, inmersos a manera de fragmentos diseminados en un mosaico de cristales de dolomita subhedral y anhedral de 150 micras hasta más de 500 micras de tamaño; los cristales de esta dolomita presentan deformación e incluso efectos de cataclasis. Esta dolomita generada por tectonismo fue recristalizada a partir de la dolomita de diagénesis tardía, controlada y zonificada por la forma y disposición de las fracturas producto de la deformación tectónica. La dolomitización por tectonismo se presenta en la parte inferior de la secuencia del Grupo Sierra Madre, en el contacto con la Formación Todos Santos o en las cercanías de las fallas de desplazamiento lateral izquierdo que afectan a esta unidad litostratigráfica.

En forma muy esporádica se presenta también calcificación de dolomita, desdolomitización, proceso por el cual, el magnesio es removido y reemplazado por el calcio, sin cambiar el hábito cristalino de la dolomita y bajo la -

influencia de agua meteórica. Los productos de esta calcificación son formas rómbicas subhedrales de calcita con crecimientos centrifugos, localizados en las cercanías de fracturas selladas por cemento calcítico tardío. Estas estructuras diagenéticas tienen lugar en la parte inferior, dolomitizada de la secuencia del Grupo Sierra Madre, por lo que se establece cierta relación genética entre la dolomitización por tectonismo, la cementación tardía en fracturamiento tectónico y la desdolomitización; raramente este último proceso diagenético se presenta en las Formaciones Potreriño y Paso de Buques.

Finalmente, otra estructura diagenética presente, aunque muy ocasionalmente, es la silicificación. Esta tiene lugar en ciertas porciones de la parte inferior dolomitizada del Grupo Sierra Madre y raramente en la parte media de éste. La sílice se encuentra reemplazando algunos cristales de dolomita o bioclastos, y en disposición irregular. La silicificación ocurrió probablemente en etapas sintectónicas o posteriores.

La porosidad remanente, de la secuencia sedimentaria estudiada fue grandemente influenciada y determinada -- por la intensidad y duración de los procesos diagenéticos operantes en ella. Así, de esta manera, se identificó porosidad intergranular, intercrystalina (por contracción intercrystalina en dolomitización), mól dica, fenestral, de disolución y por fracturamiento. De estos tipos de porosidad, los más importantes son los de disolución y de carácter intergranular debidos a procesos de disolución durante diagénesis temprana o tardía.

La porosidad intergranular aproximada para la For

mación Todos Santos es menor del 10%; la porosidad de disolución para la Formación Mogotí es menor del 4%; para El -- Porvenir, menor del 5%; para Potrerillo, menor del 6%; para Paso de Buques y Grupo Sierra Madre, menor del 15%.

La configuración estructural del área de estudio está conformada por los rasgos estructurales de las rocas - del basamento ígneo y metamórfico del Paleozoico y los correspondientes a la secuencia sedimentaria mesozoica.

Las características estructurales del área de estudio se encuentran relacionadas con las de carácter regional, las cuales son descritas a continuación.

#### A) Marco Local

La Geología estructural del área estudiada presenta gran complicación, debido a la existencia de variados -- productos de fuerte deformación, tales como: lineación mineralógica metamórfica, abundantes diaclasas, pliegues asimétricos cerrados, fallas inversas, fallas de desplazamiento lateral izquierdo o sinistral, rocas con grados variables de cataclasis (vg. tonalitas, granodioritas, conglomerados, areniscas, entre otras), hasta rocas metamórficas cataclásticas y fallamiento normal (ver mapa geológico y secciones estructurales I a V).

Las rocas de la unidad denominada Paleozoico ígneo y Metamórfico, que afloran de 2 a 5 km al oriente de Palomares, Oax., presentan abundante lineación mineralógica - de disposición general NO-SE 45° y corresponden petrográficamente a tonalitas cataclásticas y protomilonitas.

Las principales estructuras, como pliegues y fallas, que se presentan en el área son variadas, éstas son: los pliegues asimétricos cerrados, así como deformación extrema en la secuencia de las formaciones Mogoñé y El Poryenir. La primera formación presenta pliegues asimétricos in

clinados horizontales, inclinados con importante buzamiento generalmente al este-sureste y recostados disarmónicos - con ejes alineados NO-SE 45° hasta una dirección este-oeste; este plegamiento llega a constituir una zona de pliegues y fallas inversas en su contacto con la Formación El Porvenir en las proximidades del Rancho La Zacatera. Por otro lado, la Formación El Porvenir presenta, en algunos sitios, plegamiento abierto con inclinaciones de bajo ángulo en sus flancos y en otros plegamiento asimétrico apretado, recostado - disarmónico o incluso caótico. También, las secuencias de las formaciones Potrerillo, Paso de Buques y Grupo Sierra Madre, se encuentran conformando bloques limitados por fallas de desplazamiento lateral izquierdo o sinistral de --- orientación general noroeste-sureste; finalmente, la inclinación de los estratos del Grupo Sierra Madre conforman una estructura homoclinal de echado suave y variable desde el - NO-45° al NE-45°.

Además, en el área de estudio se presenta un gran número de fallas de desplazamiento lateral sinistral y di-clasas, las cuales son las siguientes:

a) Sistema de fallas Palomares-Cuauhtémoc-Rfo Suchilapan

Este sistema comprende un conjunto de fallas semi paralelas de desplazamiento relativo entre ellas, el cual - es lateral sinistral y limitado al suroeste por la Falla La Zacatera, al norte por la Falla Cuauhtémoc. Este sistema - de fallas laterales constituye una franja cuya parte más an-gosta se localiza en las cercanías de Palomares, y se ex--- tiende hacia el sureste, cruzando el Rfo Suchilapan con una longitud aproximada de 40 km y hasta 6 km de ancho, entre -





el Rancho La Zacatera y el poblado de Cuauhtémoc, Oax. Este sistema de fallamiento constituye y limita los bloques de diferentes unidades, tanto de rocas ígneas y metamórficas (tonalitas cataclásticas y protomilonitas), como sedimentarias (formaciones Todos Santos, Mogoñé, El Porvenir, Potrerillo, Paso de Buques y Grupo Sierra Madre), mostrado en el plano geológico anexo. El desplazamiento lateral sinistral aproximado de este sistema, se estima del orden de 10 a 15 km, de acuerdo a la separación en bloques de algunas unidades litocronostratigráficas (vg. como los de la Formación Todos Santos), ver mapa geológico anexo. Los planos de falla tienden a ser verticales o con cierta inclinación al suroeste.

#### b) Falla San Carlos

Esta falla es de desplazamiento lateral-sinistral e inverso de trazo curvo, con una longitud de aproximadamente 15 km y se extiende desde la Rancharía El Portillo, hasta la Colonia 16 de Septiembre, en el margen izquierdo del Río Suchilapan. Entre las poblaciones 16 de Septiembre y San Carlos la falla presenta desplazamiento lateral de tipo sinistral inverso, mientras que hacia el suroeste aparentemente tiene desplazamiento lateral sinistral únicamente. Es difícil establecer con exactitud la medida del desplazamiento lateral; sin embargo, es posible, según la relación de esta falla con las del sistema de La Zacatera-Cuauhtémoc, considerar que sea mayor a 10 km. La falla de San Carlos establece el límite estructural entre la secuencia calcárea del Grupo Sierra Madre, la unidad nominada Cretácico Superior Metamórfico y el Complejo Ramos Millán, (ver mapa geo-

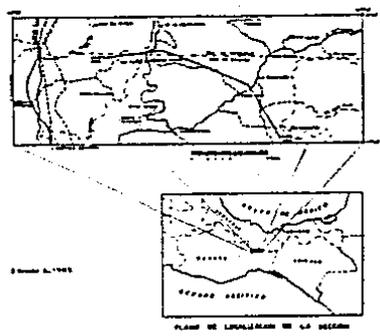
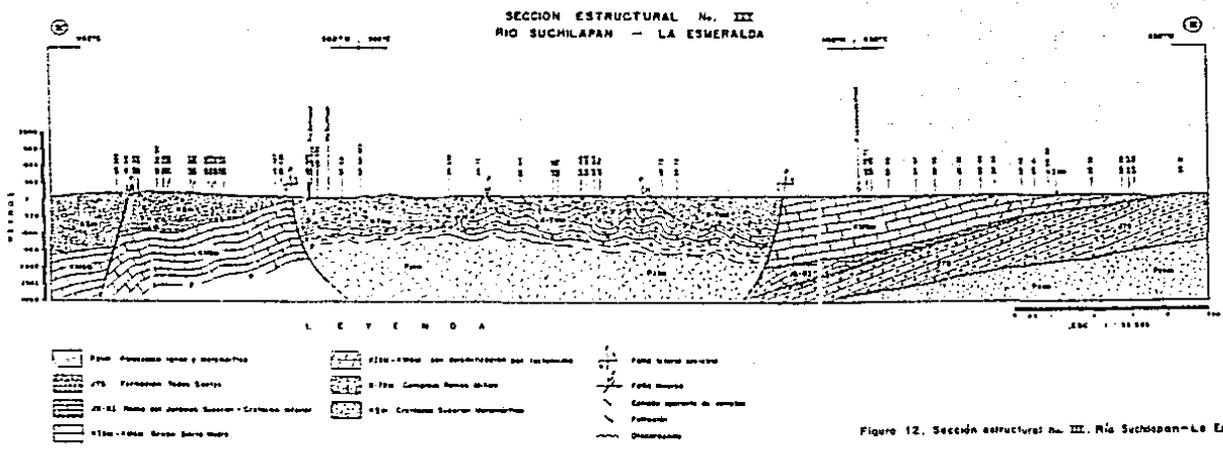
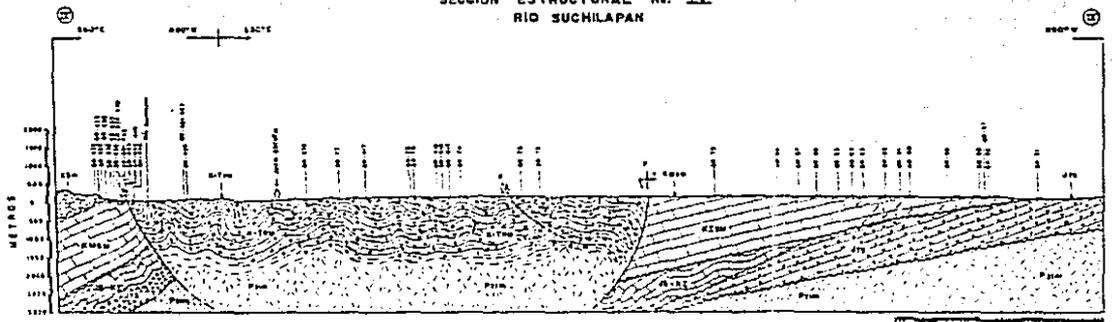


Figura 12. Sección estructural no. III. Río Suchilapan-La Esmeralda.

SECCION ESTRUCTURAL No. IX  
RIO SUCHILAPAN



LEYENDA

- |  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

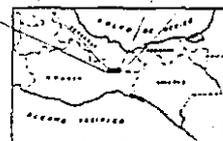


Figura 13. Sección estructural no. IX, Río Suchilapan

lógico y secciones estructurales III y IV). Estas dos últimas unidades presentan grados variables de metamorfismo cataclástico.

c) Falla La Esmeralda

Esta falla también es de desplazamiento lateral -- sinistral e inverso de trazo curvo, con dirección suroeste-noreste y con una longitud aproximada de 25 a 30 km. Su -- trazo comienza en el Rfo Suchilapan donde se une a la Falla Cuauhtémoc, y desde esta localidad se extiende hacia el noreste, hasta las cercanías de las poblaciones La Esmeralda, Saturnino Cedillo y 24 de Febrero.

Esta falla presenta desplazamiento lateral sinistral únicamente entre las poblaciones de Cuauhtémoc y La Esmeralda, mientras que el desplazamiento lateral sinistral e inverso (oblicuo sinistral) de la falla tiene lugar entre -- La Esmeralda y 24 de Febrero. El desplazamiento lateral -- promedio de la falla La Esmeralda se estima de acuerdo a -- los sistemas de fallamiento y deformación cataclástica cercanos, así como al desplazamiento de bloques de unidades litostratigráficas afectadas, en más de 15 ó 20 km aproximadamente. Esta falla es el límite estructural entre las rocas metamórficas cataclásticas del Complejo Ramos Millón y las rocas calcáreas del Grupo Sierra Madre (ver plano geológico, secciones estructurales III y IV) (Figs. 12 y 13).

d) Fallas inversas secundarias

Se presentan dos fallas inversas de menos de 3 km de longitud, una localizada en las proximidades de 16 de -- Septiembre y otra en las del Rancho El Corte, ambas dentro

de la unidad litoestratigráfica denominada Complejo Ramos Millán. Su disposición es subparalela a las fallas San Carlos y La Esmeralda. Esta disposición parece concordar con el hecho de que entre las fallas San Carlos y La Esmeralda, tuvo lugar la máxima comprensión que se relaciona con la conformación del Complejo Ramos Millán.

e) Fallas normales

Se identificó una falla normal de orientación norte-sur que afecta la unidad de esquistos miloníticos del Cretácico Superior Metamórfico; y otra de orientación noroeste-sureste de pequeña longitud que se presenta en las metamórficas cataclásticas del Complejo Ramos Millán.

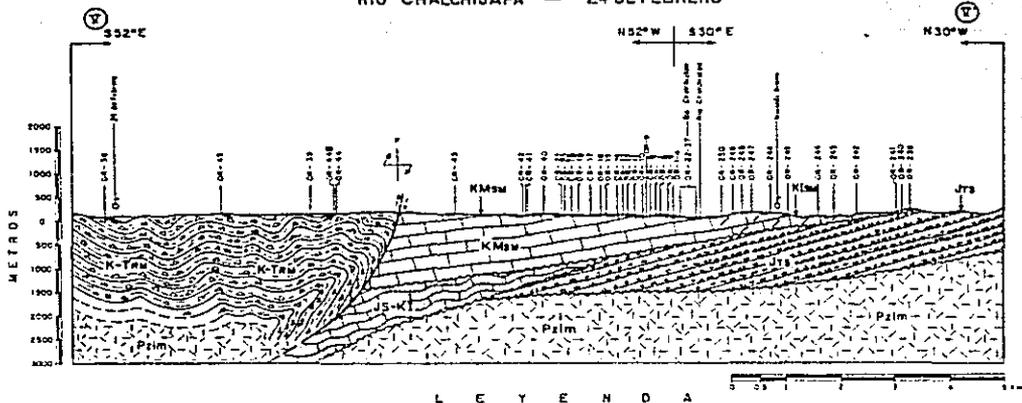
f) Diaclasas

Estas estructuras se presentan en gran parte del área y afectan principalmente las rocas metamórficas cataclásticas del Cretácico Superior Metamórfico y del Complejo Ramos Millán, aunque también ocurren en las rocas calcáreas del Grupo Sierra Madre y en las terrígenas de la Formación Todos Santos (ver mapa geológico).

La orientación general de estas diaclasas es suroeste-noreste, lo cual concuerda con la dirección de las fallas San Carlos y La Esmeralda. Esta concordancia seguramente se debe a que las diaclasas constituyen los trazos de posteriores fallas de desplazamiento lateral entre las fallas San Carlos y La Esmeralda, como resultado del mismo mecanismo de fallamiento.

Otra característica estructural importante es la presencia de una faja de dolomitización inducida o generada

SECCION ESTRUCTURAL No. V  
RIO CHALCHIJAPA — 24 DE FEBRERO



L E Y E N D A

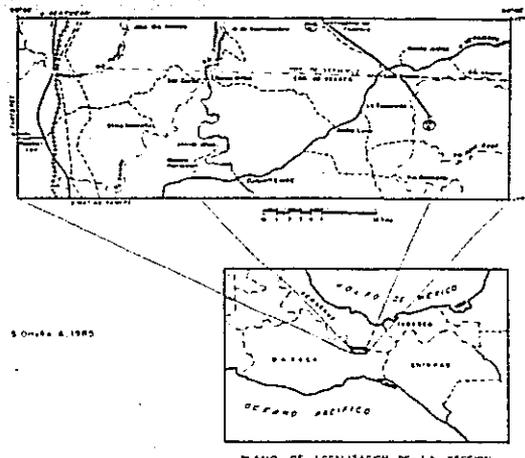
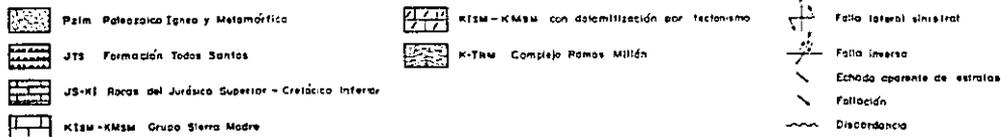


Figura 14. Sección estructural no. V, Río Chalhijapa - 24 de Febrero.

por tectonismo (deformación regional), la cual se encuentra desarrollada en la base de la secuencia del Grupo Sierra Madre y en contacto con las rocas terrígenas de la Formación Todos Santos, desde el Ejido de Paso Modelo hasta el Poblado No. 1, dentro del área de estudio. Esta faja tiene un ancho mínimo de 500 m en la parte sureste del área estudiada y aumenta hacia la porción noreste de la misma hasta más de 7 km. Las dolomías de esta faja presentan abundante fracturamiento y aspecto brechoso.

