

7
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTRATIGRAFIA, SEDIMENTACION Y DIAGENESIS
DE LA SECUENCIA CRETACICA, EN LA REGION
DE SANTA TERESA, ESTADO DE GUERRERO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

MARTIN MARTINEZ MEDRANO



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1994



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-029

SR. MARTIN MARTINEZ MEDRANO
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Jaime Barceló Duarte, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero geólogo:

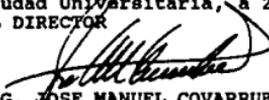
**ESTRATIGRAFIA, SEDIMENTACION Y DIAGENESIS DE LA SECUENCIA
CRETACICA, EN LA REGION DE SANTA TERESA, ESTADO DE GUERRERO**

I	RESUMEN
II	INTRODUCCION
III	GENERALIDADES
IV	MARCO GEOLOGICO REGIONAL
V	ESTRATIGRAFIA
VI	ANALISIS PALEOAMBIENTAL
VII	ANALISIS DIAGENETICO
VIII	GEOLOGIA ESTRUCTURAL
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA
	ANEXOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA, HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 26 de mayo de 1994
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

81.

**ESTRATIGRAFIA, SEDIMENTACION Y DIAGENESIS DE LA
SECUENCIA
CRETACICA, EN LA REGION DE SANTA TERESA, ESTADO
DE GRO.**

***A LA MEMORIA DE MI HERMANO JOSE MANUEL QUIEN CONFIO EN MI
HASTA EL ULTIMO INSTANTE DE SU EXISTENCIA.***

**PARA MI MADRE POR SU
TENACIDAD Y PERSISTENCIA
COTIDIANA PARA LOGRAR
ESTE RESULTADO.**

PARA ANGEL POR SU CARIÑO

PARA RITA POR SU APOYO

**CON TODO MI CARIÑO PARA MIS
SOBRINOS POR TODOS LOS
MOMENTOS DE ALEGRIA
A SU LADO:
ROSARIO
DIANA
JUAN CARLOS
ANGELICA
JOSE MANUEL
SANDRA**

**PARA MI ESPOSA LUZ MARIA
POR SU AMOR , APOYO Y CONFIANZA
QUE ME HA PROPORCIONADO A LO
LARGO DE TODOS ESTOS AÑOS.**

Agradecimientos:

Antes que agradecer al maestro debo agradecer a la persona, que con el ejemplo supo inculcar una forma de ver y enfrentar la viday la geología. Gracias Dr. Barceló.

Por lo momentos de fuertes discusiones para lograr aclarar algún punto, y los conocimientos que logró transmitirnos. Gracias Vladimir González. Con respeto para mi compañera Guadalupe Hernández.

Agradezco a los Ingenieros Miguel Vera Ocampo, Emiliano Campos Madrigal y a los Drs. Victor DávilaAlcocer y Dante Moran Centeno, por su revisión crítica de este trabajo.

INDICE GENERAL

RESUMEN

I.- INTRODUCCION	1
II.- GENERALIDADES	2
II.1.- Localización y acceso	2
II.2.- Trabajos previos	2
II.3.- Objetivos	6
II.4.- Metodología	6
III.- MARCO GEOLOGICO REGIONAL	7
IV.- ESTRATIGRAFIA	10
IV.1.- Sistema Cretácico	10
Formación Huitzucó	10
Formación Morelos	13
Formación Cuautla	16
Formación Mexcala	18
Formación Tetelcingo	19
IV.2.- Sistema Terciario	21
Formación Balsas	21
Riolita Tilzapotla	25
Formación Oapan	25
"Clásticos Continentales"	25
Andesita Bucnavista	26
V.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL	27
V.1.- Descripción de pliegues	27
V.2.- Descripción de fallas inversas	27
V.3.- Descripción de fallas de desplazamiento lateral y verticales	28
VI.- ANALISIS PALEOAMBIENTAL	30
VI.1.-Litofacies y su interpretación paleoambiental	30
VI.2.-Correlación paleoambiental de las secciones	43
VI.3.-Modelo de evolución paleoambiental	46
VII.- ANALISIS DIAGENETICO	51
VII.1.-Procesos diagenéticos	51
VII.2.-Descripción de etapas y ambientes diagenéticos	62
VIII.- CONCLUSIONES	79
ANEXOS	81
Anexo de secciones litoestratigráficas medidas	81
Sección Acayahualco	83
Sección Cococingo	87
Sección Sasamulco	93
Sección Tetelilla	100
Sección Las Tunas	106
Sección Xonacatla	113
Anexo cartográfico	118
BIBLIOGRAFIA	119

LISTA DE FIGURAS

Figura

- 1 Facies estándar de Wilson (Wilson, 1974).
- 2 Ubicación del área de estudio.
- 3 Zonas trabajadas por diversos autores (tomada de González-Pacheco, 1988).
- 4 Distribución geográfica de la cuenca Guerrero-Morelos (tomada de Ortega-Gutiérrez, 1981)
- 5 Diapiro de la Formación Huitzco intrusionando a la Formación Mexcala.
- 6 Nódulos y bandas de evaporitas interestratificadas con carbonatos.
- 7 Formación Huitzco. a) Afloramiento de evaporitas en donde se observan estructuras enterolíticas y de flujo. b) Estructuras teeppee.
- 8 Aspecto general de la Formación Morelos.
- 9 Formación Morelos, crecimientos orgánicos de radistas (radiolíticos y monopleuridos) dentro de la sección Las Tunas.
- 10 Crecimientos orgánicos de gasterópodos dentro de la Formación Morelos en la sección Tetelilla.
- 11 Acumulación de arenas postarrecifales, notese las laminaciones paralelas y cruzadas de bajo ángulo.
- 12 Nódulos evaporíticos en carpetas de algas, correspondientes a la base de la Formación Morelos (sección Xonacatla).
- 13 Acumulaciones de arenas calcáreas que presentan laminaciones cruzadas y horizontes bioturbados dolomitizados.
- 14 Contacto transicional entre la Formación Morelos (en la base de la fotografía) y la Formación Mexcala, al sur del poblado de Las Tunas (sección Las Tunas).
- 15 Secuencia turbidítica perteneciente al miembro profundo de la Formación Mexcala clásica.
- 16 Conglomerados aluviales de la Formación Balsas en el área de Santa María Coetzala.
- 17 Canales fluviales en la Formación Balsas entre Mayanahá y Santa Cruz, dentro de la región de Santa Teresa.
- 18 Pliegue que muestra la intensa deformación que presenta comunmente la Formación Mexcala.
- 19 Cabalgamiento de la Formación Morelos (bloque II) sobre la Formación Mexcala (bloque I) en Tototla, al sur de Tetelilla.
- 20 Columna sintética de la sección Acayahualco.
- 21 Columna sintética de la sección Sasamulco.
- 22 Columna sintética de la sección Las Tunas.
- 23 Columna sintética de la sección Tetelilla.
- 24a Columna sintética de la sección Xonacatla (cima).
- 24b Columna sintética de la sección Xonacatla (base).
- 25 Columna sintética de la sección Cococingo.
- 26 Correlación de litofacies entre las secciones Sasamulco, Las Tunas y Tetelilla.
- 27 Correlación de ambientes sedimentarios entre las secciones Sasamulco, Las Tunas y Tetelilla.
- 28 La sedimentación en la región de Santa Teresa, se presenta durante el Albisano-Cenomaniano como una secuencia de arenas postarrecifales, interrumpida por depósitos de tormenta.
- 29 La plataforma gradualmente se restablece desarrollando pequeños crecimientos orgánicos bajo condiciones de circulación abierta, para nuevamente ser interrumpida por tormentas.
- 30 Probablemente para finales del Cenomaniano la plataforma gradualmente comienza a subsidir, desarrollando facies de plataforma externa en el centro de la región.
- 31 Para el Turoniano las condiciones calcáreas cambian a condiciones terrígenas, mientras que la subsidencia ha provocado que la plataforma se comporte como una plataforma tipo rampa, presentando facies de cuenca en el poniente de la región, que se interdigitan con sedimentos de plataforma clástico-carbonatada.

Figura

- 32 Perforaciones y acción de algas en un fragmento de rudista.
- 33 La intensa micritización ha provocado que no se observe la estructura original de las partículas.
- 34 Bioturbación por galerías en afloramiento de la sección Cococingo.
- 35 Compactación registrada por el rompimiento del fragmento de molusco y la estilolita.
- 36 Cementación primaria y secundaria en arenas calcáreas.
- 37 Hueco abierto por disolución y posteriormente relleno por cementación, sección Las Tunas.
- 38 Carpetas de algas en la parte superior, y abajo nódulos de evaporitas reemplazadas por calcita.
- 39 Observese que dentro de la presión-solución se presenta una dolomitización por donde posteriormente migrarán los hidrocarburos. La presión-solución corta el fracturamiento más tenue y delgado, y posteriormente ambos procesos son cortados por un fracturamiento (el más grueso y marcado).
- 40 Dolomita barroca en nódulos evaporíticos dentro de la sección Cococingo. Notese la extinción ondulante de sus cristales.
- 41 Dolomitización general de la roca con hidrocarburos, sección Las Tunas.
- 42 Hidrocarburos dispersos en la roca y ocupando cámaras de foraminíferos bentónicos.
- 43 Recristalización general de la roca, observese el sobrecrecimiento de los cristales.
- 44 Siliceificación en moluscos (calcedonia).
- 45 Clasificación de ambientes diagenéticos (Choquette y Pray, 1970).
- 46 Sección esquemática de un banco calcáreo donde se muestra la zona freática marina dividida en áreas con activa circulación de agua (y por tanto cementación) y baja circulación de agua (zonas estancadas con poca cementación) (Longman, 1982).
- 47 Sección que muestra la distribución de los mayores ambientes diagenéticos someros en una isla idealizada de arenas carbonatadas permeables (Longman, 1982).
- 48 Sección esquemática idealizada de una zona freática de aguas frescas mostrando la posible distribución de la zona de disolución, de la zona de activa circulación de agua y cementación y de la zona de aguas estancadas.
- 49 Sección idealizada de la zona vadosa de agua fresca exponiendo una probable distribución de áreas de disolución y precipitación (Longman, 1982).

LISTA DE TABLAS

Tabla

- 1 Espesores de las secciones levantadas.
- 2 Correlación cronoestratigráfica.
- 3 Tabla cronoestratigráfica para el área de Santa Teresa, estado de Guerrero y zonas colindantes
- 4 Paragénesis de las secciones Acayahualco y Sasamulco.
- 5 Paragénesis de la sección Tetelilla.
- 6 Paragénesis de la sección Las Tunas.
- 7 Paragénesis de las secciones Xonacatla y Cococingo.
- 8 Paragénesis general de la región de Santa Teresa.
- 9 Relación de eventos diagenéticos de las secciones a) Acayahualco y b) Sasamulco, con su ambiente diagenético y de depósito.
- 10 Relación de eventos diagenéticos de las secciones a) Tetelilla y b) Las Tunas, con su ambiente diagenético y de depósito.
- 11 Relación de eventos diagenéticos de las secciones a) Xonacatla y b) Cococingo, con su ambiente diagenético y de depósito.
- 12 Relación de los eventos diagenéticos de la región con su ambiente diagenético y de depósito.

RESUMEN

El área de estudio se encuentra localizada entre las coordenadas 18° 00' y 18° 15' de latitud norte y 99° 20' a 99° 40' de longitud oeste. Los principales poblados son Santa Teresa, Coacoyula de Alvarez, Sabana Grande y Mayanahán.

El área está formada por una secuencia cretácica calcáreo-evaporítica en su parte inferior (Formaciones Huitzuko y Morelos) y terrigena en la superior (Formación Mexcala), que pasa a sedimentos continentales y depósitos volcánicos terciarios constituidos por las Formaciones Balsas, Tlzapotla, Oapan y Buenavista, para finalmente ser cubiertos en algunas zonas por depósitos aluviales del Cuaternario.

La Formación Huitzuko al norte de Tlapala son depósitos evaporíticos interestratificados con depósitos lenticulares de carbonatos (calizas y dolomías) y carpetas de algas con precipitaciones de cristales de yeso entre ellas. En Apipulco presenta condiciones similares, y a diferencia de Tlapala donde no se pudo ver la cima de la secuencia, aquí pasan de manera transicional a carbonatos con laminaciones de fragmentos de moluscos (Facies 8) pertenecientes a la base de la Formación Morelos. Estos sedimentos son característicos de un ambiente tipo sabkha con conexión al mar.

Fries (1960), propone que dentro de la secuencia carbonatada existen dos unidades que son las Formaciones Morelos y Cuauila, las cuales se encuentran separadas por una discordancia erosional. En el trabajo que se ha desarrollado en la Cuenca Guerrero-Morelos se ha podido observar que toda la secuencia carbonatada pasa en forma transicional a los depósitos de la Formación Mexcala, y es a esta transición a la que en ocasiones se le ha cartografiado como Formación Cuauila. En el presente trabajo toda la secuencia carbonatada se ha tomado como Formación Morelos, y la terrigena como Formación Mexcala.

La Formación Morelos presenta facies de plataforma interna a externa con circulación abierta con desarrollo de crecimientos orgánicos de rudistas y gasterópodos, acumulaciones de arenas postarrocifales, secuencias de depósitos de tormenta, y hacia su cima bancos de arenas calcáreas y oolíticas, con influencia volcánica, así como facies de intermarea y submarea.

La base de la Formación Mexcala es una secuencia de plataforma terrigeno-carbonatada con influencia volcánica que se interdigita con sedimentos de cuenca, y que gradualmente pasa hacia la cima a depósitos turbidíticos (Formación Mexcala clásica).

Estructuralmente, la Formación Huitzuko por lo general se presenta como domos diapíricos y sólo al oriente de Apipulco está en contacto normal con la Formación Morelos. Esta última Formación desarrolla una serie de anticlinales y sinclinales amplios, suaves y simétricos, cortados por fallamientos laterales. Mientras que la Formación Mexcala por su plasticidad desarrolla una alta deformación. En los extremos oriente y poniente del área se presentan bloques alóctonos de la Formación Morelos que cabalgan, sobre planos subhorizontales a la Formación Mexcala, al contacto entre las Formaciones Morelos y Mexcala, y a la misma Formación Morelos. Posteriormente las trazas de las cabalgaduras son desplazadas por fallamientos laterales.

Diagenéticamente, los procesos tempranos siempre están asociados al ambiente de depósito, reflejando fielmente las condiciones de sedimentación que prevalecieron en algunas zonas (etapa eogenética). En la etapa mesogenética el sepultamiento profundo está marcado en toda el área por dos fracturamientos, una presión-solución, y una migración de hidrocarburos asociados a porosidad secundaria. La etapa Telogenética se caracteriza por el levantamiento de toda la secuencia hasta ser expuesta nuevamente a la influencia de fenómenos superficiales, y está representada por una presión-solución y una silicificación.

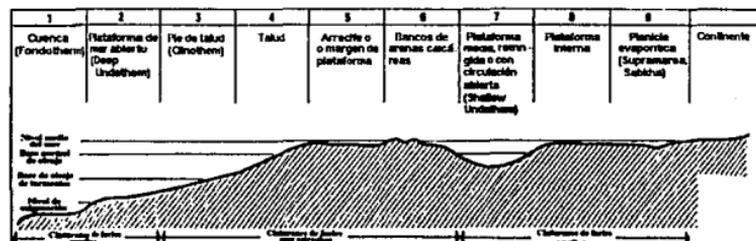
I.- INTRODUCCION

Este trabajo tiene como objetivo plantear una estratigrafía con mayor detalle que la existente para esta región del país; así como dar una interpretación paleoambiental y diagenética de la secuencia mesozoica compuesta por las Formaciones Huitzoco, Morelos, Cuautla y Mexcala, a partir de los datos obtenidos de 6 secciones litoestratigráficas medidas. Con esto se pretende ayudar a plantear de una manera más clara el potencial petrolero y minero de la cuenca Guerrero-Morelos.

El marco geológico que engloba el área pertenece a lo que se ha denominado como Plataforma o Cuenca Guerrero-Morelos; en este estudio se ha tomado como Cuenca Guerrero-Morelos en lugar de Plataforma, debido a que en ella no sólo existen rocas propias de una zona sedimentaria de plataforma, sino que también existen sedimentos de facies de cuenca. Por lo cual se ha elegido el término Cuenca con el fin de referirlo a una cuenca de depósito en particular y no a un ambiente específico.

En el presente trabajo se utilizarán, para la determinación de los ambientes carbonatados, las facies estándar de Wilson (1974), debido a su facilidad de uso y detalle que pueden ofrecer en el trabajo de campo y gabinete. Para la asignación de etapas y ambientes diagenéticos se utilizará la clasificación propuesta por Choquette y Pray (1970) y Longman (1982), respectivamente. En la parte petrográfica se utilizarán las clasificaciones de Dunham (1962) para rocas carbonatadas, la de McBride (1963) para arenas calcáreas y la de Dott (1964) y Folk (1968) para terrígenos.

Fig. 1.- Facies estándar de Wilson (Wilson, 1974).



II.- GENERALIDADES

II.1.- Localización y acceso

El área de estudio se ubica en la parte central del estado de Guerrero, formando parte de lo que se ha denominado Cuenca Guerrero-Morelos. Es cubierta por la carta a Esc. 1:50,000 "Santa Teresa" E-14-A-88, presentando las siguientes coordenadas geográficas: de 18° 00' a 18° 15' de latitud norte y de 99° 20' a 99° 40' de longitud oeste.

Esta región abarca un área aproximada de 900 km². Los principales poblados son los de Santa Teresa, Mayanacán, Coacoquila de Alvarez, Sábana Grande, Sasamulco, Apipilulco, Cocula, Venta de Palula y Tetelilla.

Para llegar al área de estudio, desde la Cd. de México, se toma la carretera Federal México-Cuernavaca-Chilpancingo, de Cuernavaca se puede tomar la carretera Federal No. 95 con dirección a Chilpancingo o la "La Carretera del Sol". Si se viaja por la carretera No. 95, a 10 km aproximadamente después de pasar la Cd. de Iguala se encuentra el límite norte del área (Zacacoquila), y su límite sur en el poblado de Xaltila; esta carretera comunica, por medio de caminos de terracería y con revestimiento transitables todo el año, a los principales poblados. Utilizando "La Carretera del Sol", al llegar a Paso Morelos se toma la desviación a Iguala hasta entroncar con la carretera No. 95 a la altura del pueblo de Zacacoquila, (Fig. 2).

En la Cd. de Iguala inicia la carretera Federal No. 51 con dirección a Teloloapan y una vía férrea, éstas comunican a los poblados de Alvaro Obregón, Cocula y Apipilulco, en la parte nor-occidental del área.

Las zonas menos accesibles son las centro-oriental y sur-oriental, de las cuales sólo los poblados de Tecuacuilco y Cococingo, están comunicados por terracería no transitable en épocas de lluvias, mientras que en la esquina sur oriental los poblados de Los Amates y Tototla sólo están comunicados por veredas.

II.2.- Trabajos previos

De los primeros trabajos que se tiene conocimiento, son los de Santillán (1929), Guzmán (1950) y Bohnemberger (1955); el primero con fines mineros, mientras que los restantes buscan plantear bases geológicas y estratigráficas, así el segundo esboza la geología del noreste de Guerrero, y el tercero levanta la sección estratigráfica de la Formación Mexcala, que servirá como la sección tipo para Fries (1960). Este último autor publica la "Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México", definiendo formalmente las unidades estratigráficas de la región, así mismo plantea un modelo evolutivo de la Cuenca Morelos-Guerrero, que ha sido en esencia la base para posteriores estudios, los cuales han ido modificando gradualmente al modelo y a las relaciones estratigráficas planteadas originalmente.

La cartografía de la región corrió a cargo de Bolívar (1963), Crespo-Hernández (1963), Nájera-Garza (1965), Seijas-Iribarren (1965) y Olca-Gomezcaña (1965), con lo que se aporta un mayor detalle al ya obtenido en trabajos previos, pero sin modificar en lo esencial las bases dadas hasta ese momento.

Dávila-Alcocer (1974), aporta datos estructurales sobre la región de Atenango del Río, pero tampoco modifica los modelos ambientales propuestos.

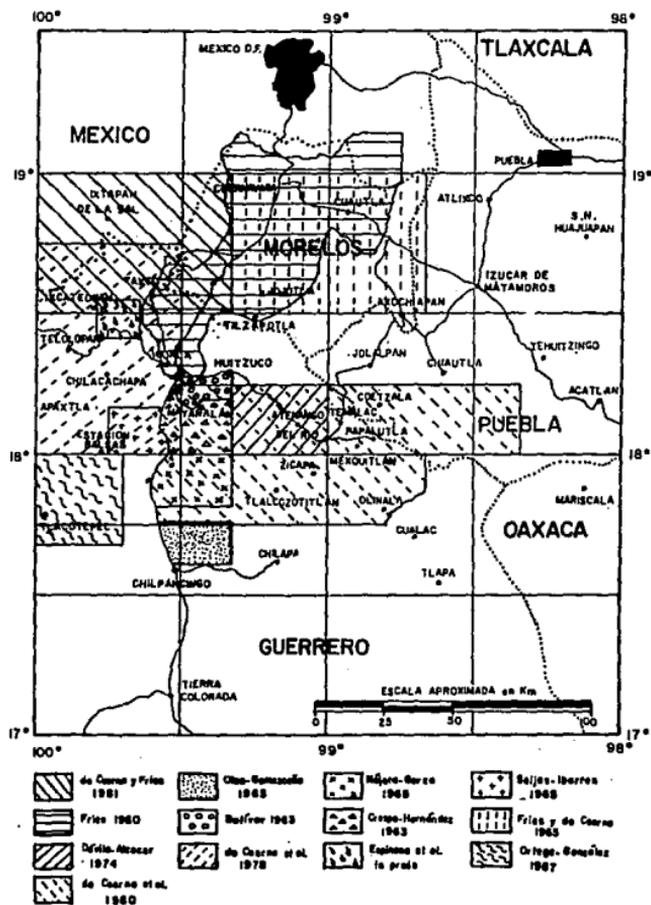
De Cserna y colaboradores (1978, 1980, 1981), son quienes plantean modificaciones al modelo propuesto por Fries (1960) y detallan la estratigrafía. Aunque siguiendo a Fries mantiene el modelo base bajo una perspectiva demasiado simplista en relación a la complejidad estratigráfica y estructural de la región.

Ortega-Gutiérrez (1980) aporta datos estratigráficos propone que la Formación Tetelcingo sobreyace a la Formación Mexcala, como resultado de una supuesta actividad volcánica a finales del Cretácico, aunque es sólo en la localidad de Tetelcingo el único lugar donde se le ha reportado con cierta certeza.

Todos los autores expuestos hasta el momento han realizado estudios a nivel regional o cartográficos, y son Ortega-González (1987) y González-Pacheco (1988, 1989a y 1989b) y González-Pacheco, V.V. y Barceló-Duarte, J. (1988), quienes realizan estudios a detalle de la secuencia mesozoica. El primero, diferencia las facies arrecifales de la Formación Morelos, en la zona de Tlacotepec; y el segundo aporta datos estructurales y estratigráficos del área de Atenango del Río (Fig. 3).

Los únicos trabajos dentro de la Cuenca Guerrero-Morelos realizados que conjuntan tanto datos estratigráficos, como sedimentológicos, estructurales y diagenéticos de la secuencia Cretácica con fines de exploración petrolera son los realizados por Barceló-Duarte (1989), Barceló-Duarte y colaboradores (1992), Espinaza-Pereña y colaboradores (en prensa), González-Pacheco (1991), Hernández-Reyes (1989), Martínez-Medrano (1989), Martínez-Medrano y colaboradores (1992a y 1992b).

Fig. 3.- Zonas trabajadas por diversos autores (tomada de González-Pacheco, 1988).



II.3.- Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo principal el estudio detallado de la estratigrafía, sedimentación y diagénesis de la secuencia mesozoica, comprendida por las Formaciones Huitzuco, Morelos y Mexcala.

II.4.-Metodología

La metodología empleada para la realización del presente trabajo, esencialmente consiste de los siguientes pasos:

- a) Revisión de la bibliografía y cartografía existentes
- b) Elaboración de un mapa fotogeológico base
- c) Visitas a campo para detallar y verificar el mapa fotogeológico
- d) Levantamiento a detalle de secciones estratigráficas
- e) Estudio petrológico de muestras colectadas en campo, incluyendo la interpretación paleoambiental y diagénica
- f) Construcción de columnas litoestratigráficas con base en los puntos c, d y e
- g) Elaboración del modelo paleoambiental del área.
- h) Elaboración del manuscrito final.

Se levantaron 6 secciones litoestratigráficas, con un total de 121 muestras y 30 de muestreo general, de las cuales se estudiaron 2 láminas delgadas por muestra (ver Tabla 1).

Tabla 1.- Espesores de las secciones levantadas.

SECCION	ESPESOR MEDIDO (m)	DE LA MUESTRA	A	LA MUESTRA	TOTAL
Las Tunas	450	MM8902		MM8930	28
Cococingo	565	MM8935		MM8955	28
Sesamulco	575	MM8966		MM89105	19
Tepehila	800	MM9011		MM9029	18
Xonacatia	1,250	MM9047 MM9082		MM9052 MM9095	18
Acyahuatco	440	MM9078 MM9096		MM9081 MM90111	18
Total	4,080				121

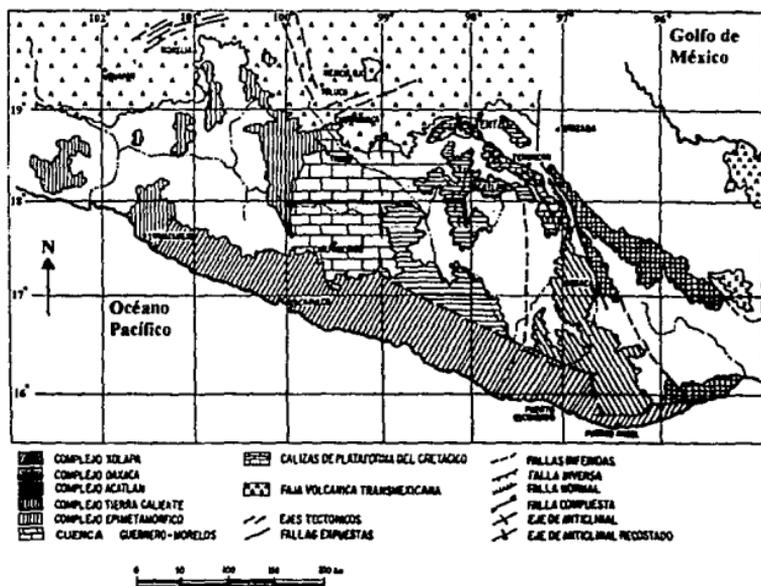
III.- MARCO GEOLOGICO REGIONAL

En la Cuenca Guerrero-Morelos afloran rocas evaporítico-carbonatadas (Formación Huitzaco), carbonatadas (Formación Morelos) y terrígenas (Formación Mexcala) del Cretácico Inferior, Medio y Superior respectivamente, las cuales se distribuyen por los estados de Morelos, Guerrero, el occidente de Puebla y la parte sur del estado de México.

La distribución más septentrional que hasta el momento se ha reportado en subsuelo es la Ciudad de México, donde está cubierta por rocas del Eje Neovolcánico, mientras que en superficie se le ha reportado en el Edo. de Hidalgo. En Morelos los afloramientos escasean debido a que igualmente son cubiertos por la mencionadas rocas volcánicas.

En el sur, los afloramientos se pierden en las cercanías del Complejo Xolapa. En el oriente el límite mejor definido es el que se presenta a lo largo de la cabalgadura de Papalutla, donde el Complejo Acatlán presumiblemente cabalga a la secuencia cretácica. Hacia el poniente su límite, está dado por las rocas del Albiano-Cenomaniano que se presentan como un crecimiento arrecifal que varía de inmaduro a maduro el cual se distribuye desde Ixtapan de la Sal hacia el sur, pasando por Ixcateopan, Chilchacapa y Apaxtla, para perderse a la altura del Río Balsas y resurgir al oriente de Tlacoatepec (Fig. 4).

Fig. 4.- Distribución geográfica de la cuenca Guerrero-Morelos (tomada de Ortega-Gutiérrez, 1981).



Durante el Cretácico Temprano se depositan, en esta zona, las Formaciones Zicapa al oriente, Huitzucó en la parte central y "Chilacachapa" al occidente. La Formación Zicapa comprende depósitos de planicies costeras formados por conglomerados, areniscas, limolitas, lodolitas, lentes de carbonatos y calizas arenosas con laminaciones arcillosas; lateral y verticalmente pasa hacia el occidente a los depósitos evaporíticos de la Formación Huitzucó.

La Formación Huitzucó se encuentra como interstratificaciones de evaporitas, carpetas de algas y carbonatos con laminaciones de moluscos. El ambiente de depósito de esta Formación es considerado como el de un Sabkha marino con conexión al mar. Esta secuencia pasa lateralmente al poniente a la Formación "Chilacachapa".

Hacia el occidente se desarrollan los depósitos de plataforma arcillo-calcárea interna de la Formación "Chilacachapa" formados por calizas arcillosas, lutitas y lodolitas calcáreas, que presentan texturas wackestone y packstone de bioclastos y horizontes con orbitolinas.

Al menos desde el Aptiano Tardío y hasta el Cenomaniano, las mencionadas formaciones evolucionaron de manera transicional a los sedimentos de la Formación Morelos, la cual tiene edades más antiguas hacia el occidente (Aptiano tardío-Cenomaniano) (González-Pacheco, 1991) y más jóvenes hacia el oriente de la Cuenca (Albiano-Cenomaniano). La distribución de facies que presenta es arrecifal en el occidente y de plataforma somera, e incluso de internarea y submarea, bajo condiciones de depósito evaporítico en el centro y oriente.

De Cserna y colaboradores (1978), proponen que la secuencia cretácica del Albiano-Cenomaniano inicia su depósito a partir de un basamento cristalino, desarrollándose crecimientos arrecifales hacia la porción occidental, para pasar lateralmente al oriente a sedimentos carbonatados de plataforma y posteriormente a una secuencia evaporítica lagunar (Formación Huitzucó), que pasa hacia el este a los sedimentos terrígenos continentales de la Formación Zicapa. Además proponen que los depósitos evaporíticos se interdigitan lateralmente con los depósitos carbonatados y terrígenos, formando una franja evaporítica continua de norte a sur, que pasaba por la actual ubicación geográfica del poblado de Huitzucó. Esta hipótesis se ha descartado con base en el trabajo realizado en toda la cuenca.

Ortega-González (1987), en las cercanías de Tlacotepec, encuentra que el tren arrecifal, inicia su desarrollo a partir del Albiano Temprano y alcanza su máxima madurez para el Albiano Medio, mencionando lo que Ontiveros-Tarango (1973) había descrito como una facies arrecifal de la Formación Morelos.

Las condiciones que dan origen al desarrollo arrecifal y a la plataforma restringida donde se interdigitan las Formaciones Morelos, Huitzucó y Zicapa, se mantienen más o menos constantes desde el Aptiano (de Cserna et al, 1980) hasta el Albiano Temprano (Fries, 1960); presentándose posteriormente una progradación de facies hacia el oriente, con lo cual los carbonatos de la Formación Morelos cubren a las Formaciones Huitzucó y Zicapa durante el Albiano Medio (Fries, 1960). Como se verá posteriormente en este trabajo, estas hipótesis han sufrido grandes cambios conceptuales.

Fries (1960) propone que dentro de la secuencia carbonatada existen dos unidades, la Formación Morelos y Cuautla, que se encuentran separadas por una discordancia erosional o de depósito, esta aserción ha sido utilizada posteriormente en forma generalizada (Bolívar, 1963; Crespo-Hernández, 1963; Najera-Garza, 1965; Olca-Gomezcaña, 1965; Seijas-Iribarren, 1965; Dávila-Alcocer, 1974; de Cserna et al, 1978; 1980 y de Cserna y Fries, 1981) sin haberla comprobado en la mayoría de los casos. En el trabajo de campo desarrollado en la Cuenca Guerrero-Morelos, y en particular en el área de este estudio, no se ha podido observar dicha discordancia, entre la Formación Morelos y la Formación Cuautla. Por el contrario, a partir del estudio realizado en el contacto entre las mencionadas formaciones, se pudo determinar un paso transicional de la secuencia calcárea (Formación Morelos) hacia la secuencia clástica (Formación Mexcala). Aceptar para esta región la discordancia mencionada, implica aceptar eventos tectónicos diferentes a los que realmente pudieron ocurrir: esto es, durante algún momento del depósito de la

secuencia calcárea la región fue levantada, erosionada y vuelta a sumergir, proceso que para esta área no es aceptable.

Durante el Cenomaniano Tardío, en casi toda la Cuenca ocurre una profundización, observable en toda la zona, pero no de manera clara en el oriente, así la plataforma restringida que hasta entonces existía cambia a una plataforma de rampa para el Turoniano (González-Pacheco, 1988).

Durante el Turoniano se inicia, al occidente del trend arrecifal, el depósito de sedimentos de cuenca (Ortega-González, 1987), mientras que al oriente de la región se desarrollaron las secuencias deltaicas dominadas por corrientes (González-Pacheco, 1988) presentes en el miembro somero de la Formación Mexcala. Posteriormente, los sedimentos de cuenca progredan hacia el oriente, cubriendo la zona al menos hasta el Coniaciano, no obstante se han reportado edades más jóvenes para la porción oriental, como las de Alencaster (1980) que encuentra fósiles del Maastrichtiano en Temalac y Papatlula; y Fries (1960) que reporta fauna del Paleoceno.

Posterior al depósito de la Formación Mexcala la región sufre de Formaciones tectónicas que provocan la exposición de la secuencia cretácica, la cual es sometida a un fuerte período de erosión. Este período de erosión es el que aporta el sedimento necesario para que ocurra el depósito continental de la Formación Balsas, de manera discordante sobre la Formación Mexcala. Los depósitos conglomeráticos calcáreos de la Formación Balsas, se depositan en sistemas aluviales y fluviales, y localmente como sistemas lacustres. Ortega-Gutiérrez (1980) propone el nombre de Formación Tetelcingo (Maastrichtiano) a las rocas andesíticas y basálticas, que originalmente se habían tomado como parte de la base del Grupo Balsas.

A los sedimentos de la Formación Balsas, de Cserna y colaboradores (1980), los asociaron a la formación de grabens y horst, y al respectivo desarrollo de cuencas endorreicas. Por su parte González-Pacheco (1988 y 1991) los asocia a los frentes de cabalgaduras que se presentan en el norte del estado de Guerrero.

La actividad tectónica durante el Oligoceno (Fries, 1960), continúa su desarrollo provocando el emplazamiento de todos los productos ígneos de composición ácida de la Riolita Tilzapotla.

Bajo un período de relativa estabilidad, durante el Mioceno, se desarrollan pequeñas cuencas lacustres, en donde se depositan los sedimentos de las Formación Oapan.

Un posible período final de actividad tectónica se desarrolló, presentándose el emplazamiento de la Andesita Buenavista sobre la Formación Oapan (González-Pacheco, 1988).

Hacia el norte todos estos sedimentos van siendo cubiertos por los productos volcánicos y lacustres Terciarios y del Eje Neovolcánico; mientras que hacia el sur predominan los sedimentos aluviales y fluviales cuaternarios.

IV.- ESTRATIGRAFIA

El estudio estratigráfico de las unidades que se depositan durante el cretácico requirió de ciertas consideraciones: tradicionalmente (el grupo encabezado por Fries y de Cserna) se ha manejado la idea de la existencia de una discordancia, entre las Formaciones Morelos (Albiano-Cenomaniano) y Cuautla (Cenomaniano Tardío-Turoniano Tardío), que separa al Cretácico Inferior del Superior, sin embargo en este estudio se ha podido confirmar que no existen ni la Formación Cuautla ni la mencionada discordancia, que en realidad toda la secuencia carbonatada pasa transicionalmente a la secuencia terrígena. Lo cual nos lleva a situar temporalmente a la Formación Morelos dentro del Cretácico Medio (Albiano-Cenomaniano), sin que ello implique la modificación o ignorancia de la división bipartita que se hace del Cretácico.

IV.1.- Sistema Cretácico

-Formación Huitzoco. Fries (1960), de Cserna (1980).

Fries (1960) originalmente describe esta unidad como el miembro inferior de la Formación Morelos. Este miembro es descrito como una anhidrita laminada de color blanco a gris oscuro, concordante bajo el miembro superior carbonatado.

Por su parte, de Cserna y colaboradores (1980, p. 20) le asignan de manera formal el nombre de Formación Huitzoco, tomando como base su distribución en los alrededores del poblado del mismo nombre, en el estado de Guerrero. Hacen la siguiente descripción: "La Anhidrita Huitzoco consiste esencialmente de anhidrita, que en los afloramientos ya intemperizados se presenta como yeso. En afloramientos frescos, la roca es de color blanco y muestra muy a menudo bandeamiento gris oscuro que se debe a la presencia de materia orgánica distribuida a lo largo de delgadas láminas.". Y la consideran como una secuencia evaporítica lagunar interdigitada lateralmente, hacia el oriente de la Cuenca Guerrero-Morelos, con la Formación Zicapa y la Formación Morelos, y hacia el occidente tiene como barrera al arrecife de Ixcateopan.