De acuerdo a los perfiles magnéticos del basamento del área estudiada presentados en las figuras 17 a 21, así como por los datos de campo, es notorio que la cubierta sedimentaria del Jurásico-Cretácico Inferior sobre el basamento Paleozóico Igneo y Metamórfico es de espesor muy delgado, -- por lo que este basamento aflora en algunos lugares en función de la relación estructural que guarda con las rocas sedimentarias. Además, es muy importante anotar que la deformación cataclástica y el fallamiento lateral afectan, tanto el basamento Igneo y metamórfico, como a la cubierta sedimentaria desde la Formación Todos Santos hasta el Cretácico Superior Metamórfico.

#### B) Marco Regional

La Geología Estructural de carácter regional presenta también complicaciones importantes. Tienen lugar varios sistemas de fallamiento, con fallas de desplazamiento lateral, fallas de desplazamiento inverso y de cabalgamiento; a estas estructuras se asocian productos de deformación como son cataclasis en rocas ígneas o secuencias sedimentarias, metamorfismo cataclástico y metamorfismo regional dinamo-

mico u orogénico.

Los sistemas de fallamiento presentes son:

a) Sistema de fallamiento Rfo Jaltepec-Matías Romero

Este comprende algunas fallas y lineamientos de -- fracturas orientados de noroeste a sureste, desde la margen derecha del Rfo Jaltepec hasta la porción sureste de Matías - Romero, Oax. En las cercanías de esta población se puede establecer que las fallas son de desplazamiento lateral izquierdo; la longitud de este sistema es de aproximadamente 70 km; el desplazamiento lateral de estas fallas probablemente es pequeño. El alineamiento y la orientación de estas fallas y lineamientos son paralelos o subparalelos con los del sistema de fallas Palomares-Cuauhtémoc-Rfo Suchilapan del área en estudio (Fig. 15). Este sistema de fallamiento afecta a las rocas ígneas del Batolito de la Mixtequita, y a las secuencias sedimentarias de las formaciones Todos Santos, Mogón y El Porvenir.

b) Sistema de fallamiento del extremo noroeste del Macizo de Chiapas

Este sistema se encuentra formado por fallas de -- desplazamiento lateral izquierdo, cuya orientación es SO-NE 60° y longitudes de 50 km aproximadamente. Tiene dos grupos principales de fallas; uno de estos es el occidental y limita o se entrelaza de forma subparalela al sistema de fallas laterales Palomares-Cuauhtémoc-Rfo Suchilapan, y por otro lado, estas fallas son también subparalelas con la falla La Esmeralda. Es otro grupo al oriente y paralelo al primero, parece tener continuidad con el sistema Rfo Jaltepec-Matías Romero en su parte sur, y al noroeste limita con las rocas cal-

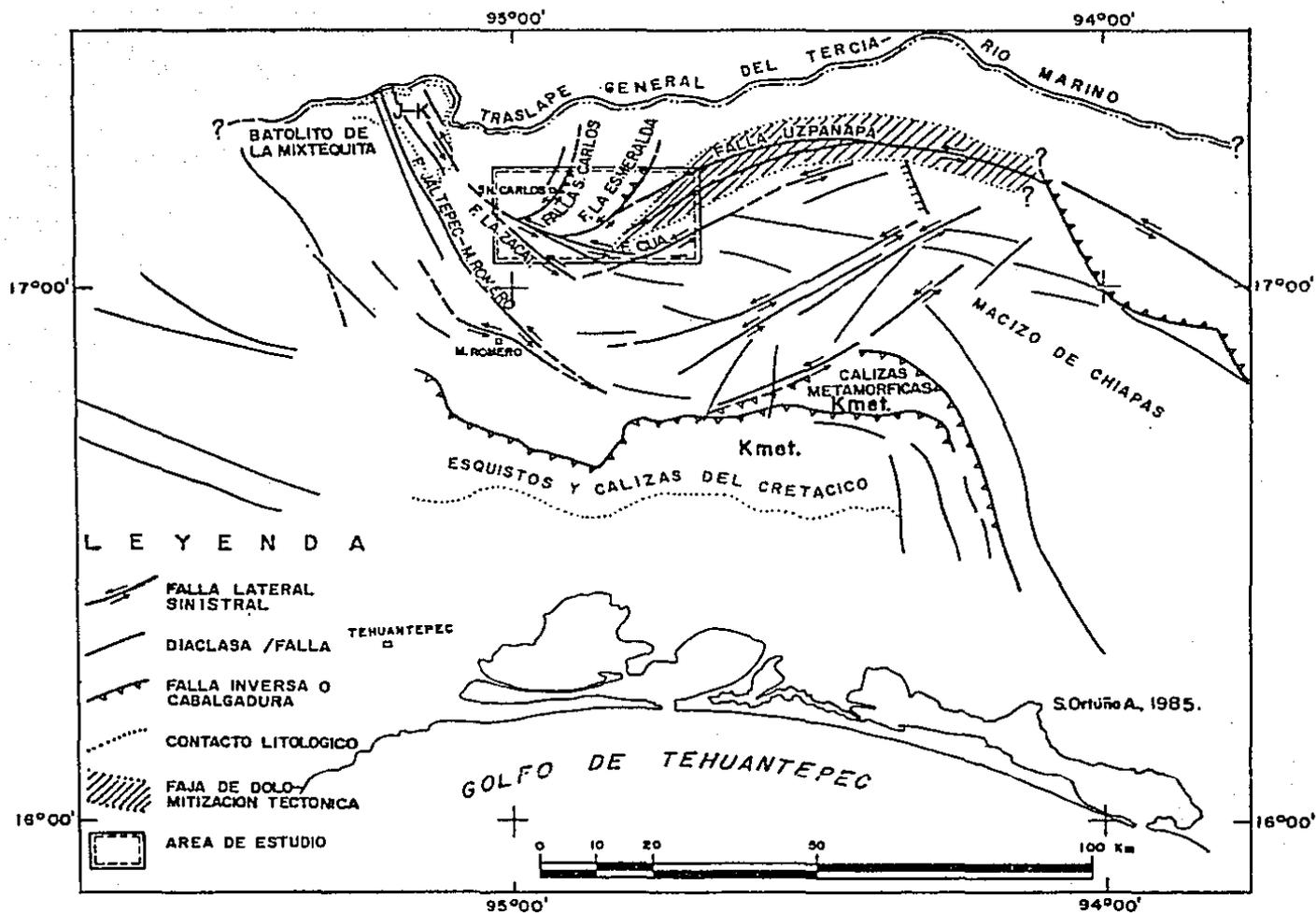


Figura 15.-Geología Estructural regional, en relación al área de estudio.

cáreas del Grupo Sierra Madre.

Un grupo de diaclasas y fallas de orientación general este-oeste se encuentra entre los dos mencionados anteriormente, con lo que se conforma un sistema rómbico, y en cuyos lados alineados SO-NE se localizan las direcciones principales de movimiento lateral. Según los datos obtenidos como son el desplazamiento de bloques del basamento hacia el noreste, en relación a sus contrapartes del área La Zacatora, la deformación y estructura que presenta la secuencia del Grupo Sierra Madre al norte del sistema de bloques rómbicos y el cabalgamiento máximo de la unidad denominada Kmet en la parte sur (Fig. 16), entre otros, se estima que este desplazamiento lateral izquierdo es cercano a los 40 km hacia el noreste. Lo anterior también se puede apreciar en el esquema de evolución tectónica de la figura 22.

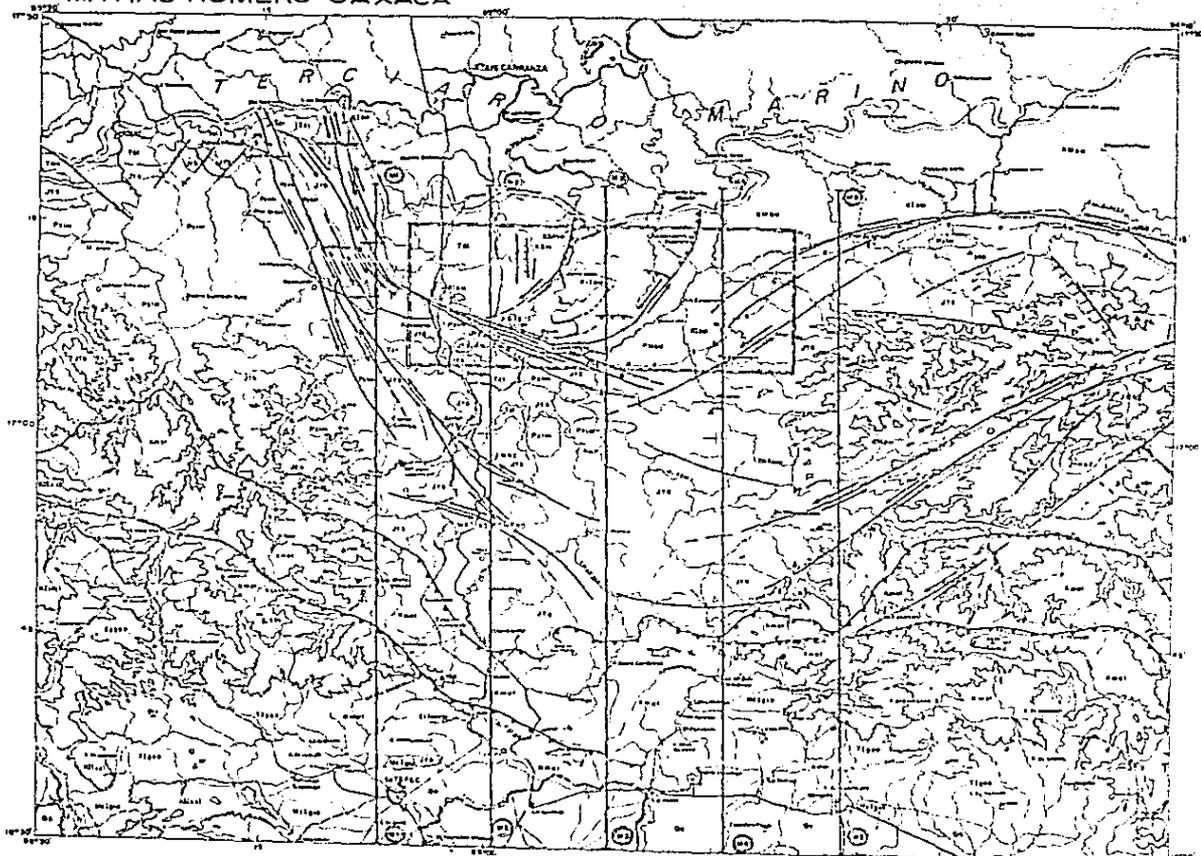
El sistema de fallamiento en mención, está limitado al norte por una falla frontal de desplazamiento lateral izquierdo, quizá con una componente inversa que se ha denominado en este trabajo: Falla Uzpanapa (Figs 15 y 16).

Todo este sistema afecta el basamento Paleozoico y Metamórfico, así como a las rocas terrígenas de la Formación Todos Santos y algunas del Jurásico Superior que lo cubren; por lo que se presenta lineaciones mineralógicas, brechas de falla y hasta metamorfismo cataclástico en grado variable.

### c) Sistema de fallas inversas de cabalgamiento

Este sistema está constituido por fallas de tipo inverso alineadas en forma general este-oeste y cuya convexidad es hacia el norte. Las fallas inversas de cabalgamiento tienen una longitud de 50 a 100 km. La falla inversa locali

# MATIAS ROMERO-OAXACA



## LEYENDA

DE CUATERNARIO ALUVIDO		TEC	TENDIANG CONTINENTAL
Tm	TENDIANG CONTINENTAL	TE	TENDIANG
TmE	TENDIANG CONTINENTAL	TE	TENDIANG
TmE	TENDIANG CONTINENTAL	TE	TENDIANG
CM	CUATERNARIO ALUVIDO	CM	CUATERNARIO ALUVIDO
CM	CUATERNARIO ALUVIDO	CM	CUATERNARIO ALUVIDO
CM	CUATERNARIO ALUVIDO	CM	CUATERNARIO ALUVIDO
CM	CUATERNARIO ALUVIDO	CM	CUATERNARIO ALUVIDO
CM	CUATERNARIO ALUVIDO	CM	CUATERNARIO ALUVIDO
CM	CUATERNARIO ALUVIDO	CM	CUATERNARIO ALUVIDO

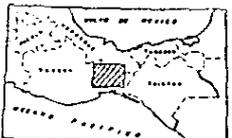


## FUENTES

Escuela Nacional de Ingenieros, 1955.  
 Geología Regional, Oaxaca, 1955.  
 Geología Regional, Oaxaca, 1955.  
 Geología Regional, Oaxaca, 1955.  
 Geología Regional, Oaxaca, 1955.

## S. Ochoa A. 1955.

## DIAGRAMA DE SITUACION



El área de estudio se encuentra en el estado de Oaxaca, México, en la zona central del territorio nacional.

FIGURA 1A- CARTA GEOLOGICA REGIONAL Y LOCALIZACION DE PERFILES MAGNETOMETRICOS.



### SÍMBOLOS TOPOGRAFICOS

Cumbre	Forma	Carretera	Canal
Carretera	Carretera	Carretera	Carretera
Carretera	Carretera	Carretera	Carretera
Carretera	Carretera	Carretera	Carretera
Carretera	Carretera	Carretera	Carretera

### SÍMBOLOS GEOLOGICOS

Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica
Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica
Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica
Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica
Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica	Formación geológica

zada en la porción más septentrional constituye el límite estructural entre el basamento Paleozoico Igneo Metamórfico, - la secuencia de la Formación Todos Santos y la secuencia metamórfica de esquistos de biotita, esquistos de muscovita, - biotita andalucita (de las facies esquistos verdes, clases pelítica y cuarzofeldespáticas), y calizas recristalizadas - de plataforma abierta, del Cretácico Medio-Cretácico Superior; la secuencia metamórfica constituye un alóctono que cabalga, en esta parte al Macizo de Chiapas. Es probable que el desplazamiento de este alóctono sea hasta de 30 km (Figs. 15 y 16), según el marco estructural anotado anteriormente.

La característica estructural que también se manifiesta regionalmente es la faja de dolomitización por tectonismo, mencionada anteriormente, que coincide y se alinea paralelamente con la falla frontal denominada: Falla Uzpanapa. El ancho de esta faja de dolomitización varía de 5 a 8 km -- aproximadamente, y representa la zona de compresión y avance máximo de la deformación que afecta a esta porción del Macizo de Chiapas (Fig. 15).

En base a los perfiles magnetométricos del basamento se pudo definir la configuración o geometría de éste a nivel regional e incluso la geometría y disposición de su cubierta (Figs: 17 a 21). Se puede, por lo tanto, distinguir desde el punto de vista estructural lo siguiente:

1. El basamento Paleozoico Igneo y Metamórfico.
2. La cubierta sedimentaria del Jurásico-Cretácico.
3. Las rocas metamórficas cataclásticas que cubren o forman parte del basamento y que se denominaron -- Complejo Ramos Millán.
4. Las rocas metamórficas dinamotérmicas (metamorfis-

mo regional) del Cretácico Medio y Superior que cabalgan sobre el basamento paleozoico (Kmet).

La configuración estructural regional se aprecia - en los perfiles regionales magnetométricos de las figuras 17 a 21.