Sin embargo, de Cserna (op. cit.), observa que el contacto entre la Formación Morelos y la Anhidrita Huitzoco se presenta como un contacto estructural, por lo cual no puede observar ni la cima ni la base de esta Formación.

Fig. 5.- Diapiro de la Formación Huitzoco intrusionando a la Formación Mexcala.

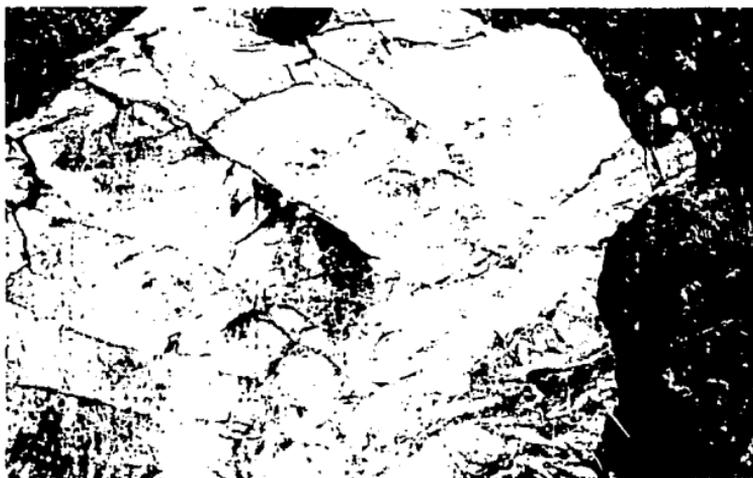


En el área de estudio se pudo observar que la mayoría de los afloramientos de la Formación Huitzoco son domos diapíricos (Fig. 5) y únicamente, en la región de Tlapala y al oriente de Apipilulco, se presentan algunos bloques en posición normal. La Formación Huitzoco se encuentra, en las mencionadas localidades como interstratificaciones de evaporitas, carpetas de algas con precipitaciones de cristales de yeso entre ellas: carbonatos con laminaciones de fragmentos de moluscos, además de lentes y capas de dolomita (Fig. 6). En Tlapala presenta estructuras enterolíticas, nodulares, de entrejado de gallinero y teepee (Fig. 7a y 7b). Las carpetas de algas y evaporitas ocasionalmente son reemplazadas por sílice. Por las características citadas, y al menos en las dos localidades anteriores, el ambiente de depósito debió ser el de un sabkha marino con conexión al mar, y no el lagunar como se le había interpretado.

Tomando como base las relaciones estratigráficas de esta formación, que sobryace a la Formación Xochicalco y subyace a la Formación Morelos, de Cserna (1980) le asigno una edad Aptiano-Albiano Temprano.

Fig. 6.- Nodulos y bandas de evaporitas interestratificados con carbonatos.





a



b

Fig. 7.- Formación Huitzaco.
a) Afloramiento de evaporitas en donde se observan estructuras enterolíticas y de flujo.
b) Estructuras iceppce.

-Formación Morelos. Fries (1960).

Este nombre es propuesto por Fries (1960) para una sucesión de calizas y dolomías (Fig. 8), que presentan nódulos y lentes de pedernal, y fósiles silicificados, así como un bajo contenido de arcilla; con colores gris arenoso y negro, y espesores de estratos de 20 a 60 cm. Muestra intervalos en los que abundan los miliólidos, de donde se le ha dado en llamar también "miliólidita". El ambiente que se le ha asignado es el de una plataforma de aguas someras y tibias.

Fig. 8.- Aspecto general de la Formación Morelos.



Los espesores reportados en área de estudio, van desde 400 m hasta 700 m. Seijas-Iribarren (1965) estimó un espesor aproximado de 700 m para la región de Coacoyula; Crespo-Hernández (1963), calculó un espesor no mayor a 450 m en la región de Mayanacán; mientras que Bolívar (1963) estimó 500 m, y finalmente de Cserna y colaboradores (1980) proponen un espesor que varía de 200 a 600 m.

Ninguno de los autores mencionados observaron el contacto entre esta formación y la Anhidrita Huitzoco, no obstante lo consideran un contacto normal y transicional.

Por otro lado, la relación que consideraron Fries (1960), de Cserna (1980), y la mayoría de los autores, para el contacto Morelos-Cuautla es la de un contacto por discordancia erosional (Tabla 2).

Por su parte, Seijas-Iribarren (1965) encontró en la región de Coacoyula, sobre la Formación Morelos un conjunto de calizas de estratificación delgada, al cual decide tomar como un miembro de la Formación Mexcala, y aunque acepta la existencia de una discordancia entre las Formaciones Morelos y Cuautla, no la puede observar de manera clara, pero sí nota que la formación que sobreyace a la Formación Morelos es la Formación Mexcala de manera concordante.

ERA-TIEMPO	SISTEMA	SERIE	De Coahuila y Tlaxcala, 1981			Frijoles, 1964		Frijoles, 1960		Holliver, 1963		GONZALEZ-PACHECO, 1986	
			PIEDS EUROPEOS	NOJA TAXCO	NOJA CUERNAVACA	CUERNAVACA NOROCCIDENTAL	MITZUCCO	ATEMANCO DEL TIO					
CENOZOICO	QUATERNARIO	NEOLOCENO		Altiplano Basáltico y Cuarcita	Cpo. Chichinaustein	Aluviación	Aluviación	Aluviación					
		PLEISTOCENO	Zinacantan	Chichinaustein	Cuarnevaca	F. Cuernavaca	F. Cuernavaca					Andesita Buenavista	
		PLIOCENO	Andesita basáltica	Andesita Buenavista	Andesita Cuernavaca	Andesita Cuernavaca	F. Cuernavaca					"Clásticas Continentales"	
		MIOCENO	Toba y Lebar		Tepalcates	Ammoniacal y Volcánica		Grupo Buenavista		Grupo Buenavista	Bocas volcánicas efímeras		F. Gapan
		OLOCENO		Biolita Tlaxapoteca		Biolita Tlaxapoteca	F. Tlaxcala	B. Tlaxapoteca	B. Tlaxapoteca	Biolita Tlaxapoteca			Biolita Tlaxapoteca
		EOCENO						Grupo Balsas	Grupo Balsas				F. Balsas
		PALEOCENO		F. Balsas		F. Balsas							
MESOZOICO	CRETÁCICO	MAASTRICHTIANO										F. Mexcala	
		CAMPANIANO										"M. Profundo"	
		SANTONIANO			F. Mexcala	F. Mexcala	F. Mexcala	F. Mexcala	F. Mexcala				
		TURONIANO			F. Cuernavaca	F. Cuernavaca	Cuauclilla	F. Cuernavaca				"M. Somero"	
		CONIACIANO											
		ALBIANO	F. Amatepec	F. Morelos	F. Morelos	F. Morelos	F. Morelos	F. Morelos				F. Morelos	
JURÁSICO	SUPERIOR	APTIANO			2	2	1	2				Andesita Huixtla	
		KIDOCANIANO	F. Acuitlapán						Xochicalco/Acuitlapán				
									Acahuiztlan				
TRIASICO													
PALEOZOICO	SUPERIOR											1 - F. Xochicalco	
												2 - Andesita Huixtla	
												3 - Grupo Istilico	
MEDIO												4 - Andesita Popocatepetl	
												5 - F. Tlaxcac	

Tabla 2.- Correlación Cronostratigráfica.

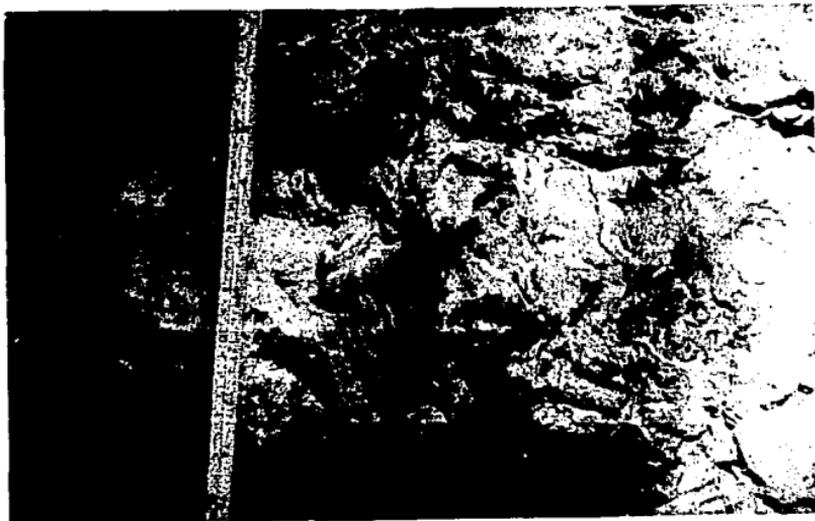
En el presente estudio se ha observado, al oriente de Apipilulco, la base de la Formación Morelos en contacto normal con la Anhidrita Huitzuco, y no se ha podido observar el contacto discordante entre esta formación y la Formación Cuautla.

Las rocas carbonatadas de la Formación Morelos en esta área de estudio se presentan en facies de plataforma interna a media con circulación abierta en la porción central, donde se desarrollan parches de rudistas y gasterópodos (Fig. 9 y 10), acumulaciones de arenas postarrecifales (Fig. 11), secuencias de depósitos de tormenta; en su cima secuencias de bancos de arenas calcáreas y oolíticas (secciones Sasamulco, Las Tunas y Tetelilla) que pasan a los flujos turbidíticos y de cuenca media de la Formación Mexcala. También presenta zonas de intermarea con desarrollos de carpetas de algas y brechas carbonatadas interestratificadas (depósitos de tormenta), estructuras tecpeec, nódulos de evaporitas (Fig. 12), canales, horizontes arcillosos con orbitolinas (sección Xonacatla) y secuencias con bioturbación dolomitizada, laminaciones paralelas y cruzadas y estructuras en flama (sección Cococingo). (Fig. 13).

El espesor máximo medido, se obtuvo en la sección Xonacatla y fue de 1248.44 m y el mínimo de 76.59 en la sección Tetelilla.

La edad que tiene asignada esta Formación es Albiano-Cenomaniano, aunque puede alcanzar el Aptiano (González-Pacheco, 1991) en las porciones occidentales de la Cuenca.

Fig. 19.- Cabalgamiento de la Formación Morelos (bloque II) sobre la Formación Mexcala (bloque I) en Tototla, al sur de Tetelilla.



-Formación Cuautla. Fries (1960, p. 60).

La Formación Cuautla es una secuencia de calizas de espesores medios, y menores que los que presenta la Formación Morelos. Su color varía de gris claro a oscuro e incluso negro.

A esta Formación Fries (1960) le asigna tres facies, que son:

- 1) Caliza del tipo "Bahamita".
- 2) Una caliza laminada de estratificación delgada a mediana.
- 3) Una sucesión muy delgada de capas de calizas clásticas de estratificación delgada a mediana.

Fries (1960) mencionó, para el área del presente estudio, lo siguiente: "...una sucesión de calizas delgadas que se extienden hacia el sur de Iguala, y que hacia el sureste se continúa como una facies de banco calcáreo". El mismo autor asignó un contacto inferior con la Formación Morelos discordante de tipo erosional, mientras que su contacto superior con la Formación Mexcala como concordante.

Seijas-Iribarren (1965), menciona un miembro de la Formación Mexcala, el cual según él se parece a la facies de calizas delgadas y clásticas de la Formación Cuautla, no obstante la toma como un miembro de la Formación Mexcala.

Crespo-Hernández (1963) la reporta al sur de Alseseca, al occidente del poblado de Tetelilla, aflorando en los flancos de un anticlinal. Expresa que litológicamente es muy similar a la Formación Morelos, por lo que en ocasiones es difícil distinguir una de la otra. Ahí la observa en estratos de 40 cm hasta 1 m, con una textura de calcarenita y calcilimolita, la cual pasa a la facies bahamítica conforme sube

estratigráficamente. Según Crespo-Hernández (1963) el contacto inferior está dado por una discordancia paralela, la cual se hace angular hacia el oriente del afloramiento, mientras que su contacto superior con la Formación Mexcala es concordante. Le asigna un espesor aproximado de 200 m (en esta localidad se midió la sección Tetelilla, siendo en realidad la Formación Morelos la que aflora).

Fig. 10 - Crecimientos orgánicos de gasterópodos dentro de la Formación Morelos en la sección Tetelilla.



Con base en los estudios petrológicos y datos de campo, en el presente estudio, se prefiere excluir a la Formación Cuautla y considerar sólo a las Formaciones Morelos y Mexcala. Ya que se ha observado que toda la secuencia calcárea del Cretácico Medio (Formación Morelos) pasa transicionalmente a la secuencia terrígena del Cretácico Superior (Formación Mexcala), sin la presencia de alguna discordancia que las separe. (ver las secciones Las Tunas, Tetelilla y Acayahualco) (Fig. 14). Por lo cual no hay elementos estratigráficos para considerar su existencia dentro de esta zona de estudio.

La edad que se le ha asignado con base en su contenido faunístico y posición estratigráfica, es la de Cenomaniense Tardío-Turoniano Tardío.

Fig. 11.- Acumulación de arenas postarrecifales, nótese las laminaciones paralelas y cruzadas de bajo ángulo



-Formación Mexcala. Bohnenberger (1955), Fries (1960).

Este nombre se propuso a una secuencia clástica de areniscas, lutitas calcáreas y limolitas interestratificadas con algunos lentes de caliza clástica. Presenta una gran variación tanto lateral como vertical. Su parte basal por lo general es calcárea y consiste de calizas arcillosas o limolitas calcáreas, de color gris oscuro y estratos de 10 a 20 cm de espesor.

Su contacto inferior es transicional con la Formación Morelos y el superior discordante con la Formación Balsas.

González-Pacheco (1988), divide en dos miembros a los depósitos de la Formación Mexcala: un miembro deltaico que llama somero y uno de sedimentos turbidíticos, que le llama profundo, correspondiendo este último a la Formación Mexcala clásica de cuenca. Para esta área de estudio se hace la misma división, y se toma al miembro somero como una secuencia de plataforma clástico-carbonatada con influencia volcánica (sección Sasamulco). Y el segundo miembro se conserva para los sedimentos turbidíticos de cuenca (Fig. 15).

En el área de estudio, esta unidad litoestratigráfica es la de mayor distribución a lo largo de toda la parte central, dejando ver sólo las crestas de anticlinales de rocas calcáreas. En el nororiente se encuentra en contacto discordante bajo la Formación Balsas (3 km al norte de Santa Cruz), y en la parte centro oriental y sur oriental, en contacto tectónico bajo la Formación Morelos, formando ventanas estructurales en los poblados de Tototla, Zoquiapan-La Laguna y al occidente de Coccingo.

El espesor máximo medido fue de 723.41 m en la sección Tetelilla.

La edad que se le ha asignado es Turoniano-Maastrichtiano.

Fig. 12.- Nódulos evaporíticos en carpetas de algas, correspondientes a la base de la Formación Morelos (sección Xoncatla).



-Formación Tetelecingo, Ortega-Gutiérrez (1980).

Con este nombre se le designa a una secuencia volcánica del Maastrichtiano, la cual consiste:

- a) De tobas y brechas.
- b) Lavas y brechas
- c) Brechas piroclásticas.

con un espesor mínimo de 400 m.

La base tobácea está compuesta por cenizas y lapilli, que contienen liticos (?) alterados ricos en biotita, así como plagioclasas. La coloración adquirida por las tobas varía de rosa a verde.

Las brechas piroclásticas se presentan en estratos que van de gruesos a masivos. Los fragmentos que las componen son liticos angulares de andesita o dacita gris porfídica de biotita y hornblenda. Se cree que el cuerpo originalmente descrito en las cercanías del pueblo de Tetelecingo es un lahar.

Esta formación fue fechada por métodos isotópicos (K-Ar), obteniéndose una edad de 68.8 ± 2.4 Ma. y de 66 ± 2.3 Ma., que corresponde al Maastrichtiano.

La presencia de esta secuencia volcánica representa un período de vulcanismo ocurrido durante el Cretácico Tardío, cuando la Orogenia Laramide había cesado y la región se encontraba emergida.

Esta Formación sobreyace discordantemente a la Formación Mexcala. Su relación con la Formación Balsas se desconoce.

Fig. 13.- Acumulación de arenas calcáreas que presentan laminación cruzada y horizontes bioturbados dolomitizados.



En el área del presente estudio de Cserna y colaboradores (1980) cartografiaron esta formación al sur y noroeste de Mayanalan

Por otra parte, se han observado sobre la vereda que sale de Mayanalan hacia Tetelilla, y sobre la Formación Mexcala, en clara discordancia angular, flujos basálticos y cenizas volcánicas las cuales pudieran pertenecer a esta formación

Como se pudo observar en los párrafos anteriores, las unidades cretácicas pasan transicionalmente una a la otra, esto se muestra en la Tabla 3, sin existir realmente una interrupción estratigráfica entre algunas de ellas..

Fig. 14.- Contacto transicional entre la Formación Morelos (en la base de la fotografía) y la Formación Mexcala, al sur del poblado de Las Tunas (sección Las Tunas).



Como se pudo notar en los párrafos anteriores, todas las unidades cretácicas pasan transicionalmente una a la otra, como se muestra en la Tabla 3.

IV.2.- Sistema Terciario

-Formación Balsas, Fries (1960, p. 91)

Fries (1960) describió originalmente de manera formal a la Formación Balsas como un grupo donde incluye toda una variedad litológica: yesos, calizas lincustres, conglomerados calizos, conglomerados volcánicos, areniscas tobáceas, limolita tobácea y arcillitas, brechas, tobas volcánicas y corrientes lávicas interestratificadas.

Bolivar (1963), describió la existencia de dos facies en esta formación al norte de Mayanlán: una, compuesta por conglomerados calcáreos, contenidos en una matriz areno-arcillosa fuertemente cementada; y una segunda formada por limolitas, areniscas y conglomerados, que presentan poca consolidación; así mismo los clastos de esta segunda facies van desde fragmentos provenientes de la Formación Mexcala y calcáreos, hasta fragmentos de rocas ígneas de origen volcánico.

Tabla 3.- Tabla cronoestratigráfica para el área de Santa Teresa, Edo. de Guerrero, y zonas colindantes.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISOS EUROPEOS	ESTE ESTUDIO	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno		ALAJION	
		Pleistoceno			
	Terciario	Plioceno			ANDESITA BUENAVISTA
					CLASTICOS CONTINENTALIS
		Mioceno			F. OAPAN
					ATOLIVA TILAPOTLA
		Oligoceno			
Eoceno			F. BALSAS		
PALEOCENO					
MESOZOICO	SUPERIOR		MARSTRICHTIANO	F. MEXCALA	
			CAMPANIANO		
			SANTONIANO		
			CONIACIANO		
			TURONIANO		
	MEDIO		CEIONANIANO	F. MORELOS	
			ALBIANO		
	INFERIOR		APTIANO	F. CHILACA-CHAPA	
			NEOCONTIANO	F. HUITRUCO	
				F. SICAPA	

Fig. 15.- Secuencia turbidítica perteneciente al miembro profundo de la Formación Mexcala clásica.



Posteriormente, de Cserna y colaboradores (1980, p. 23) la describieron como una unidad consistente de depósitos continentales, formados por conglomerados calizos, arcosas, areniscas y limolitas que sobreyacen concordantes a la Formación Tetelcingo, y discordantes a las Formaciones Mexcala, Cuauila y Morelos.

En diversas localidades como Santa María Coetzala se observa basculada, mostrando facies fluviales y aluviales. La matriz del conglomerado está formada por limo y arena y cementada por carbonato de calcio. (Fig. 16).

Su espesor completo no ha sido medido y muestra ciertas variaciones. Hacia Tuzantlán Dávila-Alcocer (1974), observo un espesor máximo de 150 m, mientras que Fries (1960) calcula en el estado de Morelos un espesor de 500 m. Crespo-Hernández (1965) considero un espesor mayor a 2000 m al sur de Xaltila. Por su parte Seijas-Iribarren (1965) le asigna un espesor máximo de 500 m y un mínimo de 50 m en Coacoquila de Alvarez.

Dentro del área de estudio se encontró al sur y norte de Mayanalán, al sur de Acayahuaco y al norte de Santa Cruz (Fig. 17). En esta última localidad se presenta como un conglomerado compuesto por clastos de rocas calcáreas y calcareo-arcillosas, contenidas en una matriz areno-arcillosa, en conjunto, se presentan cementadas por carbonato de calcio. Estas descansan en discordancia angular sobre la Formación Mexcala.

La edad que Fries (1960) le asigno, con base en su posición estratigráfica, fue la de Eoceno Tardío-Oligoceno Medio; mientras que de Cserna (op. cit.) con base en la datación de la Formación Tetelcingo que le subyace, modifica la edad asignándole la de Paleoceno-Oligoceno.



Fig. 16. - Conglomerados aluviales de la Formación. Balsas en el área de Santa María Coetzala (arriba).

Fig. 17.- Canales fluviales de la Formación. Balsas entre Mayanalan y Santa Cruz, dentro de la región de Sta Teresa (a la derecha).



-Riolita Tilzapotla. Fries (1960, p. 104).

Este nombre fué asignado por Fries (1960), para una secuencia de brechas tobáceas de composición riolítica, que aflora extensamente en las cercanías del poblado de Tilzapotla, estado de Morelos.

Por su parte, Seijas-Iribarren (1965) describió una secuencia de derrames lávicos, tobas, areniscas tobáceas y pequeños lentes de pumicita de composición riolítica, la cual propone de manera informal como Formación Coacoyula asignándole una edad Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano. Aunque en realidad en este estudio se observó que la secuencia forma parte de la Riolita Tilzapotla.

Bolívar (1963) observa a la Riolita Tilzapotla como tobas y riolitas entre los poblados de Pololcingo, Tlapala y Santa Cruz, mientras que en el Cerro Pelón al norte de Mayanálán se observa descansar a ésta de manera concordante sobre la Formación Balsas.

En el área de estudio se le ha encontrado entre Mayanálán y Santa Cruz, extendiéndose por toda la esquina nororiental y suroccidental de la zona. En el pueblo de Cacahuanché se ha observado como una brecha tobácea rojiza, y al noroeste de Xilocinila se presenta como una toba blanca. Entre Cacahuanché y Rincón Chiquito se muestra como un cuerpo intrusivo de naturaleza riolítica, el cual es realmente un cuello volcánico.

Esta formación también se distribuye en toda la esquina suroriental del área de estudio, como depósitos de arenas tobáceas de color verde.

La edad que se le ha asignado a la secuencia es de 26 Ma que corresponde al Oligoceno-Mioceno.

-Formación Oapan. Bohnenberger (1955), Nájera-Garza (1965).

Bohnenberger (1955) describe una secuencia lacustre, al sur del poblado de Sabana Grande compuesta por margas, calizas y cenizas volcánicas. Su coloración varía de gris a pardo claro, los espesores de los estratos varían de 5 a 10 cm, alcanzando incluso los 70 cm. Toda la secuencia está plegada formando un anticlinal.

Su contacto inferior es discordante con las Formaciones Mexcala, Balsas y la Riolita Tilzapotla, mientras que su contacto superior pasa a una secuencia compuesta por gravas ("Clásticos Continentales").

Su afloramiento en el área de estudio es de manera local. Al sur de Sabana Grande, entre el kilómetro 191 y 194, alcanza un espesor máximo de 105 m. La secuencia presenta ostrácodos, *Cypris* sp. y *Condonia* sp. *Planorbis* sp., oogonios de *Chara*, ostrácoda sp. y globotruncana (Bohnenberger, 1955). Con base en este contenido faunístico se le asignó una edad Mioceno, pero posteriormente Seijas-Iribarren (1965) le amplía el rango a Mioceno Tardío-Plioceno Temprano.

-"Clásticos Continentales". González-Pacheco (1988).

Informalmente González-Pacheco (1988) nombra a una secuencia de conglomerados y areniscas que afloran en los alrededores de Atenango del Río como "Clásticos Continentales". El aspecto que presenta esta secuencia es muy similar a la presentada por la Formación Balsas, diferenciándose una de la otra por ser la primera, menos consolidada y contener clastos de la Riolita Tilzapotla. Con base en sus características litológicas le asignó un origen fluvial y aluvial asociado a movimientos tectónicos terciarios, expresados por corrimientos laterales a lo largo de los cuales aflora esta secuencia.

Esta unidad descansa discordante sobre la Formación Oapan o sobre la Riolita Tilzapotla, y es cubierta por lahares de la andesita Bucnavista.

La presencia de esta secuencia muestra condiciones ambientales y tectónicas que no habían sido observadas con anterioridad en la región. Su presencia indica que después de un período de calma, durante el cual se forman pequeños lagos (Fm. Oapan), ocurre un período de actividad tectónica que provoca la erosión de las secuencias lacustres, dando como resultado el depósito de una secuencia conglomerática (González-Pacheco, 1988).

En los alrededores de la Cd. de Iguala y de Mayanlán, al norte y centro respectivamente del área de estudio, se ha observado una secuencia de sedimentos lacustres compuestos por conglomerados, areniscas y limolitas, con poca consolidación. El color que los caracteriza es un pardo rojizo intenso. Esta secuencia esta emplazada sobre fallas de desplazamiento lateral. Se recolectaron dientes de Equus condorsidens (Hernández-Reyes, 1989) que indican una edad de Pleistoceno. Esta secuencia parece ser otra de las expresiones de los llamados "Clásticos Continentales". Los afloramientos de la secuencia se extienden por los poblados de Santa Teresa y Acayahualco.

Una secuencia similar a la descrita por González-Pacheco *op. cit.* en Atenago del Río, se distribuye en los valles ubicados entre los poblados de Apipulco y Coacoyula, y entre Sasamulco y Venta de Palula, así como entre Xalila y Ahuelican.

La edad que se le ha asignado con base en su posición estratigráfica es Mioceno-Plioceno, aunque podría alcanzar el Pleistoceno.

-Andesita Bucevista. Fries (1960).

Originalmente propuesta por Fries (1960) como un grupo en el que se incluyeron corrientes de lava, brechas y tobas de composición andesítica, presentando una variación de basalto a dacita e incluso a Riolita.

En Atenago del Río su presencia es como lahares fríos de composición andesítica (González-Pacheco, 1988).

Esta secuencia aflora dentro de la zona de estudio entre Lagunillas y Cacahuatanche; al sur de Mayanlán; en los alrededores de Santa Teresa; en Ahuelican y Coacoyula de Alvarez.

La edad que se le ha asignado es del Mioceno, sin embargo, las relaciones encontradas hacia Atenago del Río por González-Pacheco (1988), muestran que puede ser factible una modificación de su edad, con base en su posición concordante sobre los llamados "Clásticos Continentales" del Mioceno-Pleistoceno, por lo cual su edad debe ser posterior al menos al Mioceno.

V.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El estudio estratigráfico requirió detallar las condiciones estructurales de la región, por lo cual inicialmente se construyó un mapa geológico base por medio de fotogeología, afinado y modificado con revisiones de campo (ver mapa geológico y estructural). De este estudio se obtuvo una visión más amplia de los eventos tectónicos que afectaron a la Cuenca Guerrero-Morelos.

En la región afloran principalmente rocas del Cretácico Inferior, Medio y Superior, representadas por la Formaciones Huitzuco, Morelos y Mexcala, respectivamente. La Formación Mexcala es la de mayor distribución, dejando aflorar sólo las crestas de grandes anticlinales de la Formación Morelos y los diapiros de la Formación Huitzuco. Estas Formaciones presentan características plásticas diferentes, lo cual ha provocado que un mismo evento tectónico se exprese de diferente manera en cada una. La Formación Huitzuco presenta la mayor plasticidad de todas, lo que provoca que se encuentre intrusionando a toda la secuencia carbonatada y terrígena que le sobryace. La Formación Mexcala, mecánicamente incompetente, presenta toda una serie de plegamientos simétricos, asimétricos, recostados, etc... de poca longitud, descansando sobre los grandes y amplios plegamientos de carácter regional de la Formación Morelos, compuesta de rocas calcáreas con una deformación homogénea (grandes estructuras anticlinales y sinclinales simétricos).

V.1.- Descripción de pliegues

La Formación Huitzuco formada por evaporitas aflora al oriente de Apipilulco en una etapa inicial de intrusión en la Formación Morelos, desarrollando una estructura dómica en una etapa temprana de rompimiento. El mencionado contacto entre ambas formaciones es normal en algunas partes de la estructura.

La Formación Morelos estructuralmente desarrolla una serie de anticlinales y sinclinales; al poniente de la región se presenta el anticlinal de mayor en extensión en esta zona, que se extiende desde el norte de Coacoyula de Alvarez hasta el norte del poblado de Sasamulco, en donde es truncado por fallamiento lateral. En otras zonas sólo afloran los flancos de los anticlinales, con extensiones muy locales (Las Tunas, sur de Sabana Grande, Sur de Coacoyula de Alvarez, suroccidente de Tetelilla y norte de Ahuelican). Los ejes zigzageantes de los anticlinales y sinclinales tienen una orientación con tendencia norte-sur, por lo que los esfuerzos compresionales actuaron con ciertas variaciones, en sentido este-oeste.

La Formación Mexcala es controlable estructuralmente sólo en su base, ya que conforme se aleja de ella, se presenta como pliegues pequeños generalmente cerrados y asimétricos recostados, que no se pueden controlar estratigráficamente (Fig. 18). Estos pliegues sólo son controlables en los lugares donde sus características litológicas más consistentes lo permiten. La tendencia estructural que presenta esta Formación siempre sigue los patrones establecidos por las estructuras mayores de la Formación Morelos.

Los esfuerzos compresionales que originaron los plegamientos debieron estar actuando desde antes de finales del Cretácico, cuando la Formación Mexcala aún no terminaba su depósito y la zona empezaba a emerger.

V.2.- Descripción de fallas inversas

Toda el área de estudio es considerada una gran ventana estructural. La región presenta un conjunto de napas, las cuales tienen su mayor extensión en el sureste y suroeste de la zona (Fig. 19). De estas condiciones estructurales se han podido diferenciar tres bloques estructurales apilados uno sobre el otro:

Bloque 1.- Es el más inferior y es considerado el autóctono. Está compuesto por la secuencia plegada de las Formaciones Huitzuco, Morelos y Mexcala.

Bloque II.- Primer bloque alóctono, que descansa sobre el bloque I por medio de un plano de cabalgadura casi horizontal entre las cotas 1000 y 1100 s.n.m.. Este bloque se encuentra plegado y litológicamente está formado por las rocas calcáreas de la Formación Morelos y remanentes de la Fm. Mexcala. Su principal distribución es al sureste de la zona, donde se forman las ventanas estructurales de Cococingo, Zoquiapan-La Laguna y Tototla, aquí la secuencia calcárea del Cretácico Inferior cabalga sobre la secuencia clásica del Cretácico Superior. Este bloque también se encuentra al oeste de la zona entre Coacoyula de Alvarez y Xonacalla, donde cabalga sobre el contacto entre las Formaciones Morelos y Mexcala.

Bloque III.- segundo bloque alóctono, estructuralmente es el más superior y descansa sobre el bloque II por medio de un plano casi horizontal de cabalgadura entre las cotas 1400 y 1500 m.s.n.m.. Este bloque se presenta plegado y sólo se encuentra al oriente del área (sur de Cococingo) donde la Formación Morelos cabalga a la Formación Mexcala.

Los esfuerzos compresivos que deformaron la carpeta sedimentaria desde finales del Cretácico, debieron evolucionar probablemente para principios del Terciario provocando el rompimiento de ésta y su posterior cabalgamiento. (Fig. 19).

V.3.- Descripción de fallas de desplazamiento lateral y verticales

El segundo evento estructural importante es el fallamiento de desplazamiento lateral (Crowell, 1974).

En toda el área se presentan fallamientos laterales de carácter izquierdo, principalmente con orientación NW-SE, y otro conjunto más antiguo que es cortado por el primero con orientación NE-SW.

El fallamiento izquierdo con orientación NW-SE, desplaza tanto a las trazas de los ejes anticlinales del Bloque I, como a las del fallamiento lateral NE-SW y las de los planos de cabalgamiento, llegando incluso a formar fuertes depresiones entre los poblados de Sabana Grande y Tonalapa del Sur, y entre Coacoyula de Alvarez y Xonacalla, debido a la componente vertical que llega a presentar este fallamiento.

Las fallas normales en la región sólo afloran localmente y están asociadas a un período de relajamiento de los esfuerzos en toda la región. Presentan orientaciones NE-SW.

Resumiendo, la región después del Cenomaniano comienza a ser afectada por esfuerzos compresionales de orientación variable E-W, que originan que la secuencia calcárea inicie su plegamiento continuando así hasta finales del Cretácico, cuando los esfuerzos compresionales ya han ganado terreno (Buyer Elliot, 1982) a la deformación, provocando un cabalgamiento gradual bloque sobre bloque (Fig. 19), que probablemente inicia bajo condiciones acuosas. Quizás de manera simultánea en la etapa tardía de cabalgamiento comienza, durante el Terciario, a desarrollarse el desplazamiento lateral (Reading, 1980), que predominará después de haber cesado el cabalgamiento, desplazando los ejes anticlinales y todos los bloques cabalgados. Esto origina la apertura de pequeñas cuencas locales en donde se forman lagos de poca extensión (Formación Oapan, al sur de Sabana Grande). Posteriormente con el cese de los esfuerzos se desarrollan los fallamientos verticales.

Fig. 18.- Plicue que muestra la intensa deformación que presenta comunmente la Formación Mexcala.

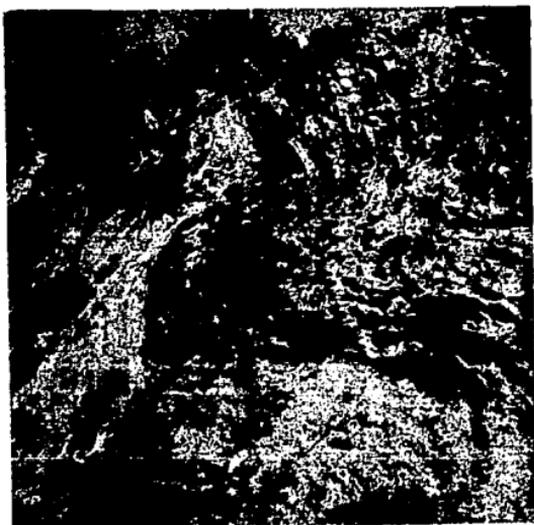
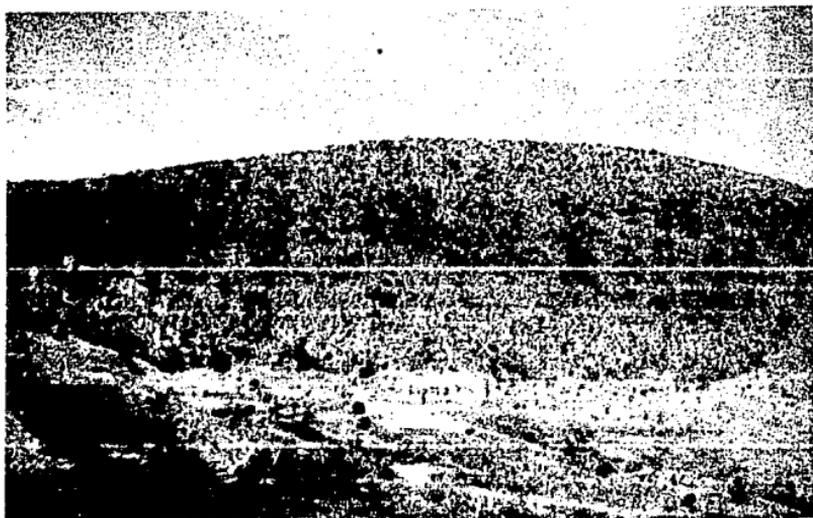


Fig. 19.- Cabalgamiento de la Formación Morelos (bloque II) sobre la Formación Mexcala (bloque I) en Tototla, al sur de Tetzihlla.



VI.- ANALISIS PALEOAMBIENTAL

VI.1.- Litofacies y su interpretación paleoambiental.

Para el estudio de las secciones medidas que se utilizaron en este trabajo, se contó con datos de carácter litológico (ver Anexo IX.1). A partir de estos datos se obtuvieron diversas litofacies que contienen una descripción estratigráfica y petrográfica del intervalo (Bathurst 1979; Blait, Middleton y Murray 1980; Flügel 1982; Folk 1974; Friedman y Sanders 1978; Tucker y Wright; Tucker 1991; Vera-Ocampo y Torres-Rodríguez 1987), su distribución dentro de las diferentes secciones medidas y la interpretación ambiental de las mismas (Brian y Dixon 1976; Brookfield y Brett 1988; Calvin 1980; Gawthorpe 1986; Jenkyns 1991; Hamblin y Walker 1979; Kreisa 1981; Kumar y Sanders 1976; Read 1982 y 1985; Mazzulo y Friedman 1975; Shanmugan y Moila 1991; Reading 1978 y 1986; Scholle y Spearing (editores) 1982; Scholle, Debout y Moore (editores) 1983; Walker (editor) 1979 y 1984; Wilson 1974).