A manera de conclusión general en relación a la -- concordancia entre la Geología Estructural local y regional, se pueden establecer los siguiente criterios:

1. El sistema de fallamiento lateral Palomares-Cuauhtémoc-Rfo Suchilapan se entrelaza o continúa con - el sistema de fallamiento del extremo noroeste del Macizo de Chiapas.
2. El sistema Palomares-Cuauhtémoc-Rfo Suchilapan es paralelo al sistema Rfo Jaltepec-Matías Romero.
3. El plegamiento de las secuencias de las formacio-- nes Hogoñé, El Porvenir y Potrerillo parece ser anterior al sistema de fallamiento lateral Palomareses Cuauhtémoc-Rfo Suchilapan.
4. Las fallas inversas de cabalgamiento de la secuen-- cia metamórfica del Cretácico (esquistos Kmet), indican que ésta avanzó hacia el norte, sobre el ba-- samento.
5. El sistema de fallamiento del extremo noroeste del Macizo de Chiapas presenta avances diferenciales - hacia el norte-noreste, lo cual coincide con el -- avance del alóctono metamórfico sobre el basamento paleozoico.
6. La faja de dolomitización por deformación tectóni-- ca bordea el frente norte del Macizo de Chiapas en su extremo noroeste y coincide con el trazo de la





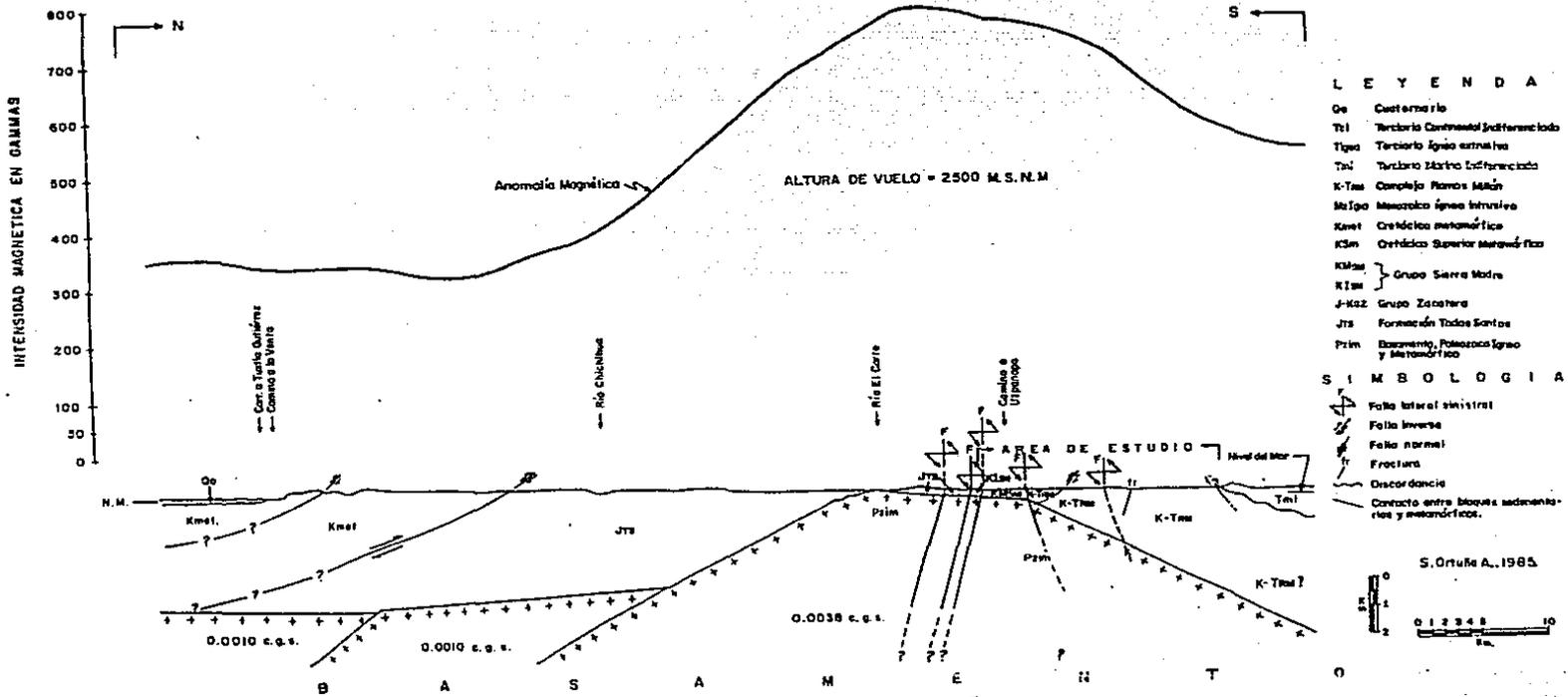


FIG. 19.- PERFIL MAGNETICO, MODELO M3

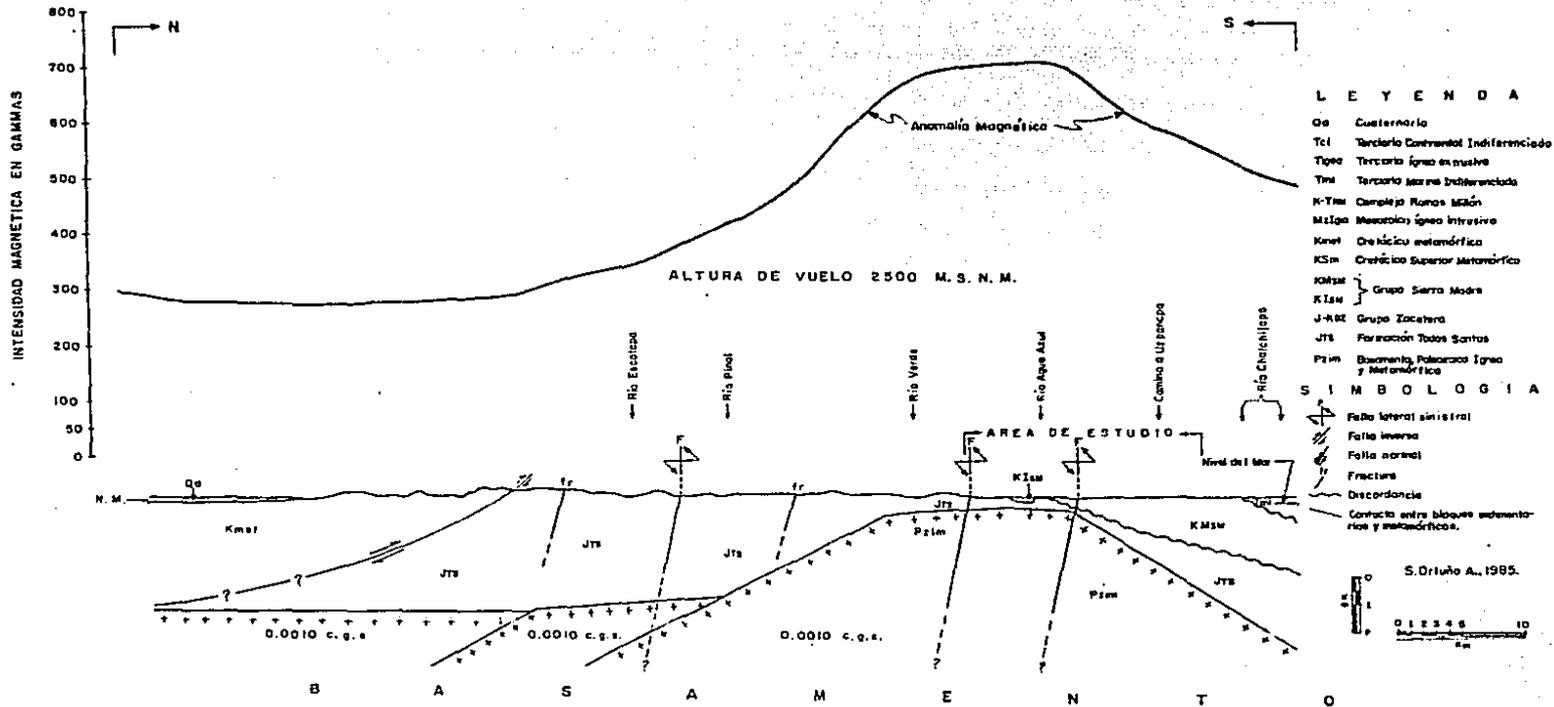


FIG. 20.- PERFIL MAGNETICO, MODELO M4

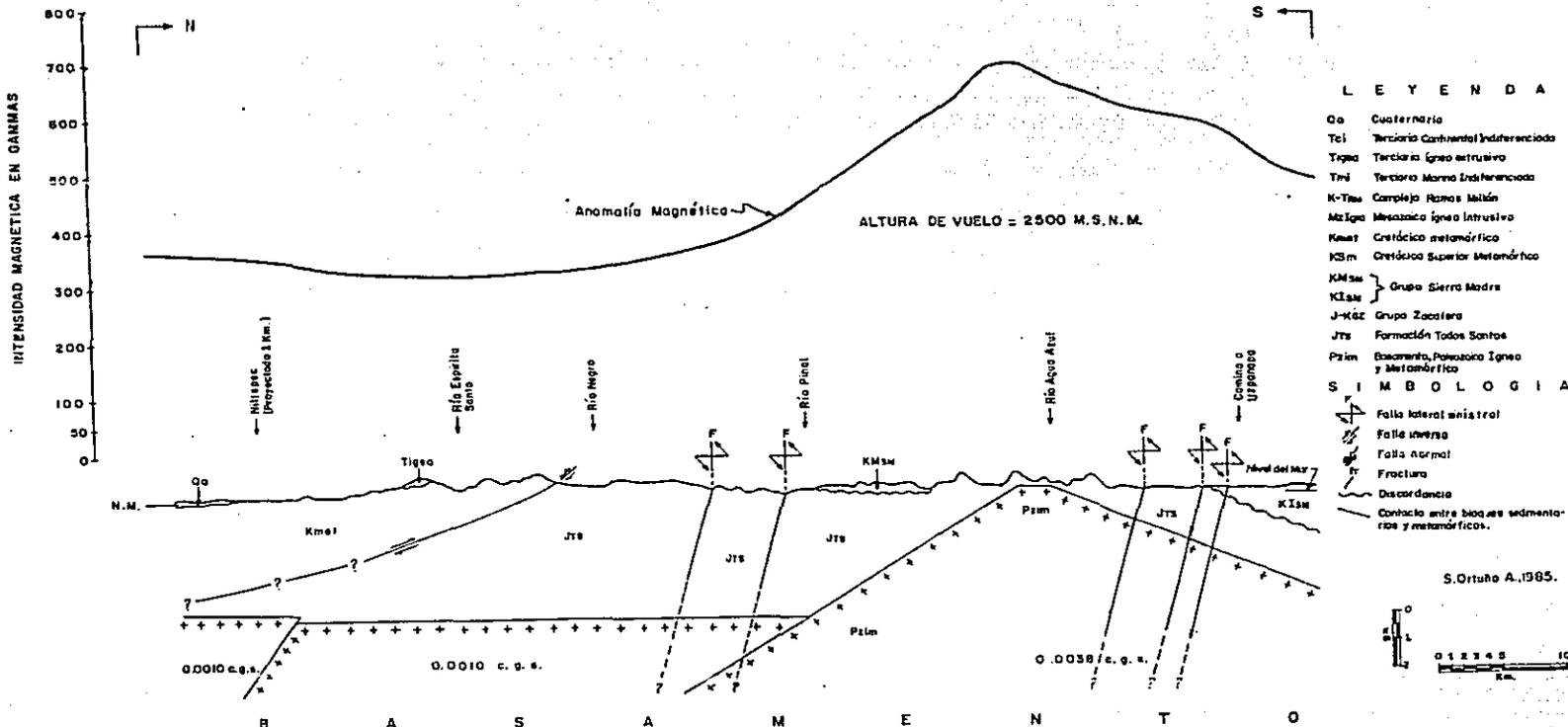


FIG. 21.- PERFIL MAGNÉTICO, MODELO M5

Falla Uzpanapa, lo que representa la faja de compresión mayor producto de la deformación del basamento.

7. Las características estructurales descritas afectan, tanto al basamento paleozoico, como a su cubierta sedimentaria, es decir, la deformación tectónica fue generalizada incluso a nivel de este basamento.

El marco estructural local del área de estudio, y el regional se encuentran caracterizados por varios sistemas de fallas de desplazamiento lateral izquierdo o sinistral, - sinistral-inverso, así como inverso con estructuras de cabalgamiento, tal como se muestra en el mapa geológico y en la - fig. 15. A partir de este marco estructural se realizó la - reconstrucción retrospectiva del área, a fin de conocer la - evolución tectónica y la situación paleogeográfica real de - la misma. De esta manera se estableció la distribución y topografía aproximadas del basamento paleozoico en condiciones pre-deformacionales, es decir, antes del Triásico Superior--Jurásico, cuando comienza a depositarse la secuencia terrígena de la Formación Todos Santos (La evolución estructural---tectónica se muestra en la figura 22).

Las rocas más antiguas en el área estudiada son -- las de la unidad denominada Paleozoico Igneo y Metamórfico, las cuales constituyen el basamento. Como ya se anotó anteriormente, las edades radiométricas de este basamento son -- desde el Carbonífero al Pérmico e incluso Triásico, mientras que en el resto del Macizo de Chiapas se han reportado edades incluso del Precámbrico, Paleozoico Medio y Superior, Mesozoico (Triásico-Jurásico) y Cenozoico (Terciario). Por -- otro lado la unidad granítica-granodiorítica llamada Batolito de la Mixtequita que constituye la prolongación noroeste del Macizo de Chiapas, según datos radiométricos tiene edades del Pérmico Tardío al Cretácico Tardío, según Ruiz ---- (1978). Lo anterior significa que el Macizo de Chiapas y el Batolito de la Mixtequita son el producto de varios eventos tectónico-magmáticos de diferentes periodos, pero principal-

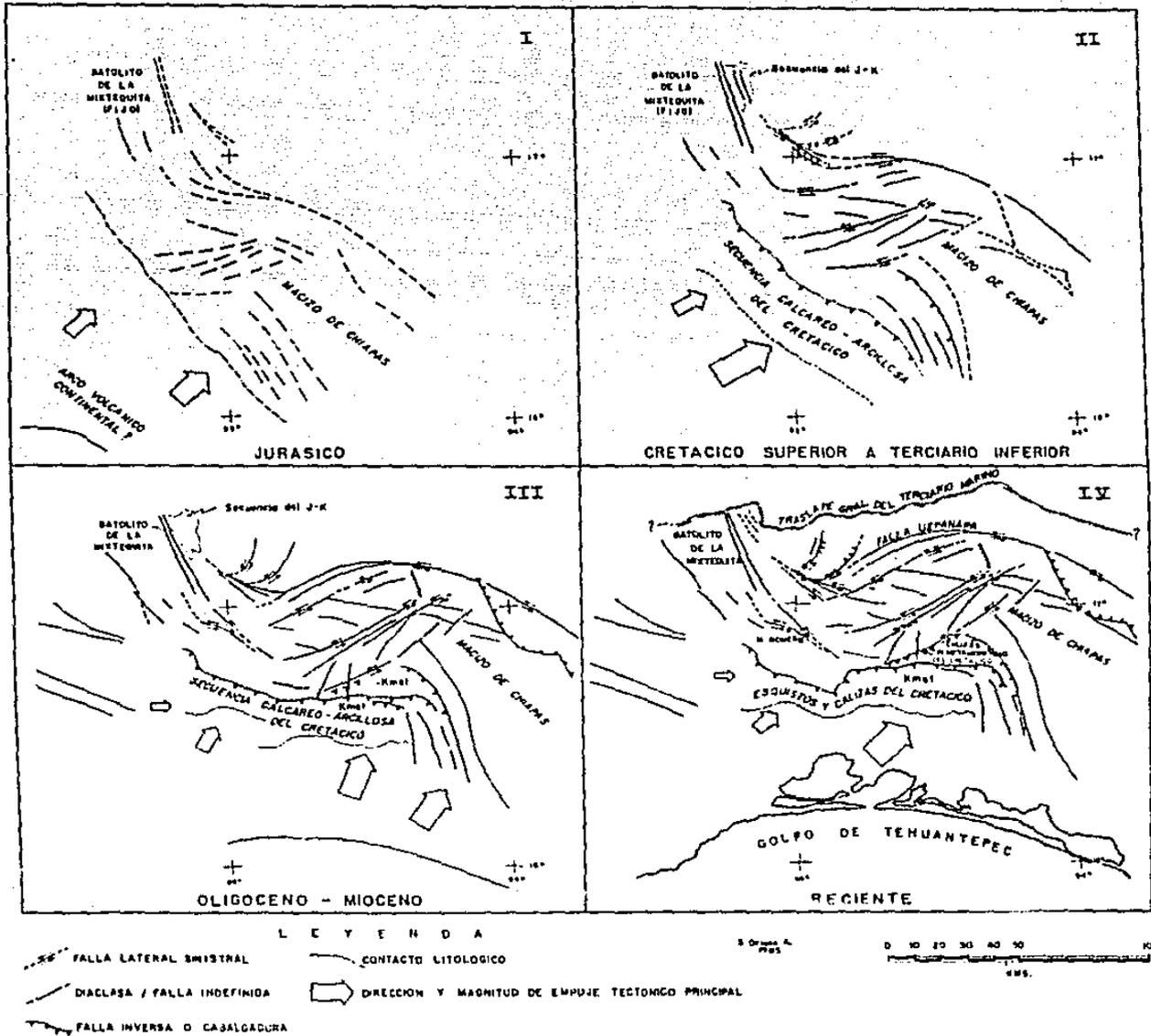


Figura 22 = Evolución tectónica regional desde el Jurásico al Reciente.

mente del Pérmico.

Durante el Pérmico Tardío-Triásico, el Batolito de la Mixtequita y el Macizo de Chiapas constituyeron paleoelementos emergidos que desde entonces y hasta el Cretácico Tardío, por lo menos, condicionaron y controlaron el depósito y ambientes sedimentarios de las unidades litoestratigráficas del área (Fig. 23).

En el Triásico Tardío comienza el depósito de los terrígenos de la Formación Todos Santos, en forma de abanicos aluviales y llanuras de inundación alrededor de las partes más altas de los paleoelementos Batolito de la Mixtequita y Macizo de Chiapas. La distribución y disposición de estos abanicos sugieren la existencia además, de fuentes de sedimentos en otro paleoelemento localizado al suroeste del Macizo de Chiapas, como se muestra en la figura 23. Las fuentes de sedimentos son principalmente las rocas graníticas y granodioríticas del basamento y, en menor proporción, rocas metamórficas y terrígenas preexistentes, que constituyen la unidad denominada Paleozoico Igneo y Metamórfico.

Aproximadamente durante el Jurásico Temprano y Medio la secuencia terrígena recibe gran aporte de derrames y clásticos volcánicos andesíticos que se interestratifican con el resto del material.

Las características de depósito para esta época sugieren la existencia de cierta actividad tectónica, manifestada como levantamiento continental por efectos de convergencia de placas, así como por la existencia de un arco volcánico continental, posiblemente localizados hacia el sur y suroeste del Macizo de Chiapas; la línea de convergencia de placas posiblemente estaba orientada de NO a SE y su génesis puede ser sincrónica con el inicio de apertura del Golfo de

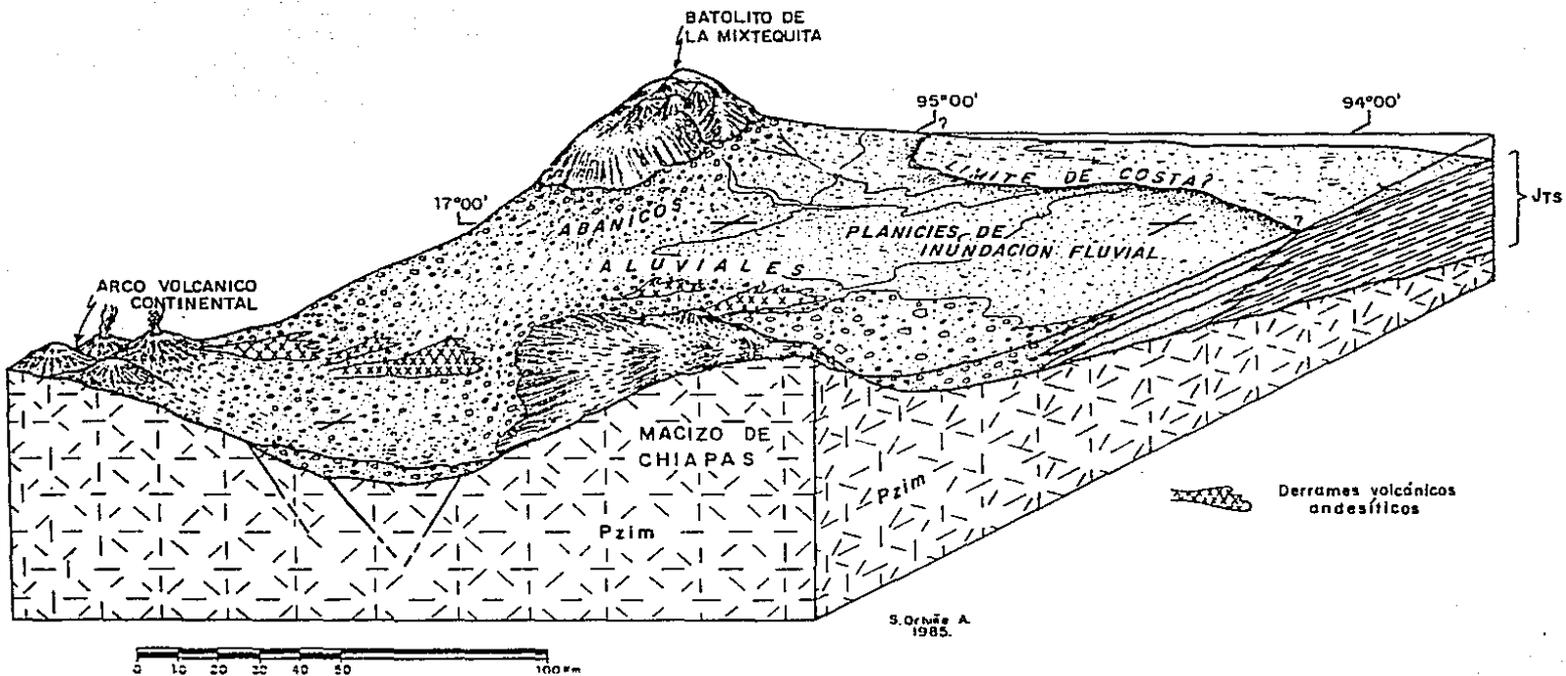


Figura 23. Bloque diagramático que muestra las condiciones de depósito de la Formación Todos Santos durante el Jurásico Inferior y Medio.

México que Conay (1983) y otros autores han propuesto para el Jurásico Medio.

Para el Jurásico Medio, el área intermedia entre las partes más elevadas del Batolito de la Mixtequita y el Macizo de Chiapas, es invadida por aguas marinas procedentes del proto-Golfo de México, donde se constituyen ambientes eg mirrestringidos con depósito de carbonatos y terrígenos correspondientes a la Formación Mogoñé (Fig. 24). El aporte de terrígenos de esta unidad procedió de los paleocósmos, así como de la secuencia terrígena de la Formación Todos Santos.

En el inicio del Jurásico Tardío ocurre una regresión parcial por levantamiento de la provincia, provocando que la secuencia de la Formación Mogoñé sea expuesta y comienza a ser erosionada. Sincrónicamente hacia el noreste ocurre el depósito de la secuencia calcárea con terrígenos conglomeráticos de la Formación El Porvenir en ambientes de submarea somera. Es posible que entonces la actividad tectónica haya comenzado a intensificarse aportando materiales terrígenos de tamaños gruesos y sin clasificación, los cuales procedían principalmente de los paleocósmos del área (Fig. 25).

Hacia el final del Jurásico Tardío hubo cambios bruscos en la sedimentación debido a actividad tectónica de mayor intensidad, manifestada intermitentemente por medio de levantamientos de la corteza por compresión en el límite convergente situado al sur. En estas condiciones tiene lugar, en ambientes de submarea muy somera a profunda con grandes gradientes hipsográficos, es decir pendientes abruptas, entre continentes y fondo marino, el depósito de las brechas

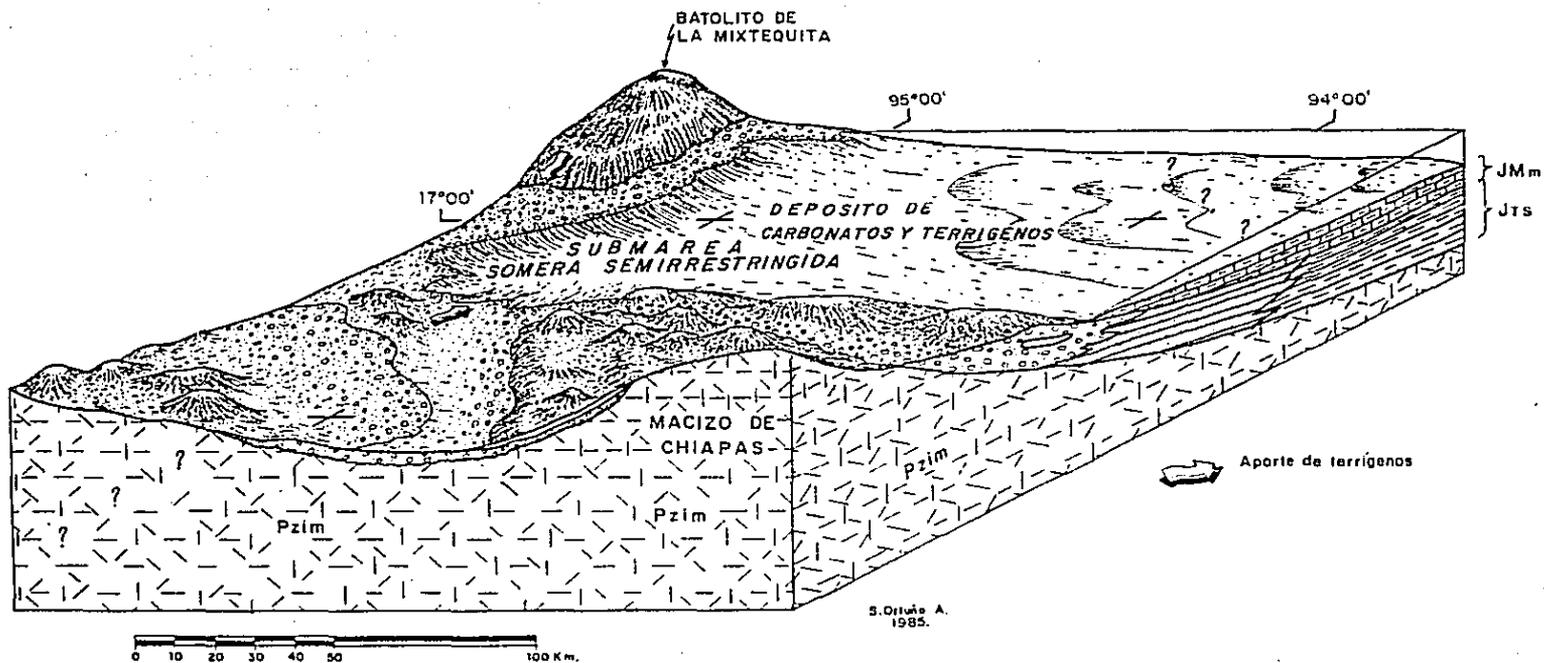


Figura 24. Bloque diagramático que muestra las condiciones tectónica-sedimentarias del depósito de la Formación Mogoñé durante el Jurásico Medio (Calloviano Superior)-Jurásico Superior (Oxfordiano).

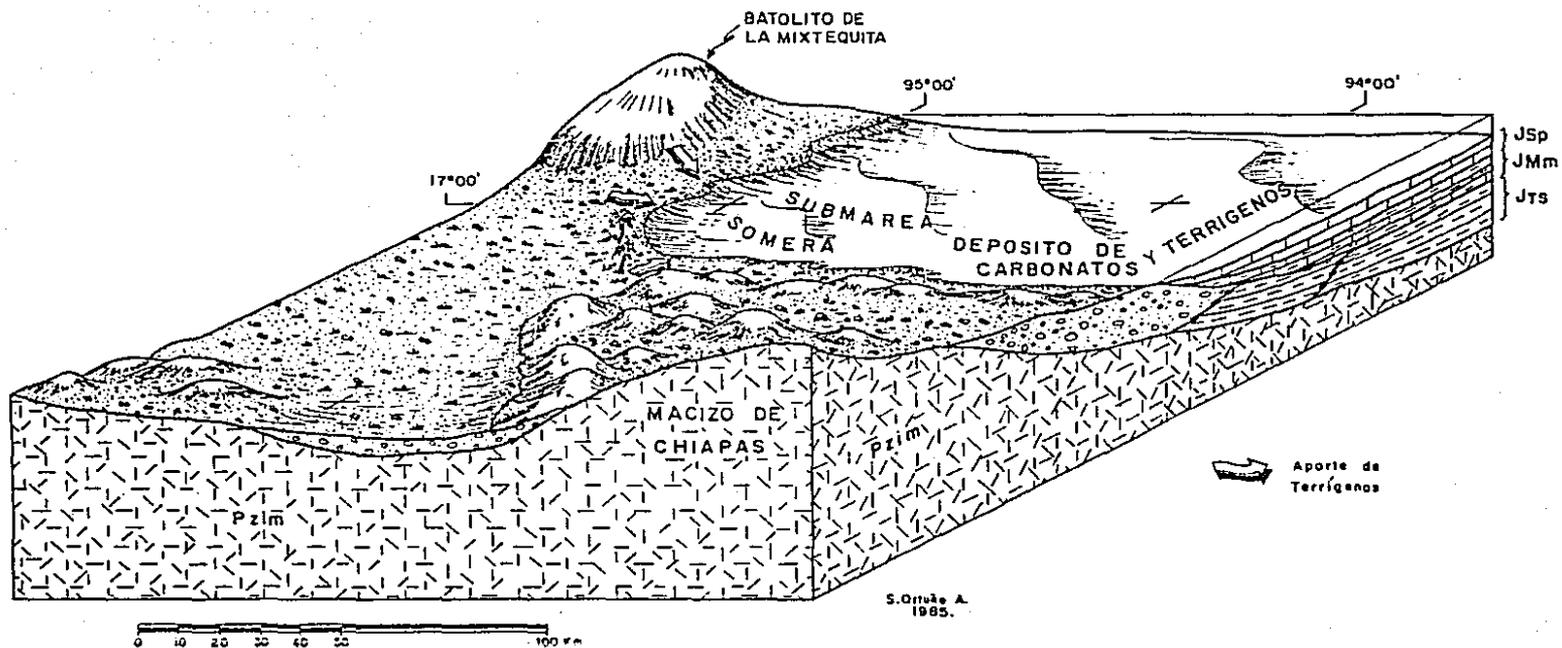


Figura 25. Bloque diagramático mostrando las condiciones tectónico-sedimentarias de depósito de la Formación El Porvenir durante el Jurásico Superior (Kimmeridgiano – Tithoniano).

calcáreo-terrfgenas, calizas laminares arenosas y areniscas calcáreo terrfgenas de las tres partes integrantes de la Formación Potrerillo. Los aportes de brechas y arenas calcáreas procedían de las calizas de la Formación Mogoñé principalmente, aunque en menor proporción también de la Formación El Porvenir, las cuales se encontraban expuestas y sujetas a erosión. Los terrfgenos en cambio, procedían del Batolito de la Mixtequita y del Macizo de Chiapas, éstos aportaban incluso bloques de más de un metro de diámetro (Fig. 26).

La actividad tectónica manifestada como levantamientos por compresión se intensificó hacia el Berriasiano y aún después, lo que provocó una regresión total y consecuente emersión de las unidades sedimentarias previamente depositadas. La intensificación de esta actividad tectónica se caracterizó por la elevación de los paleoelementos así como por la deformación inicial de su basamento a causa del empuje -- que empezó a experimentar el Macizo de Chiapas hacia el norte-noroste; como se muestra en las figuras 22 y 26. Este empuje hacia el noreste provocó el plegamiento de la secuencia predepositada, y la compresión y consecuente deformación inicial del basamento granfítico-granodiorfítico conjuntamente -- con su cubierta sedimentaria, el cual conformaría posteriormente el Complejo Ramos Millán. Seguramente por efecto de esta actividad tectónica se empezaron a delinear y a operar los sistemas de fallamiento lateral sinistral del Macizo de Chiapas en esta región del Istmo (Fig. 22).