De este análisis se obtuvieron 16 litofacies y 11 ambientes de depósito (pie de talud en plataforma de rampa, postarrecife, barras de arenas carbonatadas, depósitos de tormenta - en aguas someras e intermarca-, plataforma interna, plataforma media, plataforma externa, plataforma clástico-carbonatada externa e interna, sabkha - intermarca y supramarca-, y cuenca) (Figs. 20 a la 25).

LITOFACIES "L1"

DESCRIPCION. Esta litofacies presenta las texturas packstone y grainstone de intraclastos y bioclastos, con variaciones a grainstone de oolitas e intraclastos, grainstone-packstone de peloides y rudstone de fragmentos de moluscos. Los estratos son de color gris que varían en las tonalidades claras y oscuras, y ocasionalmente son de color negro. Los estratos son tabulares con espesores que varían de 0,5 a 1,5 m. Las estructuras encontradas son estilolitas paralelas a la estratificación bien desarrolladas, en ocasiones perpendiculares a los estratos, y menos desarrolladas. La bioturbación es de gran tamaño. Las laminaciones paralelas y cruzadas de bioclastos caracterizan a esta litofacies. Existe gradación normal en la cima de los estratos. Los principales organismos son los fragmentos de moluscos, los foraminíferos bentónicos retrabajados, las placas de equinodermos y las valvas de ostrácodos, y en menor proporción los fragmentos de algas, y escasos fragmentos de corales. En el contacto Morelos-Mexcala se presenta una gran acumulación de fragmentos de moluscos (rudistas sobre gasterópodos) como organismos principales con globigerinidos retrabajados (Sección Las Tunas) y una gran abundancia de oolitas e intraclastos, mientras que fuera de éste se observa la predominancia de los intraclastos y peloides, cuarzo detrítico y los fragmentos de roca calcárea. Esta litofacies presenta un moderado contenido de arcilla.

DISTRIBUCION. La litofacies se presenta en las secciones Sasamulco, Tetelilla y Las Tunas. En las tres se ubica en el contacto Morelos-Mexcala, y fuera de él, en Sasamulco, se repite en la base y parte media de la sección, mientras que en Las Tunas sólo en su base.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Esta litofacies en el contacto Morelos-Mexcala y dentro de la secuencia calcárea desarrolla facies 3-4 de pie de talud en una plataforma de rampa con flujos de granos y acumulación mecánica de fragmentos de moluscos. Fuera del contacto y dentro de la Formación Morelos, esta litofacies presenta la facies 5 de arenas postarrecifales en una plataforma externa y la facies 6 de bancos de arenas oolíticas y bancos de arenas calcáreas.

LITOFACIES "L2"

DESCRIPCION. En esta litofacies se observa una variación textural según sea su posición estratigráfica en las diferentes secciones. Primeramente se presenta como un packstone de bioclastos e intraclastos arcilloso, esporádicamente como un packstone-wackestone de intraclastos y bioclastos arcilloso; y de manera local como un grainstone de intraclastos y bioclastos. Su segunda aparición es como un packstone y packstone-

wackestone de intraclastos y bioclastos arcillosos. Finalmente en la cima de la Formación Morelos se presenta como un packstone-wackestone y un packstone-grainstone de peloides y bioclastos arcillosos. El color que predomina es el gris oscuro y en menor proporción el gris claro, y de manera local es de color negro o crema. Los espesores de los estratos son muy contrastantes: de 15 a 30 cm (intervalos arcillosos) a espesores de 1 m (carbonatos masivos). Esta litofacies se caracteriza por presentar un arreglo caótico de sus partículas y un alto contenido de arcilla, así como una fuerte bioturbación. Presenta laminaciones paralelas. Localmente en la sección Las Tunas hay estructuras de deslizamiento y flujos de granos. En la sección Tetelilla se desarrollan las carpetas de algas. Estilolitas bien desarrolladas están presentes en toda la litofacies. Son abundantes las valvas de ostrácodos, los fragmentos de moluscos, los foraminíferos bentónicos y las algas; en menor proporción los globigerinidos y equinodermos y son escasos los calciesferúridos y los radiolarios. Existen intervalos dentro de la litofacies en los que hay ostrácodos, moluscos, foraminíferos bentónicos y globigerinidos, en conjunto retrabajados y en disposición caótica. Los intraclastos y peloides son comunes y escasos el cuarzo detrítico y las pelotas fecales.

Otra expresión de esta litofacies que merece ser descrita, por separado, es la que aparece de manera cíclica en la sección Xonacatlá. Consiste de una brecha de depósito soportada por partículas, con desarrollo de zonas con un cementante temprano y limo vadoso introducido. Los clastos de la brecha presentan tamaños en promedio de 8 cm, pero suelen presentarse también de 30 cm. El color varía de crema a rojo. Los estratos son tabulares y con espesores de 1 a 2 m. Se presentan estructuras de canal. Los clastos están compuestos por fragmentos de rocas calcáreas (calizas arcillosas y arcillo-carbonatadas), fragmentos de pedernal, de rocas volcánicas y de cuarzo. Las partículas son angulosas.

DISTRIBUCION. Está presente en las secciones Sasamulco, Tetelilla, Las Tunas y Xonacatlá dentro de la Formación Morelos

INTERPRETACION AMBIENTAL. Con base en la relación que guarda con las litofacies que le sobre y subyacen, a la textura con arreglo caótico, se le considera como depósitos de tormenta en una plataforma de aguas someras. Para el caso de la sección Xonacatlá como depósitos de tormenta en la zona de intermareas de una planicie evaporítica.

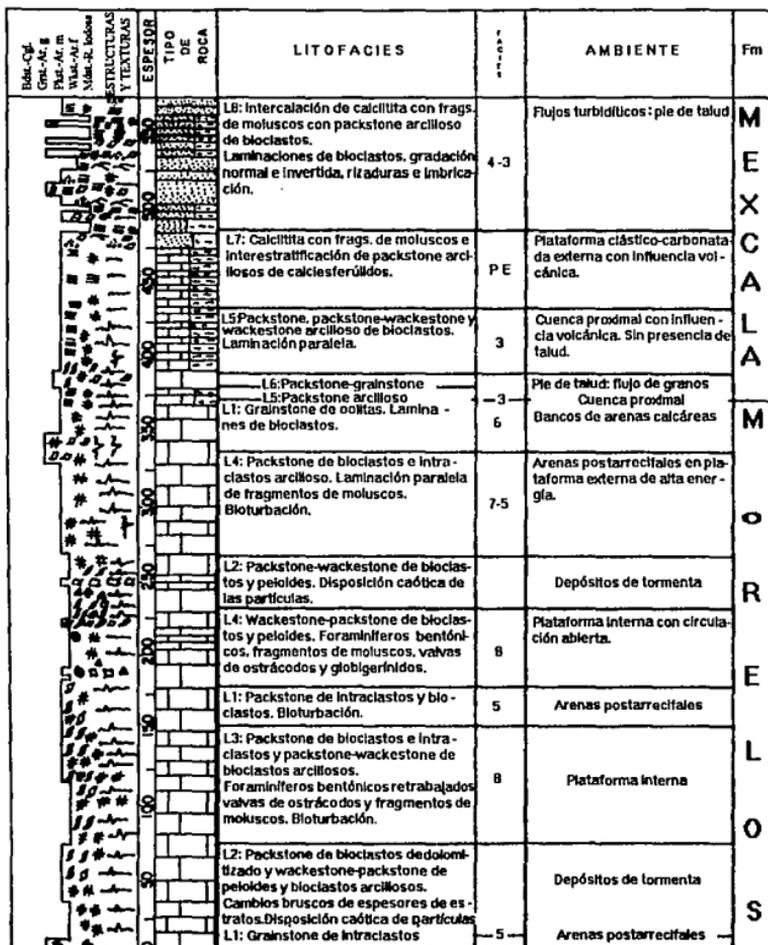
LITOFACIES "L3"

DESCRIPCION. Las texturas que presentan son packstone de bioclastos e intraclastos arcilloso que varían a wackestone-packstone de bioclastos arcilloso, con algunos intervalos dolomitizados. Su color es variable, generalmente se presenta un color gris oscuro o crema y en zonas bioturbadas un pardo rojizo. Los estratos tabulares varían en espesor de 1 a 1.2 m y en ocasiones 40 cm. Las estilolitas bien desarrolladas y la bioturbación moderadamente desarrollada presentan oxidación. Suelen encontrarse en la sección Tetelilla oquedades de disolución. Los principales organismos son los foraminíferos bentónicos retrabajados, las valvas de ostrácodos y los fragmentos de moluscos (rudistas sobre gasterópodos), y están presentes las placas de equinodermos y los fragmentos de algas. En la sección Las Tunas se presentan globigerinidos retrabajados. Los intraclastos y peloides son comunes y presentes las pelotas fecales con escaso cuarzo detrítico.

DISTRIBUCION. Esta litofacies se presenta en la parte media de las secciones Sasamulco y Las Tunas.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Ambientalmente va de una facies 8 de plataforma interna al oeste de la región (sección Sasamulco), a una facies 7 de plataforma media de aguas someras y circulación abierta en la parte central (sección Las Tunas).

Fig. 21.- Columna sintética de la sección Sasamulco.



LITOFACIES "L4"

DESCRIPCION. Las texturas de esta litofacies son los packstone de intraclastos y bioclastos arcillosos y los packstone-wackestone de intraclastos y bioclastos arcillosos, que varían en la sección Las Tunas a wackestone de bioclastos arcillosos y packstone-grainstone de intraclastos y bioclastos. Su color es gris oscuro con variaciones a gris claro. Los estratos tabulares tienen espesores variables, predominando los de 1 a 1.2 m y los de 40 a 60 cm y en menor proporción los de 10 a 30 cm. Las estructuras que caracterizan a la litofacies son las laminaciones paralelas de fragmentos de moluscos, la bioturbación y las estilolitas paralelas y perpendiculares a la estratificación. En la sección Las Tunas se presentan crecimientos orgánicos de rudistas (radiolíticos y monopléuridos). Los principales organismos que componen a la litofacies son los foraminíferos bentónicos (retrabajados y enteros) y los fragmentos de moluscos (rudistas y gasterópodos), y complementan las valvas de ostrácodos, las placas de equinodermos, los fragmentos de algas, las espculas de esponjas y los globigerinidos retrabajados. La mayoría de los organismos tienen testas silicificadas. Los intraclastos y los peloides son abundantes y secundarios el cuarzo detrítico y las pelotas fecales.

DISTRIBUCION. Se distribuye en las secciones Sasamulco y Las Tunas, dentro de la Formación Morelos.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Se repite cíclicamente dentro de la Formación Morelos y su primera aparición es al oeste de la región, como una facies 8 de plataforma interna que varía al este a una facies 7-5 de arenas postarrecifales, ambas con circulación abierta. La segunda y más joven aparición presenta en el oeste una Facies 7-5 de arenas postarrecifales en una plataforma externa de alta energía y varía en el oriente a una facies 7 de plataforma externa de aguas someras, ambas presentan una circulación abierta.

LITOFACIES "L5"

DESCRIPCION. Esta litofacies presenta las texturas de packstone arcilloso de bioclastos, packstone-wackestone y wackestone arcilloso de bioclastos. La lutita limosa es escasa. El color es gris oscuro y negro, con algunos intervalos de amarillo ocre, crema y pardo. Los estratos presentan espesores de 10 a 30 cm, ocasionalmente alcanzan 1 m. Las estructuras son laminaciones paralelas y en ocasiones cruzadas, así como estilolitas poco desarrolladas paralelas a los estratos, las perpendiculares son escasas. Los organismos encontrados son globigerinidos, calcisferulidos, en algunos intervalos radiolarios. Sólo están presentes los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos y algunos fragmentos de foraminíferos bentónicos. Se presentan peloides y fragmentos de roca calcárea. Los fragmentos de roca y/o vidrio volcánicos, y cenizas son característicos de los intervalos donde pasa esta litofacies de un ambiente de cuenca a la litofacies L7 de plataforma clástico-carbonatada.

DISTRIBUCION. Esta es la litofacies que mayor espesor y distribución alcanza, presentándose en las secciones Acayahualco, Sasamulco, Tetelilla y Las Tunas.

INTERPRETACION AMBIENTAL. El ambiente es de una facies 3 y localmente en la sección Las Tunas llega a facies 1, que corresponden a una cuenca proximal o borde de cuenca sin desarrollo de talud y a una cuenca distal respectivamente, ambas bajo la influencia cíclica de material volcánico.

Fig. 22.- Columna sintética de la sección Las Tunas

Bala-Cg4. Um.-Ar. g Plat.-Ar. m Wst.-Ar. f Mda.-R. Lodoa ESTRUCTURAS Y TEXTURAS	ESPESOR	TIPO DE ROCA	LITOFACIES	ZONAS	AMBIENTE	Fm
	400 350 300	L5: Packstone y wackestone arcilloso de foraminíferos planctónicos. Laminaciones paralelas y cruzadas. Fragmentos de rocas volcánicas.	3 2 3 3-4	3 2 3 3-4	Cuenca proximal que varía por intervalos a cuenca media	E
	350 300	L1: Grainstone y packstone L4: Wackestone y packstone-grainstone de intraclastos y bioclastos. Laminaciones. Bioturbación.	6 7 7-5 7	6 7 7-5 7	Bancos de arenas calcáreas Plataforma externa con circulación abierta	M
	300 250	L2: Packstone y wackestone de intraclastos y bioclastos arcilloso. Alto contenido de arcilla. Arreglo caótico de las partículas. Bioturbación.	7	7	Depósitos de tormenta	O
	250 200	L4: Wackestone y grainstone de intraclastos y bioclastos. Crecimientos orgánicos de rudistas (radiofóridos y monopleuridos)	7 7-5	7 7-5	Plataforma media a externa con circulación abierta.	R
	200 150	L3: Packstone de bioclastos e intraclastos arcilloso. Globigerínidos retrabajados. Bioturbación.	7	7	Plataforma media de aguas someras con circulación abierta	E
	150 100	L2: Grainstone, packstone y wackestone de bioclastos e intraclastos arcilloso. Cambio brusco de espesores de estratos. Bioturbación. Arreglo caótico de partículas. Ostrácodos, moluscos, globigerínidos y equinodermos.	7	7	Depósitos de tormenta	O
	100 50	L1: Packstone de intraclastos y bioclastos. Bioturbación. Gradaciones normales.	6	6	Depósitos de arenas postarrecifales	B

LITOFACIES "L6"

DESCRIPCION. Esta litofacies se presenta como una calcilita con fragmentos de moluscos, que varía a un packstone-grainstone de peloides y ooides. El color es gris claro y gris oscuro. Los espesores de los estratos tabulares varían de 20 cm a 1 m y presentan laminaciones paralelas de fragmentos de moluscos, así como bioturbación y estilolitas poco desarrolladas. Las calcilitas, presentan aporte de fragmentos de moluscos con algunos foraminíferos bentónicos y placas de equinodermos, mezclados con los fragmentos de roca calcárea y oolitas. Los packstone-grainstone, se componen de fragmentos de moluscos, algas, foraminíferos bentónicos y placas de equinodermos con escasos globigerinidos retrabajados, mezclados con oolitas, granos curvados y peloides.

DISTRIBUCION. Se presenta en las secciones Sasamulco y Tetelilla como un horizonte de poco espesor.

INTERPRETACION AMBIENTAL. La litofacies se interpretó como una facies 3-4 de flujo de granos en la parte externa de una plataforma de rampa.

LITOFACIES "L7"

DESCRIPCION. La textura que presenta es la de una calcilita con aporte de fragmentos de moluscos y un packstone arcilloso de calciesferúidos. El color es gris claro y oscuro al oriente de la región, al occidente es pardo rojizo o rojo. Los espesores son de 10 a 20 cm y en ocasiones alcanzan los 45 cm. En el occidente de la región se presentan laminaciones paralelas de bioclastos con gradaciones normales en la cima de los estratos e imbricación de fragmentos de moluscos. Al oriente presenta laminaciones paralelas y cruzadas, canales y estructuras de socavación. Esta litofacies en sus facies más profundas (occidente de la región) presenta globigerinidos, calciesferúidos, algas, fragmentos de moluscos, valvas de ostrácodos y foraminíferos bentónicos; mientras que en sus facies más someras presenta placas de equinodermos, fragmentos de moluscos y foraminíferos bentónicos. Se caracteriza por un alto contenido de fragmentos de rocas calcáreas, fragmentos de rocas volcánicas y cuarzo detrítico, y abundante arcilla.

DISTRIBUCION. Sólo ha sido encontrada en las secciones Sasamulco y Tetelilla.

INTERPRETACION AMBIENTAL. La cuenca debido a eventos tectónicos presenta una profundización cíclica con posteriores reestabilizaciones de las condiciones de plataforma, como en este caso, donde después de un período de profundización resurgen las condiciones de plataforma pero ahora de tipo clástico-carbonatada, desarrollando facies internas hacia el oriente y externas hacia el occidente.

LITOFACIES "L8"

DESCRIPCION. Esta litofacies presenta intercalaciones de calcilitas con abundantes fragmentos de moluscos y packstone arcillosos de bioclastos, con predominancia de la primera. Las calcilitas presentan una intercalación de color rojo y pardo rojizo y el packstone arcilloso de bioclastos es gris oscuro. Existe una intercalación de estratos de 45 a 60 cm y de 10 a 25 cm. Las laminaciones predominan en los estratos arcillosos. Las calcilitas presentan laminaciones de bioclastos, gradación normal e invertida en la cima de los mismos y rizaduras e imbricación de partículas. Las estilolitas presentan poco desarrollo. Los fragmentos de moluscos abundan en los estratos de calcilitas, y de manera secundaria los foraminíferos bentónicos, los fragmentos de algas y las placas de equinodermos. Los depósitos arcillosos contienen globigerinidos y calciesferúidos. Se presentan organismos no identificados con testas isotrópicas. Los componentes clásticos son fragmentos de rocas calcáreas (algunos con organismos planctónicos) y el cuarzo detrítico. Hay intervalos que presentan fragmentos de rocas volcánicas, y otros calcilitas que presentan madurez textural invertida y en ocasiones contienen fragmentos de rocas calcáreas bien redondeados con un

Fig. 23.- Columna sintética de la sección Teotihuilla.

BANCOS LITOLÓGICOS Y TRATADOS	ESPEZOR Mts. de Litos	TIPO DE ROCA	LITOFACIES	AMBIENTE	fm.
[Diagrama de litofacies con símbolos de globulíferos, calcarenitas, etc.]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L3: Packstone arcilloso de foraminíferos planifórnidos. Laminaciones paralelas y cruzadas. Globulíferidos y calcarenoides.	Cuenca proximal con influencia volcánica.	M B
[Diagrama de litofacies con símbolos de moluscos, calcarenitas, etc.]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L7: Calcáritas con fragmentos de moluscos y calcarenitas. Cuadro de brillos, fragmentos de rocas calcáreas y volcánicas. Laminaciones paralelas y cruzadas, canales y estructuras de socavación.	Plataforma clástrico-carbonatada media a interna con influencia volcánica.	X C
[Diagrama de litofacies con símbolos de globulíferos, fragmentos de rocas, etc.]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L5: Lutita limosa con globulíferos y wackestone packstone arcilloso de globulíferidos. Fragmentos de rocas y vidrio volcánicos. En ocasiones se encuentra ceniza volcánica.	Cuenca proximal con influencia volcánica y depósitos de tormenta.	A L A
[Diagrama de litofacies con símbolos de moluscos]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L6: Calcáritas con frags. de moluscos.	Fle de talud, flujo de granos.	3-4
[Diagrama de litofacies con símbolos de calcarenitas, pedernal]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L5: Packstone-wackestone arcilloso de calcarenoides y frags. de moluscos. Laminaciones de fragmentos de moluscos. Nódulos de pedernal.	Cuenca proximal con influencia volcánica.	3 3-4
[Diagrama de litofacies con símbolos de oolita]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L1: Grainstone de oolita y packstone.	Bancos de arenas oolíticas.	6
[Diagrama de litofacies con símbolos de pelotas]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L2: Packstone-grainstone de pelotas y bioclastos. Carpetas de algas.	Depósitos de tormenta.	6
[Diagrama de litofacies con símbolos de arena]	[Escala vertical de metros]	[Símbolos de tipos de roca]	L1: Grainstone-packstone de intra. y blo.	Bancos de arenas calcáreas.	6

cementante primario fibroso, "flotando" en una matriz arcillosa de color rojizo. La influencia volcánica se presenta en el contacto entre las facies de cuenca con las de plataforma.

DISTRIBUCION. Está presente en la cima de la sección Sasamulco.

INTERPRETACION AMBIENTAL. El ambiente de esta litofacies es el de una plataforma externa clástico-carbonatada con influencia volcánica, que se interdigita con depósitos de cuenca proximal (flujos turbidíticos).

LITOFACIES "L9"

DESCRIPCION En su base presenta un packstone de bioclastos y peloides arcilloso sobreyado por dolomías. Su color es gris oscuro. Los estratos son tabulares y varían de 0.5 a 0.7 m y de 1 a 1.5 m de espesor. Las estructuras que presenta son bioturbación, en la cima de algunos estratos está intensamente dolomitizada. Las estilolitas están bien desarrolladas y son paralelas a los estratos. Se observan algunas laminaciones de bioclastos. Hay nódulos de pedernal en algunos intervalos. La litofacies está compuesta por fragmentos de moluscos, foraminíferos bentónicos, placas de equinodermos y fragmentos de algas. Los peloides son abundantes y escasos los intraclastos.

DISTRIBUCION. Sólo se presenta en la base de la sección Xonacatla.

INTERPRETACION AMBIENTAL. La litofacies se ha interpretado como una facies 8 de submarea en una plataforma interna.

LITOFACIES "L10"

DESCRIPCION. La litofacies presenta dolomías con algunos packstone y wackestone arcillosos de peloides y bioclastos. Estratos tabulares de 0.7 a 1 m de espesor. Las estructuras principales son laminaciones paralelas, bioturbación dolomitizada en la cima de los estratos y estilolitas paralelas a los estratos. Presenta oquedades rellenas de evaporitas y reemplazadas actualmente por calcita. Nódulos de pedernal. Se observan horizontes de fragmentos de moluscos. Los principales organismos son los fragmentos de moluscos, los foraminíferos bentónicos, las algas y las placas de equinodermos. Existe un alto contenido de arcilla. Los peloides están presentes y escasos los intraclastos.

DISTRIBUCION. Se presenta en la sección Xonacatla en forma cíclica.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Pertenecce a la facies 8 de submarea y 9 de supramarea, de una planicie evaporítica.

LITOFACIES "L11"

DESCRIPCION. La textura que presenta es un wackestone arcilloso dolomitizado. El color es gris oscuro y negro. Los estratos presentan espesores de hasta 1 m. Característicamente se desarrollan laminaciones cruzadas, bioturbación y acumulación mecánica de fragmentos de moluscos. Las estilolitas están bien desarrolladas. Los bioclastos principales son los fragmentos de moluscos. Los intraclastos están presentes.

DISTRIBUCION. Se presenta en la sección Xonacatla, y se repite de manera cíclica dentro de ella.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Pertenecce a una facies 8 de submarea dentro de una plataforma interna.

Fig. 24.a.- Columna sintética de la sección Xonacatlá (cima).

Escala 1:500 Límite de Piedra de Módulo de Límite de Límite de Límite de	ESPESES DE ROCA	LITOFACIES	ESPESES	AMBIENTE	Fm.
	11	L12: Brecha de carpeta de algas	0-9	Plataforma interna que varía de intermare a submare.	B
	12	Brecha de depósito soportada por partículas		Depósitos de tormenta	
	13	L12: Bandstone de carpeta de algas	0-9	Plataforma interna que varía de intermare a submare.	B
	14	Brecha de depósito soportada por partículas		Depósitos de tormenta	
	15	L12: Bandstone de carpeta de algas Módulos evaporíticos, estructuras tepee, canales y laminaciones de moluscos.	0	Horde exterior de una pleurolite evaporítica: submare o intermare.	C
	16	Disturbación.	9		
	17	Brecha de depósito. Clastos de rocas calcáreas de hasta 30 cm de largo; fragmentos de rocas volcánicas, de pedernal y cuarzo.		Depósitos de tormenta	R
	18	L12: Bandstone de carpeta de algas con interestratificaciones de packstone-wackestone de gastropodos y otros moluscos.	9	Zona de intermare con desarrollo de carpeta de algas, y submare	
	19	Módulos de pedernal.	0		E
	20	Laminaciones	9		
	21	L11: Wackestone packstone arcilloso. Laminaciones cruzadas y bioturbación.	0	Zona de submare	C
	22	L10: Packstone y wackestone de peloides y bioclastos. Bioturbación y oquedades con evaporitas	0	Plataforma evaporítica que varía de submare a supramare	
	23	L12: Bandstone de carpeta, brechas y canales. Bandas de pedernal.	0-9	Zona de intermare con desarrollo de canales	B
	24	L11: Packstone de fragmentos de moluscos.	0	Zona de submare	
	25	L12: Brecha de depósito		Depósitos de tormenta	B
26	L11: Packstone de fragmentos de moluscos.	0	Zona de submare		
27	L12: Bandstone de carpeta de algas con interestratificaciones de wackestone u orbólinas.	0	Submare y supramare		

Fig. 24.b.- Columna Sintética de la Sección Xonacatla (base).

	L7: Brecha de depósito en estratos tabulares.		Depósitos de tormenta	M
	L2: Brecha de depósito sostenida por partículas con alto contenido de mullu. Clastos con fracturamiento propio.	3	Zona de intermareas	O
	L2: Brecha de depósito sostenida por partículas.		Depósitos de tormenta.	
	L2: Brecha de depósito sostenida por partículas.	3	Zona de intermareas	R
	L2: Brecha de depósito sostenida por partículas.		Depósitos de tormenta	
	L17: Píctones de orbitales y brecha de carpeta de algas.	8 y 9	Variación de linter a supramarea	E
	L2: Brecha de depósito sostenida por partículas.		Depósitos de tormenta	
	L18: Dolomita de peloides y bioclastos. Bioturbação dolomitizada. Oquedades rellenas por evaporitas.	8	Submareas y supramareas bajo condiciones evaporíticas.	L
	L17: Brecha de depósito sostenida por partículas.	9	Zona de submareas	
	L17: Brecha de depósito sostenida por partículas.	8	Zona de submareas	O
	L18: Dolomita intracristalizada con pectolite y brecha de peloides y bioclastos arcillosos. Bioturbação dolomitizada, oquedades rellenas por evaporitas y reemplazadas por caliza. Módulos de pedernales.	8	Zona de submareas	
	L9: Píctones de bioclastos y peloides arcillosos. Bioturbação dolomitizada en la cima de los estratos. Módulos de pedernales. Fragmentos de moluscos.	8	Zona de submareas	E

LITOFACIES "L12"

DESCRIPCION. Esta litofacies está compuesta por packstone y wackestone de orbitólinas arcillosos y bindstone de carpetas de algas. El color que presenta varía de gris oscuro a negro. Los estratos tabulares presentan espesores de 30 a 40 cm. Existen carpetas de algas, nódulos evaporíticos, estructuras tecpeec y de canal, e intervalos con laminaciones de fragmentos de moluscos. Presencia de nódulos y bandas de pedernal en algunos intervalos. La roca está compuesta por carpetas de algas, con estratos donde predominan las orbitólinas y en menor proporción los fragmentos de moluscos, ostrácodos y equinodermos. La roca es sumamente arcillosa.

DISTRIBUCION. Se presenta cíclicamente dentro de la sección Xonacatla.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Es una facies 8-9 correspondiente a una zona de intermarea con precipitación de evaporitas, y de manera restringida una facies 8 de submarea. Ambas en una plataforma interna.

LITOFACIES "L13"

DESCRIPCION. Bindstone de carpetas de algas y packstone dolomitizados. Se caracteriza por la presencia de carpetas de algas que entrapan fragmentos de moluscos y miliólidos. Las carpetas de algas en ocasiones son destruidas por la bioturbación. Se presentan oquedades producidas por disolución y rellenadas originalmente por calcita. Desarrollo de paleokarst a nivel afloramiento.

DISTRIBUCION. Se encontró en la sección Cococingo.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Corresponde ambientalmente a la facies 8-9, se trata de una zona de intermarea en una planicie evaporítica.

LITOFACIES "L14"

DESCRIPCION. Packstone y packstone-grainstone de bioclastos dolomitizado. Los estratos tienen espesores de 0.6 a 1 m, contienen miliólidos y fragmentos de moluscos. Hay estructuras en flama, laminaciones destruidas por la bioturbación y estilolitas bien desarrolladas paralelas a los estratos. Hay fracturamiento y flujo de granos.

DISTRIBUCION. Sólo se encuentra en la sección Cococingo.

INTERPRETACION AMBIENTAL. Corresponde a una facies 8 y 7 de una plataforma interna a media de aguas someras y alta energía.

LITOFACIES "L15"

DESCRIPCION. Packstone-wackestone, packstone y grainstone-packstone de bioclastos y peloides dedolomitizado. Los estratos tienen espesores de hasta 1 m en donde se presentan foraminíferos bentónicos, fragmentos de rudista y gasterópodos formando laminaciones. Existen intervalos donde los ostrácodos, fragmentos de algas y placas de equinodermos están presentes. A nivel afloramiento se observan laminaciones paralelas que son destruidas por la bioturbación. Hay estilolitas paralelas a los estratos y fracturamiento. La roca se presenta recristalizada, mientras que la dolomitización es esporádica.

DISTRIBUCION. Se encuentra en la sección Cococingo.

Fig. 25.- Columna sintética de la sección Cococingo.

Boundaries Ubicaciones Facies Unidades Muestras ESTRUCTURAS Y TEXTURAS	ESQUEMA TIPO DE ROCA	LITOFACIES		AMBIENTE	Fm.
	0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550	L16: Packstone de bioclastos e intraclastos. Abundantes fragmentos de moluscos y foraminíferos bentónicos. Alta bioturbación.	7-5 3-4	Depósitos de arenas postarrecifales con desarrollo de canales en una plataforma externa con circulación abierta.	M O
	550 600 650 700 750	L15: Packstone-wackestone, packstone y grainstone de bioclastos y peloides. Abundantes fragmentos de moluscos (gasterópodos y rudistas) y foraminíferos bentónicos. Laminaciones y bioturbación.	7-5 7-8	Plataforma interna a media de alta energía con acumulación de arenas postarrecifales.	R E
	750 800 850	L13: Packstone y bindstone. Carpetas de algas	8-9	Zona de intermarea	L
	850 900 950	L14: Packstone y packstone grainstone de bioclastos dolomitizado. Moluscos y fragmentos de moluscos. Estructuras en flama, flujos de granos, laminaciones paralelas y bioturbación.	8-7	Plataforma interna a media de aguas someras y alta energía.	O
	950 1000	L12: Bindstone. Carpetas de algas. Moluscos y fragmentos de moluscos. Alta bioturbación. Precipitación de evaporitas.	8-9	Zona de intermarea en una planicie evaporítica	S

INTERPRETACION AMBIENTAL. Presenta facies 7-8 y 7-5 que corresponden en conjunto a una plataforma interna a media de alta energía con acumulaciones de arenas postarrecifales.

LITOFACIES "L16"

DESCRIPCION. Packstone de bioclastos e intraclastos. Los espesores de los estratos varían entre 1 y 2 m, se caracterizan por contener globigerínidos e intervalos con esponjas. Abundan los foraminíferos bentónicos, fragmentos de algas, de moluscos y placas de ostrácodos. Hay bioturbación en la base de la litofacies y horizontes con laminaciones formadas por la acumulación mecánica de fragmentos de rudistas. Las estilolitas y el fracturamiento son constantes en la litofacies.

DISTRIBUCION. Se encuentra en la sección Cococingo.

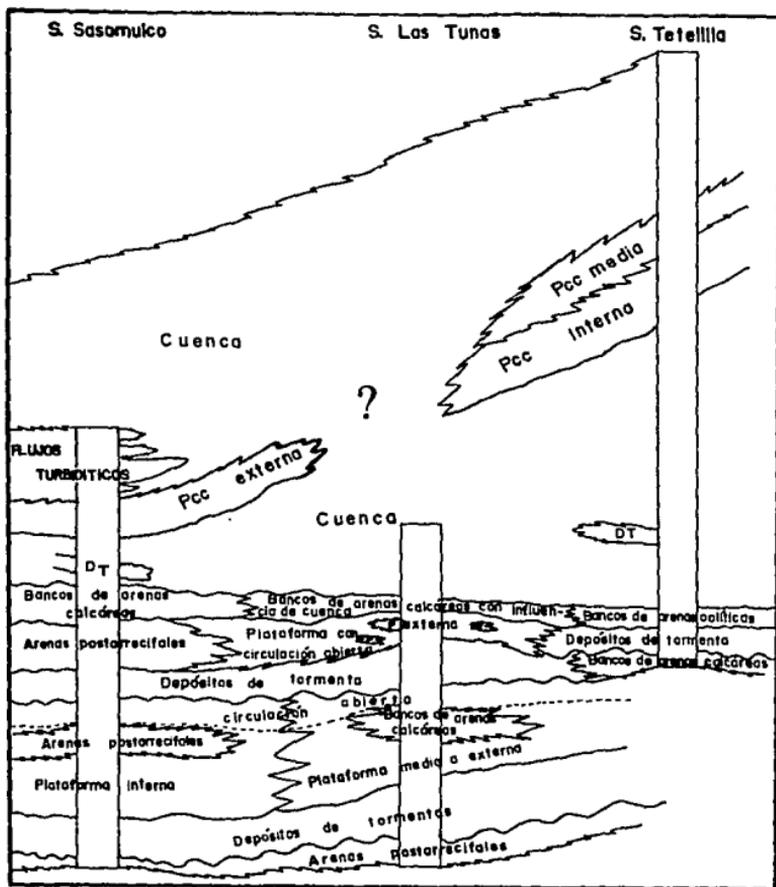
INTERPRETACION AMBIENTAL. Presenta las facies 3-4 y 7-5 que corresponden a canales entre acumulaciones de arenas postarrecifales en una plataforma externa con circulación abierta.

VI.2.- Correlación Paleambiental de las Secciones

Para llevar a cabo la correlación se tomaron en cuenta tres de las 6 secciones levantadas, las cuales fueron medidas en el bloque I: secciones Sasamulco, Las Tunas y Tetelilla, ubicadas al poniente, centro y oriente de la región respectivamente.

En las tres secciones se midió el contacto entre la secuencia carbonatada (Formación Morelos) y la secuencia clástico-carbonatada (Formación Mexcala). El contacto entre las formaciones fue el principal evento de correlación utilizado. Se contó también con un marcador estratigráfico de carácter volcánico dentro de la Formación Mexcala. No se obtuvieron edades, las cuales pueden ser muy útiles para definir la edad del contacto entre las mencionadas formaciones y la sucesión en edad de los diferentes eventos aquí reportados. El resultado se resume en la Figuras. 26 y 27.

Fig. 27.- Correlación de ambientes sedimentarios.



VI.3.- Modelo de evolución paleoambiental

En esta región del país durante el Albiano-Cenomaniano se desarrolla una plataforma carbonatada con facies someras que varían de plataforma interna a externa de alta energía, en donde se presentan crecimientos orgánicos de rudistas y gasterópodos; así como eventos destructivos (tormentas) que alteran cíclicamente la evolución normal del medio. La mencionada plataforma, para el Turoniano, sufre una gradual subsidencia que origina que se depositen sedimentos de cuenca. Posteriormente se reestablecen las condiciones de plataforma, pero ahora con carácter clástico-carbonatado. Finalmente culmina en una subsidencia total, prevaleciendo las condiciones de cuenca proximal que intermitentemente recibe flujos turbidíticos. El paso de la plataforma carbonatada a cuenca es transicional, sin desarrollo de un talud propiamente dicho, lo cual indica que se trata de una plataforma de rampa.