Posteriormente, durante el Valanginiense-lluateriense, ocurrió una transgresión parcial que avanzó de noreste a suroeste hasta el borde oriental y sur del Batolito de la Mixtequita y comenzó, sobre el basamento y cubierta sedi-

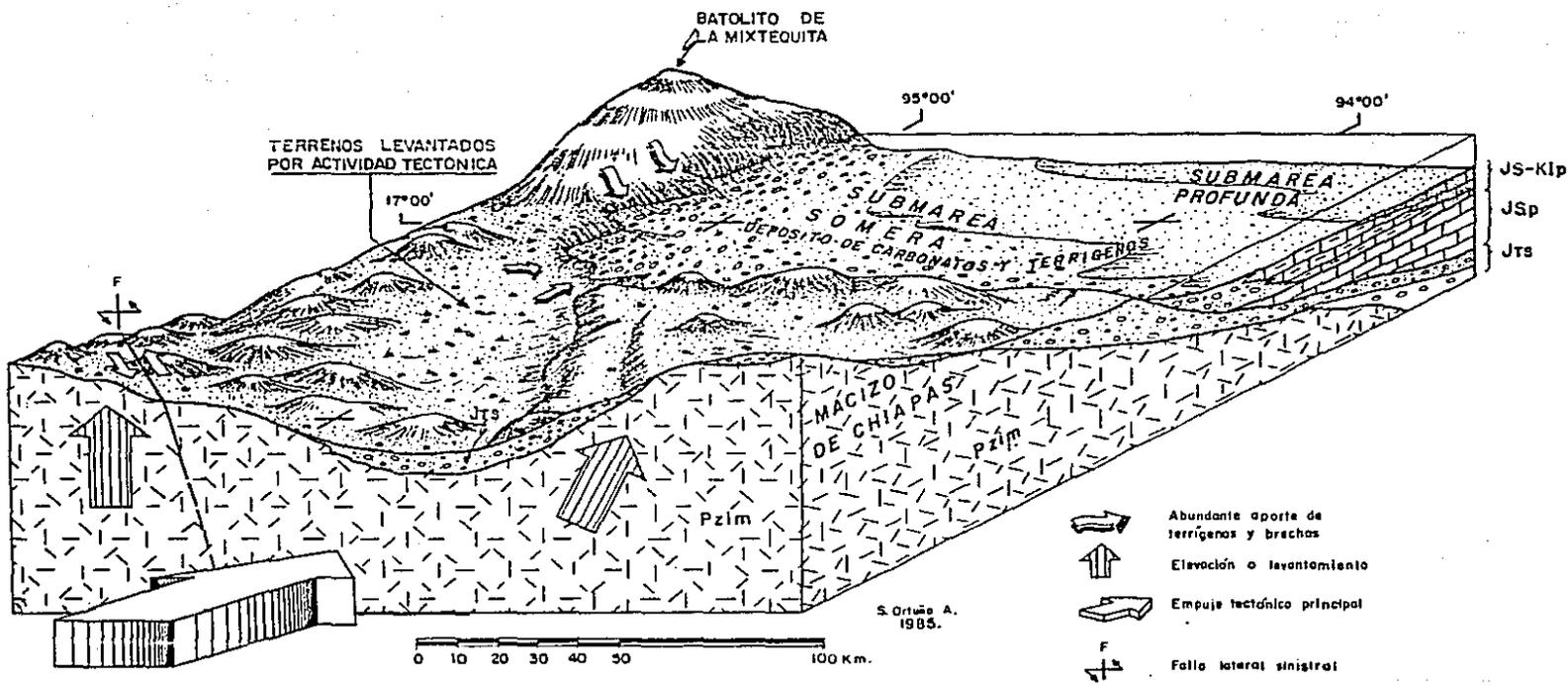


Figura 26. Bloque diagramático de condiciones tectónicas y de sedimentación de la Formación Potrerillo, durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior ( Berrisiano ).

mentaria deformados, el depósito de la secuencia carbonatada de la Formación Paso de Buques. Así pues, quedó registrada una discordancia importante, para esta área, sobre la que -- descansan las unidades litoestratigráficas posteriores al Valanginiano.

Los ambientes desarrollados durante el Valanginiano Huateriviano corresponden a submarca somera con sedimentación calcárea de plataforma sin influencia de terrígenos, -- probablemente debido a la estabilidad tectónica existente -- que marca un cambio radical en la sedimentación, incluso hasta el Cenomaniano (Fig. 27).

En el Aptiano Tardío y Albiano Temprano tuvo lugar una transgresión generalizada que avanzó de noreste a suroeste cubriendo casi totalmente los paleoelementos de la Mixtequita y del Macizo de Chiapas. Esta transgresión logró establecer una comunicación entre el dominio marino del Golfo de México y el del Océano Pacífico, al parecer durante todo el Albiano-Cenomaniano.

La sedimentación de carbonatos en condiciones de submarca somera semirrestringida correspondiente al Grupo Sierra Madre tuvo lugar, en el área del Istmo, en el frente oriental y norte-noreste del Batolito de la Mixtequita y del Macizo de Chiapas, respectivamente. La secuencia calcárea del Grupo Sierra Madre sobreyace discordantemente al basamento paleozoico y a la cubierta sedimentaria del Jurásico-Cretácico Inferior (Berriasiano). Por otra parte, en el lado sur de estos paleoelementos emergidos del Macizo de Chiapas y del Batolito de la Mixtequita, se desarrollaron depósitos calcáreo-arcillosos del Cretácico Medio, pero en condiciones de submarca profunda de circulación abierta.

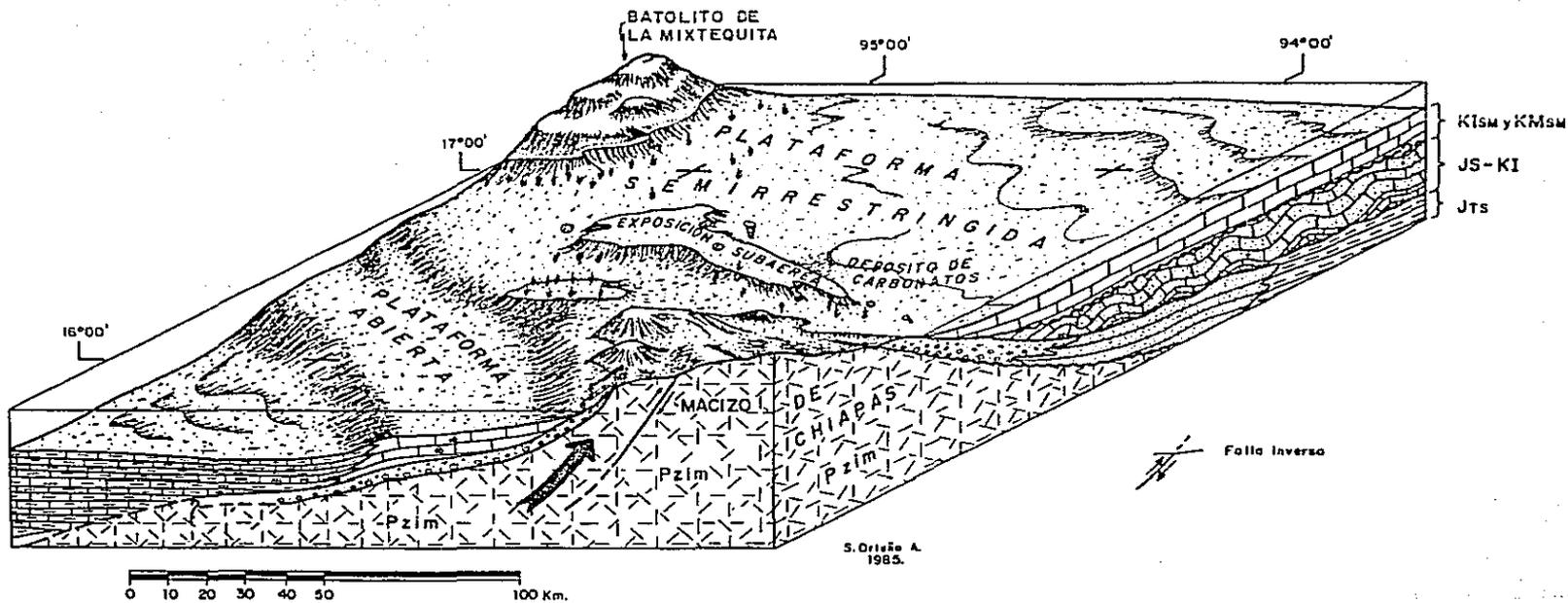


Figura 27. Bloque diagramático de evolución tectónica-sedimentaria del Grupo Sierra Madre durante el Cretácico Medio (Albiano - Cenomaniano).

Al parecer la sedimentación carbonatada del Aptiano Tardío-Cenomaniano, fue determinada por la estabilidad tectónica del área para esta época.

Posteriormente, durante el Cretácico Tardío, ocurre una regresión parcial, tanto hacia el sur como al noreste, hacia las cuencas marinas. En esta época tuvo lugar el depósito, en condiciones de submareas profundas, de una secuencia terrígena areno-arcillosa en el frente oriental del Batolito de la Mixtequita y el norte del Macizo de Chiapas; a esta secuencia se le ha denominado aquí, Cretácico Superior Metamórfico. El aporte terrígeno a esta unidad, procedente de las unidades litoestratigráficas preexistentes, denota cambios en las condiciones tectónicas del área Istmica, la cual empezó a experimentar durante el Cretácico Tardío cierto levantamiento por la reactivación de la actividad tectónica. De esta manera, gran parte del área de estudio y regiones aledañas quedan cubiertas por la secuencia calcárea del Grupo Sierra Madre y por el Cretácico Superior Metamórfico.

Es desde el final del Cretácico Tardío hasta el Oligoceno-Mioceno, y principalmente durante estas dos últimas épocas, cuando ocurre la principal y más intensa actividad tectónica en el área, pues se reinició el empuje o compresión procedente desde el sur-suroeste, sobre el Macizo de Chiapas, en su terminación al noroeste. Esto provocó la reactivación y desarrollo máximo del sistema de fallamiento lateral sinistral del Macizo de Chiapas, lo cual trajo como consecuencia durante el Oligoceno-Mioceno, el avance total del macizo hacia el noreste que se manifiesta con rezagos diferenciales de bloques rómicos del basamento (Fig. 22). La zona frontal del macizo ejerce una fuerte compresión sobre -

las secuencias terrígena y calcárea de la Formación Todos Santos y Grupo Sierra Madre, respectivamente, lo que provoca la generación de fallas laterales, como la falla de Uzpanapa, lineaciones mineralógicas y cataclasis, diaclasas y dolomitización de los carbonatos expuestos a la deformación, constituyendo una faja de 1 a 8 km de ancho que bordea la parte NO-NE del Macizo de Chiapas.

Concomitantemente a esta evolución tectónica se desarrollan y desarrollan los sistemas de fallamiento lateral sinistral Río Jaltepec-Matías Romero, Palomares-Cuauhtémoc-Río Suchilapan y las fallas de desplazamiento lateral sinistral e inverso, denominadas Falla San Carlos y La Esmeralda. Mientras el borde sur del macizo es cabalgado por la secuencia calcáreo-terrígena alóctona procedente del sur por efecto del límite convergente de las placas del Pacífico y del Caribe (Fig. 28).

Como consecuencia del desarrollo de las fallas San Carlos y La Esmeralda y la gran compresión, partes del basamento y de la secuencia terrígena jurásica son deformadas y afectadas por metamorfismo cataclástico de grados variables. Esto dió lugar a la formación de protomilonitas, milonitas, ultramilonitas e incluso blastomilonitas, las cuales se originaron en condiciones de cataclasis profunda, es decir, donde el movimiento fué particularmente intenso. Estos procesos originan el Complejo Ramos Millán, el cual es una mezcla de rocas ígneas y sedimentarias básicamente, afectada por metamorfismo dinámico. El bloque en que se constituyó el Complejo Ramos Millán fue comprimido y levantado en relación a los bloques circundantes, por lo que, las rocas calcáreas del Grupo Sierra Madre fueron erosionadas y removidas, que--

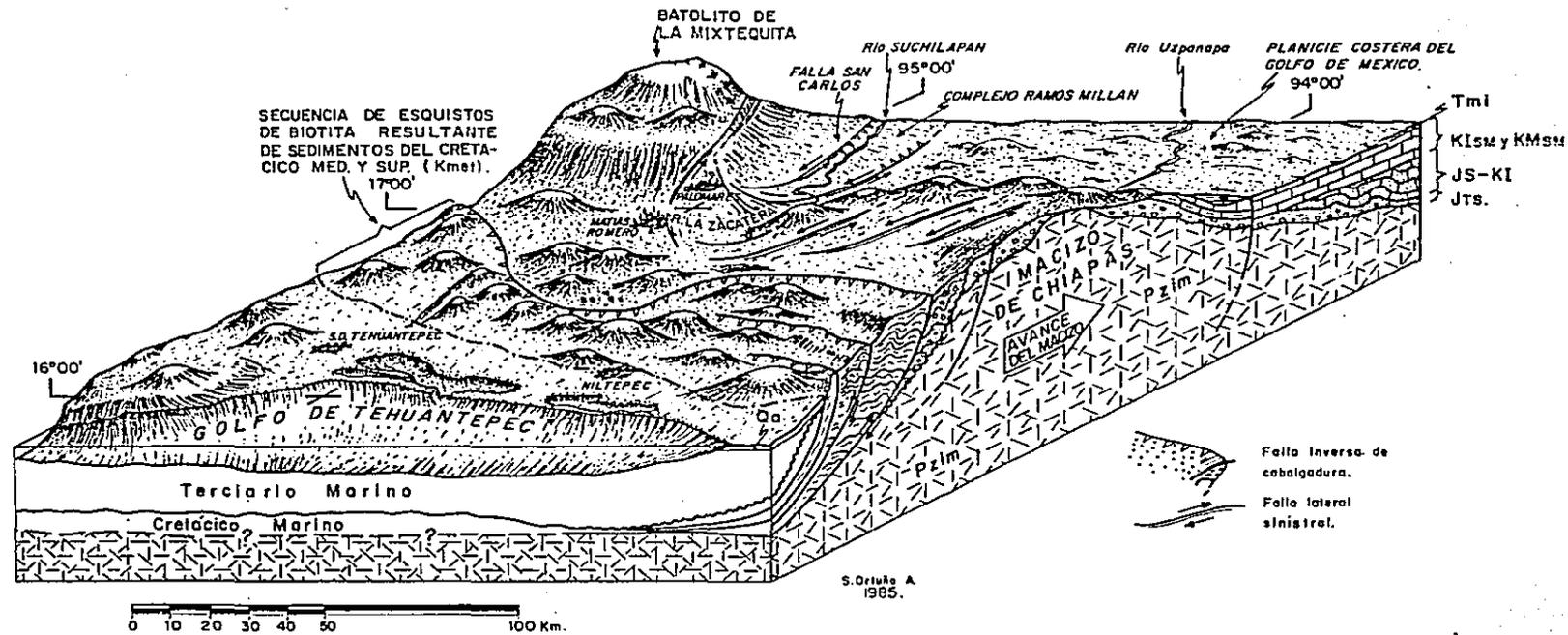


Figura 28. Bloque diagramático que representa la evolución tectónica final, regional, durante el Mioceno Superior.

dando expuestas posteriormente las rocas metamórficas del -- Complejo Ramos Millón (Sección estructural No. III y IV, --- figs. 12 y 13).

Por otro lado, también debido al desarrollo de la Falla San Carlos y la compresión relacionada, la secuencia - arenosa-arcillosa del Cretácico Superior es afectada por metamorfismo cataclástico, dando como resultado las rocas metasedimentarias, protomilonitas y esquistos miloníticos que constituyen la unidad Cretácico Superior Metamórfico. Este bloque es sujeto, también, a levantamiento (Sección estructural No. III y IV, figs. 12 y 13).

Además la secuencia calcáreo-terrágena alóctona -- que cabalga el basamento es afectada por metamorfismo dinámico térmico u orogénico produciendo esquistos de biotita, muscovita y anfibolita con estructuras microplegadas.

El sistema de fallamiento lateral Palomares-Cuauhtémoc-Río Suchilapan, se desarrolló siguiendo los planos de debilidad de las fallas inversas y pliegues de la deformación del Berriasiano. Los bloques individualizados por este sistema, fueron desplazados en sentido sinistral de noroeste a sureste, quizá hasta más de 10 km.

Además, en diferentes partes del basamento y secuencia sedimentaria se desarrollaron rasgos cataclásticos - de intensidad variable desde lineaciones mineralógicas hasta brechas cataclásticas, protomilonitas y milonitas, como puede verse en el mapa geológico (Hoja Cuauhtémoc) entre Palomares y Cuauhtémoc, Oax.

La unidad denominada Terciario Marino Indiferenciado se depositó en algunos sitios de manera discordante sobre la secuencia mesozoica deformada, sin embargo, aquella también fue afectada por la actividad tectónica durante el Oli-

goceno-Mioceno. Fue en esta etapa cuando ocurre la mayor de formación que ocasiona el metamorfismo cataclástico. Finalmente en el Plioceno y Pleistoceno, cuando ha cesado la etapa paroxísmica de la deformación, tiene lugar el depósito de secuencias terrígenas continentales y depósitos aluviales -- que cubren las unidades litológicas preexistentes en la Depresión Istmica.