Detallando lo anterior, en la región las condiciones se inician con el depósito de una secuencia de arenas postarrecifales dentro de una plataforma media a externa, alterada abruptamente por tormentas, lo cual origina el depósito de sedimentos con textura caótica (Fig. 28). Posteriormente se reestablecen las condiciones, acumulándose bancos de arenas calcáreas y postarrecifales en una plataforma que varía, de oriente a poniente, de interna a media con circulación abierta en el centro de la región. El depósito normal se interrumpe nuevamente por el carácter destructivo de las tormentas que se vuelven a presentar (Fig. 29). Las condiciones de circulación abierta continúan en el centro de la región para gradualmente pasar a condiciones de cuenca proximal en donde se reciben flujos de granos y acumulación mecánica de fragmentos de moluscos, esto ocurre al bascularse gradualmente la plataforma hasta convertirse en una plataforma de rampa. Al mismo tiempo en el oriente y poniente de la región se desarrollan bancos de arenas oolíticas y bancos de arenas calcáreas, respectivamente (Fig. 30). La subsidencia avanza hasta ser más abrupta en el poniente que en el oriente, por lo que los bancos de arenas calcáreas en el poniente reciben la influencia directa de sedimentos de cuenca proximal, mientras que en el oriente, primero se reciben acumulaciones mecánicas de fragmentos de moluscos (facies 3-4) y posteriormente sedimentos finos de cuenca proximal.

El reestablecimiento de las condiciones de plataforma da como resultado el depósito de sedimentos de plataforma externa clástico-carbonatada al poniente, y sedimentos de plataforma interna clástico-carbonatada al oriente (Fig. 31).

Finalmente la subsidencia de la plataforma es total, por lo cual, el área recibe el aporte de sedimentos de origen turbidítico al oriente, con eventual influencia volcánica que se presenta al pasar, de condiciones de plataforma clástico-carbonatada a condiciones de cuenca. Posteriormente las condiciones se mantienen así hasta finales del Cretácico.

Fig. 28.- La sedimentación en la región de Sta. Teresa, se presenta durante el Albiano-Cenomaniano como una sucesión de arenas postarrecifales interrumpida por depósitos de tormenta

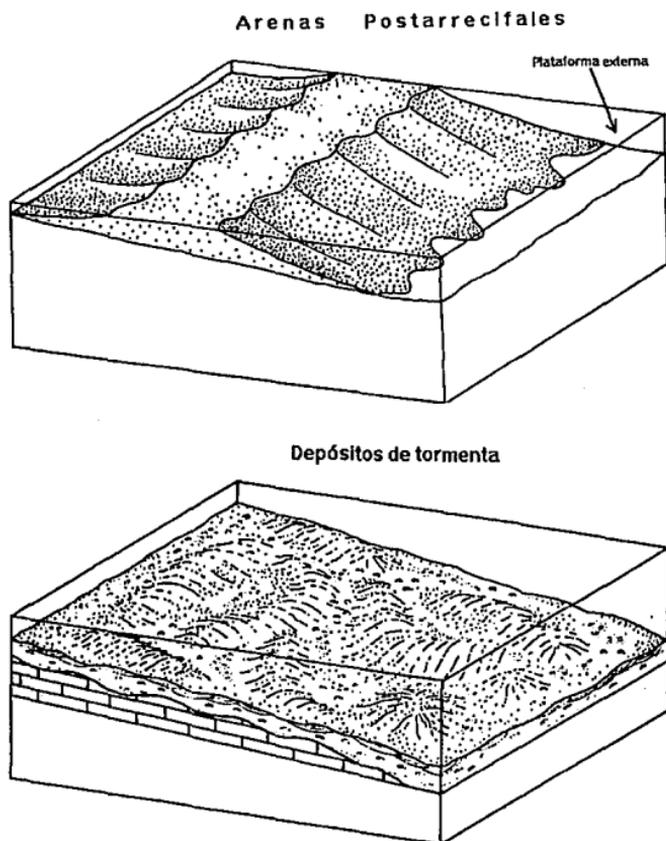


Fig. 29.- La plataforma gradualmente se restablece desarrollando pequeños crecimientos orgánicos bajo condiciones de circulación abierta, para nuevamente ser interrumpida por tormentas.

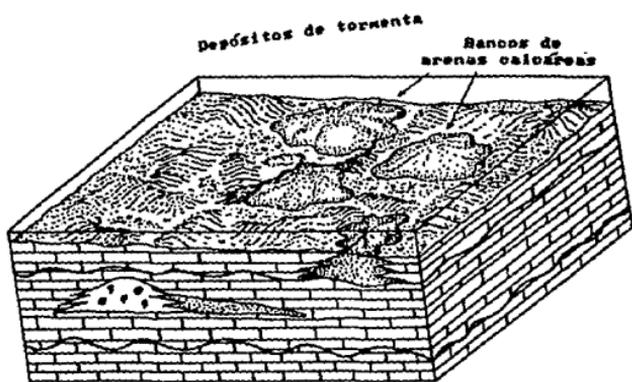
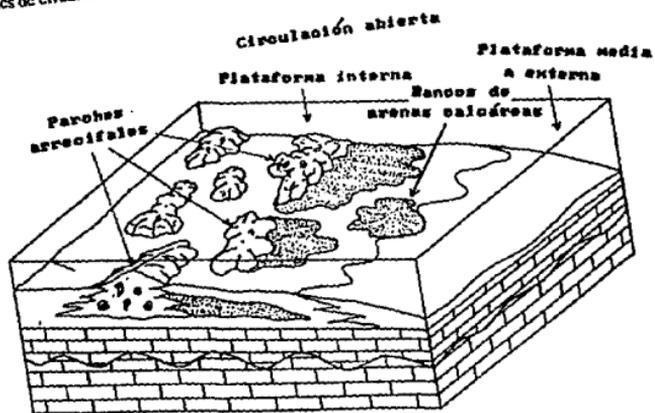


Fig. 30.- Probablemente para finales del Cenomaniano la plataforma gradualmente comienza a subsidir, desarrollando facies de plataforma externa en el centro de la región.

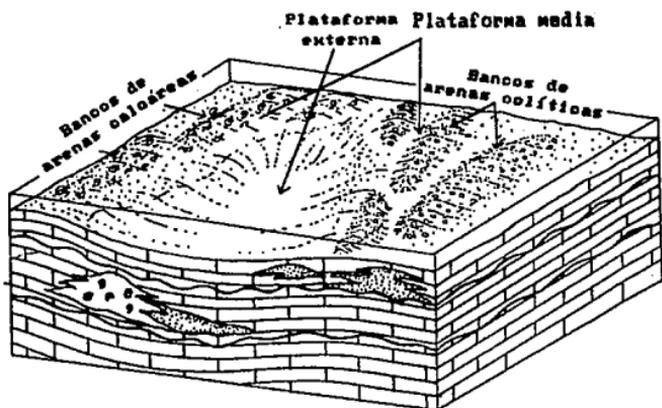
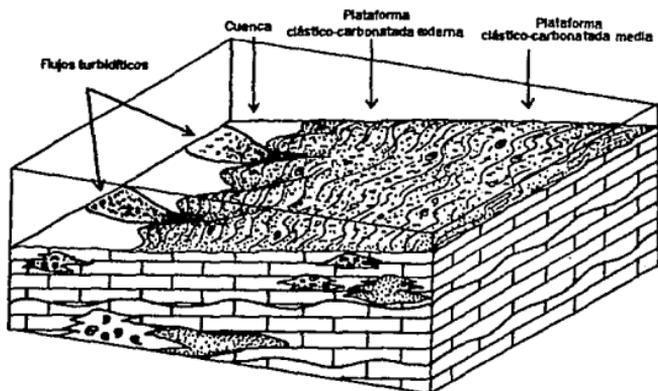


Fig. 31.- Para el Turoniano las condiciones calcáreas cambian a condiciones terrígenas, mientras que la subsidencia ha provocado que la plataforma se comporte como una plataforma tipo rampa, presentando facies de cuenca en el poniente de la región, que se interdigitan con sedimentos de plataforma clástico-carbonatada.



VII.- ANALISIS DIAGENETICO DE LA REGION

En este análisis se exponen los procesos que pasaron las rocas de la región, desde el momento del depósito de los sedimentos y su posterior sepultamiento y litificación, hasta su subsecuente levantamiento y exposición aérea, tal como ahora se observan.

Para la realización del análisis diagenético se procedió a obtener la paragénesis de todas las láminas delgadas de cada sección estratigráfica, con esto se obtuvo la paragénesis de la sección respectiva. Finalmente, la paragénesis de la región resultó de conjuntar las paragénesis de todas las secciones.

Para armar la paragénesis de la región se tomaron sólo los procesos representativos de cada bloque estructural, tratando por separado los procesos locales. En el bloque I se trataron por separado algunos procesos de la sección Las Tunas, debido a su amplia paragénesis; así mismo para su análisis diagenético sólo se tomó en cuenta la migración de hidrocarburos ocurrida en la mesogénesis, durante el sepultamiento profundo.

Al mencionar en el texto que un proceso es local de una sección, es porque sólo se presenta de manera aislada en una o dos láminas delgadas y asociado, ya sea, a condiciones ambientales, estructurales o diagenéticas específicas de un paquete de roca. De igual forma, cuando se hable de un proceso local de un bloque es por que sólo aparece en una sección, reflejando las condiciones locales del bloque en el cual se midió la sección.

Los procesos fueron ubicados con respecto a su facies, y etapa y ambiente diagenéticos, con el propósito de tener una idea clara de su distribución espacial y temporal.

VII.1.- Procesos diagenéticos

PERFORACIONES.- Una gran diversidad de organismos son capaces de perforar o llegar a destruir sustratos consolidados, como lo son las rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas, e incluso conchas, huesos, madera, etc.. Las perforaciones se llevan a cabo por medios mecánicos o químicos.

Las perforaciones encontradas dentro de los procesos diagenéticos, de la secciones aquí estudiadas, son debidos principalmente a la acción perforante de los organismos en fragmentos de rudistas. Estas perforaciones se presentan de manera aislada en el molusco o como pequeñas perforaciones en todo el fragmento (acción perforante de algas). (Fig. 32)

MICRITIZACION.- La micritización es producto del efecto perforante de las algas en todo tipo de partículas, que ocurre cuando el alga se adhiere y envuelve una partícula perforándola concentricamente por medio de reacciones bioquímicas. Al morir el organismo algáceo deja abiertas las perforaciones para que inmediatamente se precipite calcita (micrita) dentro de ellas. Si este proceso se repite varias veces ocurre la micritización. Así los granos serán reemplazados por micrita de manera gradual y en forma centrípeta. En la mayoría de las láminas aquí reportadas, la micritización se lleva a efecto en fragmentos de moluscos e intraclastos. (Fig. 33).

BIOTURBACION.- Es toda acción destructiva o erosiva llevada a cabo por organismos en sedimento semiconsolidado. En los ambientes diagenéticos aquí reportados suele presentarse de gran tamaño, lo que hace pensar que se debe a la acción de organismos formadores de galerías. (Fig. 34)

COMPACTACION.- Es aquel proceso que comúnmente sufre cualquier roca sedimentaria al gradualmente sepultarse, y recibir un peso litostático, lo que provocará expulsión de fluidos y acercamiento entre partículas o incluso la trituración de algunas de ellas. Este proceso se presenta en todas las secciones, pero es más visible en la sección Las Tunas. (Fig. 35)

Fig. 32.- Perforaciones y acción de algas en un fragmento de rudista.

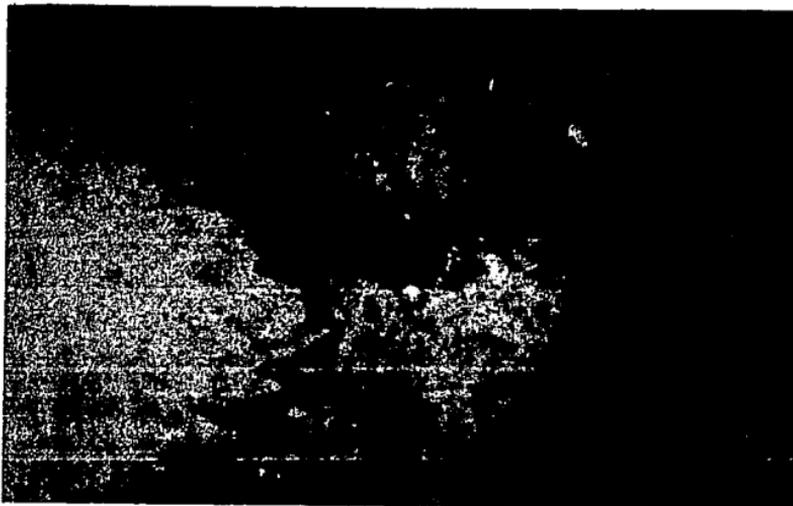


Fig. 33.- La intensa mineralización ha provocado que no se observe la estructura original de las partículas.

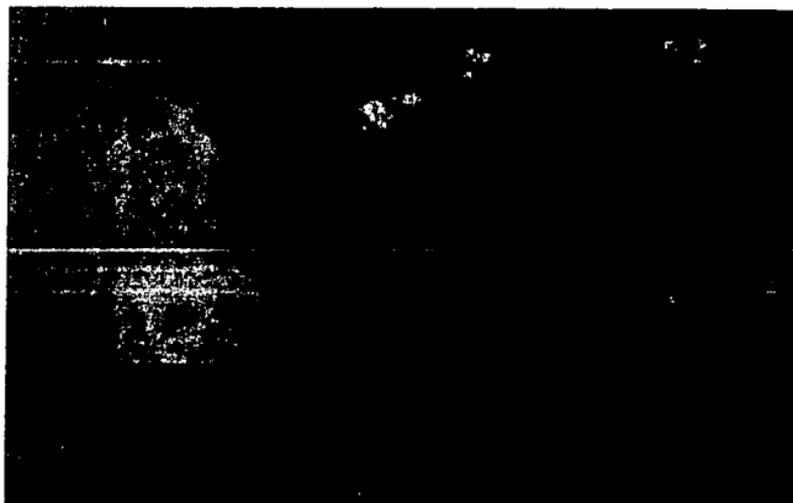


Fig. 34.- Bioturbación por gateras en afloramiento de la sección Cococingo.

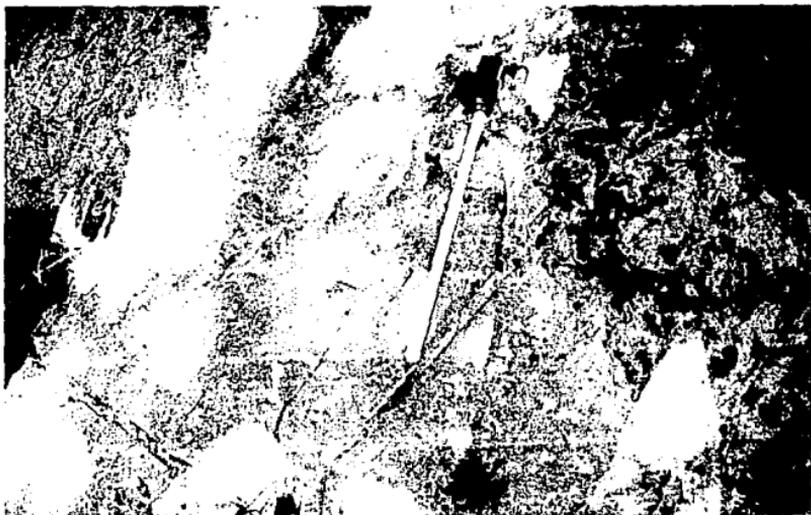


Fig. 35.- Compactación registrada por el rompimiento del fragmento de molusco y la estiolita.



CEMENTACION.- La palabra cemento es tomada para incluir todos los cristales precipitados pasivamente, los que cubren los espacios vacíos entre las partículas. Estos crecen ocupando las superficies libres.

En el estudio paragenético desarrollado se encontraron 4 tipos de cementantes, uno de carácter regional y tres locales. El de carácter regional es un cementante primario (C1) desarrollado en una zona vadosa o asociado a disolución temprana. De los tres restantes uno es un cementante secundario desarrollado en facies 6, de arenas oolíticas o en de arenas calcáreas; el tercero es un cementante de dolomita barroca asociado a precipitaciones de evaporitas y a zonas de disolución. El último cementante es de sílice y se desarrolla por la influencia volcánica durante la diagénesis temprana. (Fig. 36).

DISOLUCION DE CARBONATO DE CALCIO.- La disolución se lleva a cabo en ambientes donde existe una baja saturación de carbonatos, controlada por un pH bajo y el incremento en la presión hidrostática.

La disolución aquí reportada, es aquella que se lleva a cabo a partir de la destrucción parcial o total de la textura original, reemplazada por otra que puede ser homogénea o heterogénea en su arreglo particular. Esta destrucción generalmente se debe a la circulación de fluidos (para este caso quizá sean aguas dulces) a través del sedimento original. La disolución estudiada generalmente se presenta en las etapas iniciales de la diagénesis en un ambiente diagenético vadoso. (Fig. 37)

BRECHAMIENTO.- A la acción tectónica que actúa sobre las rocas consolidadas, produciendo fracturamiento y trituración a través de planos o zonas preferenciales, se le llama brechamiento. Este evento puede ser observado a escalas diferentes. También puede desarrollarse por la alta disolución en la roca que producirá huacos, que serán potencialmente zonas de debilidad y que en determinado momento pueden llegar a colapsarse y producir así una brecha por disolución. De este segundo tipo es el brechamiento que se desarrolla en las facies evaporíticas de la región.

PRECIPITACION DE EVAPORITAS. La precipitación de evaporitas encontrada es en forma de nódulos, reemplazados por calcaes desarrollados en planicies evaporíticas, (Fig. 38). Esta aunque propiamente no es un proceso diagenético, se toman en cuenta con el fin de ubicarla temporalmente dentro de la paragénesis.

PRESION-SOLUCION.- Para que ocurra este proceso son necesarios fenómenos fisicoquímicos y estructurales que se efectúan bajo la acción de una presión dirigida en la roca, con lo cual se llevan a cabo procesos como disolución diferencial, precipitación preferencial y formación de estilolitas (zonas de discontinuidad dentro de los estratos).

Las estilolitas que se observan en la región se encuentran bien desarrolladas en rocas calcáreas, mientras que en rocas arcillo-calcáreas y clásticas, este proceso tiende a desarrollarse incipientemente o no presentarse. Todas las estilolitas observadas son producto de la compactación propia de la roca durante el sepultamiento (presión litostática), por lo que se presentan paralelas a la estratificación. Aunque también existen las de origen tectónico, que presentan cierto ángulo con respecto a la base y cima de los estratos. (Fig. 39).

DOLOMITIZACION.- Al reemplazamiento parcial de los iones de Ca por iones de Mg en una roca carbonatada, se le denomina dolomitización. Esta puede realizarse total o parcialmente.

Este proceso siempre se observa en el área asociado a eventos de presión-solución (Fig. 39), debido a que a lo largo de las estilolitas se acumula arcilla, la cual abastece de iones de Mg, para que se lleve a cabo la dolomitización.

En la sección Cococingo, se presenta una dolomitización barroca, que se caracteriza por presentar cristales con caras curvadas y extinción ondulante (Fig. 40). Esta se forma por un alto contenido de iones de azufre en su estructura, el cual proviene de minerales evaporíticos o de fenómenos hidrotermales. La observada en esta sección está asociada a la presencia de minerales evaporíticos. En ocasiones este tipo de

dolomitización se desarrolla como cemento en fracturas. Así mismo, la dolomitización llega a presentarse en toda la roca como una mesodolomía (Fig. 41).

Fig. 36.- Cementación primaria y secundaria en arenas calcáreas.

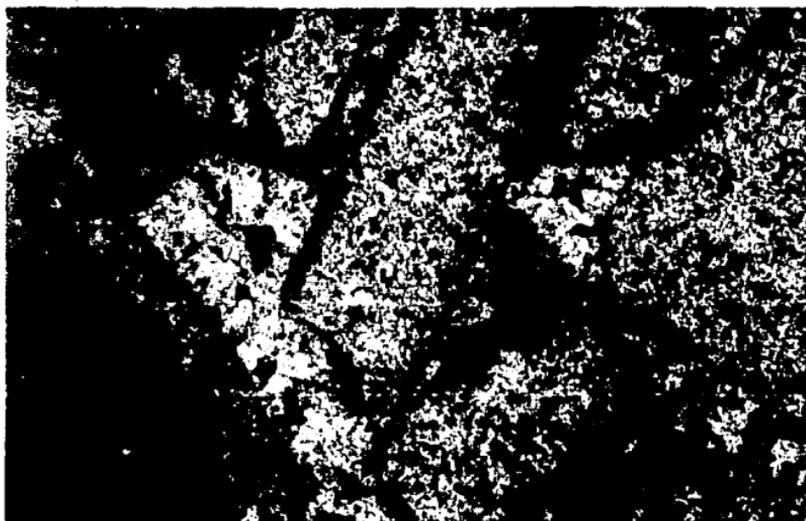


Fig. 37.- Hueco abierto por disolución y posteriormente relleno por cementación, sección Las Tunas.

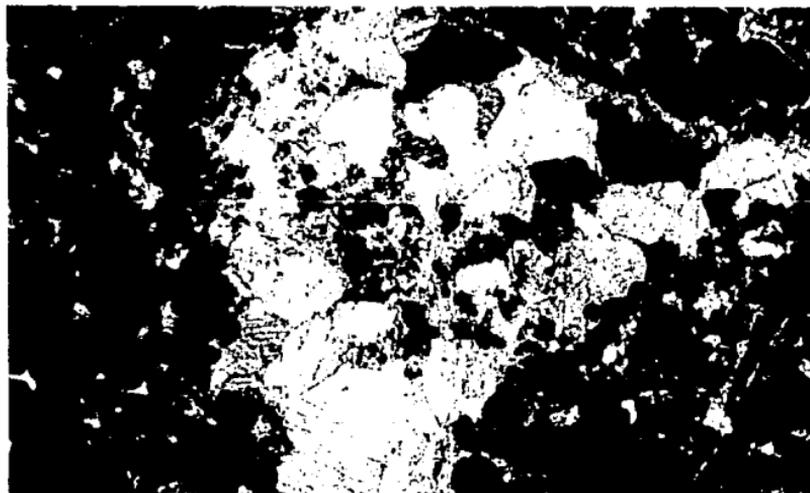
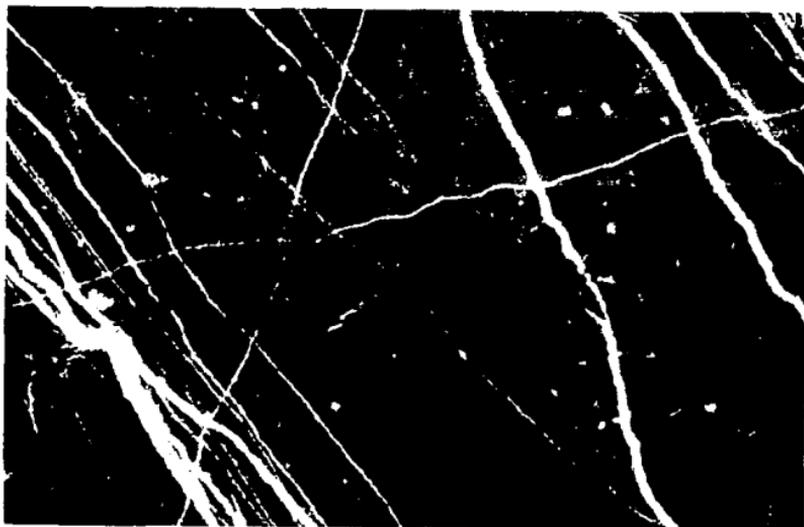


Fig. 38.- Carpetas en la parte superior y abajo nódulos de evaporitas reemplazados por calcita.



Fig. 39.- Obsérvese que dentro de la presión-solución se presenta una dolomitización por donde posteriormente migrarán los hidrocarburos. Esta presión-solución corta al fracturamiento más tenue y delgado, y posteriormente ambos procesos son cortados por un fracturamiento (el más grueso y marcado).



DEDOLOMITIZACION.- El recemplazamiento de cristales de dolomita por calcita es conocido como dedolomitización. Es decir, es el recemplazamiento de iones de Mg por iones de Ca. Para que este proceso se realice son necesarias soluciones con una relación alta de Ca/Mg, flujo rápido de estos y temperaturas menores a los 50^o C, lo cual implica condiciones cercanas a la superficie. Este proceso sólo fue observado en la sección Cococingo, y es producto de la recalificación tardía de la roca.

HIDROCARBUROS.- Este no es propiamente un proceso diagenético, sin embargo, se incluye dentro de éstos para ubicarlo con respecto a la sucesión de procesos que ocurrieron en la región. Estos hidrocarburos son primordialmente hidrocarburos pesados, producto de migración y/o expulsión de los mismos, y no se intentó caracterizarlos, sino más bien denotar su presencia. Estos generalmente se encuentran asociados a porosidad secundaria (estilolitas) (Fig. 39) o en cámaras de miliólidos (Fig. 42), y localmente (sección Las Tunas) en porosidad intercrystalina de dolomías (Fig. 41).

FRACTURAMIENTO.- Los esfuerzos que afectan una roca pueden expresarse según su intensidad como fallamientos, plegamientos, fracturamientos o como la combinación de todos ellos. Los fracturamientos reportados están asociados a los eventos tectónicos de la región, y suelen estar asociados a procesos de presión-solución. Los fracturamientos más antiguos son más tenues, mientras que los recientes son grandes y bien definidos. (Fig. 39).

RECRISTALIZACION.- La recristalización es un proceso observable como un crecimiento de los cristales cuando la roca sufre cambios en presión y temperatura. La recristalización observada se debe a las condiciones tectónicas que afectaron a la región, presentándose este evento de manera tardía (Fig. 43).

SILICIFICACION.- Es un proceso diagenético favorecido por una baja en el pH y saturación de sílice en el agua intersticial. Se presentan dos periodos de silicificación, el más temprano es producido por la influencia volcánica que afectó a la región, durante el depósito de la Formación Mexcala; el tardío es originado por el vulcanismo terciario de la Riolita Tizapotala. Este último es un desarrollo de cristales cubedrales en la matriz de la roca o como una masa de calcedonia que las zonas porosas de fragmentos de moluscos (Fig. 44).

Fig. 40.- Dolomita barroca en nódulos evaporíticos dentro de la sección Cococingo. Nótese la extinción ondulante de sus cristales.

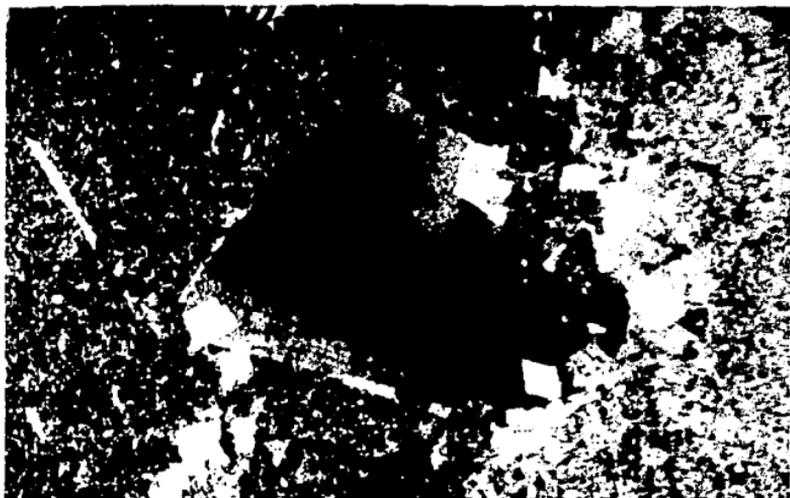


Fig. 41.- Dolomitización general de la roca con hidrocarburos, sección Las Tomas.

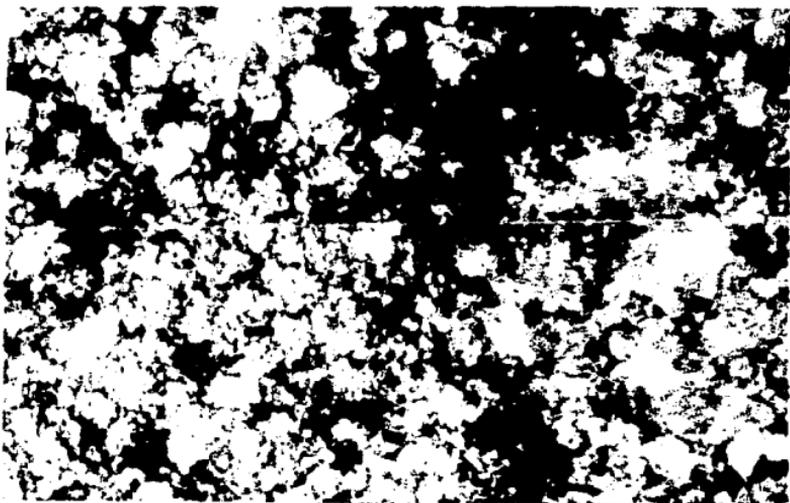


Fig. 42.- Hidrocarburos dispersos en la roca y ocupando cámaras de foraminíferos bentónicos.

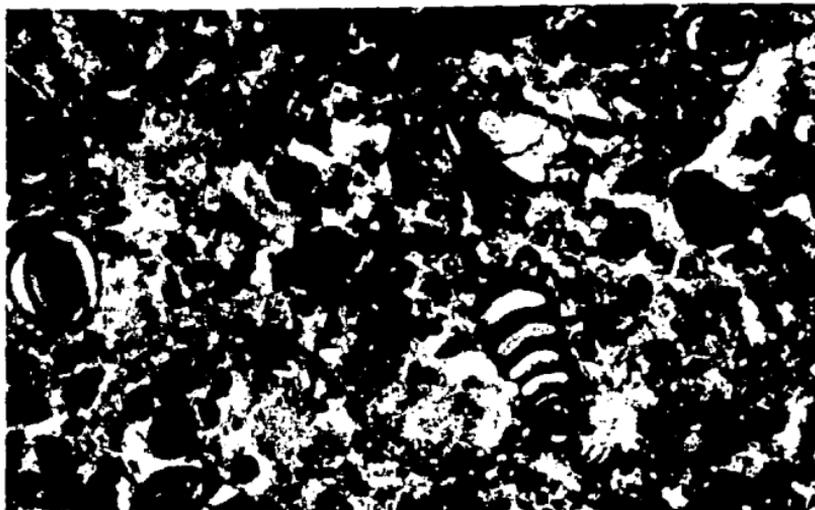


Fig. 43.- Recristalización general de la roca, obsérvese el sobrecrecimiento de los cristales.



Fig. 44.- Silicificación en moluscos (calcedonia).



VII.2.- Descripción de etapas y ambientes diagenéticos

En la región las rocas cretácicas presentan condiciones estructurales complejas, por lo que se ha separado a la paragénesis por bloques estructurales.

BLOQUE I

El bloque I (autóctono), presenta una sucesión de procesos más o menos constantes (Tablas 4, 5 y 6), con variaciones asociadas al ambiente de depósito, a las condiciones estructurales de carácter local o a una diagénesis estrictamente local (Ej. Db asociada a fracturamientos). Con respecto al primer punto, la cementación secundaria (C2) producida en una facies 6 y 5 dentro de la secuencia carbonatada, y la cementación por sílice (Csi) está asociada a una facies de plataforma clásica-carbonatada interna con influencia volcánica.

En la paragénesis de la sección Las Tunas (Tabla 6), se reflejan las condiciones que afectaron a la región, pero también las condiciones locales que son muy contrastantes en comparación a las observadas en la otras secciones; por ejemplo los procesos de sepultamiento somero (Comp, C, PS y D); y los asociados a fallamiento lateral que produce un período más de presión-solución (PS3) y uno de fracturamiento (F3).

Petrográficamente, se observó una migración de hidrocarburos en toda la región asociada a una porosidad secundaria producida por presión-solución y posterior dolomitización durante el sepultamiento profundo en la etapa mesogénica (PS2→D2→Gm), en ocasiones se presenta ocupando cámaras de miliólidos. La migración fue observada dentro de la secuencia calcárea (Formación Morelos), y en el miembro somero de la secuencia clásica (sección Acayualco). La presencia de hidrocarburos parece no tener importancia económica, debido a que se está distribuyendo sin seguir patrones fijos de migración además de estar asociada a una porosidad de poca importancia por su bajo desarrollo. Se observan mejor los hidrocarburos en la sección Las Tunas, en las etapas de expulsión, migración y redistribución.

BLOQUES II Y III

Para el análisis de los bloques II y III se utilizaron los datos de sólo una sección por bloque (Tabla 7). La paragénesis de estas secciones mostraron fuerte similitud entre sí. Estos bloques presentan intervalos donde los procesos están ligados al ambiente de depósito: en el bloque II, la precipitación de evaporitas Pevap está ligada a una facies 9 de intermarea y la silicificación temprana S1 a submarea e intermarea, ambos procesos tuvieron desarrollo en el borde de una planicie evaporítica. El bloque III presenta la sucesión de procesos: precipitación de evaporitas, brechamiento por disolución, cementación secundaria, cementación por dolomita barroca y dedolomitización (Pevap→Br→C3→C4db→D61→Dedo), asociada a facies de intermarea de una planicie evaporítica.

Los procesos finales de fracturamiento y presión-solución (F3→PS4), de los bloques II y III, reflejan los movimientos tectónicos más tardíos de levantamiento del paquete de roca hacia la superficie..

La migración de hidrocarburos se conserva en el bloque II bajo las mismas condiciones que en bloque I, y en bloque III ya no se presenta o ha sido borrada por otros procesos.

La silicificación tardía (S2), en este trabajo y para los tres bloques, se consideró originada por el vulcanismo terciario que afectó a la región.

Tomando en cuenta lo expuesto se obtuvo la paragénesis de la región que se resume en la Tabla 8.

Abreviaciones utilizadas en el análisis diagenético.

Abreviación	Nombre
1) B	Bioturbación
2) Bre	Brecha por disolución
3) C	Cementación (primaria o secundaria)
4) Cdb	Cementación por dolomita barroca
5) Comp	Compactación
6) Csi	Cementación por sílice
7) Di	Disolución
8) Db	Dolomita barroca
9) Dol	Dolomitización
10) DolR	Dolomitización general de la roca
11) Dedol	Dedolomitización
12) F	Fracturamiento
13) G (m)	Migración de hidrocarburos
14) M	Micritización
15) Ox	Oxidación
16) P	Perforaciones por organismos
17) Pevap	Precipitación de evaporitas
18) PS	Presión-solución
19) R	Recristalización
20) S	Silicificación

Tabla 4.- Paragénesis de las secciones Acayahualco y Sasamulco.

PARAGENESIS SECCION ACAYAHUALCO.			
FORMACION	FACIES	MUESTRA	PARAGENESIS
M	Pcc-interna-media	MMSO104	F PS R S
	Pcc-cuenca	MMSO103	M C PS D Gm F R S
E	Pcc-media	MMSO 78	
	Pcc-externa	MMSO 81	PS Gm F R S
X	Pcc-interna	MMSO 79	F D R S
	Pcc-media	MMSO102	M C PS Gm F R S
C	Pcc-interna	MMSO 80	M PS Gm F R S
	3-cuenca	MMSO101	M C D F R S
A	Pcc-Interna	MMSO100	D F R S
	Pcc-Interna	MMSO 99	M C PS Gm F R S
L	Pcc-Interna	MMSO 98	M C F R S
	Pcc	MMSO 97	M B C PS Gm F R S
A		MMSO 96	M C PS F R S
PARAGENESIS DE LA SECCION:			M B C F PS D Gm F R S
PARAGENESIS. SECCION SASAMULCO			
FORMACION	FACIES	MUESTRA	PARAGENESIS
M	3 - 4	MMS993	C F R S
E	3 - 4	MMS992	C Csl S F R
X	3 - 4	MMS991	M C PS D F R S
C	Pca-Ext	MMS990	F PS R S
A	Pcc-Ext	MMS989	F R
L	3	MMS988	PS F D R S
A	3	MMS984	PS F R
	3	MMS995	PS F R
	3-4	MMS996	M C PS D F R S
	3	MMS987	F PS D F R S
M	6	MMS986	M C C PS D F O _x R S
O	7-5	MMS997	M F PS D F R S
R	TEMP (8)	MMS998	M PS F D F R S
E	8	MMS999	M B PS D F R S
L	5	MMS9100	M B C PS F D F R
O	8	MMS9101	M B PS D F R S
S	8	MMS9102	M B DI C Bre PS F D G F R S
	TEMP (8)	MMS9103	M B DI C PS D F R S
	TEMP (8)	MMS9104	M PS D F R S
	5	MMS9105	P M C C F R S
PAREGENESIS DE LA SECCION:			P M B DI C Csl S Bre C F PS F D G F O _x R S

Tabla 5- Paragenésis de la sección Tetelilla.

PARAGENESIS. SECCION TETELILLA									
FORMACION	FACIES	MUESTRA		PARAGENESIS					
M	3	MM9029							
	3	MM9028							
E	Pcc-Med	MM9027			F		R		
	Pcc-Med	MM9026							
X	Pcc-Int	MM9025							
	3	MM9024			F		R		
C	3	MM9023				D	F	R	
	3	MM9022			PS	D	F	R	S
A	3	MM9021			PS	D	F	R	S
	3-4	MM9020	M		C	PS	F	R	S
L	3	MM9019			PS	D	F	R	S
	3	MM9018			F	PR	D	F	R
A	3	MM9017			PS	D	F	R	S
	3-4	MM9016	M		PS	D	F	R	S

M									
D	G	MM9015	M B	DI	C	PS	D	F	R S
N	TEMP (8)	MM9014	M B			PS	D	F	R S
E	TEMP (8)	MM9013	M B			PS	D	F	R S
L	TEMP (8-9)	MM9012	M B				D	F	R S
D	G	MM9011	M B		C		F	Db	R S
S									

PARAGENESIS DE LA SECCION : M B DI C F PS D F Db R S									

Tabla 6.- Paragénesis de la sección Las Tunas.