Como consecuencia del desplazamiento final y total del Macizo de Chiapas hacia el noreste durante el Oligoceno-Mioceno, en el área de estudio ocurre la mayor deformación y el fallamiento lateral sinistral, mientras que para el Estado Chiapas, Sánchez Montes de Oca (1979) señala que el fallamiento transcurrente alineado ONO-ESE corresponde también a esta época; de la misma manera se ubica en el Mioceno al plegamiento intenso que generó la expresión estructural de la Sierra de Chiapas.

La similitud estructural y geocronológica entre el área del Istmo de Tehuantepec y del Estado de Chiapas es importante, puesto que sugiere la existencia de mecanismos tectónicos comunes de carácter regional. Estos mecanismos tectónicos tuvieron relación con un límite convergente de placas localizado paralelamente al margen continental en el Golfo de Tehuantepec, el cual se manifestó inicialmente durante el Jurásico como un arco volcánico continental. Posteriormente este límite convergente evolucionó y originó la actividad tectónica del Cretácico Temprano y posteriormente la del Cretácico Tardío-Mioceno.

La configuración estructural actual de este límite convergente de placas tectónicas comprende, según Sánchez-Barrera (1981), la Placa de Cocos, que subduce a la Placa del Caribe; con esta placa limita la Placa Norteamérica, por me-

dio de fallas de desplazamiento lateral sinistral. Destaca en la configuración del margen convergente la intersección de la Trinchera de América Central con la Dorsal de Tehuantepec, por lo que, aquélla experimenta una desviación importante hacia el poniente a partir de la dorsal, para después continuar al noroeste paralelamente a la línea de costa. Por otro lado Couch y Woodcock (1981) señalan que la Dorsal de Tehuantepec es una zona de fractura que constituye el límite entre dos diferentes provincias de subducción. También la dorsal separa, de acuerdo a Lynn y Lewis (1976), bandas paleomagnéticas de diferentes edades. Los datos anteriores indican que el Macizo de Chiapas se ha movido con respecto al bloque continental de Oaxaca y cuyo movimiento fue manifestado precisamente en la zona del Istmo, en el área de estudio (Figs. 15 y 29).

De manera general en un marco regional se establecen las siguientes conclusiones, según el modelo de evolución tectónica propuesto en este trabajo.

En la configuración estructural de la región, se pueden observar claramente los límites de las placas tectónicas de Cocos, de Norteamérica y del Caribe (Fig. 29). La Trinchera Centroamericana es el límite entre la primera y las dos últimas, mientras que una amplia faja de sistemas de fallamiento lateral izquierdo, así como inverso, constituye el límite entre las placas del Caribe y de Norteamérica. Esta faja se extiende desde la Falla Chipechua incluyendo el sistema de fallamiento lateral e inverso del Istmo de Tehuantepec y el adyacente al Macizo de Chiapas, hasta el sistema Motagua-Polochic en Guatemala.

De acuerdo al marco establecido, la configuración

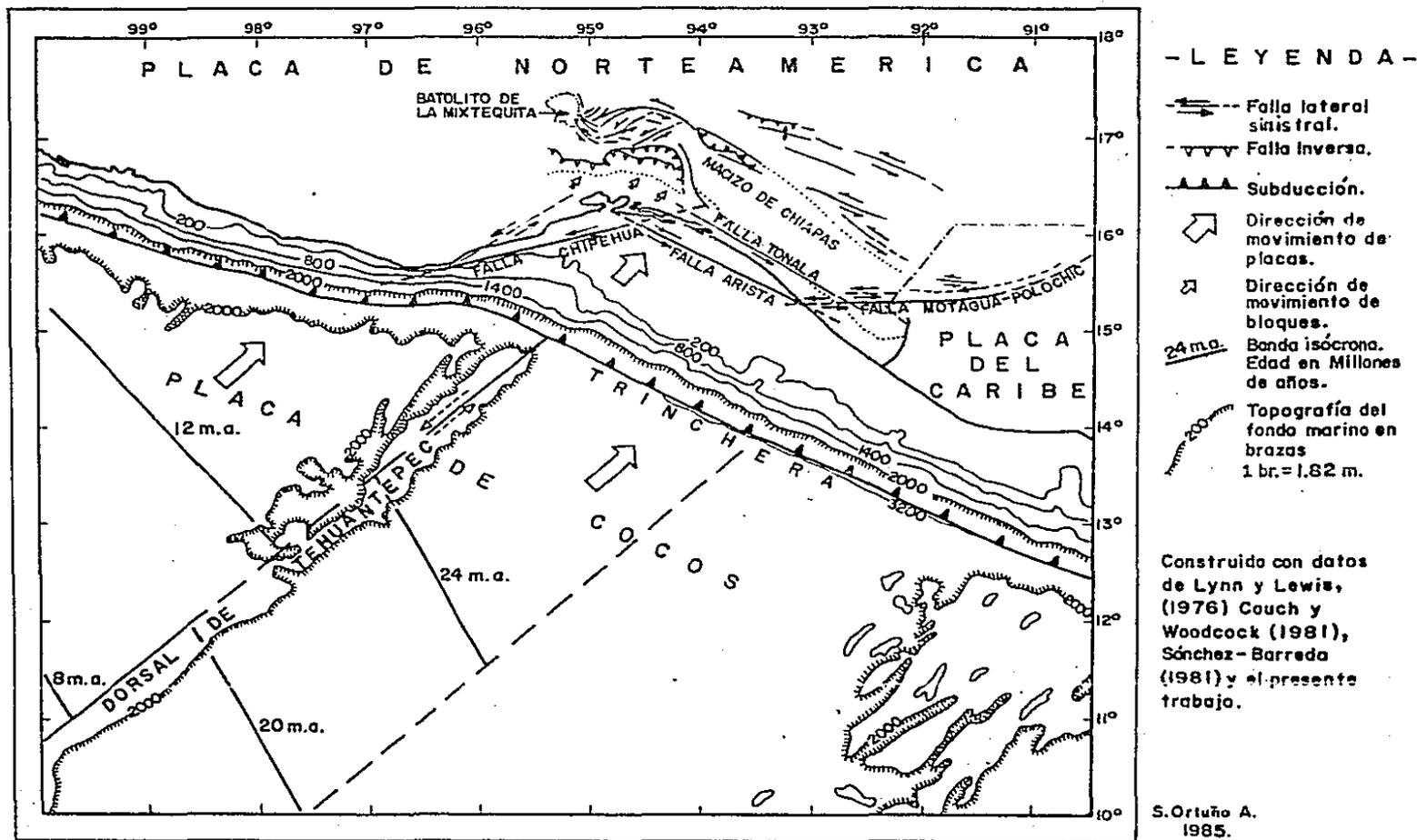


Fig. 29.- Marco tectónico regional y su relación con la Geología Estructural del área de estudio, durante el Neógeno - Cuaternario.

estructural del Istmo de Tehuantepec, de Chiapas y del Sistema Motagua-Polochic, es el resultado de la evolución geodinámica del límite entre las placas del Caribe y de Norteamérica; y el desplazamiento relativo entre ellas de sentido izquierdo.

Como resultado del empuje tectónico hacia el noreste y la subducción de la Placa de Cocos, bajo las placas del Caribe y Norteamérica durante el Terciario, tienen lugar los siguientes eventos:

a) El desplazamiento lateral en sentido izquierdo entre las placas del Caribe y de Norteamérica a través de una amplia faja de fallamiento lateral izquierdo y deformación cataclástica; según la evolución tectónica de la región, esta faja (incluido el Sistema Motagua-Polochic), comenzó a manifestarse desde el Mesozoico aunque su actividad principal ha ocurrido en el Oligoceno-Mioceno.

b) El desplazamiento del Macizo de Chiapas hacia el noreste, tanto por el empuje de la Placa de Cocos como por el hecho de que constituyó un bloque móvil dentro de la faja de fallamiento lateral que limita las placas del Caribe y de Norteamérica.

c) La orogénia o expresión estructural de la Sierra de Chiapas por la compresión ejercida directamente por el Macizo de Chiapas sobre la secuencia sedimentaria localizada al norte de ésta.

Este marco tectónico fue similar cuando menos desde el Oligoceno-Mioceno hasta el presente. De esta manera es conformada estructuralmente la región del Istmo de Tehuantepec, particularmente el área de La Zacatera, y las provincias geológicas del Estado de Chiapas y de Guatemala.

## VII.

## GEOLOGIA ECONOMICA-PETROLERA

### a) Manifestaciones de hidrocarburos

En el área de estudio se encontraron manifestaciones de hidrocarburos sólidos como asfalto natural o gilsonita de color negro lustroso, alojado en fracturas y poros de las rocas calcáreas con terrígenos de las formaciones El Porvenir y Potrerillo. Asimismo, se localizaron impregnaciones de hidrocarburos ligeros en fracturas y poros por disolución en las calizas y dolomías de la Formación Paso de Buques y del Grupo Sierra Madre. También fuera de la región estudiada se encontraron manifestaciones de hidrocarburos líquidos en sedimentos terciarios.

Fuera del área de estudio se han reportado varios sitios con manifestaciones de hidrocarburos tanto pesados como ligeros: en el área Achotal en sedimentos del Mioceno Medio, hidrocarburos ligeros, López (1976); en el área localizada al sur del Río Jaltepec (margen derecho), Quezada (1978) reporta hidrocarburos pesados y ligeros en varios sitios en las secuencias sedimentarias de las formaciones: La Victoria, El Porvenir, Cantelhá, Cintalapa, Alaska, Encanto y Jaltepec.

### b) Rocas Generadoras

Las secuencias sedimentarias marinas de las formaciones Mogoñó, El Porvenir y Potrerillo, fueron muestreadas para estudio geoquímico y palinológico (estudio óptico); se realizó el análisis por pirólisis, se determinó el contenido de carbono orgánico y mineral, tipo de kerógeno e Índice de Alteración Térmica (I.A.T.). Estos estudios y sus interpre-

taciones, fueron realizados en el Laboratorio de Geoquímica del Instituto Mexicano del Petróleo. Los resultados y comentarios se presentan a continuación.

FORMACION MOGOÑE

NO. DE MUESTRA	Q <sub>1</sub> (ppm)	Q <sub>2</sub> (ppm)	Q <sub>3</sub> (ppm)	TEMP. MAX. DE PIROLISIS °C.	IH	IO	C. ORGÁNICO %	C. MINERAL %
OR-120	30		1110			284	0.390	5.94
OR-121	52		1123			295	0.380	6.94
OR-122	13		1252			260	0.482	10.70
OR-124	24		1425			122	1.167	6.50
OR-136	83		441			50	0.875	8.18
OR-144	270	29	382		4	56	0.680	7.08

NO. DE MUESTRA	TIPO DE KEROGENO	%	I.A.T.	PIRITA
OR-120	Algáceo, leñoso, carbonoso	5	2	Ausente
OR-121	Algáceo, leñoso, carbonoso	1	2	Ausente
OR-122	Algáceo, leñoso, carbonoso	1	2 a 3	Ausente
OR-124	Algáceo, carbonoso, leñoso	8	3	Escasa
OR-144	Algáceo, leñoso, carbonoso	10	3	Escasa

En base a los datos anteriores, para la Formación - Mogoñé se tienen valores de Q<sub>1</sub> muy pobres, hidrocarburos potenciales (Q<sub>2</sub>) ausentes, los índices de hidrógeno (IH) están ausentes, los índices de oxígeno (IO) son muy altos o no adecuados, sin embargo el contenido de carbono orgánico es de regular a bueno; el tipo de kerógeno reportado es algáceo primordialmente (y corresponde a materia orgánica amorfa) y su -

Índice de alteración térmica (I.A.T.) va de inmaduro a maduro. En el estudio petrográfico de las muestras de esta formación se encontró cierta cantidad de materia orgánica en -- disposición laminar y pirita probablemente correspondiente a ambientes de depósito semirrestringidos con poca circulación y baja energía, e importante influencia continental, manifestada por el aporte de material leñoso y carbonoso abundante.

FORMACION EL PORVENIR

NO. DE MUESTRA	Q <sub>1</sub> (ppm)	Q <sub>2</sub> (ppm)	Q <sub>3</sub> (ppm)	TEMP.MAX. PIROLISIS	III	IO	C. ORGA NICO %	C. MINE RAL %
OR-187	71		319			32	0.992	9.66
OR-191	116	153	305		5	11	2.787	2.48
OR-193	78	31	116		3	11	1.027	3.38

NO. DE MUESTRA	TIPO DE KEROGENO	%	I.A.T.	PIRITA
OR-191	Carbonoso, leñoso, algáceo	12	3	Escasa
OR-193	Carbonoso, algáceo, leñoso	15	3	Escasa

Por otra parte para la Formación El Porvenir el va  
lor de Q<sub>1</sub> es muy pobre, los hidrocarburos potenciales (Q<sub>2</sub>) -  
son escasos, los índices de hidrógeno (III) son malos, los ín-  
dices de oxígeno (IO) son buenos, sin embargo el contenido -  
de carbono orgánico es muy bueno a excelente; el tipo de keró-  
geno es principalmente carbonoso (aunque sus porcentajes son  
mayores a los de la Formación Mogoñó), y su índice de altera-  
ción térmica (I.A.T.) es maduro. Las rocas de esta unidad -

presentan según el estudio petrográfico, escasa a moderada cantidad de materia orgánica y un porcentaje relativamente alto de material terrígeno de origen continental; su ambiente de depósito es de submarea somera con energía variable, de libre circulación a semirrestringida.

FORMACION POTRERILLO

NO. DE MUESTRA	Q <sub>1</sub> (ppm)	Q <sub>2</sub> (ppm)	Q <sub>3</sub> (ppm)	TEM. MAX. DE PIROLISIS °C.			C. ORGÁNICO %	C. MINERAL %
					IH	IO		
OR-111	194	672	228	429	72	24	0.927	2.38
OR-114	114	535	91	431	57	10	0.940	0.36
OR-117	18	20	117		5	30	0.382	3.94
OR-194	68		394			62	0.632	4.24
OR-200	67	37	123		4	14	0.870	9.38

NO. DE MUESTRA	TIPO DE KEROGENO	%	I.A.T.	PIRITA
OR-111	Algáceo, leñoso, carbonoso	10	2	Escasa
OR-114	Algáceo, carbonoso, leñoso	3	2 a 3	Escasa
OR-117	Carbonoso, leñoso, algáceo	3	2 a 3	Ausente

Finalmente, la secuencia de la Formación Potrerillo presenta las siguientes características: valor de Q<sub>1</sub> -- muy pobre, los hidrocarburos potenciales (Q<sub>2</sub>) son escasos, aunque las muestras OR-111 y 114 presentaron mejores cantidades, los índices de hidrógeno (IH) varían de malos a buenos, los índices de oxígeno (IO) son buenos o adecuados y el contenido de carbono orgánico es bueno a muy bueno. El tipo -

de kerógeno es principalmente algáceo (corresponde a materia orgánica amorfa), y su índice de alteración térmica (I.A.T.) indica madurez de la evolución de la materia orgánica. También en esta unidad es importante la influencia continental (kerógeno leñoso y carbonoso y abundantes restos vegetales) en el ambiente de depósito, el cual corresponde a submareas someras de libre circulación a semirrestringida.

Además en otras secuencias también se observaron ciertas cantidades de materia orgánica como en las de la Formación Paso de Buques, Grupo Sierra Madre y Complejo Ramos Millán.

Como conclusión general de los datos anteriores, así como de la evolución geológica particular de la región, se puede establecer que las formaciones del Grupo Zacatera: Mogoñé, El Porvenir y Potrerillo presentan pocas características para ser consideradas como rocas generadoras potenciales. Por otro lado, las rocas de la Formación Paso de Buques y del Grupo Sierra Madre no presentan características de rocas generadoras.

Es importante considerar que la secuencia sedimentaria marina del Grupo Zacatera puede presentar cambios de facies en el subsuelo hacia el norte del área estudiada, que pueden reunir las condiciones necesarias de una roca generadora; estas facies del Jurásico Superior-Cretácico Inferior se han cortado en los pozos Sauzal No. 1, Río Playas No. 1, Solosuchil 1-A y Oaxaqueño 1.

### c) Rocas Almacenadoras

Las rocas calcáreas de la Formación Paso de Buques y principalmente las del Grupo Sierra Madre, presentan impor-

tante porosidad secundaria por disolución intercrystalina, - mólida por contracción intercrystalina en dolomitización, - por fracturamiento, etc., que las hacen susceptibles de ser buenos receptáculos de hidrocarburos.

Por lo que respecta a las rocas del Grupo Zacatera del Jurásico Medio-Cretácico Inferior, las características petrofísicas no les confieren cualidades de rocas almacenadoras.

#### d) Tipo de trampas

Según el marco ostratigráfico-estructural del área, es poco probable la existencia de trampas adecuadas para el entrapamiento de hidrocarburos, ya sean simples o combinadas, además de ser difícil su determinación; lo anterior es debido en gran medida a la complejidad estructural presente en las unidades litoestratigráficas.

#### e) Factores adversos a la generación y acumulación de hidrocarburos en el área de estudio

Entre los factores adversos a la generación de hidrocarburos se pueden considerar los siguientes:

1. El potencial de generación es pobre debido a la naturaleza de la materia orgánica, procedente en gran parte del área continental.
2. La deformación tectónica y consecuente emersión y exposición tempranas a que es sujeta la secuencia del Grupo Zacatera durante el Jurásico Superior -- (Tithoniano)-Cretácico Inferior (Berriasiano), por lo que se presenta una discordancia erosional y estructural entre esta secuencia y las unidades cal-

cáreas suprayacentes.

Los factores adversos a la acumulación de hidrocarburos son:

1. La gran deformación tectónica que experimenta la secuencia marina del Jurásico Medio-Cretácico Superior, que provoca fracturamiento y fallamiento intenso, incluso con manifestaciones de cataclasis. Esta cataclasis presenta evidencias de haberse desarrollado en zonas profundas con participación de gradientes geotérmicos altos.
2. La exposición subaérea de la secuencia marina del Grupo Zacatera y del Grupo Sierra Madre, y consecuentemente la carencia de una cubierta impermeable o sello.
3. El pequeño espesor de la cubierta sedimentaria del Jurásico Medio-Cretácico Superior sobre el Paleozoico Igneo y Metamórfico, además de la deformación que experimentó. (Figs. 17 a 21).

Por otro lado, fuera del área de estudio, hacia las cuencas terciarias al norte de ésta (límite entre Veracruz y Tabasco), las características estratigráficas y estructurales permiten la existencia de zonas de mayor interés petrolero, ya que la secuencia Jurásico-Terciaria es de gran espesor y con una deformación mínima.

Las conclusiones principales de este trabajo son - las siguientes:

1. Las rocas más antiguas del área constituyen la unidad denominada Paleozoico Igneo Metamórfico de edad Paleozoico Superior y conformada por rocas ígneas intrusivas de composición tonalítica-granodiorítica con diferentes grados de metamorfismo cataclástico y rocas metamórficas cataclásticas. Esta unidad es el basamento de la secuencia sedimentaria del Jurásico-Cretácico Superior.

2. Sobreyace de manera discordante al basamento la secuencia terrígena de la Formación Todos Santos, constituida por areniscas, conglomerados y horizontes intercalados de rocas andesíticas. Estas rocas ígneas son abundantes en la formación, en la región del Istmo de Tehuantepec, debido al marco tectónico que la caracterizó. El ambiente de depósito fue de abanicos aluviales y planicies de inundación con aporte de derrames andesíticos.

3. El Grupo Zacatera, que sobreyace estructuralmente a la Formación Todos Santos, está constituido por las formaciones Mogoñé, El Porvenir y Potrerillo, relacionadas genética y litológicamente. Su ambiente de depósito es marino semirrestringido con aporte abundante de terrígenos, debido a la actividad tectónica que caracterizó la región desde el Jurásico.

4. Se prescinde del nombre de Formación Sarabia, utilizado en trabajos anteriores, porque la secuencia asignada a éste, corresponde en realidad a la Formación Mogoñé.

5. Se propone la denominación de Formación Potrerillo para la secuencia anteriormente identificada como las formaciones Brecha Barbosa, Dique y Escurridero, ya que aquélla - representa un solo evento de depósito con variaciones texturales y composicionales.
6. La Formación Paso de Buques, cuyas relaciones estructurales con las diferentes unidades litoestratigráficas son evidentes, se considera independiente del Grupo Zacatera, dadas sus características genéticas y litológicas disímiles a las de este grupo. La Formación Paso de Buques y el Grupo Sierra Madre representan ambientes marinos someros con sedimentación calcárea de plataforma y sin aporte de terrígenos.
7. La edad del Grupo Sierra Madre, para esta región, abarca del Aptiano Superior hasta el Turoniano Inferior.
8. La unidad denominada Cretácico Superior Metamórfico corresponde a una secuencia arcillo-arenosa (con intercalación de tobas) que presenta diferentes grados de metamorfismo cataclástico y sobreyace en discordancia paralela a la secuencia del Grupo Sierra Madre. Además, ésta unidad llamada Cretácico Superior Metamórfico, es litológica y cronoes--tratigráficamente diferente a la denominada como Formación - Alaska, por lo que su uso, para aquélla, es injustificado.
9. Se propone la denominación de Complejo Ramos Mi--llán, para la unidad constituida por rocas metamórficas-cataclásticas (protomilonitas a blastomilonitas), rocas ígneas - intrusivas (tonalíticas y granodioritas), extrusivas (andesitas) y rocas sedimentarias terrígenas y calcáreo-arenosas --

con diferentes grados de metamorfismo cataclástico. La edad de este metamorfismo es principalmente del Terciario (Oligoceno-Mioceno), aunque también del Cretácico; y se encuentra relacionado y condicionado por la intensa actividad tectónica del área.

10. La distribución de los ambientes sedimentarios y la sedimentación estuvo controlada e influenciada por los paleoeventos Batolito de la Mixtequita y la parte noroccidental del Macizo de Chiapas, desde el Triásico al Cretácico Superior.

11. El ciclo sedimentario del área comienza, en ambientes continentales durante el Triásico Medio-Superior-Jurásico Medio; continúa en ambientes marinos someros con sedimentación calcárea e importante aporte de terrígenos, desde el Jurásico Medio hasta el Cretácico Inferior; y finalmente, -- ocurre sólo la sedimentación calcárea en ambientes someros, del Cretácico Medio.

12. Las principales estructuras y productos diagenéticos que presenta la secuencia sedimentaria son: calcita espática de neomorfismo, cementación temprana, estilolitización, disolución, dolomitización tardía, cementación tardía, calcificación de dolomías y silicificación incipiente. La porosidad condicionada a estos procesos es principalmente de disolución, intercrystalina, intergranular y de fracturamiento.

13. La configuración estructural del área de estudio es compleja; y los productos de la deformación son entre otros: lineación mineralógica-metamórfica, abundantes dia-

clases, pliegues asimétricos corrados, fallas inversas, fallas de desplazamiento lateral izquierdo, rocas ígneas y sedimentarias con cataclasis variable hasta constituir rocas metamórficas cataclásticas, fallamiento normal y dolomitización inducida por tectonismo.

14. La deformación cataclástica y el fallamiento lateral sinistral e inverso, afectan tanto al basamento como a la cubierta sedimentaria del Triásico-Cretácico Superior-Terciario.

15. La orientación de los sistemas de fallamiento lateral izquierdo es principalmente noroeste-sureste y suroeste-noreste, alineados y asociados a ellos se encuentra la línea de mineralización, así como los conjuntos de rocas metamórficas cataclásticas.

16. La faja de dolomitización por tectonismo representa la zona de mayor deformación por compresión en disposición aproximada este-oeste, y constituye el frente de avance del Macizo de Chiapas hacia el noreste.

17. De acuerdo a la configuración magnetométrica y la verificación de campo, la parte noroeste del Macizo de Chiapas en el área de estudio, está en realidad constituida por gran espesor de depósitos terrígenos de la Formación Todos Santos, mientras que el basamento ígneo se encuentra aproximadamente a 1000 metros de profundidad, en promedio. Y los pocos afloramientos presentes representan bloques movidos -- producto de la evolución tectónica-estructural anterior.

18. La actividad tectónica en el área se manifestó de

de el Triásico Medio hasta el Terciario, sin embargo hay dos etapas principales de mayor actividad y deformación; la primera durante el Cretácico Inferior en la que es deformada la secuencia de la Formación Todos Santos y del Grupo Zacatora, (por lo cual existe una discordancia angular entre el Berrigsiano y el Valanginiano), y la segunda durante el Mioceno -- que afecta a toda la cubierta sedimentaria mesozoica y terciaria, y provoca el metamorfismo cataclástico asociado.

19. De acuerdo al estudio geológico-geoquímico se considera que las formaciones Mogoñé, El Porvenir y Potrerillo presentan pocas características para ser consideradas como -- rocas generadoras potenciales; sin embargo, es posible que -- sus equivalentes cronoestratigráficos presenten condiciones adecuadas para ser rocas generadoras en el subsuelo, hacia el norte del área estudiada.

20. Las rocas calcáreas de la Formación Paso de Buques y específicamente del Grupo Sierra Madre, presentan características petrofísicas que las hacen susceptibles de ser almacénadoras de hidrocarburos, aunque existe el factor adverso de encontrarse expuestas, sin rocas impermeables suprayacentes; además de la gran deformación a que han sido sujetas.

21. Las zonas de interés petrolero se encuentran adyacentes al área de estudio, al norte de ésta, fuera de las -- unidades deformadas y metamórficas.

## REFERENCIAS

- Badiozamani, K., 1973.- The Dorag Dolomitization Model-Application to the Middle Ordovician of Wisconsin. Journal of Sed. Petrol. num. 43. Tulsa, U.S.A., pp. 965-984.
- Baker, C.L., 1930.- Geological cross section of Isthmus of Tehuantepec. Pan American Geologist. Vol. LIII, No. 3.
- Bathurst, R., 1975.- Carbonate sediments and their diagenesis. Developments in sedimentology, 12. Second enlarged edition. Elsevier Amsterdam, pp. ---1-632.
- Bonet, F., 1956.- Zonificación microfauística de las calizas cretácicas del Este de México. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol., Vol. 8, nums. 7-8, pp. ---389-488.
- Böse, E., 1905.- Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco. Bol. Inst. Geol., UNAM núm. 20, pp. -1-116.
- Böse, E., 1906.- Excursión geológica al Istmo de Tehuantepec., Gufa Geol. del Congreso Geol. Mundial en México., pp. 1-19.
- Burckhardt, C.E., 1930.- Etude synthétique Sur le Mesozoique Mexicain. Soc. Paleont. Suisse, Vol. 2, pp. --96-98.
- Camacho, V.R., 1983.- Prospecto Jesús Carranza-II I.G. núm. 913, Zona Sur, PEMEX (inédito).
- Castro, M., J.T. Rodríguez M. y C. Schlaepfer, 1972.- Estudio estratigráfico del Mesozoico de la Sierra Madre del Sur (Chiapas). Instituto Mexicano --del Petróleo., pp. 11-13.
- Coney, P.J., 1983.- Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. Revista del I.M.P., Vol. XV, núm. 1, pp. 6-15.

- Consultoría de Ciencias de la Tierra, S.C., 1981.- Prospección Tierra Blanca I.G.Z. S.-634. Petróleos Mexicanos, Suptticia. Gral. Dttos. Expl., Z.S., pp. 1-56, 4 de bibliografía, VII de resumen, 20 planos y 3 figuras.
- Consultoría de Ciencias de la Tierra, S.C., 1982.- Prospección Puerta del Uzpanapa. I.G.Z.S. 662, Petróleos Mexicanos. Suptticia. Gral. Dttos. Expl. Z.S., pp. 1-78, 13 figs., 4 planos, 9 secciones y 4 apéndices.
- Couch R., S. Woodcock, 1981.- Gravity and structure of the continental margins of Southwestern Mexico -- and Northwestern Guatemala. Journal of Geophysical Research Vol. 68, No. 133. U.S.A. pp. - 1829-1840.
- Flügel E., 1982.- Microfacies analysis of limestones. Trad. K. Christensen. Springer-Verlag. Heildelber, Alemania, pp. 1-633, 53 placas, 78 figuras y 58 tablas.
- Folk, R., 1965.- Some aspects of recrystallization in ancient limestone. In dolomitization and Limestone Diagenesis, S.E.P.M., Special publication No. 12 y 14, U.S.A.
- Friedman, G.M., 1964.- Early diagenesis and lithification - in carbonate sediments. Journal Sedimentary - of Petrology, Vol. 34/4, pp. 777-813, 53 figuras, Tulsa, U.S.A.
- Fries Jr., C., 1962.- Estudios geocronológicos de rocas - mexicanas. Instituto de Geología, UNAM, Bol. 64.
- García, P.J.M., 1977.- Prospección Uzpanapa. I.G.Z.S. 724. Petróleos Mexicanos, Suptticia. Gral. Dttos. --- Expl., Z.S. (inédito).
- González, A.J., 1968.- Prospección Rfo Jaltepec, Oax., --- I.G.Z.S., Petróleos Mexicanos, Suptticia. Gral. Dttos. Expl. Pet., Z.S. (inédito).
- González, A.J., 1969.- Geología del Área Matías Romero, Oax.,

I.G.Z., 533. Petróleos Mexicanos, Supttcia. -  
Gral. Dttos. Expl. Z.S. (inédito).

Gutiérrez, G.R., 1956.- Geología del Mesozoico y Estratigrafía Pérmica del Edo. de Chiapas. Cong. Geol. Internat., México, Libreto Gufa C-15, pp. ---  
1-82.

Hanshaw, B.B., W. Back, R.G. Dicke, 1971.- A geochemical -- hypothesis for dolomitization by groundwater. Econ. Geology # 66 pp. 710-724.

Hernández, R., 1970.- Prospecto Río Solosuchil, Veracruz. - U.G.Z.S. # 553, Petróleos Mexicanos, Supttcia. Gral. Dttos. Expl. Z.S. (inédito).

Hernández, R., 1972.- Prospecto Alto Río Uzpanapa, Veracruz. I.G.Z. # 564, Petróleos Mexicanos, Supttcia. Gral. Dttos. Expl. Z.S. (inédito).

Higgins, M.W., 1971.- Cataclastic rocks. Geological Survey, Professional Paper # 687. Government U.S.A. - Printing office. Washington, U.S.A., pp. 1-97.

Imlay, R.W., 1943.- Jurassic formation of Gulf Region. Am. Assoc. Petr. Geol., Bulletin, U.S.A. pp. ----  
1407-1533, 15 figs.

Land, L.S., 1973.- Contemporaneous dolomitization of middle Pleistocene Reefs, by meteoric water, North - Jamaica. Bulletin Marine Science # 23, U.S.A. pp. 64-92.

Lara, G.S.A., 1985.- Estudio geológico regional de la parte SE del Istmo de Tehuantepec, Oax. Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM. (inédito).

López, T.D., 1969.- Evaluación petrolífera de la Cuenca de Tlaxiaco, Oax. Mesas redondas del Instituto - Mexicano del Petróleo.

Lyn, W.S., B.T.R. Lewis, 1976.- Tectonic evolution of the - Northern Cocos Plate. Geology, Vol. 4, U.S.A., pp. 718-722.