		PARAGENESIS. SECCION LAS TUNAS.																																					
FORMACION	FACIES	MUESTRA	PARAGENESIS																																				
M	3	MM8930				PS	F	D	F			R	S																										
E	3	MM8929				PS	F	D	F			R	S																										
Y	2	MM8928		C		PS	F			D	F PS	R	S																										
C	3	MM8903				PS	F					R	S																										
A	3-4	MM8927	B	DI	C	C	F		F			R	S																										
L																																							
A																																							

M	6	MM8902	P	M	B	DI	C	Comp	C	F	PS	F	PS	D	F	R	S																						
	6	MM8926	P	M	B	DI	C	Comp	C	F	PS	D	F			R	S																						
	7	MM8925		M	B	DI	C			F	PS		F	PS	D	R	S																						
O	7	MM8924		M	B	DI	C			F	PS	D	G	F		R	S																						
	7-5	MM8923		M	B	DI	C			F	PS	D		F	PS	F	R	S																					
	7	MM8922	P	M	B	DI	C		C	PS	D	F	F	PS	D	G	F	R	S																				
R	7	MM8921		M	B	DI	C		C	PS	F	PS	G	F			R	S																					
	TEMP(7)	MM8920	P	M	B			Comp	C	PS	F	PS	D	G	F	F		Dr																					
	TEMP(7)	MM8919	P	M	B	DI	C	Bre	C	F	PS	D	Gm	F			R	S																					
E	TEMP(7)	MM8918		M	B	DI	C		C	PS	F	PS	D	F			R	S																					
	TEMP(7)	MM8917	P	M	B		C			F	PS	D	Gm	F	PS		R	S																					
	7	MM8916	P	M	B	DI	C	Comp	C	F	PS	Ge	F		F	PS	D	G	R	S																			
L	7-6	MM8915		M	B		C		C	F			F	PS	D	F		R	S																				
	7	MM8914		M	B	DI	C		C	F			F	PS	D	G	F	PS	D	G	R	S																	
	TEMP(7)	MM8913		M	B	DI	C		C	PS	D	Ge	F	F	PS	D	G	F	PS	R	D	R	S																
O	TEMP(7)	MM8912		M	DI	C			C	F			F	PS	D	G	F		R	S																			
	8	MM8911		M	B		C		C	PS	F	PS	F		F	PS	R	G	R	Dr																			
	TEMP(7)	MM8910		M	DI	C			PS	F			F		F	PS	D	R	S																				
S	TEMP(7)	MM8909		M	B	DI	C		C	F			F	PS	D	G	F	PS	D	R	S																		
	6	MM8908	P	M	DI	C			C	PS	F		F	PS	D	G	F	PS	D	R	S																		
	TEMP(7)	MM8907		M	B	DI	C		C	F			F	PS	G	F		D	R	S																			
	TEMP(7)	MM8906		M	B	DI	C		C	PS	F	PS	Ge		D	Gm	F		D	R	S																		
	TEMP(7)	MM8905		M			C		C	PS	F	PS	G	F	PS	D			R	S																			
	6	MM8904	P	M			C		C	PS	F	PS	G	F	PS	D			R	S																			

PARAGENESIS DE LA SECCION : P														M	B	DI	C	Bre	Comp	C	PS	D	Ge	F	PS	D	Gm	F	PS	D	G	F	PS	R	D	G	R	Dr	S

Tabla 7.- Paragénesis de las secciones Xonacatlá y Cococingo.

PARAGENESIS. SECCION XONACATLA.

FORMACION	FACIES	MUESTRA	PARAGENESIS.									
M	8subarea	MM9092	M				F	PS	D	G	R	S
	9interarea	MM9091	M	Pevap	S		F	PS	D	F	R	S
O	8subarea	MM9051										
	9interarea	MM9090	M				F	PS	D		R	S
R	9interarea	MM9089	M	Pevap	S			PS	D	F	R	S
	fluvial	MM9088										
E	8subarea	MM9087	M	DI				PS	D	F	R	S
	9interarea	MM9086	M	Pevap			F	PS	D	F	PS	R
L	9interarea	MM9085	M	Pevap					D	F	R	
	8-sub-Inter	MM9084	M					PS	D	F	R	S
O	8subarea	MM9083	M	B				PS	D	F	R	S
	8subarea	MM9082	M		S Bre					F	R	S
S												

PARAGENESIS DE LA SECCION : M B DI Pevap S Bre F PS D G F PS R S

PARAGENESIS. SECCION COCOCINGO.

FORMACION	FACIES	MUESTRA	PARAGENESIS												
M	7-5	MM8935	P	M	B	DI	C			F	PS	D	F	R	
	3-4	MM8936	P	M	BC	DI			Db		PS		F	R	S
O	7-5	MM8937	P	M	B	DI	C			F	PS	D	F	R	S
	7-5	MM8938	P	M	B	C				F	PS	D	F	R	S
R	3-4	MM8939	M	B	C					D	F	F	PS	R	S
	3-4	MM8940	M	B	DI	C				F	PS		F	PS	R
E	7-8	MM8941	M	B	DI	C				D	F	F	PS	De	R
	7-5	MM8942	M	B	C					D	F		R		
L	7-5	MM8943	M	B						F		F	F	R	S
	7-8	MM8944	M	B	C					D	F	PS	R		
O	5	MM8945	P	M	B	C				D	F	PS	R		
	7-5	MM8946	M	B	C					PS	D	F	F	R	S
S	5	MM8947	P	M	B	C				D	F	F	R	S	
	8-9	MM8948	M	B	DI	Pevap		Cdb	Db	PS	D		R	S	
7	MM8949	M	B	C						PS	D	F	R		
	MM8950	M	B	C				C		PS	D	F	F	PS	R
8	MM8951	M	B	Pevap	Bre			Cdb	Db		D		R	S	
	8-9	MM8952	M	B	Pevap				Db	De	PS	D	F	R	
8-9	MM8953	B	DI	Pevap					Db	De	D	F	R	S	
	8-9	MM8954	B	DI	Pevap				Db	De	D	F	R	S	
8-9	MM8955	DI	Pevap				C	Db	De	D	F	R			

PARAGENESIS DE LA SECCION : P M B DI C Pevap Bre C Cdb Db De F PS D F F PS De R S

Tabla 8.- Paragénesis general de la región de Santa Teresa.

PARAGENESIS DE LA REGION.										
PARAGENESIS										
1)	M B C					F PS	D G _o F			R S
2)	P M B D I C	Csl S Bre	C			F PS	F	D G F	Ox	R S
3)	M B D I C					F PS	D F	Db		R S
4)	P M B D I C	Bre Comp C		PS D Ge	F PS	D G _o F	PS D	G F PS	R D G	R Dr S
5)	M B D I	Pev S Bre				F PS	D G F		PS	R S
6)	P M B D I C Pev	Bre	C Cdb Db	Dedol	F PS	D F		F PS		R S

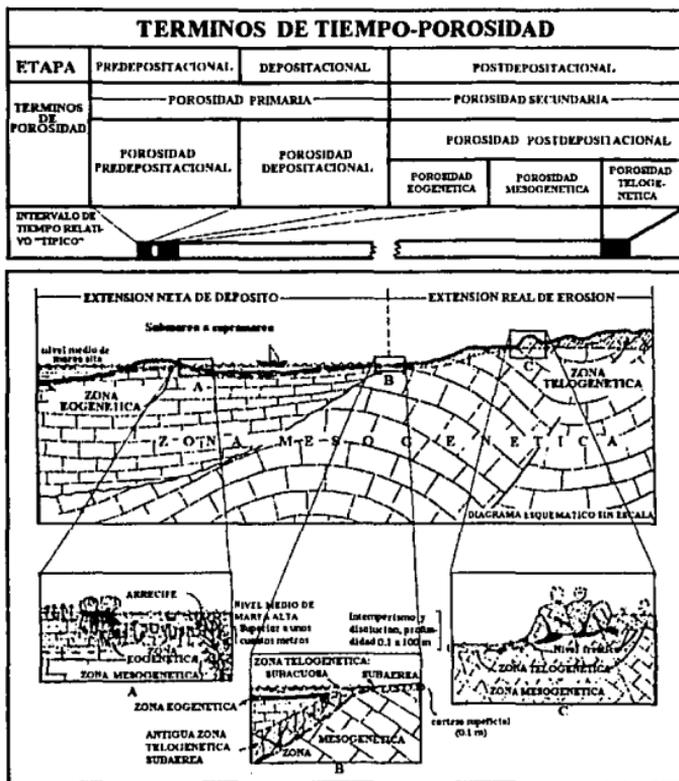
PG: P M B D I C Pev Csl S Bre Comp C Cdb Db Dedol PS D G(e) F PS D G(a) F PS D Db G F PS Ox R D G R Dr S										

SECCION	NOMBRE	FORMACION (ES)	BLOQUE
1)	ACAYAHUALCO	Mexcala	I
2)	SASAHULCO	Morelos y Mexcala	I
3)	TETELILLA	Morelos y Mexcala	I
4)	LAS TUNAS	Morelos y Mexcala	I
5)	XONACATLA	Morelos	II
6)	COCOCINGO	Morelos	III

ETAPAS DIAGENÉTICAS

Después de haber obtenido la paragénesis de cada sección se asociaron los procesos con su respectiva etapa (Choquette y Pray, 1970) (Fig. 45) y ambiente diagenéticos (Longman, 1982) (Figs. 46 a la 49), así mismo se obtuvo su distribución en las diferentes facies sedimentarias (Wilson, 1974) (Tablas 9, 10 y 11). El mismo tratamiento fue dado a la paragénesis general de la región (Tabla 12).

Fig.45 Clasificación de ambientes diagenéticos (Choquette y Pray, 1970)



ETAPA PREDEPOSITACIONAL. Esta etapa inicia al momento en que el primer material sedimentario es formado, y termina con su depósito final y posterior sepultamiento. La duración de esta etapa depende del rango de sedimentación, abarca desde cientos de años, cuando el rango de sedimentación es muy baja más el tiempo que duran las partículas en retrabajo antes de ser sepultadas, hasta prácticamente instantánea, cuando la precipitación de carbonatos se lleva a cabo dentro de la masa de sedimento. Durante esta etapa se llevaron a cabo los procesos de perforaciones por organismos y micritización: Secciones Cococingo, Sasamulco y Las Tunas.

ETAPA DEPOSITACIONAL. La etapa depositacional comprende el período que involucra el depósito final de un sedimento.

ETAPA POST-DEPOSITACIONAL. Esta etapa se ha subdividido en tres zonas, con base en el contraste que existe entre los procesos superficiales y los procesos que ocurren a grandes profundidades.

ZONA EOGENETICA. Este término se aplica al intervalo de tiempo que va desde el depósito final hasta el sepultamiento del nuevo material o roca, donde éste queda sin influencia de los procesos diagenéticos superficiales.

El límite superior de esta zona es la superficie, donde normalmente existe una interfase depositacional, pero también puede ser una superficie de no depósito temporal, o una superficie de erosión durante la interrupción temporal de sedimentación.

El límite inferior es gradacional con la zona mesogenética subyacente y no está claramente definido, pudiendo alcanzar desde unos cuantos metros hasta profundidades relativamente altas, donde los efectos de los procesos superficiales no afectan.

Siguiendo a Longman (1982), la diagénesis bajo estas condiciones generalmente ocurre en uno o más de los cuatro ambientes diagenéticos mayores siguientes: freático marino; zona de mezcla, zona de agua freática o fresca y la zona vadosa de agua marina o fresca. Estos pueden ocurrir en el orden que se describen aquí o tomar otro o no presentarse uno o varios.

En un paquete de rocas, próximo a la superficie, la distribución de los ambientes diagenéticos es muy predecible, ya que es gobernada por las leyes de la gravedad (Longman, 1982).

Ambiente diagenético freático marino. Este se caracteriza por que todos los espacios porosos del sedimento están llenos con agua marina normal. La mayoría de los carbonatos son depositados en ambientes marinos e inician su historia diagenética en el ambiente freático marino. Este ambiente diagenético puede ser dividido en dos zonas:

- a) La zona freática marina activa, en la cual el movimiento del agua en combinación con otros procesos da como resultado una cementación.
- b) La zona freática marina estancada, en la cual el movimiento de agua a través del sedimento es relativamente lento, con lo cual ocurre de manera rara la cementación (Fig. 46).

Ambiente diagenético de la zona de mezcla. El límite entre el ambiente marino freático y el freático de aguas frescas está marcado por una zona donde el agua es una mezcla de aguas de ambos ambientes. El proceso diagenético característico de esta zona es la dolomitización (Fig. 47).

Ambiente diagenético freático de agua fresca. Este ambiente se ubica arriba de la zona de mezcla y bajo la zona vadosa. Todos los espacios porosos en esta zona están llenos con agua fresca que contiene cantidades variables de carbonatos disueltos (Fig. 48).

Ambiente diagenético de la zona vadosa. El ambiente diagenético vadoso es la zona subaérea que ocurre bajo la superficie terrestre y arriba del nivel freático, es muy importante por el extenso lavado que se

presenta en ella. Tanto agua como aire se pueden encontrar en los poros, por lo cual esta zona, no está completamente saturada con agua. El agua existente tiende a adherirse entre los granos por capilaridad. Otro evento importante en este ambiente es el frecuente empapamiento y secado que ocurre en la zona, que depende de la precipitación o evaporación del lugar. La disolución y precipitación de evaporitas son procesos comunes en este ambiente (Fig. 49).

Fig. 46.- Sección esquemática de un banco calcáreo donde se muestra la zona fréatica marina dividida en áreas con activa circulación de agua (y por tanto cementación) y baja circulación de agua (zonas estancadas con poca cementación) (Longman, 1982).

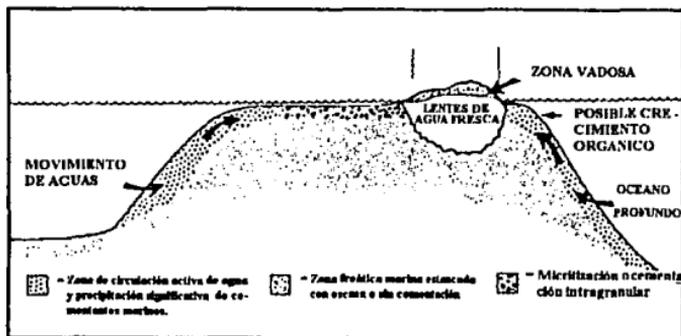
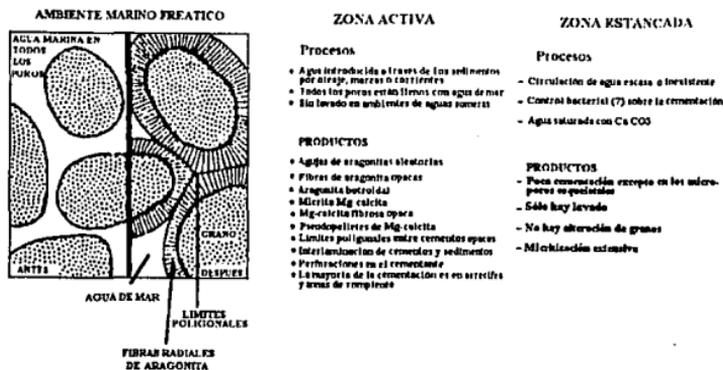


Fig. 47.- Sección que muestra la distribución de los mayores ambientes diagenéticos someros en una isla idealizada de arenas carbonatadas permeables (Longman, 1982).

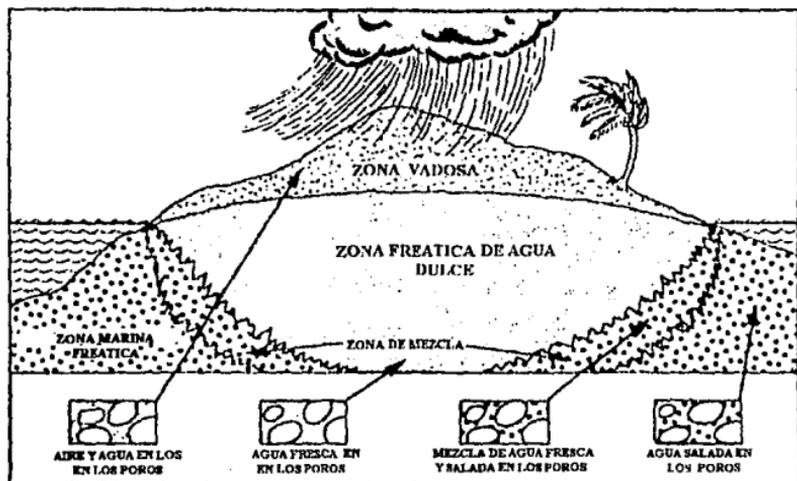
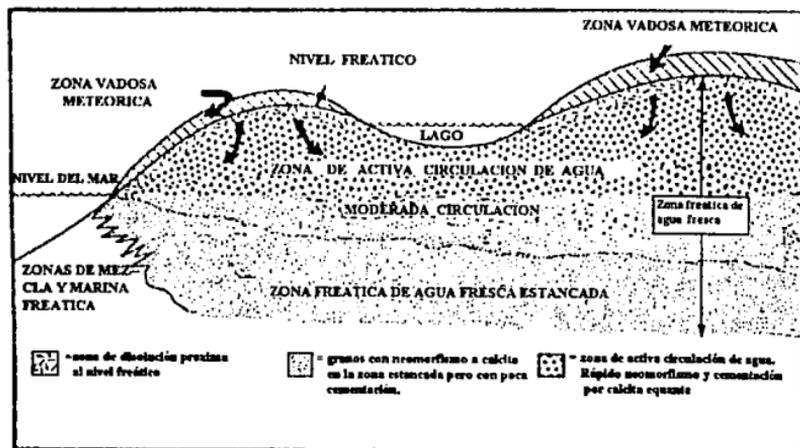
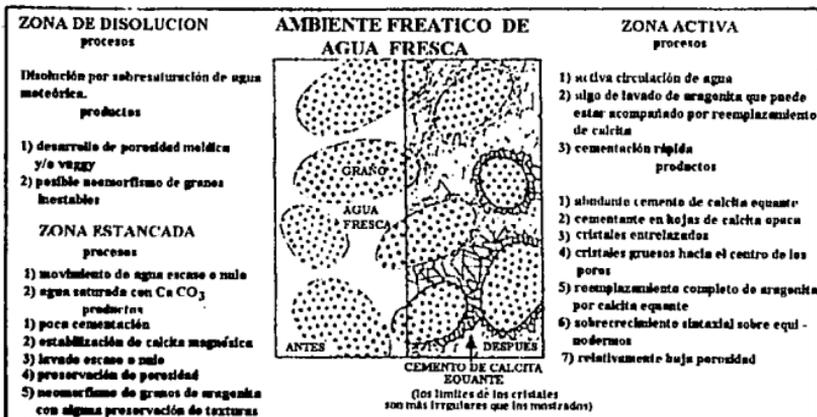


Fig. 48.-Sección esquemática idealizada de una zona freática de aguas frescas mostrando la posible distribución de zona de disolución, zonas de activa circulación de agua y cementación, y zonas de aguas estancadas (Longman, 1982).

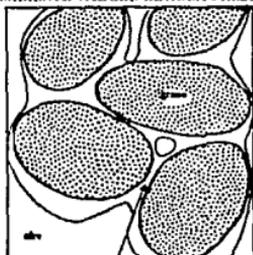


ZONA MESOGENETICA. Esta zona fue propuesta para el intervalo de tiempo durante el cual los sedimentos o rocas son sepultados a profundidades donde los procesos superficiales no llegan a afectar. Es decir comprende los ambientes diagenéticos de sepultamiento temprano y tardío.

ZONA TELOGENETICA. Este término comprende el intervalo de tiempo durante el cual un gran paquete de rocas carbonatadas están influidas significativamente por procesos asociados a la formación de una discordancia. Es decir, esta zona implica un levantamiento de toda una secuencia previamente sepultada.

Fig. 49.- Sección idealizada de la zona vadosa de agua fresca exponiendo una probable distribución de áreas de disolución y precipitación (Longman, 1982).

AMBIENTE VADOSO DE AGUA FRESCA



cubierta de agua en forma de menisco

ZONA DE DISOLUCION

procesos

- 1) disolución por sobresaturación de agua meteorica
- 2) producción de CO₂ en zonas de raíces que ayudan a la disolución

productos

- 1) disolución extensiva
- 2) remoción preferencial de aragonita al no estar presente
- 3) formación de vega en calizas

ZONA DE PRECIPITACION

procesos

- 1) distribución de agua en forma de menisco
- 2) aumento de CO₂

productos

- 1) menor cementación
- 2) cementos en forma de meniscos
- 3) cemento colgante
- 4) caliza esponja
- 5) preservación de la mayoría de la porosidad



A

ETAPA DIAGENETICA		AMBIENTE DIAGENETICO	PROCESOS	FORMACION		FACIES DE WILSON (1974)									
sede- posi- cional	PREDEPOSITACIONAL	---MARINO---	Diagenesis	Horales	Horales	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
			POSTDEPOSITACIONAL	DEPOSITACIONAL	VADOSA	Diagenesis	X								
DISSOLUCION	X														
CEMENTACION	X														
EOKENETICA	LEVANTAMIENTO	Fracturamiento		X											
		Fresion-Disolucion		X											
		Dolomitizacion		X											
MEGOKENETICA	LEVANTAMIENTO	Fracturamiento		X											
		Fresion-Disolucion		X											
		Dolomitizacion		X											
TELOGENETICA	LEVANTAMIENTO	Neofraccionamiento		X											
		Dolomitizacion		X											
		Dolomitizacion		X											

B

ETAPA DIAGENETICA		AMBIENTE DIAGENETICO	PROCESOS	FORMACION		FACIES DE WILSON (1974)									
sede- posi- cional	PREDEPOSITACIONAL	---MARINO---	Diagenesis	Horales	Horales	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
			POSTDEPOSITACIONAL	DEPOSITACIONAL	VADOSA	Diagenesis	X								
DISSOLUCION	X														
CEMENTACION	X														
EOKENETICA	LEVANTAMIENTO SUPERFICIAL	Fracturamiento		X											
		Fresion-Disolucion		X											
		Dolomitizacion		X											
MEGOKENETICA	LEVANTAMIENTO PROFUNDO	Gilsonita (c)		X											
		Fracturamiento		X											
		Fresion-Disolucion		X											
TELOGENETICA	LEVANTAMIENTO	Dolomitizacion		X											
		Gilsonita (c)		X											
		Fracturamiento		X											
		Fresion-Disolucion		X											
		Dolomitizacion		X											
		Gilsonita (c)		X											
		Fracturamiento		X											
		Fresion-Disolucion		X											
		Neofraccionamiento		X											
Dolomitizacion	X														
Gilsonita (c)	X														
Neofraccionamiento	X														
Dolomitizacion	X														
Gilsonita (c)	X														

Tabla 10.- Relacion de eventos diageneticos de las secciones a) Tetelilla y b) Las Tunas, con su ambiente diagenetico y de deposito.

A

ETAPA DIAGENETICA		AMBIENTE DIAGENETICO	PROCESOS	FORMACION	FACIES DE WILSON (1974)										
sine-positacional		PREDEPOSITACIONAL	---MARINO---	Diagenesis Diagenesis	Horales	Mensual	1	2	3	4	5	6	7	8	9
POSTDEPOSITACIONAL	DEPOSITACIONAL	VADOSA	Dissolution												
	ROGENETICA		Diagenesis P. Evaporitas Diagenesis Brecha												
	MESOGENETICA	SEPLTAMIENTO PROFUNDO	Fracturamiento Presion-Diagenesis Diagenesis Diagenesis												
	TELOGENETICA	LEVANTAMIENTO	Fracturamiento Presion-Diagenesis Recristalizacion Diagenesis												

B

ETAPA DIAGENETICA		AMBIENTE DIAGENETICO	PROCESOS	FORMACION	FACIES DE WILSON (1974)										
sine-positacional		PREDEPOSITACIONAL	---MARINO---	Diagenesis Diagenesis Diagenesis Diagenesis P. Evaporitas Brecha <th>Horales</th> <th>Mensual</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th>	Horales	Mensual	1	2	3	4	5	6	7	8	9
POSTDEPOSITACIONAL	DEPOSITACIONAL	VADOSA	Diagenesis Diagenesis Diagenesis Diagenesis P. Evaporitas Brecha												
	ROGENETICA		FREATICO	Diagenesis C. Del Barro Diagenesis Diagenesis Diagenesis											
	MESOGENETICA	SEPLTAMIENTO PROFUNDO	Fracturamiento Presion-Diagenesis Diagenesis												
	TELOGENETICA	LEVANTAMIENTO	Fracturamiento Fracturamiento Presion-Diagenesis Recristalizacion Diagenesis												

Tabla 11.- Relacion de eventos diagenéticos de las secciones a) Xonacatla y b) Cococingo, con su ambiente diagenético y de depósito.

VIII.-CONCLUSIONES

A) CONCLUSIONES ESTRATIGRAFICAS

a) Al este de Apipulco la secuencia evaporítica de la Formación Huitzoco pasa transicionalmente a una secuencia de carbonatos con laminaciones de fragmentos de moluscos (facies 8) perteneciente a la base de la Formación Morelos.

b) Con base en el estudio petrológico del contacto entre las Formaciones Morelos y Mexcala (tres secciones litoestratigráficas: Tetelilla, Las Tunas y Sasamulco) donde se observó el paso transicional de la primera a la segunda, se puede afirmar que no existen elementos sedimentarios que indiquen la presencia de la Formación Cuautla en la región de Santa Teresa.

B) CONCLUSIONES ESTRUCTURALES

a) La región después del Cenomaniano comienza a ser afectada por esfuerzos compresionales de orientación variable E-W, que originan que la secuencia calcárea ya depositada inicie su plegamiento continuando así, hasta finales del Cretácico, cuando los esfuerzos compresionales ya han ganado terreno a la deformación, provocando un cabalgamiento gradual bloque sobre bloque, que probablemente inicia bajo condiciones acuosas (?). Posteriormente durante el Terciario comienza a desarrollarse el desplazamiento lateral, que será el que predomine después de haber cesado el cabalgamiento, desplazando los ejes anticlinales y todos los bloques cabalgados. Esto origina la apertura de pequeñas cuencas locales en donde se emplazan lagos (Formación Oapan, al sur de Sabana Grande). Posteriormente con el cese de los esfuerzos se desarrollan los fallamientos verticales.

C) CONCLUSIONES AMBIENTALES

a) Del análisis paleoambiental se obtuvieron 16 litofacies y 11 ambientes de depósito.

b) Para el Albiano-Cenomaniano en la región de Santa Teresa se presenta una plataforma carbonatada con facies someras que varía de interna a externa bajo condiciones de alta energía y circulación abierta. Sobre esta plataforma, se presentan crecimientos orgánicos de rudistas y gasterópodos (Formación Morelos).

c) Se reportan dentro de la Formación Morelos depósitos de tormenta, que se presentan de manera cíclica en su parte media y cima.

d) Para el Turoniano la plataforma carbonatada gradualmente subsidie, presentándose la interdigitación de sedimentos turbidíticos (Formación Mexcala clásica) con sedimentos de arcillo-calcáreos de plataforma (miembro somero de la Formación Mexcala). La plataforma que se desarrolla en este período es de tipo rampa, es decir, no presenta propiamente el desarrollo de un talud.

e) Durante la subsidencia de la plataforma, se presenta una influencia volcánica al pasar de condiciones plataforma clástico-carbonatadas a cuenca.

f) Para finales del Cretácico, toda la zona ha subsidido totalmente, presentando condiciones de cuenca.

D) CONCLUSIONES DIAGENETICAS

a) Los procesos diagenéticos tempranos siempre están asociados al ambiente de depósito. Esto es muy marcado en las secciones Cococingo y Xonacatla, donde las condiciones evaporíticas del medio se reflejan en los procesos tempranos.

b) Los procesos de sepultamiento somero sólo son observados de manera clara en las secciones Las Tunas y Xonacatlá.

c) El sepultamiento profundo (etapa mesogénica) está bien marcado en toda el área, y es representado por los procesos F1, PS2, D2, Gm, F2, provocados por el plegamiento de la secuencia y su subsecuente y paulatino levantamiento.

d) El bloque I y II presenta una migración de hidrocarburos durante el sepultamiento profundo, asociada a la porosidad secundaria (PS2--D2--Gm).

e) El fallamiento lateral, se expresa solamente en los procesos del centro de la región (Sección Las Tunas), como fracturamiento y presión-solución (F3-->PS3) dentro de la etapa de levantamiento.

g) También se concluye que los procesos de esta región marcan una historia diagenética íntimamente ligada al ambiente de depósito en su etapa inicial, y a las condiciones tectónicas que afectaron a la región, en una etapa tardía, cuando el sedimento ya era roca.

IX.-ANEXOS

IX.1.- Anexo de secciones litoestratigráficas medidas

Para la realización de este trabajo se midieron 4 secciones sobre el bloque autóctono I (Acayahualco, Sasamulco, Tetelilla y Las Tunas); una sobre el bloque autóctono II (Xonacatla) y una sobre el bloque autóctono III (Cococingo), con las cuales se construyó la evolución palcoambiental de la región.

En las secciones no se contó con edades, lo cual puede hacer variar un poco la sucesión de las edades de los eventos, pero no la sucesión de los eventos sedimentarios en sí.

El principal elemento de correlación fue el contacto entre la secuencia calcárea (Formación Morelos) y la secuencia clástica (Formación Mexcala). Se contó también con un marcador estratigráfico dentro de la Formación Mexcala, dado por la influencia volcánica que afectó a la región. En las secciones Xonacatla y Cococingo sólo se midió parte de la Formación Morelos sin alcanzar su cima ni su base, de éstas no se tiene una ubicación estratigráfica precisa, aunque por sus características ambientales se pueden considerar próximas a su base.

Para la ubicación de las secciones ver el anexo cartográfico.

La descripción estratigráfica y petrográfica se realizó por secciones litoestratigráficas, para cada intervalo se siguió la siguiente metodología:

DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

- 1.- ESPESOR DEL INTERVALO EN METROS
- 2.- LITOLOGIA Y MODIFICADORES
- 3.- COLOR
- 4.- TIPO DE ESTRATOS Y ESPESORES
- 5.- CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES
- 6.- CONSTITUYENTES PRINCIPALES A NIVEL AFLORAMIENTO:
 - MATRIZ
 - ESPATITA
 - TIPO Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS
 - ESTADO MECÁNICO DE LAS PARTÍCULAS
 - EMPAQUE
- 7.- ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS:
 - PRIMARIAS
 - SECUNDARIAS
 - ORGANICAS
- 8.- CONTENIDO FOSILIFERO A NIVEL AFLORAMIENTO
- 9.- PALEOCORRIENTES
- 10.- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS:
 - TIPOS DE CONTACTOS
 - RELACIONES SUPRA Y SUBYACENTES
- 11.- COMENTARIOS:
 - AMBIENTALES
 - ESTRUCTURALES
 - DIAGENETICOS
 - TEXTURALES

DESCRIPCION DE DATOS PETROGRAFICOS

- 1.- TEXTURA
- 2.- TIPO DE BIOCLASTOS, CARACTERISTICAS Y PORCENTAJE RELATIVO
- 3.- OTRAS PARTÍCULAS, CARACTERISTICAS Y PORCENTAJE RELATIVO
- 4.- RASGOS DIAGENÉTICOS IMPORTANTES
- 5.- COMENTARIOS:
 - AMBIENTALES
 - ESTRUCTURALES
 - DIAGENÉTICOS
 - TEXTURALES
- 6.- FACIES (WILSON, 1974) Y AMBIENTE DE DEPOSITO

Simbología utilizada en las representaciones gráficas de las secciones medidas.

ESTRUCTURAS Y TEXTURAS

	Laminaciones		Fracturas
	Laminación cruzada		Estilolitas
	Flujos de granos		Yeso introducido
	Estructuras en flama		Nódulos evaporíticos
	Carpetas de algas		Bioturbación
	Nódulos de pedernal		Fragmentos de moluscos
	Bandas de pedernal		Gasterópodos
			Crecimientos orgánicos

TIPO DE ROCA

	Calizas		Lutita
	Dolomita		Roca ígnea intrusiva
	Conglomerado		Íoba
	Areniscas		

COMPONENTES PRINCIPALES DE LA ROCA

CARBONATADOS	TERRÍGENOS	
		Quarzo
		Feldespatos
		Fragmentos de roca
		Matriz
		Cementante
		Arcilla
		
		
		
		
		
		
		
		

ORGANISMOS

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y PORCENTAJE RELATIVO

	Completos		Fragmentados
	Presentes		Comunes
			Abundantes

SECCION ACAYAHUALCO

Esta sección se midió a 2 km al oriente de Acayahualco en el Cerro Copaltepec. La orientación de los estratos se mantuvo variando entre SE y SW, con una tendencia hacia el sur. El espesor medido fue de 439.23 m.

FORMACION MEXCALA

0.00-44.63 m MM90 96. Color gris oscuro. Estratos de 20 y 60 cm de espesor fracturados. Los constituyentes principales son fragmentos de moluscos, foraminíferos bentónicos y fragmentos de calizas. Los estratos presentan laminaciones paralelas y estilolitas paralelas a la estratificación.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS. Los fragmentos de moluscos son abundantes, los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y textuláridos) son comunes y sólo están presentes las placas de equinodermos y los fragmentos de algas. Los peloides y los bioclastos son los principales constituyentes de la roca, y están presentes los intraclastos y ooides, son escasos los feldespatos y el cuarzo detrítico. El contenido de arcilla es mínima, pero existe. Los fragmentos de roca calcárea contienen foraminíferos bentónicos. La influencia volcánica es escasa. Plataforma clástico-carbonatada interna de alta energía.

44.63-49.25 m. Calcilita. Estratos de 90 cm de espesor fracturados que presentan laminaciones cruzadas, estilolitas y bioturbación. Abundan los fragmentos de moluscos con tamaños de arenas medias.

49.25-60.7 m. Los estratos de calcilitas aumentan a 1-1.2 m de espesor.

60.70-75.13 m MM9097. Color gris oscuro. Estratos de 50 cm de espesor fracturados. Los constituyentes principales son los bioclastos del tamaño de la arena fina. Los estratos presentan laminaciones cruzadas de alto ángulo, estilolitas, gradación normal y fragmentos de roca arcillosa.

PETROGRAFIA. CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos son abundantes, y los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y textuláridos) son comunes, están presentes los fragmentos de algas, las valvas de ostrácodos, las placas de equinodermos, mientras que los foraminíferos planctónicos, calciesférulidos y los radiolarios están presentes solamente en los clastos calcáreos. Los constituyentes principales de la roca son los fragmentos de rocas calcáreas, y sólo están presentes los ooides, el cuarzo detrítico, los feldespatos y el pedernal detrítico. El cemento espático es impuro. Se observa un alto contenido de cuarzo detrítico en la cima del fragmento calcáreo. Se presentan relictos de hidrocarburos tanto en la roca como dentro de las cámaras de miliólidos. Escasa ceniza volcánica. Plataforma clástico-carbonatada interna de alta energía.

75.13-81.67 m. Calcilitas en estratos de 50 cm de espesor.

81.67-116.99 m. Calcilitas que presentan abundantes fragmentos de moluscos.

116.99-175.66 m MM9098. Color gris oscuro. Estratos delgados y fracturados. Los constituyentes principales son los fragmentos de moluscos del tamaño de arena fina. La roca es muy arcillosa. Presenta laminaciones cruzadas y estilolitas.

PETROGRAFIA. CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos y los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y textuláridos) son comunes, y están presentes las placas de equinodermos, los ostrácodos (enteros principalmente y en menor proporción valvas) y los fragmentos de algas. Los fragmentos de roca calcárea son los principales constituyentes de la roca, y sólo están presentes el cuarzo detrítico, los ooides y el pedernal detrítico. En conjunto todas las partículas están contenidas en un cemento espático muy impuro.

El cuarzo detrítico se presenta con extinción ondulante y paralela. Se observan relictos de hidrocarburos. Plataforma clástico-carbonatada interna de energía media.

175.66-208.28 m MM9099 y MM90100. Color gris oscuro. Estratos de 30 cm de espesor fracturados. Los constituyentes principales son los fragmentos de roca calcárea y los fragmentos de moluscos del tamaño de arena fina que pasan a una calcilita de arenas gruesas y después a una lodolita de color amarillo. Las estructuras encontradas son de socavación, y estilolitas.