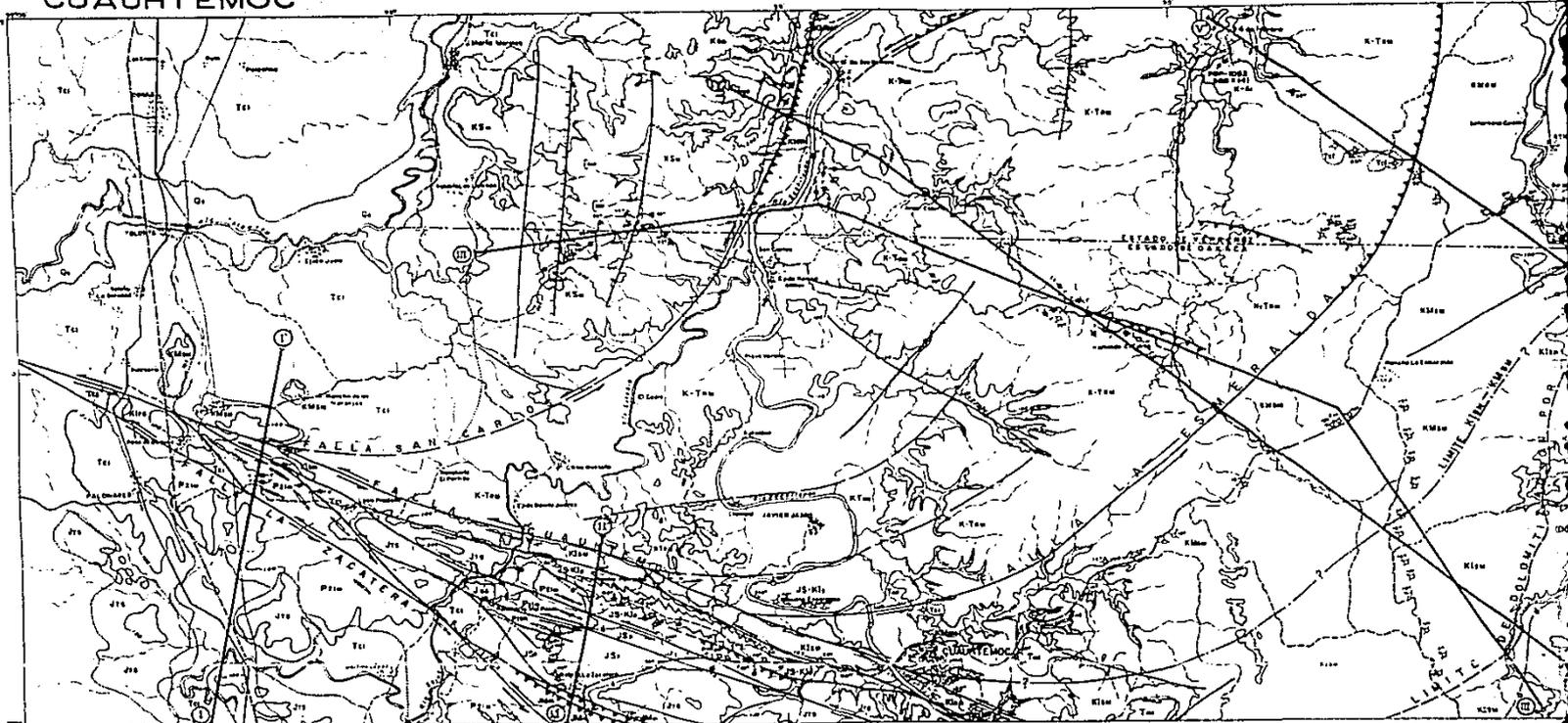
- Meneses, R.J.J., 1977.- Estratiografía, petrografía y diagénesis de rocas del Jurásico Superior en afloramientos de Tehuantepec, Oax. Tesis Prof. UNAM pp. 1-113, 6 figuras y 13 lámina.
- Milliman, J.D., 1974.- Marine carbonates, recent sedimentary Carbonates Part 1. Berlin, Heidelberg, --- N.Y., Springer U.S.A., pp. 1-375, 39 pls., 94 figuras.
- Ojeda, R.J., 1964.- Estratiografía de la parte meridional -- del Istmo de Tehuantepec. 1er. Seminario ---- C.R.N.N.R., Memoria (inédito).
- Ojeda, R.J., 1966.- Reconocimiento geológico de la parte meridional del Istmo de Tehuantepec, C.R.N.N.R. y ONU.
- Pacheco, G.C., M.I.L. Barba, 1985.- Estudio tectónico-estructural en el Prospecto Sur de Chiapas. --- Subd. Tec. Expl., I.M.P., Proyecto C-4003 --- (inédito).
- Page, H.J., 1921.- Report of geological reconnaissance in departments of Tuxtla, Mezcalapa and Pichucalco, Chis., Mex., Informe Geológico No. 4, PEMEX, Z.S., pp. 3-4 (inédito).
- Pantoja, A.J., et al., 1974.- Contribución a la Geocronología del Estado de Chiapas, México. Bol. AMGP, Vol. XXVI, No. 6, pp. 205-223.
- Park, W.G., E.H. Schot, 1968.- Stylolites, their nature and origin, Journal Sedimentary of Petrology, Vol. 38, No. 1, pp. 1-175, U.S.A.
- Patiño, R.J., 1958.- Geología del área entre los ríos Chalhijapa y Coatzacoalcos, Edo. de Ver., I.G.Z.S. núm. 444, PEMEX, pp. 11-25 (inédito).
- Patiño, R.J., 1959.- Levantamiento geológico del Suroeste - de Jesús Carranza, Municipio de Hidalgotitlán, Ver., I.G.Z.S. núm. 450, PEMEX (inédito).
- Pike, R.W., F. Blom, 1922.- Geological reconnaissance in --

the Municipality of Tlacotalpa, State of Tabasco, and Departments of Palenque, Simojovel, Chiapas, Tuxtla, Tonalá, State of Chiapas, -- Méx., I.G.Z.S. núm. 14. (inédito).

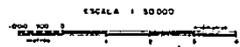
- Quezada, M., J.M., 1975.- Prospecto Cintalapa-La Ventosa, - Chis., Oax., I.G.Z.S. núm. 590-A. Petróleos Mexicanos, Supptcia. Gral. Dttos. Expl. Z.S. (inédito).
- Quezada, M., J.M., 1976.- Prospecto Caimba-Lomas Tristes, - Chiapas-Tab., I.G.Z.S. núm. 707. Petróleos Mexicanos, pp. 11-18. 52-69 y 71-78. (inédito).
- Quezada, M., J.M., 1978.- Prospecto Jesús Carranza, Ver., - I.G.Z.S. núm. 722. Petróleos Mexicanos, ----- Supptcia. Gral. Dttos. Expl., Z.S., pp. 1-110 (inédito).
- Raisz, E., 1964.- Landforms of Mexico. Geographic Branch. - Office of Naval Research Cambridge, Mass. --- E.U.
- Richards, H.G., 1962.- Cyclic deposits in the Cretaceous -- Ocozocuautila Formation in Central Chiapas. -- Journal of Sed. Petr., Vol. 32, No. 1, pp. -- 99-104.
- Richards, H.G., 1963.- Stratigraphy of Earliest Mesozoic se di me nts in Southeastern Mexico and Western -- Guatemala. Bull. of the American Association of Petroleum Geologists. Vol. 47, No. 10, pp. 1861-1870.
- Rufz, S.P., 1978.- Estudio radiométrico de las rocas ígneas y metamórficas del Prospecto Mixtequita, Oax. I.M.P., Proyecto C-1066, Subd. de Tec. de Exploración, I.M.P. (inédito).
- Sánchez, M. de O.R., 1969.- Proyecto Mesozoico de Chiapas, I.G.Z.S., núm. 536, PEMEX, pp. 3-18 (inédito).
- Sánchez, M. de O.R., 1969.- Estratigrafía y Paleografía del Mesozoico de Chiapas, I.M.P. Seminario de Exploración Petrolera, Mesa Redonda No. 5, pp. 1-31.

- Sánchez, M. de O.R., 1978.- Libreto Gufa de la excursión -- geológica de la zona sur. PEMEX, IX Excursión geológica al SE de México. Supttcia. Gral. de Dttos. de Expl. Pet. Z.S. (inédito).
- Sánchez, M. de O.R., 1979.- Geología petrolera de la Sierra de Chiapas. Bol. Asoc. Mex. Geol. Pat., Vol. XXXI, núms. 1 y 2.
- Sánchez-Barreda, L.A., 1981.- Geologic evolution of the continental margin of the Gulf of Tehuantepec in Southeastern Mexico. Tesis de doctorado, The University of Texas at Austin, U.S.A. (inédito).
- Sapper, K., 1894.- Informe de la Geología de los estados de Chiapas y Tabasco. Bol. Agric. Miner. e Instr. pp. 187-211.
- Stockdale, P.B., 1922.- Stylolites: Their nature and origin. Indiana University Studies núm. 9, U.S.A. pp. 1-97.
- Trejo, M., 1967.- La esponja fósil Rhaxella sorbyana (Black) y su significación estratigráfica, Bol. AMGP, Vol. XIX, núms. 1-6, pp. 33-38, 7 láminas.
- Vinson, L.G., 1962.- Upper Cretaceous and Tertiary Stratigraphy of Guatemala. Bulletin, A.A.P.G., pp. 1273-1315.
- Webber, B.N., R.J. Ojeda, 1956.- Estructuras geológicas del Sureste de Oaxaca y Sur de Chiapas. México, - Geología del Mesozoico y estratigrafía pérmica del Estado de Chiapas. Congr. Geol. Int. - 20 a. Ses. Ex. C-15, pp. 75-80.
- Webber, B.N., R.J. Ojeda, 1957.- Investigación sobre lateritas fósiles en las regiones Sureste de Oaxaca y Sur de Chiapas. Consejo de Recursos Minerales, Bol. 37.
- Wilson, J.L., 1975.- Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag. Berlin, pp. 1-470.

# CUAUHTEMOC



## SÍMBOLOS GEOLOGICOS



Cuarc	-----	-----	-----
Falda de	-----	-----	-----
Cañón	-----	-----	-----
Fractura	-----	-----	-----
Banca	-----	-----	-----
Cañón	-----	-----	-----
Cañón	-----	-----	-----

Priso	-----	-----	-----
Canal	-----	-----	-----
Tronco de	-----	-----	-----
Canal de	-----	-----	-----
Canal de	-----	-----	-----
Canal de	-----	-----	-----
Canal de	-----	-----	-----

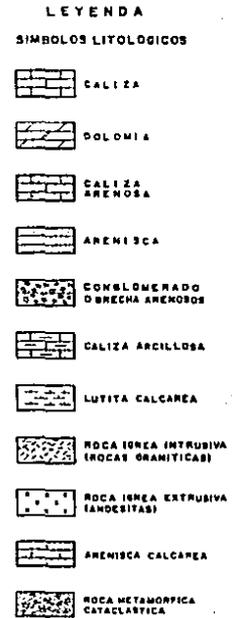
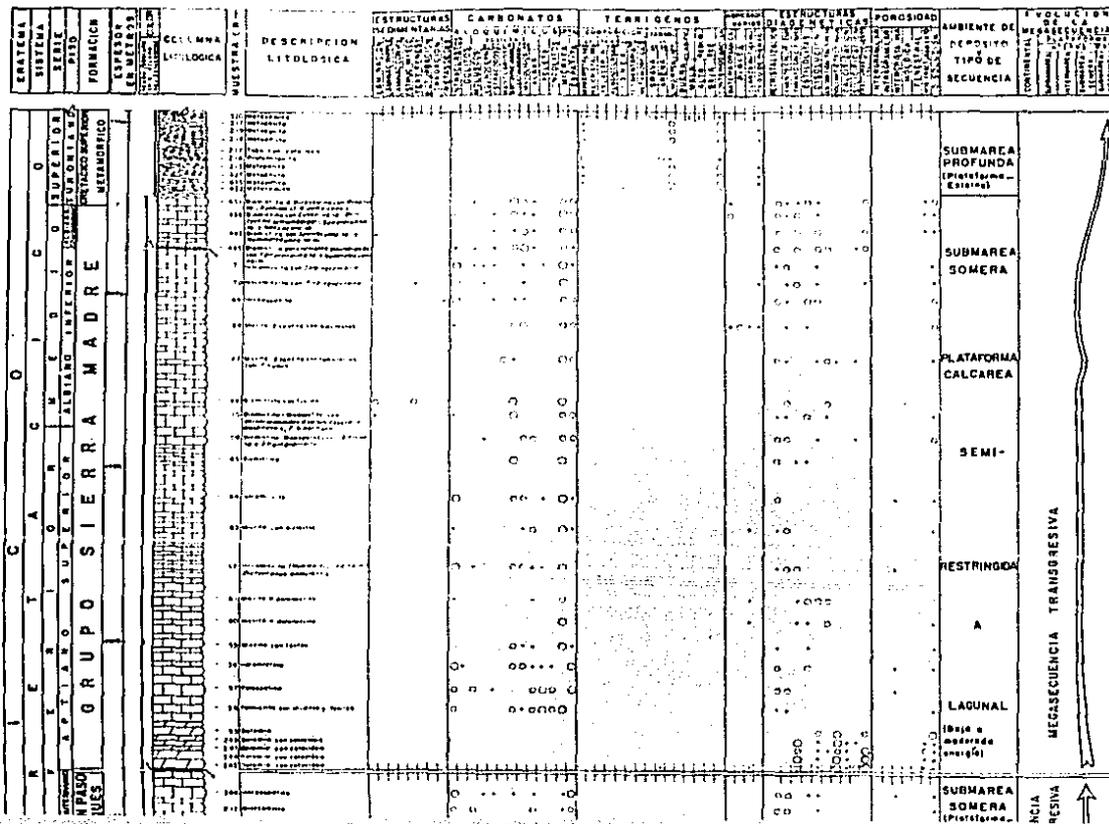
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----

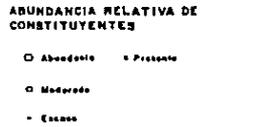
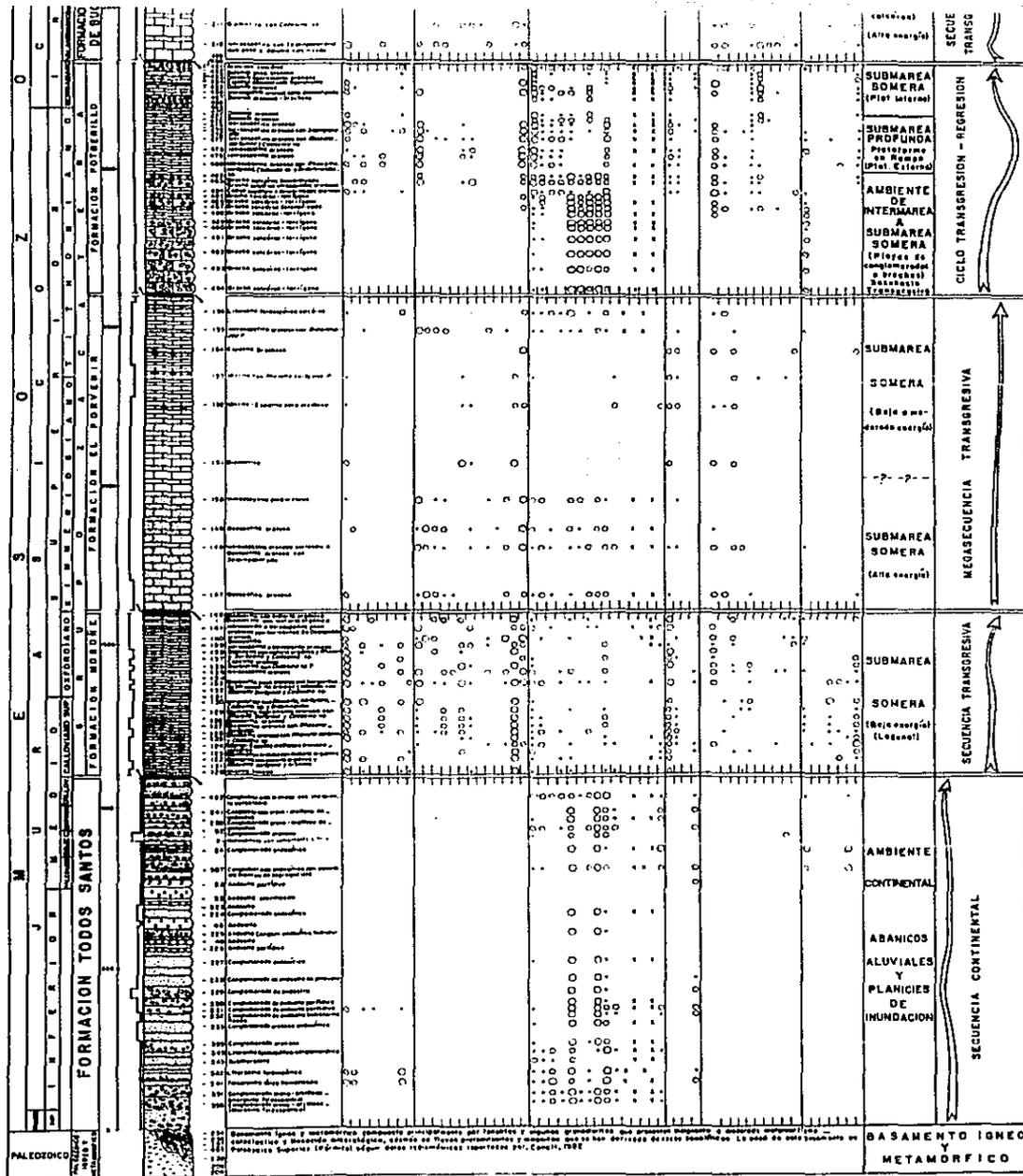
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----
Estado de	-----	-----	-----

Estado de  
Límite de la  
Zona de Protección  
Límite de la Zona de  
Protección



## COLUMNA ESTRATIGRAFICA COMPUESTA AREA LA ZACATERA, OAXACA.





**UNAM**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**

**COMPUESTA**

**AREA LA ZACATERA, OAX.**

Tesis de Maestría en Ingeniería.

Salvador Orihuela Arce

1983