PETROGRAFIA: Muestra MM9099.- CALCLITITA Los fragmentos de moluscos y los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos, textuláridos y planispirales) son comunes, y están presentes los fragmentos de algas (rojas) y placas de equinodermos. Los principales constituyentes son los fragmentos de rocas calcáreas y los bioclastos, y están presentes los ooides, el cuarzo detrítico y el pedernal detrítico. En conjunto la muestra está bien cementada. Los hidrocarburos se presentan en los bordes de fragmentos de rocas calcáreas y bioclastos. Presenta escasa ceniza volcánica. Plataforma clástico-carbonatada interna de alta energía.

PETROGRAFIA: Muestra MM90100.- ROCA LODOSA. Los foraminíferos planctónicos retrabajados son abundantes. Los bioclastos son los principales constituyentes de la roca y sólo están presentes el cuarzo y pedernal detrítico. La matriz arcillosa presenta un color rojizo debido a la influencia volcánica que afecta a la roca. Las testas de los foraminíferos planctónicos están silicificadas. El cuarzo detrítico se presenta con extinción ondulante y paralela. Se observan laminaciones cruzadas con cuarzo detrítico y fragmentos de moluscos. Facies 3, de cuenca interna.

208.28-251.55 m MM90101. Color gris claro. Estratos de 70 cm de espesor fracturados y recristalizados. Los constituyentes principales son los fragmentos de moluscos de tamaño de arena gruesa. Los estratos presentan laminación cruzada y estilolitas.

PETROGRAFIA. CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos son abundantes y presentes los foraminíferos bentónicos retrabajados, las placas de equinodermos y los fragmentos de algas. Los bioclastos y los fragmentos de rocas calcáreas son los principales constituyentes de la roca y sólo están presentes los ooides (oolitas y granos envueltos). En conjunto las partículas están bien cementadas. Algunos fragmentos de roca calcárea contienen miliólidos. Se presentan los fragmentos volcánicos. Plataforma clástico-carbonatada interna de alta energía.

251.55-255 m MM90102 y MM9080. Color gris oscuro con laminaciones cruzadas de color amarillo. Estratos de 50 cm de espesor fracturados. Los constituyentes principales son los fragmentos de moluscos del tamaño de arena media. Se observan laminaciones cruzadas y estilolitas.

PETROGRAFIA: Muestra MM90102.- CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos, los foraminíferos bentónicos retrabajados (textuláridos y miliólidos) y las placas de equinodermos son comunes, mientras que las valvas de ostracodos y los fragmentos de algas están presentes. Los fragmentos de roca calcárea y los bioclastos son los principales constituyentes de la roca y sólo están presentes los ooides y es escaso el cuarzo detrítico. Todas las partículas se encuentran cementadas con aporte de matriz arcillosa. Se observan laminaciones de fragmentos de moluscos. Plataforma clástico-carbonatada interna.

PETROGRAFIA: Muestra MM90 80.- CALCLITITA. Los fragmentos de molusco son abundantes; son comunes las placas de equinodermos y están presentes los foraminíferos bentónicos. Los bioclastos y los fragmentos de roca calcárea son los principales constituyentes de la roca y sólo está presente el cuarzo detrítico (la mayoría presenta extinción recta y la minoría extinción ondulante). Plataforma clástico-carbonatada media.

259.01-273.93 m MM9079 y MM9081. Color gris oscuro. Laminaciones de color amarillo. Estratos gruesos fracturados. Los constituyentes principales son los bioclastos del tamaño de arena fina, fragmentos de moluscos y calizas del tamaño de arena gruesa. De la base a la cima se observa gradación normal, laminaciones paralelas, rizaduras, acreción de rizaduras, para terminar en lutita calcárea amarilla.

PETROGRAFIA: Muestra MM90 79.- CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos son abundantes, y están presentes las placas de equinodermos, los globigerinidos retrabajados, las valvas de ostrácodos y los calciesferúlidos. Los principales constituyentes de la roca son fragmentos de roca calcárea y bioclastos, y está presente el cuarzo detrítico. La roca presenta un bajo contenido de arcilla. Relictos de hidrocarburos. Plataforma clásico-carbonatada externa.

PETROGRAFIA: Muestra MM90 81.- CALCLITITA. Los foraminíferos bentónicos retrabajados, miliólidos y textuláridos son comunes, están presentes los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos, las valvas de ostrácodos y los foraminíferos planctónicos retrabajados. Los bioclastos y los fragmentos de roca calcárea son los principales constituyentes de la roca y está presente el cuarzo detrítico. La muestra presenta un alto contenido de arcilla. Algunos miliólidos presentan bordes manchados de hidrocarburos. Plataforma clásico-carbonatada media con influencia de cuenca.

273.93-280 m MM9073. Color gris oscuro. Estratos de 40-50 cm de espesor fracturados. Los constituyentes principales son los fragmentos de moluscos del tamaño de arena gruesa. Los estratos presentan fuerte bioturbación.

280-290.61 m. Estratos arcillosos en paquetes de 50 cm de espesor que predominan sobre las arenas en paquetes de 20 y 50 cm de espesor.

290.61-307.29 m MM90103. Color gris oscuro. Estratos de 10 cm de espesor fracturados con alta bioturbación y estilolitas. Se observan fragmentos de bioclastos.

PETROGRAFIA. CALCLITITA Los fragmentos de moluscos y los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y textuláridos) son comunes y presentes las placas de equinodermos y las valvas de ostrácodos. Los fragmentos de roca calcárea y los bioclastos son los principales constituyentes de la roca y están presentes los ooides y el cuarzo detrítico. En conjunto las partículas están bien cementadas y se presenta micrita en menor proporción. Algunos miliólidos presentan bordes manchados con hidrocarburos. Se observan estilolitas rellenas de arcilla. Plataforma clásico-carbonatada interna.

307.29-310.33 m. Las areniscas predominan en este intervalos.

310.33-317.91 m. Conglomerado de fragmentos de moluscos en estratos de 30-50 cm de espesor intercalados con lutitas.

317.90-427.1 m. Termina el intervalo de conglomerado de moluscos e inicia uno de arenas medias con laminaciones cruzadas.

427.1-439.23 m MM90104. En este intervalo la secuencia es monótona presentando arenas medias y finas con laminaciones cruzadas en la cima de los estratos.

PETROGRAFIA CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos son comunes y las placas de equinodermos están presentes. Los principales constituyentes son los fragmentos de roca calcárea y los bioclastos, y presentes los peloides y el cuarzo detrítico. En conjunto las partículas están bien cementadas, y en menor proporción se presenta micrita. Plataforma clásico-carbonatada interna-media.

La sección se termina por falla normal, donde el lado norte del cerro es el bloque caído.

SECCION COCOCINGO

Esta sección fue levantada sobre el bloque superior de una falla normal a 10 km al SE de Cococingo. Los echados siempre se mantuvieron con una orientación NI. Sólo se midió una porción de la Formación Morelos, se desconoce su posición estratigráfica. El espesor medido fue de 565 m.

FORMACION MORELOS

0.0-46.23 m MM8955. Color gris oscuro. Los estratos varían de 1-1.5 m de espesor con laminaciones paralelas producidas por crecimientos de carpetas de algas bioturbadas. Entre las carpetas de algas se pueden encontrar fragmentos de moluscos y foraminíferos bentónicos. El afloramiento a simple vista se presenta como una dolomía masiva con grandes oquedades (2-5 cm de diámetro) rellenas por calcita. En esta dolomía se desarrolla paleokarst y estilolitas de gran tamaño.

PETROGRAFIA. BINDSTONE DOLOMITIZADO. La roca está formada por carpetas de algas que han entrampado intraclastos y bioclastos. La muestra está altamente dolomitizada, y característicamente presenta dolomía barroca asociada a precipitación de evaporitas. La disolución ha provocado grandes oquedades que se rellenan con calcita. La recristalización ha sido parcial y no afecta a toda la roca. Facies 9, intermarea con desarrollo de carpetas de algas.

46.23-93.97 m MM8954 y MM8953. Color gris oscuro. Los estratos alcanzan espesores de hasta 1 m, y en ellos se observa bioturbación producida por galerías que destruye a las laminaciones dejadas por carpetas de algas. La roca está muy fracturada y abundan estilolitas paralelas a los estratos. Se observan intervalos con abundantes miliólidos. A nivel afloramiento se observa una dolomía masiva afectada por el desarrollo de paleokarst.

PETROGRAFIA. BINDSTONE DOLOMITIZADO. La textura que se observa está dominada por el desarrollo de carpetas de algas, las cuales suelen entrampar algunos fragmentos de moluscos y miliólidos. Dentro de la paragénesis se encuentra el proceso de precipitación de evaporitas con posterior reemplazamiento de éstas por dolomía barroca. Se observa materia orgánica entre los huecos dolomitizados de la carpetas de algas. La recristalización sólo afecta parcialmente. Facies 8-9, sistema sabkha, intermarea.

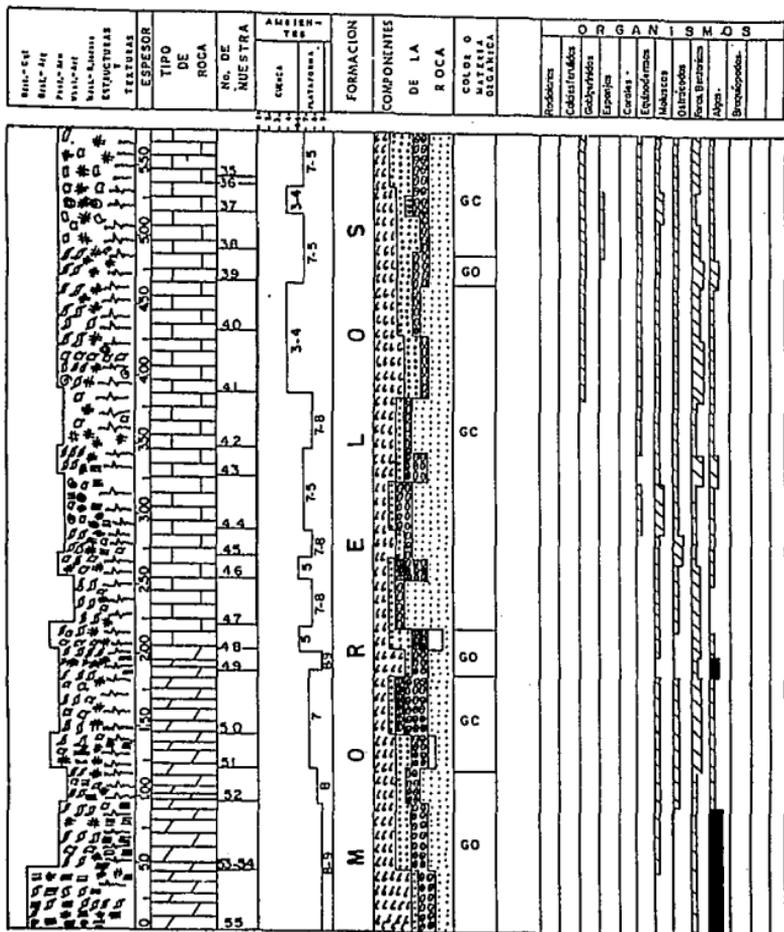
93.97-118.57 m MM8952. Color gris oscuro. Los espesores de los estratos alcanzan hasta 1 m, en los que se observa bioturbación por galerías que destruye en ocasiones a las laminaciones dejadas por las carpetas de algas. Se presentan estilolitas bien desarrolladas y alto fracturamiento. Los fragmentos de rudista están formando laminaciones. La roca presenta una alta dolomitización y recristalización.

PETROGRAFIA. BINDSTONE DOLOMITIZADO. Las carpetas de algas forman casi a toda la roca, y entre ellas se encuentran fragmentos de moluscos. Debido a la alta dolomitización muchas partículas no se pudieron identificar, tomándose como peloides. Los intraclastos son comunes y existe la bioturbación. Facies 8-9, zona de intermarea con crecimiento de carpetas de algas, en el borde de una planicie evaporítica.

118.57-142.5 m MM8951. Color gris oscuro. Presenta espesores de estratos de hasta 1 m. Las carpetas de algas se encuentran destruidas por una bioturbación muy fina. El fracturamiento y estilolitas están presentes. La bioturbación generalmente está dolomitizada. Se observa un microbrechamiento de origen tectónico que es cementado por dolomía. Los fragmentos de moluscos, miliólidos e intraclastos son comunes en los estratos. La roca se encuentra altamente dolomitizada.

PETROGRAFIA. WACKESTONE-PACKSTONE DE BIOCLASTOS DOLOMITIZADO. Las dicyclinas y textuláridos están retrabajados. Se encuentran presentes las valvas de ostrácodos, los fragmentos de moluscos y algas. Los intraclastos y peloides están presentes. Intraclastos y fragmentos de moluscos se observan

Sección litoestratigráfica Coccingo.



micritizados, así mismo existe la bioturbación. En su paragénesis la muestra presenta un cementante de dolomita y otro de dolomita barroca asociadas a la precipitación de evaporitas en nódulos; así como una dolomitización general de toda la roca. Se observa una dolomitización parcial sobre el brechamiento existente en la roca. Las bioturbaciones son las que están más afectadas por la dolomitización. Facies 8, plataforma interna a media de aguas someras y alta energía.

142.5-187.55 m MM8950. Color gris claro. Presenta estratos de 60 cm de espesor con intervalos donde la bioturbación destruye a las laminaciones paralelas. Se observan estructuras de flama y flujos de granos. Las estilolitas y fracturamiento están presentes. Suele encontrarse miliólidos e intraclastos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-GRAINSTONE DE MILIÓLIDOS DOLOMITIZADOS. Abundantes miliólidos y textuláridos retrabajados, y presentes las algas, fragmentos de moluscos y valvas de ostrácodos. Los intraclastos son comunes y se presentan peloides y pelotas fecales. Los bioclastos e intraclastos están micritizados. Se observa bioturbación. Facies 7, el ambiente es de una plataforma externa de alta energía.

187.55-204.45 m MM8949. Color gris claro. Los espesores de los estratos alcanzan hasta 1 m, en donde se observan intervalos altamente bioturbados, con estilolitas bien desarrolladas y fracturamiento. Los fragmentos de rudistas se presenta esporádicamente en el afloramiento.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS DOLOMITIZADO. Los miliólidos retrabajados son abundantes y están presentes las valvas de ostrácodos, los fragmentos de algas y los fragmentos de moluscos. Los peloides son abundantes debido a la micritización que sufrieron las partículas. Están presentes las pelotas fecales e intraclastos. Se observa bioturbación. Facies 7, el ambiente es el de una plataforma externa de alta energía.

204.45-222.75 m MM8948. Color gris oscuro. Los estratos alcanzan espesores de 1-1.2 m en donde se observan laminaciones paralelas producidas por carpetas de algas, así como laminaciones cruzadas y una alta bioturbación por galerías. La estilolitas y fracturas son comunes. Se presentan fragmentos de rudistas formando laminaciones.

PETROGRAFIA. BINDSTONE DOLOMITIZADO. La roca está formada casi exclusivamente de carpetas de algas las cuales llegan a entrapar algunos foraminíferos bentónicos. La roca está muy dolomitizada. Dentro de los procesos diagenéticos observables está la precipitación de evaporitas en pequeños nódulos, así como un cemento de dolomita barroca. Facies 8-9, intermarea con desarrollo de carpetas de algas, en el borde de una planicie evaporítica.

222.75-255.13 m MM8947. Color gris oscuro. Los estratos presentan espesores de hasta 1 m con alta bioturbación por galerías. La característica a nivel afloramiento es el desarrollo de estilolitas y fracturas en la roca recristalizada. Se encuentran comúnmente fragmentos de rudistas, miliólidos e intraclastos.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE-PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS. Los miliólidos están retrabajados y son comunes al igual que los fragmentos de moluscos. Las algas están presentes. Son abundantes los intraclastos y se presentan peloides y pelotas fecales, mientras que los ooides se observan esporádicamente. Los moluscos están perforados y micritizados. Se observa bioturbación. Facies 5, de arenas postarrecifales en una plataforma interna.

255.13-269.2 m MM8946. Color gris claro. Con espesores de estratos de hasta 1 m, en donde se observan amplios intervalos de fina bioturbación con estilolitas y fracturamiento. Los fragmentos de rudistas, miliólidos e intraclastos son comunes.

PETROGRAFIA. WACKSTONE DE BIOCLASTOS DOLOMITIZADO. Abundan los miliólidos retrabajados, están presentes las valvas de ostrácodos y fragmentos de moluscos. Se presentan intraclastos y peloides. Los fragmentos de moluscos muestran micritización. Se observa bioturbación. Facies 7-8, plataforma media a interna de aguas someras y alta energía.

269.2-288.9 m MM8945. Color gris claro. Presenta espesores de hasta 1 m con estilolitas y fracturas. Las toucasias son abundantes y sólo están presentes los foraminíferos bentónicos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS DEDOLOMITIZADO. Los miliólidos y dicyclinas retrabajados son comunes, y están presentes los fragmentos de moluscos, valvas de ostrácodos y algas. Abundan los peloides debido al retrabajo y micritización que han sufrido las partículas originales. Están presentes las pelus fecales, y los fragmentos de moluscos (con perforaciones). Se observa bioturbación. Facies 7-5, plataforma externa de aguas someras y alta energía con plena influencia de arenas postarrecifales.

288.9-329.72 m MM8944. Color gris claro. Presenta espesores de 0.5-1.2 m con alta bioturbación, laminaciones paralelas, estilolitas y fracturamiento. Son comunes los rudistas y las valvas de ostrácodos. La roca es muy arcillosa.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-WACKESTONE DE BIOCLASTOS. Las valvas de ostrácodos son comunes, y están presentes los miliólidos y dicyclinas retrabajados, así como fragmentos de moluscos y de algas. Los foraminíferos planctónicos son escasos. Los intraclastos y peloides están muy alterados. Se observa bioturbación. En las estilolitas se presentan óxidos. Facies 7, plataforma externa de alta energía.

329.72-349.42 m MM8943. Color gris claro. Presenta espesores de estratos de hasta 1 m con laminaciones producidas durante el depósito, estilolitas y alto fracturamiento. Son comunes los fragmentos de rudistas y gasterópodos.

PETROGRAFIA. WACKESTONE-PACKSTONE DE PELOIDES DEDOLOMITIZADO. Los fragmentos de moluscos son comunes y se presentan dicyclinas (fragmentadas y enteras), placas de equinodermos, valvas de ostrácodos y algas. Los peloides son abundantes debido a la micritización, y están presentes intraclastos y pelus fecales. Se observa bioturbación. Facies 7-5, plataforma externa de aguas someras y alta energía con influencia de arenas postarrecifales.

349.42-386.02 m MM8942. Color gris claro. Presenta espesores de 1-1.2 m con alta bioturbación que destruye laminaciones paralelas, estilolitas bien desarrolladas y fracturamiento. Sólo se observan miliólidos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS DEDOLOMITIZADO. Los miliólidos son abundantes (enteros y fragmentados). Las algas son comunes y las placas de equinodermos con los fragmentos de moluscos están presentes. La abundancia de peloides se debe a la alta micritización que han sufrido las partículas en el medio. Los intraclastos están presentes y se observa bioturbación. Facies 7-5, el ambiente es de aguas someras de alta energía e influencia de arenas postarrecifales.

386.02-433.07 m MM8941. Color gris claro. Presenta espesores de estratos de 1-1.2 m con estilolitas paralelas a los estratos así como fracturas. Se observan fragmentos de rudistas distribuidos aleatoriamente en toda la roca y están presentes los foraminíferos bentónicos y valvas de ostrácodos. Hacia la base del intervalo se presenta una brecha tectónica.

PETROGRAFIA. WACKESTONE-PACKSTONE DE BIOCLASTOS DEDOLOMITIZADO. Las valvas de ostrácodos son comunes, mientras que foraminíferos bentónicos retrabajados, fragmentos de moluscos, algas y placas de equinodermos están presentes. Los peloides son comunes y los intraclastos están presentes. Se observa bioturbación. Hay un alto contenido de arcilla. Facies 7-8, plataforma media a interna de alta energía con influencia de arenas postarrecifales.

433.07-467.4 m MM8940. Color gris claro. Presenta espesores de hasta 1 m con bioturbaciones, estilolitas bien desarrolladas, fracturamiento y horizontes con fragmentos de toucasias. Los miliólidos y gasterópodos están presentes.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE FORAMINIFEROS BENTONICOS. Las dicyclinas y miliólidos son abundantes, están presentes los fragmentos de moluscos, algas, placas de equinodermos, valvas de ostrácodos y foraminíferos planctónicos. Los intraclastos son comunes y están presentes peloides y cuarzo detrítico. Hay un alto contenido de arcilla. Facies 3-4, las condiciones de depósito se dan en la parte externa de una plataforma de rampa que presenta una alta energía.

467.4-490.16 m MM8939. Color gris claro. Presenta espesores de hasta 1 m con alta bioturbación, estilolitas desarrolladas y fracturamiento. Se observaron miliólidos. La roca se hace más arcillosa.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE BIOCLASTOS. Los foraminíferos, algas y fragmentos de moluscos son comunes en la roca, y están presentes los equinodermos, las valvas de ostrácodos y los foraminíferos planctónicos. Los peloides son abundantes y están presentes intraclastos, pelotas fecales y cuarzo detrítico. Los fragmentos de moluscos están perforados y micritizados, así mismo se observa bioturbación. Se presentan óxidos. Facies 3-4, las condiciones de depósito se dan en la parte externa de una plataforma de rampa que presenta una alta energía.

490.16-513.96 m MM8938. Color gris oscuro. Presenta espesores de estratos de 1-1.5 m con alta bioturbación, estilolitas desarrolladas y fracturamiento. Se observaron fragmentos de moluscos, miliólidos e intraclastos. En este intervalo termina la bioturbación en la secuencia.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE FORAMINIFEROS BENTONICOS E INTRACLASTOS. Los foraminíferos bentónicos son abundantes y se observan en fragmentos; las algas y valvas de ostrácodos son comunes, mientras que fragmentos de moluscos, placas de equinodermos y globigerinidos retrabajados están presentes. Dentro de la muestra existen organismos esféricos de pared gruesa, los cuales han sido tomados como algas. La muestra contiene principalmente intraclastos, peloides, pelotas fecales y cuarzo detrítico. Se observa bioturbación y estructuras geopetales desarrollándose en los organismos esféricos de pared gruesa. Facies 7-5, plataforma media con arenas postarrecifales.

513.96-535.26 m MM8937. Color gris claro. Con estratos de espesores de 1-1.5 m con estilolitas desarrolladas y paralelas a los estratos así como fracturas. Se observaron fragmentos de rudistas y gasterópodos con foraminíferos bentónicos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE FORAMINIFEROS BENTONICOS E INTRACLASTOS. Los foraminíferos bentónicos fragmentados, fragmentos de moluscos y los fragmentos de algas son comunes; mientras que valvas de ostrácodos, esponjas y foraminíferos planctónicos están presentes. Los fragmentos de moluscos están perforados y micritizados. Muchos de los intraclastos por micritización ahora son peloides. Se presenta el cuarzo detrítico. Se observa bioturbación. Facies 7-5, de una plataforma externa con circulación abierta y alta energía.

535.26-540.27 m MM8936. Color gris claro. Con estratos de espesores de hasta 1 m con estilolitas y con fracturas. Se observan fragmentos de rudistas y gasterópodos además de miliólidos. La roca es muy arcillosa.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE BIOCLASTOS ARCILLOSO DOLOMITIZADO. Abundan los fragmentos de moluscos y están presentes las valvas de ostrácodos, algas y placas de equinodermos. Los foraminíferos planctónicos son escasos. Se encuentran peloides, pelotas fecales y cuarzo detrítico. Los fragmentos de moluscos están perforados y micritizados, así mismo se observa bioturbación. La dolomita barrosa se encuentra rellendo zonas de disolución. Facies 3-4, de un talud con aporte de arenas arrecifales.

540.27-565.00 m MM8935. Color gris claro. Presenta estratos con espesores de 1-1.2 m en los que se observan estilolitas y fracturas. Son abundantes los miliólidos, fragmentos de monoplúridos e intraclastos de gran tamaño.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS. Los miliólidos y dicyclinas están retrabajados y son comunes; y presentes los fragmentos de algas, valvas de ostrácodos, fragmentos de

moluscos, placas de equinodermos, foraminíferos planctónicos y calciesférulidos. Los peloides son abundantes y están presentes la pelas fecales, esporádicamente se observan granos envueltos y cuarzo detrítico. Los fragmentos de moluscos muestran perforaciones y micritización. Se observa bioturbación. La muestra texturalmente gradúa verticalmente de packstone a grainstone. Facies 7-5 de arenas postarceíales.

SECCION SASAMULCO

Esta sección fue medida a 2 Km de Sasamulco, sobre el flanco oriental de un anticlinal, y en los cerros inmediatamente al norte del cerro El Escorpion. Los echados se mantuvieron casi siempre E-W variando hacia el SE. El espesor medido 563.92m.

FORMACION MORELOS

0-10 m MM89105. Color gris claro, estratos tabulares de hasta 80 cm de espesor en una disposición casi horizontal con fracturamiento. En muestra de mano se observan intraclastos, ooides, fragmentos de rudistas y fragmentos de gasterópodos de gran tamaño. Las estilolitas se encuentran bien desarrolladas.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS. Los intraclastos predominan en la muestra, así mismo se presenta gran abundancia de fragmentos de moluscos (principalmente rudistas y en menor proporción gasterópodos), y están presentes las placas de equinodermos y algas. Los peloides son escasos. La muestra presenta fracturamiento. Facies 5, de arenas postarrecifales.

10-32.11 m MM89104. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 40 cm de espesor, el intervalo presenta un brechamiento bien desarrollado. A nivel de muestra de mano se observan principalmente bioclastos fragmentados flotando en una matriz micrítico-arcillosa. Los fragmentos de moluscos predominan entre los bioclastos. La estilolitas están bien desarrolladas y se tienen dos fracturamientos que se observan a nivel afloramiento. Los estratos muestran laminaciones paralelas.

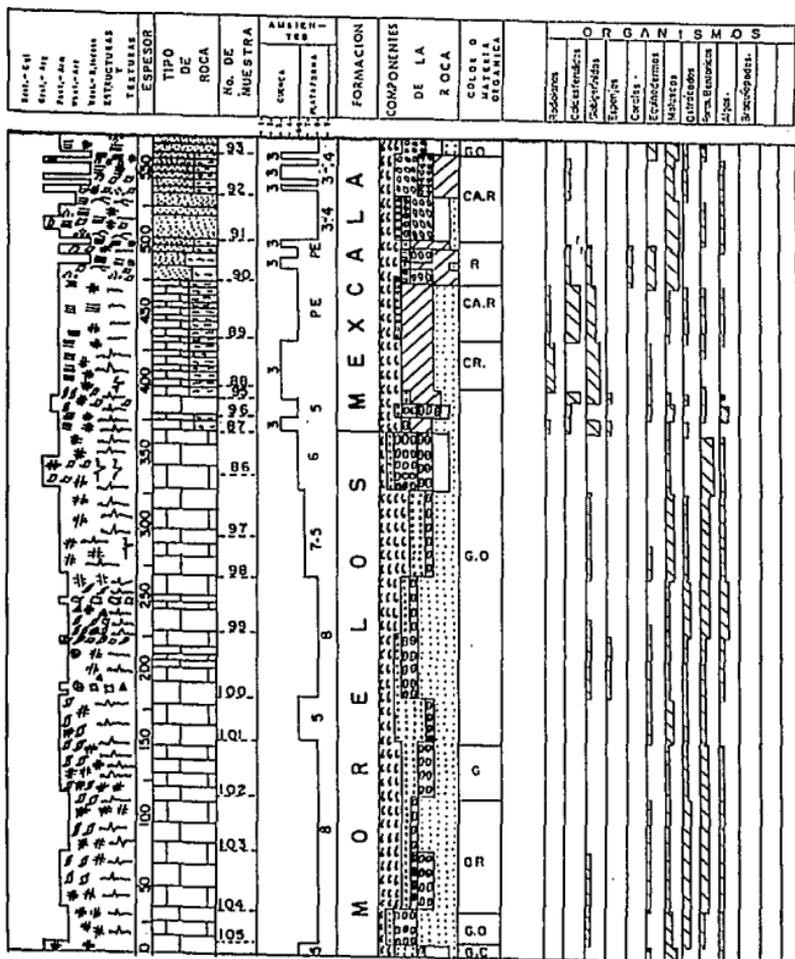
PETROGRAFIA. WACKSTONE-PACKSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Los fragmentos de moluscos y valvas de ostrácodos son comunes, mientras que miliólidos, dicyclinas y textuláridos (que en conjunto presentan un cierto retrabajo) están presentes junto con fragmentos de algas y globigerínidos retrabajados. Las principales partículas que se presentan son los peloides, y en menor proporción se presentan intraclastos y cuarzo detritico. Presenta característicamente un arreglo muy caótico de las partículas, así como laminaciones paralelas. Algunas fracturas presentan bordes oxidados. Se observan estilolitas bien desarrolladas. Facies 8, plataforma interna.

32.11-76.31 m MM89103. Color crema. Estratos tabulares de hasta 1 m de espesor, los cuales muestran recristalización y fracturamiento con bordes oxidados. Se observan principalmente fragmentos de moluscos, así como miliólidos e intraclastos. Las estilolitas están bien desarrolladas, y se presentan laminaciones paralelas y alta bioturbación producida por la formación de galerías, así como una disolución moderada.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE BIOCLASTOS ARCILLOSO DEDOLOMITIZADO. Los miliólidos retrabajados y valvas de ostrácodos son comunes; y sólo se presentan fragmentos de moluscos (principalmente rudistas y en menor proporción, gasterópodos), fragmentos de algas, calciesferúlidos, globigerínidos retrabajados, y placas de equinodermos. Los principales constituyentes de la roca son los bioclastos y los peloides y en menor proporción se presentan los intraclastos, las pelotas fecales y el cuarzo detritico. Se observa una bioturbación bien desarrollada producida por galerías. Se presentan estilolitas bien desarrolladas. La dolomitización se presenta en toda la roca. así mismo se observa una fuerte disolución temprana. Facies 8, plataforma interna.

76.31-113.29 m MM89102. Color crema. Estratos tabulares de hasta 1 m de espesor con intervalos de fuerte recristalización y fracturas oxidadas, así como un fuerte brechamiento en todo el intervalo. Los fragmentos de moluscos y miliólidos son comunes. La bioturbación está moderadamente. Las estilolitas están desarrolladas y presentan oxidación. Se observan pequeñas oquedades de disolución. Aumenta el contenido de lodo.

Sección litoestratigráfica Sasamulco.



PETROGRAFIA. WACKSTONE-PACKSTONE DE BIOCLASTOS ARCILLOSO. Las valvas de ostrácodos y los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos, textuláridos y dicyclinas) son comunes; mientras que los fragmentos de moluscos (rudistas principalmente y gasterópodos en menor proporción), las placas de equinodermos y los fragmentos de algas están presentes. Los principales constituyentes de la roca son los bioclastos, y sólo están presentes los peloides e intraclastos. Las estiolitas están bien desarrolladas y con hidrocarburos. Se observan grandes oquedades producidas por la disolución. Facies 8, plataforma interna.

113.29-153.22 m MM89101. Color gris con zonas bioturbadas de color pardo rojizo. Estratos tabulares de 40 cm de espesor con fracturamiento bien desarrollado y oxidado. Se presentan fragmentos de moluscos y en menor proporción foraminíferos bentónicos. Las estiolitas están bien desarrolladas y presentan oxidación.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE BIOCLASTOS E INTRACLASTOS ARCILLOSO DEDOLOMITIZADO. Los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos, dicyclinas y textuláridos) son comunes, mientras que los fragmentos de algas, valvas de ostrácodos y fragmentos de moluscos sólo están presentes. Los principales constituyentes de la roca son bioclastos e intraclastos, en menor proporción se presenta peloides. El cuarzo detrítico es escaso. Se observa presión-solución, fracturamiento y bioturbación. Facies 8, plataforma interna.

153.22-184.28 m MM89100. Color gris oscuro. Estratos tabulares de hasta 1 m de espesor, que presentan fracturas oxidadas. Se observan miliólidos y fragmentos pequeños de moluscos a nivel afloramiento. Las estiolitas y la bioturbación están bien desarrolladas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Los intraclastos son abundantes y dentro de los bioclastos los fragmentos de moluscos son comunes, mientras que las placas de equinodermos, los foraminíferos bentónicos (miliólidos y textuláridos) y las valvas de ostrácodos sólo están presentes. Los constituyentes principales de la roca son intraclastos y bioclastos, y en menor proporción se encuentran los peloides. Se observa bioturbación, presión-solución y fracturamiento. Facies 5, arenas postarrecifales.

184.28-231.61 m MM8999. Color gris oscuro. Estratos tabulares que varían de 1 m a 40-60 cm y 20-30 cm, con fracturas bien desarrolladas. A los 221.26 m se presenta un intervalo de toucasias y gasterópodos completos y fragmentados; a los 224.21 m un horizonte con toucasias completas y silicificadas, mientras que en los 231.61 m se presenta bioturbación irregular con estiolitas bien desarrolladas. Gran parte de los bioclastos están silicificados.

PETROGRAFIA. WACKSTONE-PACKSTONE DE BIOCLASTOS Y PELOIDES ARCILLOSO. Los miliólidos retrabajados, las valvas de ostrácodos, los fragmentos de algas, los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos y las espículas de esponjas, en conjunto están presentes. Los foraminíferos planctónicos son muy escasos y retrabajados. Los constituyentes principales de la roca son los bioclastos y peloides, y en menor proporción se presentan los intraclastos. La mayoría de los organismos muestran sus paredes silicificadas. Facies 8, de plataforma interna.

231.61-267.11 m MM8998. Color gris oscuro. Estratos tabulares que varían de 15-20 cm y hasta 1 m de espesor que presentan fracturamiento y nódulos de pedernal de 8-15 cm de largo. A los 253.8 se presenta un packstone de miliólidos y fragmentos de moluscos. Abundantes fragmentos de rudistas silicificados se presentan a los 261.19 m, mientras que a los 265.63 m se encuentran niveles de arenas carbonatadas con miliólidos y en menor proporción globigerinidos. Al nivel 267.11 los miliólidos y gasterópodos son comunes. Las estiolitas bien desarrolladas se encuentran oxidadas. Los estratos muestran laminaciones paralelas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-WACKSTONE BIOCLASTOS Y PELOIDES ARCILLOSO. Los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos, textuláridos, planispirales y textuláridos), los fragmentos

de algas y las valvas de ostrácodos son comunes, mientras que los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos y los foraminíferos planctónicos, están presentes. Los constituyentes principales de la roca son los bioclastos y en menor proporción se presentan los peloides e intraclastos, y escaso el cuarzo detrítico. Algunos organismos presentan silicificadas sus paredes. En conjunto todas las partículas presentan un arreglo caótico dentro de una matriz arcillosa con influencia de organismos de mar abierto. Laminaciones paralelas. Facies 8, plataforma interna.

267.11-296.69 m MM8997. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 35 cm fracturados. Los bioclastos son comunes y se encuentran en su gran mayoría silicificados. La estilolitas perpendiculares a la estratificación suelen presentarse en la cima del intervalo, las paralelas en todo el intervalo, y ambas presentan oxidación.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE BIOCLASTOS E INTRACLASTOS ARCILLOSO. Los foraminíferos bentónicos retrabajados (dicyclinas, miliólidos, textuláridos y planiespirales) y los fragmentos de moluscos (principalmente rudistas y menor proporción gasterópodos) son comunes, mientras que las placas de equinodermos, los foraminíferos planctónicos retrabajados y los ostrácodos (principalmente valvas y en menor proporción enteros), están presentes. Algunos organismos presentan paredes silicificadas. Los intraclastos son abundantes y los peloides presentes. Facies 7-5, de arenas postarrecifales en una plataforma externa de alta energía.

296.69-339.58 m MM8986. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 60 cm de espesor con fracturamiento. El intervalo se caracteriza por que en su cima se presenta alto contenido de ooides. La estilolitas perpendiculares a los estratos suelen estar oxidadas.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE DE OOLITAS. Los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos, textuláridos, planiespirales, dicyclinas y biserales) se encuentran en forma abundante, mientras que los fragmentos de moluscos y algas sólo están presentes. Los principales constituyentes de la roca son las oolitas, y en menor proporción los peloides, y son escasos los intraclastos y bioclastos. Facies 6, de bancos de arenas calcáreas en una plataforma externa de alta energía.

FORMACION MEXCALA.

339.58-367.68 m MM8987. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 15-20 cm de espesor con fracturamiento. Se observan foraminíferos planctónicos. Las laminaciones y las estilolitas se desarrollan en este intervalo. Tanto fracturas como estilolitas presentan oxidación. Gran parte de los organismos están silicificados.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS. Los globigerinidos retrabajados son abundantes, y los radiolarios retrabajados, los calciesferúlidos, las espículas de esponjas, los fragmentos de moluscos y la valvas de ostrácodos están presentes. Los constituyentes principales de la roca son arcilla y bioclastos, se presentan los peloides, intraclastos y cuarzo detrítico. Algunos foraminíferos planctónicos tienen las cámaras silicificadas. Existen fragmentos de cuarzo detrítico con extinción ondulante. Se observa dolomitización selectiva a lo largo de las laminaciones. Facies 3, de cuenca proximal.

367.68-379.57 m MM8996. Color gris oscuro. Estratos tabulares de hasta 1 m de espesor fracturados. Se observan intraclastos, ooides y fragmentos de toucasias acumulados mecánicamente. Las estilolitas presentan oxidación, así mismo se presenta una bioturbación moderada.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-GRAINSTONE DE PELOIDES Y OOIDES. Los fragmentos de moluscos (principalmente rudistas y menor proporción gasterópodos) y los fragmentos de algas son comunes, mientras que los foraminíferos bentónicos retrabajados y las placas de equinodermos están presentes, y los calciesferúlidos son escasos. Los constituyentes principales de la roca son los peloides, ooides (oolitas y granos envueltos) y bioclastos. Son escasos los intraclastos y el cuarzo detrítico. Facies 3-4, flujos de granos.

379.57-392.61 m MM8995. Color gris oscuro. Estratos de 28 cm de espesor fracturados. A nivel afloramiento no se logra observar partículas, pero si un alto contenido de arcilla. La estilolitas presentan moderado desarrollo.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS. Las cámaras de globigerinidos y los calciesferulidos son abundantes, y presentes los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos, los foraminíferos bentónicos, las espículas de esponjas y las valvas de ostrácodos. Los principales constituyentes de la roca son arcilla y bioclastos, y en menor proporción se presentan los intraclastos y el cuarzo detrítico con extinción ondulante. Facies 3, de cuenca proximal.

392.61-398.05 m MM8994. Color gris oscuro. Estratos de 25 cm de espesor con fracturamiento poco desarrollado. Intervalo con un alto contenido de arcilla con bioclastos e intraclastos. Estilolitas perpendiculares a los estratos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE BIOCLASTOS. Las cámaras de globigerinidos y los calciesferulidos son abundantes, mientras que en conjunto están presentes los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos, los foraminíferos bentónicos retrabajados, las espículas de esponjas, las valvas de ostrácodos y los fragmentos de algas. Los principales constituyentes de la roca son la arcilla y los bioclastos, mientras que son escasos los intraclastos, el cuarzo detrítico (algunos presentan extinción ondulante) y los feldespatos. La materia orgánica es abundante. Las estilolitas son perpendiculares a los estratos. Facies 3, cuenca proximal.

398.05-399.97 m MM8988. Color crema. Estratos de 5-10 cm de espesor que presentan una alta fisilidad y fracturamiento. Este intervalo es más arcilloso y los estratos se adelgazan. A nivel afloramiento la roca se presenta como una arenisca calcárea del tamaño de arena media con laminaciones paralelas bien desarrolladas y estilolitas paralelas a los estratos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS Y RADIOLARIOS. Las cámaras de globigerinidos y los radiolarios retrabajados son comunes, y presentes los fragmentos de moluscos, los foraminíferos bentónicos retrabajados y las placas de equinodermos. Los constituyentes principales de la roca son la arcilla y los bioclastos, y es escaso el cuarzo detrítico (algunos presentan extinción ondulante). La muestra presenta laminaciones paralelas así como estilolitas paralelas a la estratificación. Facies 3, cuenca proximal.

399.97-434.56 m MM8989. Color pardo rojizo. Estratos de 10 cm de espesor fracturados. A nivel afloramiento se observa como una arenisca calcárea de grano fino con una gran cantidad de bioclastos. Los estratos presentan laminaciones con repeticiones de gradaciones normales, donde las partículas que las forman son clásicos y bioclastos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE CALCIESFERULIDOS. Los calciesferulidos (mezcla de fragmentos y enteros) y los globigerinidos retrabajados son comunes, y presentes los fragmentos de moluscos, los fragmentos de algas, las valvas de ostrácodos, los radiolarios retrabajados y los foraminíferos bentónicos retrabajados. Los constituyentes principales de la roca son arcilla y bioclastos, y en menor proporción se presenta el cuarzo detrítico (algunos con extinción ondulante), los intraclastos y los fragmentos de roca calcárea. En esta muestra la influencia volcánica es la máxima que presenta en la sección, expresada por la presencia de fragmentos de rocas volcánicas. En su mayoría los foraminíferos bentónicos y planctónicos presentan su pared silicificada. Se observan relictos de hidrocarburos en una etapa de expulsión. La muestra presenta laminaciones paralelas. Plataforma clásica externa con influencia de cuenca.

434.56-473.76 m MM8990. Color rojo. Estratos de 45 cm de espesor fracturados. A nivel afloramiento se observan estratos de arena fina de 8 cm de espesor, entre paquetes de lutitas de 45 cm, formando canales. En la base de los estratos formados por arenas se observa una repetición de la gradación normal así como laminaciones y rizaduras de 6 cm de longitud. Se observan manchones de materia orgánica.

PETROGRAFIA. CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos y las placas de equinodermos son comunes, y presentes fragmentos de algas, globigerínidos retrabajados, calciesferúlidos, valvas de ostrácodos y fragmentos de coral. Los constituyentes principales de la roca son los fragmentos de roca calcárea y calcáreo-arcillosa, los bioclastos, los fragmentos de pedernal y los fragmentos de rocas volcánicas contenidas en una matriz arcillo-calcárea de color rojo (la coloración es debida a la influencia volcánica). Se presentan algunos bioclastos con testa isotrópica. Los fragmentos de molusco están muy retrabajados y homogéneos en tamaño. La calcita de las fracturas es muy opaca debido a su impureza. Relictos de hidrocarburos entre las partículas. Parte de los hidrocarburos se encuentran entre por cristales de calcita espática. La presión-solución observada se encuentra en el borde de la fractura cortándola en ocasiones y en otras la bordea. Existen laminaciones, gradación normal e imbricación de las partículas alargadas (principalmente los fragmentos de moluscos). Se observan fragmentos de roca calcárea que contienen organismos planctónicos. La muestra presenta una buena clasificación, partículas redondeadas y una madurez textural invertida. La influencia volcánica es plena. Plataforma clástico-arcillosa externa con influencia de la cuenca, influencia volcánica, y episodios de tormentas.

473.76-503.37 m MM8991 Color pardo rojizo. Estratos de hasta 60 cm de espesor. Disminución en el contenido de arcilla. A nivel afloramiento se observa una arenisca conglomerática muy compacta y bien cementada. Se presentan laminaciones, gradación normal hacia la base los estratos y rizaduras hacia la cima. Las partículas que forman a la roca son principalmente fragmentos de moluscos, intraclastos y fragmentos de roca volcánica del tamaño de arena.

PETROGRAFIA. CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos son abundantes, y están presentes las placas de equinodermos, los fragmentos de algas y los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y texturados). La muestra se compone casi en su totalidad por fragmentos de moluscos y fragmentos de rocas calcáreas. Los ooides y el cuarzo detritico están presentes. El núcleo de los granos envueltos está formado por fragmentos de moluscos. Los fragmentos de roca calcárea presentan foraminíferos bentónicos. La cementación primaria se presenta en toda la muestra, observándose aporte de micrita en el medio. La influencia volcánica ha disminuido, pero aun persiste. Se observan manchones de óxidos entre las partículas. Plataforma clástico-carbonatada interna.

503.37-535.02 m MM8992. Color pardo rojizo. Estratos de 10 cm de espesor fracturados. La secuencia presenta principalmente rocas lodosas con algunos intervalos de areniscas con estratificación gradada y algunos estratos conglomeráticos formados por fragmentos de moluscos. Se observan laminaciones y gradación normal, así como fragmentos de roca del tamaño de arena gruesa. Entre las laminaciones se observan manchones de materia orgánica.

PETROGRAFIA. CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos son abundantes y presentes los calciesferúlidos, los fragmentos de algas y los ostrácodos (enteros sobre valvas). Alto contenido de arcilla volcánica, y en menor proporción fragmentos de roca volcánica. Los fragmentos de roca calcárea son abundantes, y presente el cuarzo detritico. Dentro de la paragénesis se presenta una silificación temprana. La muestra presenta una moderada clasificación, partículas redondeadas, con una madurez textural invertida. Las partículas más grandes presentan una cementación primaria fibrosa y un buen redondeamiento. Matriz arcillosa de color rojizo. Algunos fragmentos de roca calcárea contienen foraminíferos planctónicos. Hidrocarburos distribuidos aleatoriamente en la muestra. Influencia volcánica. Plataforma clástico-carbonatada arcillosa interna con influencia volcánica y de tormentas.

535.02-563.92 m MM8993. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 6-18 cm de espesor fracturados. La secuencia empieza a deformarse. Está compuesta por arenas calcáreas con microorganismos y clásticos soportados por granos. Se observa una gradación normal hacia la base de algunos estratos e inversa hacia la cima. Laminaciones paralelas.

PETROGRAFIA. CALCLITITA. Los fragmentos de moluscos son abundantes y en menor proporción se presentan las placas de equinodermos, los fragmentos de algas, los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y texturados) y las valvas de ostrácodos, mientras que los foraminíferos planctónicos son

escasos. Los fragmentos de roca calcárea y los bioclastos contenidos en un cementante con aporte de micrita son los principales constituyentes de la roca. En menor proporción se presenta el cuarzo detrítico. La espátula es impura debido al contenido de micrita. Algunos foraminíferos bentónicos presentan testas silicificadas. Laminaciones paralelas a los estratos. Plataforma clástico-carbonatada interna.

SECCION TETELILLA

Esta sección fue medida a 5 km al oeste de Tetelilla. La orientación de los echados siempre se mantuvieron constantes hacia el NE. El espesor medido fue de 800 m.

FORMACION MORELOS

0.00-20.74 m MM9011. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 1.5 m de espesor fracturados. Los principales constituyentes del afloramiento son los fragmentos de moluscos, los fragmentos de foraminíferos bentónicos, los ooides e intraclastos. Los estratos presentan bioturbación por galerías, y estilolitas bien desarrolladas.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE-PACKSTONE DE PELOIDES. Los foraminíferos bentónicos tanto fragmentados como enteros (miliólidos, dicyclinas y textuláridos), los fragmentos de moluscos, los fragmentos de algas y las placas de equinodermos en conjunto están presentes. Los peloides son los principales constituyentes de la roca, y en menor proporción los bioclastos e intraclastos, y escasos los ooides y el cuarzo detrítico. Las partículas que predominan son los peloides (partículas micritizadas). La bioturbación se presenta. Facies 6 de arenas calcáreas.

20.74-36.70 m MM9012. Color gris. Estratos tabulares fracturados. El intervalo es muy arcilloso presentando principalmente fragmentos de moluscos (rudistas y gasterópodos), foraminíferos bentónicos e intraclastos. Laminaciones paralelas y bioturbación por galerías que pasa a desarrollos de carpetas de algas.

PETROGRAFIA. BINDSTONE. Las carpetas de algas son comunes, mientras que los foraminíferos bentónicos fragmentados y enteros, los fragmentos de algas, los fragmentos de moluscos, y las valvas de ostrácodos sólo están presentes. Los principales constituyentes de la roca son los peloides y los bioclastos. Debido a la abundante micritización los peloides son las principales partículas que forman a la muestra. La roca es muy arcillosa. La bioturbación es tenue. La dolomitización se presenta sin afectar a toda la roca. Facies 8-9, plataforma interna, en submarea.

36.70-59.04 m MM9013. Color negro. Los estratos se han adelgazando hasta llegar a los 20 cm de espesor, y están fracturados. La roca es muy arcillosa y sólo se observan algunos bioclastos. Los estratos menos arcillosos suelen presentar fragmentos de rudistas y gasterópodos. En los estratos arcillosos se presenta bioturbación en laminaciones. Laminaciones paralelas y estilolitas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-GRAINSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Los ostrácodos (valvas sobre enteros) son abundantes, y los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y textuláridos) con los fragmentos de algas están presentes. Los principales constituyentes de la roca son los peloides, bioclastos e intraclastos. Los peloides predominan en la muestra debido a la fuerte micritización que sufren las partículas en el medio. La muestra presenta carpetas de algas con abundantes ostrácodos tanto valvas como enteros entre ellas. La textura presenta un aspecto caótico, habiendo una mezcla muy retrabajada de bioclastos en algunas zonas (ostrácodos, algas y miliólidos). Facies 8, plataforma interna, en submarea.

59.04-76.59 m MM9014. Color gris oscuro. Estratos tabulares fracturados. Estratos de 20-30 cm con corales de formas circulares, foraminíferos bentónicos e intraclastos. Los estratos presentan nódulos de pedernal, laminaciones paralelas, bioturbación moderada y estilolitas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y textuláridos) son comunes, y en conjunto están presentes los fragmentos de algas, las valvas de ostrácodos, los fragmentos de moluscos, y las placas de equinodermos. Los principales constituyentes de la roca son los peloides, bioclastos e intraclastos, mientras que el cuarzo

detrítico es escaso. Las partículas están dispuestas en una forma caótica. Facies 8, de una plataforma interna de alta energía.

Dentro del mismo intervalo y sobre el estrato inmediatamente superior al de la muestra MM9014, se tomó la muestra:

PETROGRAFIA: MM9015. Color negro. Estratos tabulares fracturados. La roca es muy arcillosa y contiene fragmentos de bioclastos como corales, foraminíferos bentónicos retrabajados y fragmentos de moluscos, así como intraclastos del tamaño de arena gruesa. Los estratos presentan laminaciones de bioclastos y estífolitas.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE DE OOIDES, E INTRACLASTOS. En conjunto en la muestra sólo están presentes los foraminíferos bentónicos retrabajados (miliólidos y textuláridos), los fragmentos de algas, los fragmentos de moluscos (gasterópodos sobre toucasias), las placas de equinodermos, fragmentos de corales y las valvas de ostrácodos. Los principales constituyentes de la roca son los ooides (oolitas y granos envueltos) e intraclastos y en menor proporción se presentan los bioclastos, peloides y fragmentos de roca calcárea. Gradación normal y estructuras goepetales. Facies 6, de arenas oolitas.

FORMACION MEXCALA

76.59-106.22 m MM9016. Color negro. Estratos tabulares de 70 cm de espesor fracturados. La muestra está constituida por fragmentos de moluscos depositados mecánicamente en laminaciones paralelas. Los moluscos que se presentan en el afloramiento son rudistas, y en la cima gasterópodos.

PETROGRAFIA. RUDSTONE DE MOLUSCOS. Los fragmentos de moluscos (rudistas sobre gasterópodos) son abundantes, mientras que los fragmentos de algas, las placas de equinodermos y los fragmentos de coral están presentes. Los bioclastos son las partículas principales que forman a la muestra, y están presentes peloides, intraclastos y fragmentos de roca calcárea. La muestra es muy arcillosa. Gradación normal formada por bioclastos. Facies 3-4, de acumulación mecánica de fragmentos de moluscos en un borde de cuenca.

106.22-121.82 m MM9017. Color negro. Estratos tabulares de 20 cm de espesor fracturados. La roca presenta un alto contenido de arcilla y sólo se observan en muestra de mano foraminíferos planctónicos. Los estratos presentan estífolitas bien desarrolladas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE CALCIESFERULIDOS. Los calciesferúlidos y globigerínidos retrabajados son comunes, y en conjunto están presentes los fragmentos de moluscos, los foraminíferos bentónicos (textuláridos), las valvas de ostrácodos y las placas de equinodermos. Los bioclastos son las partículas que predominan en la muestra, y en menor proporción los peloides, los intraclastos y el cuarzo detrítico. Algunas testas de foraminíferos planctónicos están silicificadas. Facies 3, de cuenca proximal.

121.82-138.99 m MM9018. Estratos de 20 cm de espesor con fracturamiento tenue. La roca presenta un alto contenido de arcilla, entre la cual se presentan los foraminíferos planctónicos y fragmentos de moluscos. Los estratos presentan laminaciones paralelas y estífolitas poco desarrolladas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-WACKSTONE ARCILLOSO DE CALCIESFERULIDOS Y GLOBIGERINIDOS. Los calciesferúlidos enteros y los globigerínidos retrabajados son comunes, y están presentes los fragmentos de moluscos, los textuláridos retrabajados, las valvas de ostrácodos y las placas de equinodermos. Los bioclastos son los principales constituyentes de la muestra y en menor proporción se presenta los peloides, los intraclastos, los fragmentos volcánicos y el cuarzo detrítico con extinción ondulante. Las testas de los foraminíferos planctónicos están silicificadas. Inicia una tenue influencia volcánica. Facies 3, de cuenca proximal.

138.99-163.42 m MM9019. Color negro. Estratos de 5-10 cm de espesor con fracturamiento tenue. La capas presentan deformación. La roca es arcillo-arenosa, con alto contenido de bioclastos (foraminíferos planctónicos). Laminaciones paralelas, estilolitas poco desarrolladas y nódulos de pedernal.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE GLOBIGERINIDOS Los globigerinidos retrabajados son abundantes, los fragmentos de moluscos son comunes, y están presentes las placas de equinodermos y las valvas de ostrácodos y son escasos los calciesferúlidos. Los bioclastos son los principales constituyentes de la muestra y en menor proporción se presentan los peloides y los fragmentos de roca (calizas, calizas arcillosas y volcánicas). Algunas tostas de foraminíferos planctónicos están silicificadas. Se observa un alto contenido de materia orgánica. Laminaciones paralelas. Facies 3, de cuenca proximal.

163.42-219.49 m MM9020. Color gris claro. Estratos de 20 cm de espesor fracturados y recristalizados. A nivel afloramiento se observa una arenisca conglomerática formada casi exclusivamente por fragmentos de moluscos. Laminaciones paralelas y silicificación selectiva en la base del estrato.

PETROGRAFIA. CALCLITTA. Los fragmentos de moluscos son abundantes, y las placas de equinodermos y foraminíferos bentónicos (textuláridos) retrabajados están presentes. Los bioclastos son los principales constituyentes de la muestra y en menor proporción fragmentos de roca calcárea y granos envueltos. La textura muestra una cementación original del depósito bien desarrollada. Facies 3-4, flujos de granos.

219.49-226.68 m MM9021. Color negro. Estratos de 5-10 cm de espesor fracturados. La roca es muy arcillosa y presenta foraminíferos planctónicos. Laminaciones paralelas y estilolitas poco desarrolladas.

PETROGRAFIA. WACKESTONE ARCILLOSO DE GLOBIGERINIDOS DOLOMITIZADO. Los globigerinidos retrabajados son abundantes, y presentes los radiolarios retrabajados. Los bioclastos son los principales constituyentes de la roca y en menor proporción el cuarzo detrítico. Algunas cámaras de globigerinidos están silicificadas. Alto contenido de arcilla. Laminaciones paralelas. Facies 3, cuenca proximal.

226.68-245.37 m MM9022. Color gris oscuro. Estratos de 3-5 y 10 cm de espesor con fracturamiento tenue. La roca es arcillo-arenosa y presenta foraminíferos planctónicos. Los estratos presentan laminaciones paralelas.

PETROGRAFIA. WACKESTONE-PACKSTONE ARCILLOSO DE GLOBIGERINIDOS DOLOMITIZADO. Los globigerinidos retrabajados son abundantes, y presentes los radiolarios y los calciesferúlidos. Los bioclastos son los constituyentes principales de la muestra, y en menor proporción fragmentos volcánicos, intraclastos y cuarzo detrítico. Alto contenido de arcilla. Escasos feldespatos. Laminaciones paralelas. influencia volcánica. Facies 3, de cuenca proximal.

245.37-321.56 m MM9023. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 5-10 cm de espesor fracturados. El intervalo presenta deformación. Se observan fragmentos de roca y bioclastos principalmente. Los estratos presentan laminaciones paralelas y fisilidad. El intervalo comprende una zona de falla normal, por lo cual la sección se trasladó al bloque caído, donde continuaba la secuencia.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-WACKESTONE ARCILLOSO DE BIOCLASTOS. Los globigerinidos retrabajados son comunes, y presentes calciesferúlidos retrabajados, radiolarios, fragmentos de moluscos y foraminíferos bentónicos retrabajados. Los principales constituyentes de la roca son cuarzo detrítico y bioclastos, y en menor proporción fragmentos de roca calcárea. La muestra presenta alto contenido de arcilla. El cuarzo detrítico es muy anguloso y con extinción recta. Laminaciones paralelas. Facies 3, de cuenca proximal.

321.56-393.44 m MM9024. Color amarillo ocre. Estratos tabulares de 15-20 cm de espesor fracturados. A nivel afloramiento la roca se presenta muy arcillosa y compacta. Laminaciones paralelas.

PETROGRAFIA. LUTITA LIMOSA CON GLOBIGERINIDOS. Los globigerinidos retrabajados son comunes, y están presentes los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos y los radiolarios retrabajados. Los principales constituyentes de la roca son la arcilla y los bioclastos, y en menor proporción cuarzo detrítico. La arcilla presenta una coloración amarilla debido a la influencia volcánica que afectó a la roca. Los manchones de óxidos suelen presentarse en toda la roca. Facies 3, de cuenca proximal. 393.44-485.21 m Intervalo cubierto por sedimentos aluviales recientes.

485.21-503.27 m MM9025. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 10-20 cm de espesor fracturados. Interstratificación de lutitas y areniscas. Laminaciones paralelas y estructuras de carga.

PETROGRAFIA. CALCARENITA. En conjunto están presentes los fragmentos de moluscos, las placas de equinodermos y los foraminíferos bentónicos retrabajados. Los principales constituyentes de la roca son el cuarzo detrítico y los fragmentos de roca calcárea, y menor proporción se encuentran los fragmentos de roca volcánica, pedernal detrítico, bioclastos y feldespatos. La roca presenta un moderado contenido de arcilla. El cuarzo detrítico se presenta tanto con extinción ondulante como recta. Plataforma clástica interna.

503.27-567.96 m Este intervalo presenta paleocorrientes.

567.96-583.00 m MM9026. Color gris claro. Estratos tabulares de 15-20 cm de espesor fracturados. A nivel afloramiento se observan estratos de arena de 6 cm de espesor entre paquetes de lutitas de 1.1 m de espesor. Laminaciones paralelas en las lutitas.

PETROGRAFIA. CALCARENITA. Los fragmentos de moluscos sólo están presentes. Los principales constituyentes de la muestra son cuarzo detrítico y fragmentos de roca calcárea. Son escasos los bioclastos, el pedernal detrítico y los fragmentos de roca volcánica. La roca presenta una moderada cantidad de arcilla. Los fragmentos de cuarzo van de angulosos a subangulosos, con extinción ondulante. Plataforma clástica media.

583.00-607.42 m MM9027. Color gris oscuro. Estratos con base y cima ondulantes y fragmentados. Se observan laminaciones cruzadas de alto.

PETROGRAFIA. CALCLITITA DE BIOCLASTOS. Los fragmentos de moluscos son comunes y están presentes los calcisferulidos y los globigerinidos retrabajados. Los principales constituyentes de la roca son cuarzo detrítico, fragmentos de roca calcárea y bioclastos. Son escasos los feldespatos. La roca presenta un moderado contenido de arcilla. El cuarzo es muy anguloso y presenta tanto extinción ondulante como recta. Plataforma clástica media.

607.42-793.36 m MM9028. Se observa en el afloramiento un nivel arenoso color amarillo ocre.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE FORAMINIFEROS PLANTONICOS. Los foraminíferos planctónicos retrabajados son comunes y están presentes los fragmentos de moluscos. Los bioclastos y cuarzo detrítico son los principales constituyentes de la roca y en menor proporción se encuentran a los peloides e intraclastos. La roca contiene una moderada cantidad de arcilla. Laminaciones paralelas con cuarzo detrítico, feldespatos y bioclastos, a lo largo de la cuales se presenta la pirita. El cuarzo detrítico tiene extinción ondulante y se concentra las laminaciones y en menor proporción en toda la roca. Facies 3, de cuenca proximal.

793.36-800 m MM9029. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 20-30 cm de espesor fracturados. Casi todo el intervalo está cubierto por depósitos recientes, excepto pequeños afloramientos de rocas arcillosas de color amarillo.

PETROGRAFIA. PACKSTONE ARCILLOSO DE BIOCLASTOS. Los globigerinidos retrabajados son abundantes, comunes los fragmentos de moluscos, presentes los calcisferulidos, y escasos los foraminíferos bentónicos retrabajados. Los bioclastos y el cuarzo detrítico son los principales constituyentes de la roca.

Alto contenido de arcilla. Algunas cámaras de globigerinidos presentan hidrocarburos. Laminaciones ondulantes con cuarzo detrítico. Facies 3, de cuenca proximal.

SECCION LAS TUNAS

La sección fue medida a 1 km al SE del poblado del mismo nombre, sobre el franco oriental de un anticlinal. Los echados se mantuvieron constantes hacia el SE. El espesor medido fue de 450 m.

FORMACION MORELOS

00.0-31.71 m MM8904. Color gris oscuro, con espesores de estratos de 0.5-1 m, con estilolitas y fracturamiento. Se observan foraminíferos bentónicos, fragmentos de moluscos, e intraclastos. El intervalo se caracteriza por su alto contenido de arcilla.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Predominan los foraminíferos bentónicos: textuláridos, miliólidos y dicyclinas, todos ellos muestran un gran retrabajo y lavado; abundan los fragmentos de rudistas con perforaciones de organismos; fragmentos de algas y placas de equinodermos. Se presentan peloides. El cuarzo detrítico es escaso. Cuarzo diagenético. Hidrocarburos dentro de estilolitas en una etapa de expulsión. Facies 5, de arenas postarrecifales en una plataforma externa.

31.75-54.62 m MM8905. Color negro. Estratos de 10-15 cm de espesor fracturados. Se observan foraminíferos bentónicos y fragmentos de moluscos. Olor fétido al golpe. La muestra fue tomada de un horizonte arcilloso interestratificado entre carbonatos masivos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE FORAMINIFEROS BENTONICOS ARCILLOSO Y CON ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA. Están presentes los foraminíferos bentónicos fragmentados y enteros (dicyclinas, miliólidos y textuláridos). Son comunes las valvas de ostrácodos y los fragmentos de moluscos. Es frecuente la presencia de globigerínidos retrabajados. Hidrocarburos dentro de estilolitas. Facies 7, plataforma externa con circulación abierta.

54.62-71.57 m MM8906. Color gris oscuro. Estratos de espesores de hasta 1 m, con bioturbación, estilolitas y fracturamiento. Laminaciones paralelas de fragmentos de moluscos, y escasos miliólidos.

PETROGRAFIA. WACKSTONE DE BIOCLASTOS ARCILLOSO. La muestra se caracteriza por un alto contenido de materia orgánica, abundancia de espículas de esponjas, fragmentos de foraminíferos bentónicos y globigerínidos muy retrabajados, así como la presencia de fragmentos de moluscos y valvas de ostrácodos. Se observa bioturbación, como disolución. Hidrocarburos asociados a presión-solución y dolomitización en una etapa de migración. Facies 7, plataforma externa de aguas someras.

71.57-75.56 m MM8907. Color gris claro y espesores de estratos de hasta 1 m, con fracturamiento y estilolitas. Abundancia los miliólidos e intraclastos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE FORAMINIFEROS BENTONICOS E INTRACLASTOS ARCILLOSO. Los foraminíferos bentónicos (miliólidos, dicyclinas y textuláridos) fragmentados y enteros. Las valvas de ostrácodos y fragmentos de moluscos (rudistas y gasterópodos) están presentes. Las pelias fecales y el cuarzo detrítico son escasos. Suele encontrarse materia orgánica. Facies 7, plataforma externa de aguas someras.

75.56-77.96 m MM8908. Color gris claro y espesores de estratos de 35 a 40 cm con estilolitas, fracturas y bioturbación por galerías. Se observan foraminíferos bentónicos, fragmentos de moluscos e intraclastos.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS. Los intraclastos predominan en la roca. Son abundantes los fragmentos de foraminíferos bentónicos y los rudistas con perforaciones, y presentes los fragmentos de algas, placas de equinodermos y valvas de ostrácodos. Son escasas las pelias fecales y los peloides y los ooides. Los hidrocarburos pueden ocupar las cámaras de miliólidos, presentarse

entre las partículas o asociados a la presión-solución en su etapa de migración. Facies 6, plataforma externa de aguas someras y alta energía.

77.96-83.14 m MM8909 y MM8910. Color gris claro y espesores de estratos de hasta 1 m, con fracturas, estilolitas e intensa bioturbación. Los miliólidos en algunos horizontes abundan. La muestra MM8910 fue tomada de un horizonte arcilloso de 15 cm de espesor encontrado entre carbonatos masivos.

PETROGRAFIA. Muestra MM8909.- **PACKSTONE DE MILIÓLIDOS.** La muestra está totalmente saturada de miliólidos, algunos contienen hidrocarburos en sus cámaras. Son comunes dicyclinas y textuláridos. Están presentes las valvas de ostrácodos y placas de equinodermos. Facies 7, plataforma externa de aguas someras y calidas.

PETROGRAFIA: Muestra MM8910.- **PACKSTONE-WACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO.** Abundan los foraminíferos bentónicos (miliólidos y dicyclinas), valvas de ostrácodos, fragmentos de algas y de moluscos, todos retrabajados. Están presentes los globigerinidos retrabajados. Presencia de peloides. Los hidrocarburos se presentan distribuidos en la roca y asociados a la presión-solución en su etapa de migración. Facies 7-8, plataforma externa a media de aguas someras, baja energía y circulación abierta.

83.14-101.84 m MM8911. Color gris oscuro, y espesores de estratos de hasta 1 m, con estructuras de deslizamiento y flujos de granos seguidos por una etapa de bioturbación. Se presentan estilolitas y fracturas. Se observan principalmente foraminíferos bentónicos.

PETROGRAFIA. **PACKSTONE DE BIOCLASTOS E INTRACLASTOS DOLOMITIZADO ARCILLOSO.** Abundan los foraminíferos bentónicos, algas, valvas de ostrácodos y fragmentos de moluscos. Se observan estructuras geopetales de "sombriilla", dentro de algas. Presencia de hidrocarburos en toda la roca, y migrando asociados a la presión-solución. Facies 8, plataforma interna de aguas someras y moderada energía.

101.84-112.98 m MM8912. Color gris oscuro, con estratos de 30 cm de espesor con fracturas y estilolitas. La roca es muy arcillosa. Se observan miliólidos.

PETROGRAFIA. **PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO.** Abundan los foraminíferos bentónicos (miliólidos, dicyclinas y textuláridos), valvas de ostrácodos, fragmentos de algas y de fragmentos de moluscos. Están presentes globigerinidos y calciesferulidos completos. Algunas cámaras de miliólidos se presentan ocupadas por hidrocarburos, los cuales se distribuyen también en toda la roca en un etapa de migración. Facies 7, plataforma externa de aguas someras, alta energía y circulación abierta.

112.98-127.34 m MM8913. Color gris oscuro, espesores de estratos de 30 cm, con bioturbación, estilolitas y fracturas. Se observan foraminíferos bentónicos. Presenta horizontes arcillosos entre los carbonatos.

PETROGRAFIA. **PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO.** Están presentes los fragmentos de foraminíferos bentónicos, valvas de ostrácodos y fragmentos de algas; y presentes los globigerinidos retrabajados, con matriz arcillosa y micrítica. Los intraclastos y peloides son comunes, así como las pelotas fecales. Esta es la única muestra en donde se observan 19 procesos diagenéticos. Presencia de hidrocarburos en su etapa de expulsión, ocupando algunas cámaras de miliólidos y migrando asociados a presión-solución. Facies 7, plataforma externa de aguas someras con circulación abierta.

127.34-166.93 m MM8914. Color gris oscuro. Estratos de espesores de 1.20 m, con bioturbación, estilolitas y fracturas. Se observan fragmentos de rudistas y miliólidos. Los espesores de los estratos están variando de medios a masivos, se reporta el promedio.

PETROGRAFIA. **PACKSTONE DE BIOCLASTOS E INTRACLASTOS DEDOLOMITIZADO Y ARCILLOSO.** Predominan los fragmentos de foraminíferos bentónicos (miliólidos, textuláridos y

dicyclinas), los fragmentos de moluscos, de algas y valvas de ostrácodos, y presentes los globigerínidos muy retrabajados. Los moluscos suelen mostrar perforaciones de organismos. Los intraclastos son abundantes, así como las pelotas fecales y peloides. Los hidrocarburos se observan en su etapa de expulsión, ocupando cámaras de miliólidos y migrando asociados a presión-solución. Facies 7, plataforma media de aguas someras y circulación abierta.

166.93-193.1 m MM8915. Color gris claro y espesores de estratos de 1.20 m, con estilolitas y fracturas. Se observan fragmentos de moluscos y foraminíferos bentónicos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS DEDOLOMITIZADO. Abundantes foraminíferos bentónicos fragmentados y enteros (miliólidos, textuláridos, y dicyclinas), así como fragmentos de moluscos, placas de equinodermos, valvas de ostrácodos y fragmentos de algas. Existe una gran abundancia de intraclastos, peloides, y fragmentos carbonatados no identificados (litoclastos carbonatados). Los hidrocarburos se observan oxidados. El cuarzo detrítico es escaso. Facies 7-5, arenas postarrecifales.

193.1-234.15 m MM8916. Color gris oscuro y espesores de estratos de 1.20 m con laminaciones de fragmentos de toucasias y horizontes arcillosos. Se observan fragmentos de moluscos, foraminíferos bentónicos e intraclastos. El depósito mecánico de bioclastos proviene de parches arrecifales.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Existen 2 zonas definidas en la muestra: 1) predomina un packstone de intraclastos y bioclastos debido a la bioturbación, y 2) y la textura original, un wackestone de bioclastos arcilloso con foraminíferos planctónicos y espículas de esponjas. Aunque la segunda es la original, la primera es la que predomina en la muestra (tomándose como representativa de ambas). Los organismos que predominan en la textura 1) son fragmentos de foraminíferos bentónicos (miliólidos, dicyclinas y textuláridos), valvas de ostrácodos y fragmentos de moluscos (rudistas y gasterópodos), algunos con perforaciones de organismos. La textura 2 contiene abundantes globigerínidos y las espículas de esponjas. Los hidrocarburos aun se observan, pero han entrado a un proceso de oxidación; estos suelen presentarse en cámaras de miliólidos y asociados a la presión-solución; pero también en una etapa de migración a través de la presión-solución. El cuarzo detrítico es escaso. Facies 7, plataforma externa de aguas someras, alta energía y circulación abierta.

234.15-254.67 m MM8917. Color gris oscuro y espesores de estratos de 70-80 cm, muy fracturados y con estilolitas. Los miliólidos y los fragmentos de moluscos están presentes. Alto contenido de arcilla.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Abundantes fragmentos de dicyclinas. Los miliólidos y textuláridos son comunes, y presentes fragmentos de moluscos (algunos con perforaciones), placas de equinodermos, valvas de ostrácodos y fragmentos de algas. Los globigerínidos retrabajados son escasos. Los intraclastos, peloides y litoclastos calcáreos son comunes. El cuarzo detrítico es escaso. La migración de hidrocarburos se muestra en una etapa de redistribución, y ocupando cámaras de miliólidos, la mayoría de ellos se observan oxidados. Presencia de cuarzo dentro de las estilolitas. Facies 7, plataforma externa de alta energía y circulación abierta.

254.67-274.67 m MM8918. Color gris oscuro y espesores de estratos de 15-20 cm, con laminaciones, fracturas y estilolitas bien desarrolladas y bioturbación. Están presentes los foraminíferos bentónicos y los fragmentos de moluscos. Laminaciones de bioclastos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS DEDOLOMITIZADO. Son abundantes los foraminíferos bentónicos, fragmentos de algas, valvas de ostrácodos y fragmentos de moluscos, y presentes las espículas de esponjas, y globigerínidos retrabajados. Los intraclastos son abundantes. Bioturbación. La materia orgánica está presente en una etapa de oxidación. La presencia de óxidos a lo largo de la presión-solución, son producto de la oxidación de hidrocarburos. Facies 7, de bioturbación.

La sección se trasladó a otro afloramiento en continuidad estratigráfica con características similares, ya que se llegó a la cima del cerro donde se perdía afloramientos.

274.67-292.57 m MM8919. Color gris claro y espesores de estratos de 30 cm, con bioturbación por galerías silicificadas, fracturas y estiolitas bien desarrolladas. Alto contenido de intraclastos, fragmentos de moluscos, y foraminíferos bentónicos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-WACKESTONE DE BIOCLASTOS E INTRACLASTOS. Se presenta una gran variedad de organismos: foraminíferos bentónicos, valvas de ostrácodos, fragmentos de moluscos (rudistas y gasterópodos), placas de equinodermos, espículas de esponjas, foraminíferos planctónicos, calciesferulidos y radiolarios. Los intraclastos están presentes. Algunos fragmentos de moluscos están silicificados y perforados. Una microbrocha está presente y rellena por matriz, que contiene organismos bentónicos. Los hidrocarburos se encuentran redistribuyéndose y asociados a la presión-solución, aunque en su mayoría se encuentran oxidados. Facies 7, plataforma externa con circulación abierta.

292.57-301.85 m MM8920. Color gris oscuro y espesores de estratos de 30 cm con alta bioturbación por galerías, fracturas y estiolitas. Se presentan foraminíferos bentónicos y fragmentos de moluscos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Abundan los foraminíferos bentónicos, (notable disminución en el contenido de miliólidos y predominancia de textuláridos). Abundan los fragmentos de moluscos, algunos con perforaciones, algas, valvas de ostrácodos y espículas de esponjas. Los intraclastos abundan. Hidrocarburos oxidados. Algunas cámaras de miliólidos se encuentran ocupadas por óxidos. Se presenta una dolomitización general tardía. Alta bioturbación. Facies 7, plataforma externa de alta energía

301.85-309.13 m MM8921. Color gris claro y espesores de estratos de 30 cm, con bioturbación, fracturas y estiolitas desarrolladas. Están presentes los foraminíferos bentónicos, los fragmentos de moluscos y los intraclastos. Disminuye el contenido de arcilla con respecto a intervalos anteriores.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-WACKESTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Los intraclastos presentan tamaños mayores a 2 mm. Se presenta la relación fragmentos de foraminíferos bentónicos, de moluscos, de algas, valvas de ostrácodos y foraminíferos planctónicos con espículas de esponjas. Se observa una redistribución de hidrocarburos (oxidados), asociada a la dolomitización general de la roca. Facies 7, plataforma externa y circulación abierta.

309.13-315.67 m MM8922. Color gris oscuro y espesores de estratos de 60 cm, con fracturas y estiolitas. Gran abundancia de fragmentos de moluscos y foraminíferos bentónicos. Se presentan abundantes rudistas enteros y en menor proporción fragmentados. Dentro de la secuencia existen crecimientos orgánicos, en donde se observan rudistas completos, y fragmentos de monopléuridos y radiolitos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-GRAINSTONE DE INTRACLASTOS. Predominan los foraminíferos bentónicos, aunque son comunes los fragmentos de moluscos, las valvas de ostrácodos, placas de equinodermos y fragmentos de algas. La roca muestra quizás la mayor abundancia de intraclastos. Se presentan los granos envueltos. Los hidrocarburos aunque presentes, se encuentran en su mayoría oxidados. Facies 7, plataforma externa de alta energía con crecimientos orgánicos.

315.67-317.17 m MM8923. Color gris oscuro, y espesores de estratos de 60 cm con bioturbación, fracturas y estiolitas. Los estratos contienen radiolitos y monopléuridos enteros, y abundantes fragmentos. Los foraminíferos bentónicos e intraclastos son abundantes. Este intervalo se caracteriza por la presencia de un crecimiento orgánico.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-GRAINSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS. Los foraminíferos bentónicos predominan, una notable disminución en el contenido de miliólidos, y una gran abundancia de dicyclinas. Son comunes los fragmentos de moluscos, de algas, valvas de ostrácodos y placas

de equinodermos, están presentes los ooides. Existen intervalos muy arcillosos con algas y calciesferulidos. Cuarzo diagenético. Facies 7-5, plataforma externa de alta energía con crecimientos orgánicos.

317.17-326.32 m MM8924. Color gris oscuro y espesores de estratos de 5-10 cm, con fracturas, estilolitas y bioturbación, se observa una gran abundancia de valvas de ostracodos. Se interstratifican estratos delgados y gruesos, y estos últimos contienen fragmentos de rudistas.

PETROGRAFIA. WACKESTONE DE OSTRACODOS ARCILLOSO. Los ostracodos (valvas y completos) predominan en la muestra. Las espículas de esponjas, fragmentos de moluscos (gasterópodos y rudistas) y los globigerinidos retrabajados están presentes. Los miliólidos son escasos. Son comunes los peloides. El cuarzo detrítico y las pelotas fecales están presentes. Los hidrocarburos se encuentran en una etapa de máxima oxidación. Esta muestra se caracteriza por su alto contenido de arcilla y coloración negra. Facies 7, plataforma externa de alta energía y circulación abierta.

326.32-330.09 m MM8925. Color gris y espesores de estratos de 2-5 cm y de 10-15 cm, con bioturbación, fracturamiento y estilolitas. Se observan fragmentos de moluscos, esponjas y foraminíferos bentónicos, característicamente hay horizontes arcillosos interstratificados con las calizas gruesas, 0,5 m arriba de esta muestra aparecen calizas con toucasias en fragmentos y enteras de manera abundante, y en mínima proporción gasterópodos. Son comunes los fragmentos de radiolíticos.

PETROGRAFIA. WACKESTONE DE BIOCLASTOS ARCILLOSO. Abundan espículas de esponjas, fragmentos de algas, valvas de ostracodos y fragmentos de moluscos; y se presentan foraminíferos bentónicos y globigerinidos. Los intraclastos son escasos. Alto contenido arcilla. Facies 7, plataforma externa con circulación abierta.

330.09-335.09 m MM8926. Color gris y espesores de estratos de 1-1.20 m con bioturbación, laminaciones paralelas y cruzadas con bioclastos. Se observan fragmentos de rudistas e intraclastos.

PETROGRAFIA. GRAINSTONE DE BIOCLASTOS E INTRACLASTOS. La muestra está formada casi en su totalidad por fragmentos de moluscos (rudistas y gasterópodos), algunos con perforaciones; y en menor proporción de valvas de ostracodos y fragmentos de algas. Los bioclastos llegan a alcanzar tamaños mayores a los 2 mm. No se observan miliólidos. Dentro de los procesos diagenéticos existe una segunda cementación dada por dolomita. Todas las partículas muestran un gran retrabajo y lavado, y otras micritización. Los intraclastos, peloides y pelotas fecales están presentes. Los únicos remanentes de hidrocarburos son los óxidos entre las estilolitas. Facies 6, bancos de arenas calcáreas en plataforma externa.

335.09-339.63 m MM8902. Color gris claro y espesores de estratos de hasta 1 m con laminaciones paralelas y cruzadas, bioturbación, estilolitas y fracturas. Se observan fragmentos de rudistas y gasterópodos, así como foraminíferos bentónicos e intraclastos. Estratigráficamente se pasa a una secuencia de lutitas calcáreas de espesores más delgados.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Abundan los fragmentos de moluscos, estilolitas y fracturas. Se observan fragmentos de rudistas y gasterópodos, así como globigerinidos. Los intraclastos son abundantes y alcanzan tamaños superiores a los 2 mm, muchos de los cuales por el retrabajo y micritización han sido tomados como peloides. Se observan intraclastos que contienen cuarzo diagenético. Facies 6, bancos de arenas calcáreas en una plataforma externa.

FORMACION MEXCALA

339.63-340.93 m MM8927. Color gris oscuro y espesores de estratos de 1.20 m con fracturas y estilolitas. Se presentan fragmentos de toucasias y foraminíferos planctónicos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE BIOCLASTOS ARCILLOSO. La muestra se caracteriza por el gran predominio de organismos planctónicos (calciesferúlidos y globigerínidos) y fragmentos de moluscos. Están presentes las placas de equinodermos, las valvas de ostrácodos y textuláridos. De manera escasa se presentan oolitas, pelotas fecales, peloides e intraclastos. Existe un alto contenido de arcilla. Se presentan estructuras geopétales de "sombrija". Facies 3-4, pic de talud, con acumulación mecánica de fragmentos de moluscos, sin desarrollo de un talud pronunciado.

340.93-363.17 m MM8903. Color negro y espesores de estratos de 10-15 cm y 20-30 cm con estratificación ondulada, fracturas y muy pocas estrololitas. No se observan organismos en muestra de mano. El intervalo está caracterizado por ser una interestratificación de lutitas y lutitas calcáreas, con areniscas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE-WACKESTONE DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS ARCILLOSO Y CON ALTO CONTENIDO DE MATERIA orgánica. Los foraminíferos planctónicos fragmentados son comunes, y sólo están presentes las valvas de ostrácodos, las placas de equinodermos y los fragmentos de moluscos. Se presenta el cuarzo detrítico. Facies 3, cuenca proximal.

363.17-395.87 m MM8928. Color negro y espesores de estratos de 10-15 cm, con laminaciones cruzadas, flujos de granos y fracturas. No se observan organismos a simple vista. El intervalo presenta una influencia volcánica moderada.

PETROGRAFIA. WACKESTONE DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS CON ALTO CONTENIDO DE MATERIA orgánica. Abundan los globigerínidos, y están presentes los ostrácodos, equinodermos, radiolarios y fragmentos de moluscos. La muestra se caracteriza por un alto contenido de partículas del tamaño de arcillas, contenidas en lodos calcáreo. Cenizas volcánicas presentes. Facies 1, cuenca distal.

395.87-453.8 m MM8929. Color negro y espesores de estratos de 25-30 cm, con laminaciones cruzadas de gran ángulo, flujos de granos, canales y fallas sindeposicionales. Se observan foraminíferos planctónicos y fragmentos de moluscos. El intervalo muestra una influencia volcánica moderada.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS CON ALTO CONTENIDO DE MATERIA orgánica. Abundan los globigerínidos fragmentados, y están presentes los fragmentos de moluscos con placas de equinodermos. Los radiolarios son escasos. La roca está parcialmente dolomitizada: Presenta un alto contenido arcillas. El cuarzo detrítico está presente. Escasa ceniza volcánica. Todas las partículas están contenidas en lodo calcáreo. Facies 3, cuenca proximal.

435.8-450.00 m MM8930. Color pardo y espesores de estratos de 25-30 cm con fuerte fraturamiento y laminaciones paralelas. El intervalo presenta una influencia volcánica muy baja.

PETROGRAFIA. WACKESTONE DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS ARCILLOSO CON ALTO CONTENIDO DE CUARZO DETRITICO Y MATERIA orgánica. Los globigerínidos son comunes en fragmentos, mientras que los fragmentos de moluscos, valvas de ostrácodos retrabajadas y calciesferúlidos están presentes. Facies 3, cuenca proximal.

Se finalizó la sección en este intervalo, ya que la secuencia presenta una gran deformación que hace imposible el control estratigráfico de ella.

SECCION XONACATLA

Esta sección fue medida a 3 km al oriente de Xonacatla, en el Cerro Peña Colorada. Los echados siempre se mantuvieron hacia el NW. La secuencia muestra algunos pliegues recostados. El espesor medido fue de 1248.44 m dentro de la Formación Morelos.

FORMACION MORELOS

0-9.3 m MM9082. Color gris oscuro. Estratos tabulares de 50-70 cm de espesor fraturados. La roca es arcillosa y presenta dolomitización, así como un alto contenido de foraminíferos bentónicos completos y fragmentados, fragmentos de moluscos e intraclastos. Los fragmentos de toucasias presentan un relleno de calcita espática. La estilotas están bien desarrolladas y se disponen tanto paralelas como perpendiculares a los estratos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE BIOCLASTOS Y PELOIDES ARCILLOSO DEDOLOMITIZADO. Los fragmentos de moluscos son comunes, y sólo están presentes los foraminíferos bentónicos retrabajados (texturizados y miliólidos), los fragmentos de algas y las placas de equinodermos. Los bioclastos y los peloides son los principales constituyentes de la muestra. Matriz arcillosa. La muestra presenta huecos rellenos por dolomita. Brechamiento poco desarrollado. Facies 8, de submarra.

9.3-21.70 m. Estratos de dolomías de 1 m de espesor con alta bioturbación.

21.70-27.90 m. Estratos de dolomías de 1 m de espesor con alta bioturbación.

27.90-39.93 m. Packstone de fragmentos de moluscos con miliólidos, en estratos de hasta 1 m de espesor, que presentan laminaciones con fragmentos de toucasias y estilolitas bien desarrolladas.

39.93-59.49 m. Continúan los intervalos de dolomías con fragmentos de moluscos, en estratos tabulares de 1.5 m con pedernal. Aparece una nueva dolomía negra, en donde la dolomitización se intensifica en las zonas bioturbadas que se desarrollan principalmente en la cima de los estratos.

59.49-73.03 m. Continúan los horizontes de dolomías bioturbadas y comienzan a aparecer pequeñas brechas de colapso.

73.03-88.07 m. Algunos estratos presentan pequeñas oquedades rellenas por dolomita barroca.

88.07-116.66 m. Los estratos empiezan a adelgazarse, presentando fracturas con límo vadoso y nódulos de pedernal, mientras que las oquedades con dolomita barroca han aumentado de tamaño. Los estratos presentan laminaciones paralelas de bioclastos.

116.66-154.27 m. Este intervalo presenta las mismas características que el anterior, sólo que en estratos de 70-100 cm.

154.27-176.84 m. MM9083. Color negro. Estratos tabulares de 1 m de espesor fraturados con nódulos de pedernal. La roca es muy arcillosa y sólo se observan bioclastos. Los estratos presentan laminaciones y una alta bioturbación. El fracturamiento corta a los nódulos de pedernal.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE PELOIDES Y BIOCLASTOS ARCILLOSO. Están presentes los fragmentos de moluscos, los foraminíferos bentónicos retrabajados, las valvas de ostrácodos, las placas de equinodermos y los fragmentos de algas. Las principales partículas de la roca son los peloides y en menor

proporción los intraclastos y bioclastos. El cuarzo detrítico es escaso. Alto contenido de peloides. La muestra es altamente arcillosa. Bioturbación. Facies 8, de submarea.

176.84-199.41 m. La dolomitación ha disminuido y casi no se nota, no obstante siguen presentándose intervalos donde los estratos gruesos presentan una bioturbación dolomitizada hacia la cima.

199.41-240.03 m. Wackestone arcilloso dolomitizado, en estratos gruesos que contienen miliólidos y laminaciones cruzadas.

240.03-247.55 m. Intensa bioturbación.

247.55-255.07 m. Comienza a reaparecer la dolomitización y las oquedades de gran tamaño rellenas con dolomita barroca.

255.07-300.60 m. Los estratos están casi compuestos por puros fragmentos de moluscos.

300.60-366.66 m. Aparecen brechas de colapso en estratos de hasta 1 m de espesor, las cuales presentan un relleno vadoso y cementación.

366.66-377.27 m. Estratos de 50-100 cm con fragmentos de moluscos y nódulos de pedernal.

377.27-382.57 m MM9084 y MM9085. Color gris claro. Este intervalo se caracteriza por presentar estratos delgados arcillosos que pasan a un horizonte con orbitolinas de 30-40 cm de espesor, el cual a su vez pasa a estratos de 10-20 cm de espesor con carpetas de algas muy arcillosas y deformadas. El horizonte con orbitolinas presenta estructuras de canal con intraclastos de hasta 10 cm.

PETROGRAFIA. Muestra MM9084 **PACKSTONE DE ORBITOLINAS ARCILLOSO.** La orbitolinas enteras son comunes; están presentes los ostrácodos (valvas y enteros), los fragmentos de moluscos y los fragmentos de algas. Los principales constituyentes de la roca son los peloides y los bioclastos, y sólo están presentes los intraclastos. La muestra es muy arcillosa. Facies 8-9, submarca a intermarca

PETROGRAFIA: Muestra MM90 85 **BINDSTONE DE CARPETAS DE ALGAS ARCILLOSO.** La muestra está compuesta exclusivamente por carpetas de algas, con un alto contenido de arcilla. Se observan algunas orbitolinas atrapadas entre las carpetas de algas. Nódulos evaporíticos y estructuras enterolíticas. Facies 9, intermarca.

382.57-386.55 m. Este intervalo está caracterizado por la presencia de estratos delgados con carpetas de algas, laminaciones arcillosas y nódulos de pedernal.

386.55-413.06 m. En este intervalo se inician las brechas con clastos que contienen carpetas de algas en una matriz arillo-arenosa.

413.06-530.73 m. Este intervalo presenta estratos formados por brechas de depósito, estratos con carpetas de algas y nódulos de pedernal así como lodolitas; existiendo una gran predominancia de las brechas sobre las demás litologías.

530.53-639.99 m. Este intervalo es cortado por una zona de falla en donde se observan brechas tectónicas con una alta variación en la orientación de los estratos.

639.99-654.37 m MM9086. Color gris oscuro. Estratos de 70 cm fracturados, con nódulos de pedernal de 5 cm. La roca es arcillosa y presenta laminaciones irregulares originadas por las carpetas de algas. En el afloramiento se observa pedernal cortado por fracturas que se acufan y se hacen lenticulares, las cuales a su vez están cortadas por fracturas muy rectas. En este intervalo se presentan algunos estratos de 40 cm de espesor con un bajo grado de dolomitización.

PETROGRAFIA. BINDSTONE DE CARPETAS DE ALGAS ARCILLOSO. La muestra está compuesta exclusivamente por carpetas de algas con un alto contenido de arcilla. Se observan nódulos evaporíticos entre las carpetas de algas. Facies 9, de intermarea.

654.37-674.93 m MM9087. Color gris. Estratos de 30-50 cm fracturados. Este intervalo presenta algunos horizontes de orbitolinas entre la secuencia de estratos con carpetas de algas. Se observan laminaciones cruzadas de alto ángulo.

PETROGRAFIA. BINDSTONE Y WACKESTONE DE ORBITOLINAS ARCILLOSO. Las orbitolinas y textuláridos retrabajados son comunes, y los fragmentos de moluscos sólo están presentes. Los principales constituyentes de la muestra son los bioclastos y en menor proporción los intraclastos y los peloides. La muestra es muy arcillosa. Facies 8, plataforma interna.

674.93-690.53 m. El intervalo muestra horizontes con moluscos completos y fragmentados, bioturbación fina casi horizontal y laminaciones cruzadas de bioclastos (gasterópodos completos de 1 cm).

690.53-719.29 m MM9088. Estratos de 1-2 m de espesor. El intervalo presenta brechas sedimentarias soportadas por partículas y casi siempre con matriz, así mismo en algunas zonas presenta cementante temprano con limo introducido. La matriz presenta un color pardo rojizo. Los clastos de la brecha presentan tamaños variados que en promedio alcanzan los 8 cm pero suelen presentarse también de 30 cm. Las brechas pasan a calizas bioturbadas y con laminaciones cruzadas y horizontes arcillosos con brechas de colapso. Se presentan entre esta última litología pequeños nódulos de pedernal.

PETROGRAFIA. BRECHA DE DEPOSITO. La muestra está compuesta por fragmentos de rocas calcáreas (calizas arcillosas y otras más carbonatadas), fragmentos de pedernal, fragmentos de rocas volcánicas y fragmentos de cuarzo. En conjunto las partículas son angulosas y están sostenidas por una matriz calcárea arcillosa. Algunos fragmentos de roca calcárea presentan sus propios procesos diagenéticos (fracturamiento y dolomitización). Las partículas presentan contactos penetrantes. Sedimentos aluviales depositados en submarea.

719.29-756.66 m. En este intervalo se presentan calizas arcillosas con carpetas de algas.

756.66-788.29 m. El intervalo muestra brechas dentro de canales formados en los estratos con carpetas de algas.

788.29-796.92 m MM9089. En este intervalo se observa el paso de las brechas masivas a calizas de textura wackestone en estratos de 30-70 cm de espesor dolomitizados con evaporitas en oquedades que ahora están reemplazadas por calcita espática de gran tamaño. Las oquedades presentan un halo de oxidación y así como fracturas pequeñas asociadas.

PETROGRAFIA. WACKESTONE DE PELOIDES ARCILLOSO DOLOMITIZADO. La muestra presenta un alto contenido de peloides (debido a la alta micritización de las partículas originales) contenidos en una matriz arcillosa, que presenta nódulos evaporíticos. Facies 9, de intermarea.

796.92-817.04 m. El intervalo presenta horizontes con moluscos enteros y fragmentados en estratos de 80 cm de espesor.

817.04-842.92 m. En este intervalo aparecen horizontes con gasterópodos pequeños en estratos de 20-60 cm de espesor. Se presentan laminaciones cruzadas de bajo ángulo, así como bioturbación.

842.92-867.30 m. Reaparecen los estratos arcillosos de 10-15 cm de espesor con carpetas de algas.

67.30-870.12 m. Estratos de 20-40 cm de espesor con carpetas de algas y nódulos de pedernal.

870.12-948.69 m. MM9090. Color gris oscuro. Estratos de 40 cm de espesor fracturados. Se observan laminaciones paralelas producidas por el desarrollo de carpetas de algas, así como estilolitas paralelas a la estratificación.

PETROGRAFIA. BINDSTONE DE CARPETAS DE ALGAS ARCILLOSO. La muestra está compuesta casi exclusivamente por carpetas de algas con un alto contenido de arcilla. Facies 9, de intermarea.

948.69-958.31 m. Repetición del intervalo con gasterópodos y moluscos mayores.

958.31-980.33 m MM9051. En este intervalo se presentan algunos horizontes de Packstones de orbitolinas.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE ORBITOLINAS. La muestra está formada exclusivamente por orbitolinas dentro de lodo calcáreo

980.33-996.85 m. Interstratificación de brechas con estratos que contienen carpetas de algas.

996.85-1067.04 m. Se inicia un intervalo de brechas con estratos mayores a los 2 m de espesor, que contiene clastos de hasta 10 cm, los cuales se disponen en conjunto de manera caótica.

1067.04-1095.12 m. El intervalo de brechas pasa a estratos con carpetas de algas de 20-30 cm de espesor que suele presentar estructuras teepee y nódulos evaporíticos hacia el contacto con la brecha. El contacto entre brechas y estratos delgados con carpetas de algas está dado por una superficie ondulante.

1095.12-1112.87 m MM9091. Color gris oscuro. Los estratos con carpetas de algas aumenta a 30-100 cm de espesor, en donde se observa una silicificación seguida de dos fracturamientos y una presión-solución.

PETROGRAFIA. BINDSTONE DE CARPETAS DE ALGAS ARCILLOSO. La muestra está compuesta exclusivamente por carpetas de algas y un alto contenido de arcilla. El cuarzo detrítico es escaso. Se presenta la precipitación de evaporitas en nódulos. Estilolitas perpendiculares al desarrollo de las carpetas de algas. Facies 9, de intermarea.

1112.87-1115.83 m MM9092. En este intervalo hay estratos con carpetas de algas que presenta un horizonte de Packstone de orbitolinas. A nivel afloramiento se observa una silicificación (pedernal) entre dos fracturamientos.

PETROGRAFIA. PACKSTONE DE ORBITOLINAS ARCILLOSO. Las orbitolinas, texturadas y miliólidos son comunes, mientras que los fragmentos de moluscos y las valvas de ostrácodos están presentes; los foraminíferos planctónicos son escasos. Los bioclastos son los principales constituyentes de la muestra, y en menor proporción se presentan los intraclastos y peloides. La muestra es muy arcillosa. Facies 8, submarea.

1115.84-1131.50 m. Comienza a aparecer la bioturbación, así como pequeños gasterópodos enteros del tipo de la *Turritella* (indicativos de submarea).

1131.50-1175.01 m. Se presenta un nuevo intervalo con brechas en estratos de 30 cm de espesor que contiene clastos de 5 cm con bordes de oxidación.

1175.01-1203.57 m. Las brechas pasan a estratos con carpetas de algas.

1203.57-1228.04 m. Estratos con carpetas de algas pasan a brechas.

1228.04-1248.44 m. Brecha que pasa a estratos con carpetas de algas.

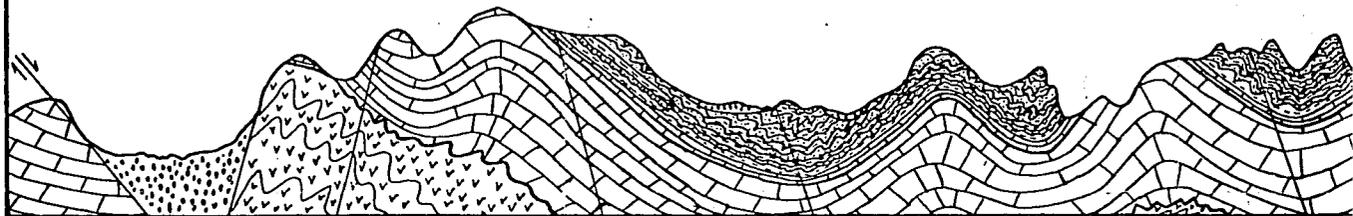
SE

ESTE DE APIPILULCO

SASAMULCO

SABANA GRANDE

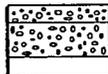
LAS TUNAS



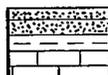
A



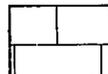
ALUVION



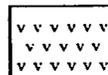
CLASTICOS
CONTINENTALES



FORMACION
MEXCALA



FORMACION
MORELOS



FORMACION
HUITZUCO

SECCION ESTRUCTURAL ESQUEMATICA
TERESA, EDO. DE GRO.. LA ESCALA VER
RESPECTO A LA HORIZONTAL.

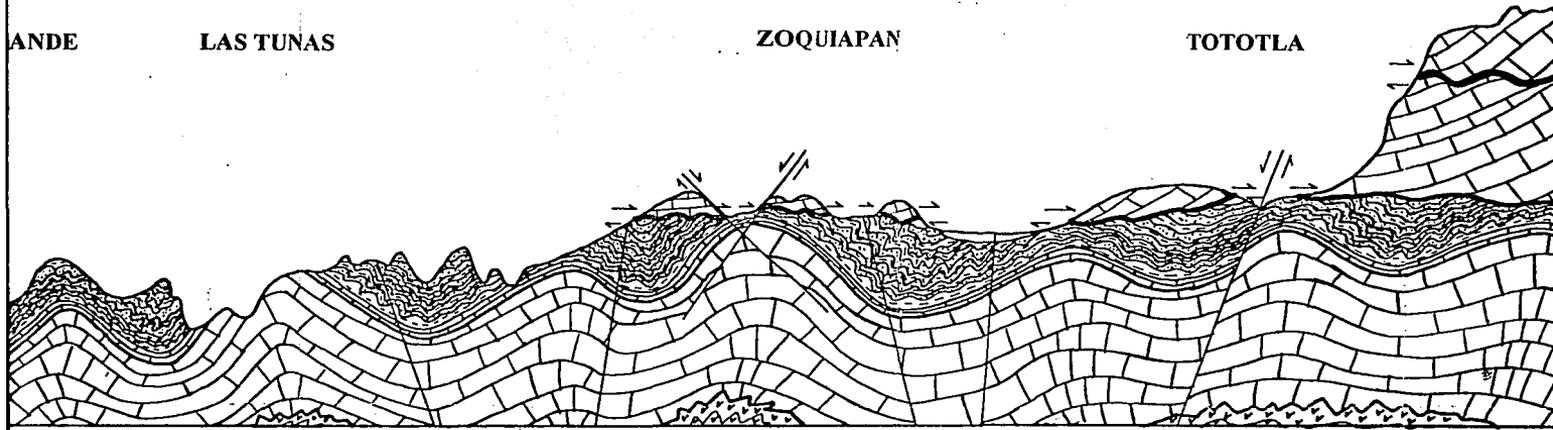
NW ←

ANDE

LAS TUNAS

ZOQUIAPAN

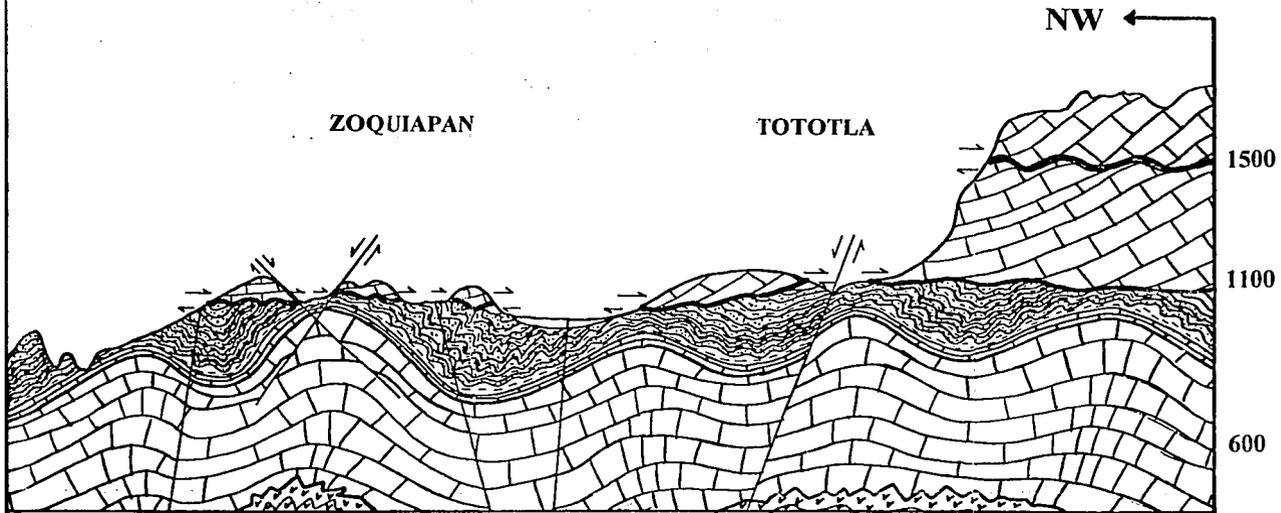
TOTOTLA



ESCALA HORIZONTAL 1: 200,000

SECCION ESTRUCTURAL ESQUEMATICA DE LA REGION DE SANTA ROSA, EDO. DE GRO.. LA ESCALA VERTICAL ESTA EXAGERADA CON RESPECTO A LA HORIZONTAL.

Martínez-Medrano, 1994

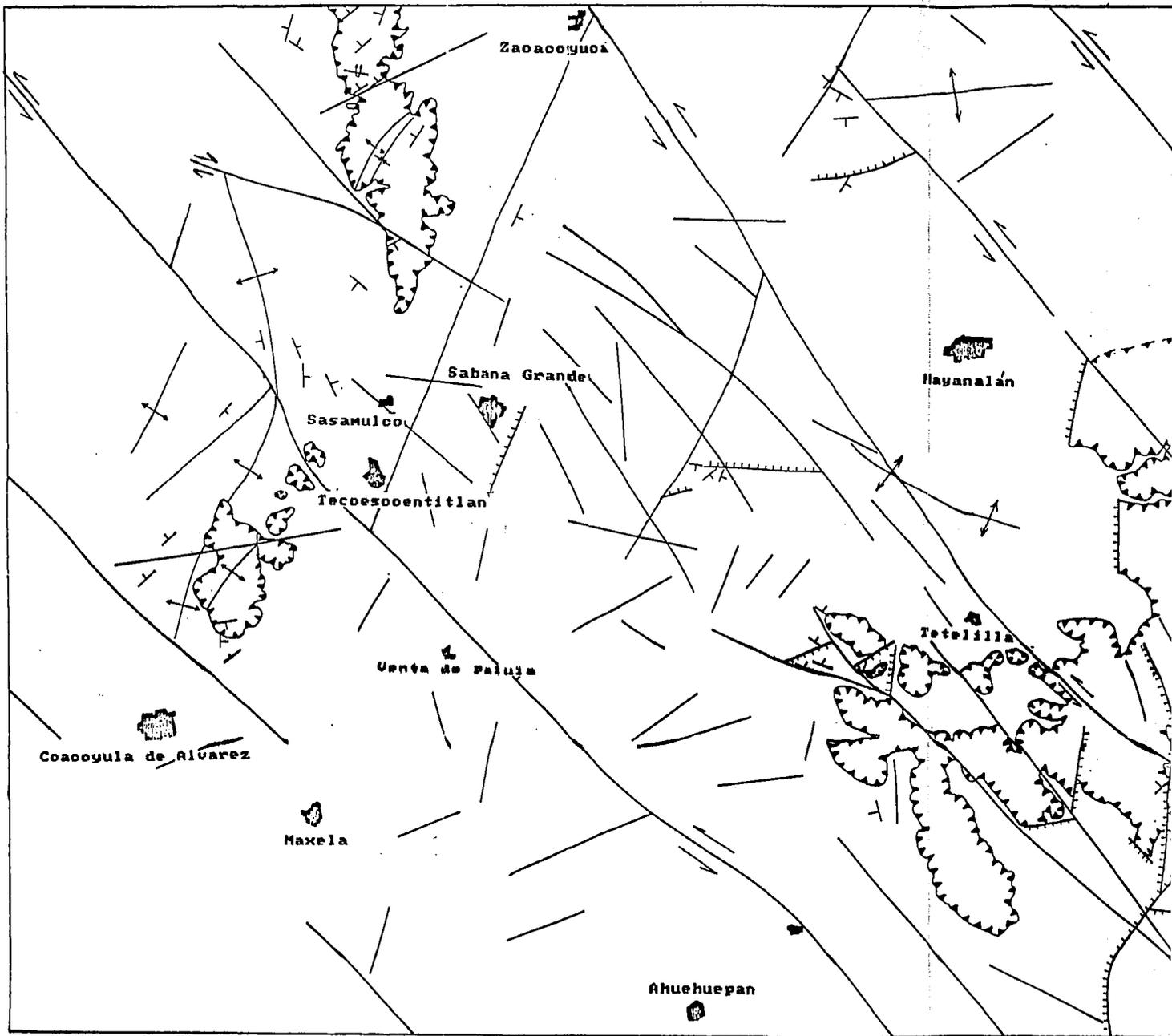


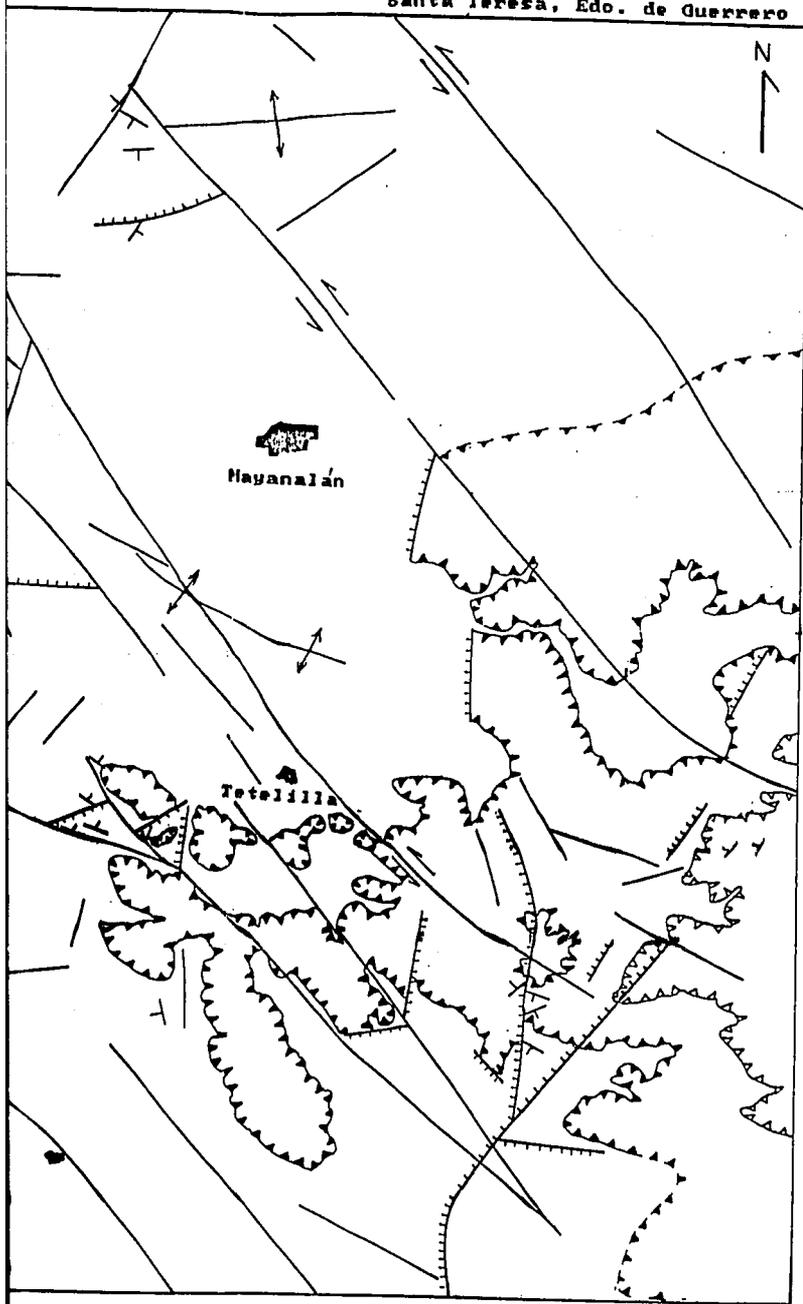
ESCALA HORIZONTAL 1: 200, 000

B

ICA DE LA REGION DE SANTA
 VERTICAL ESTA EXAGERADA CON

Martínez-Medrano, 1994





MAPA ESTRUCTURAL

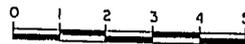
TIPOS DE CONTACTOS

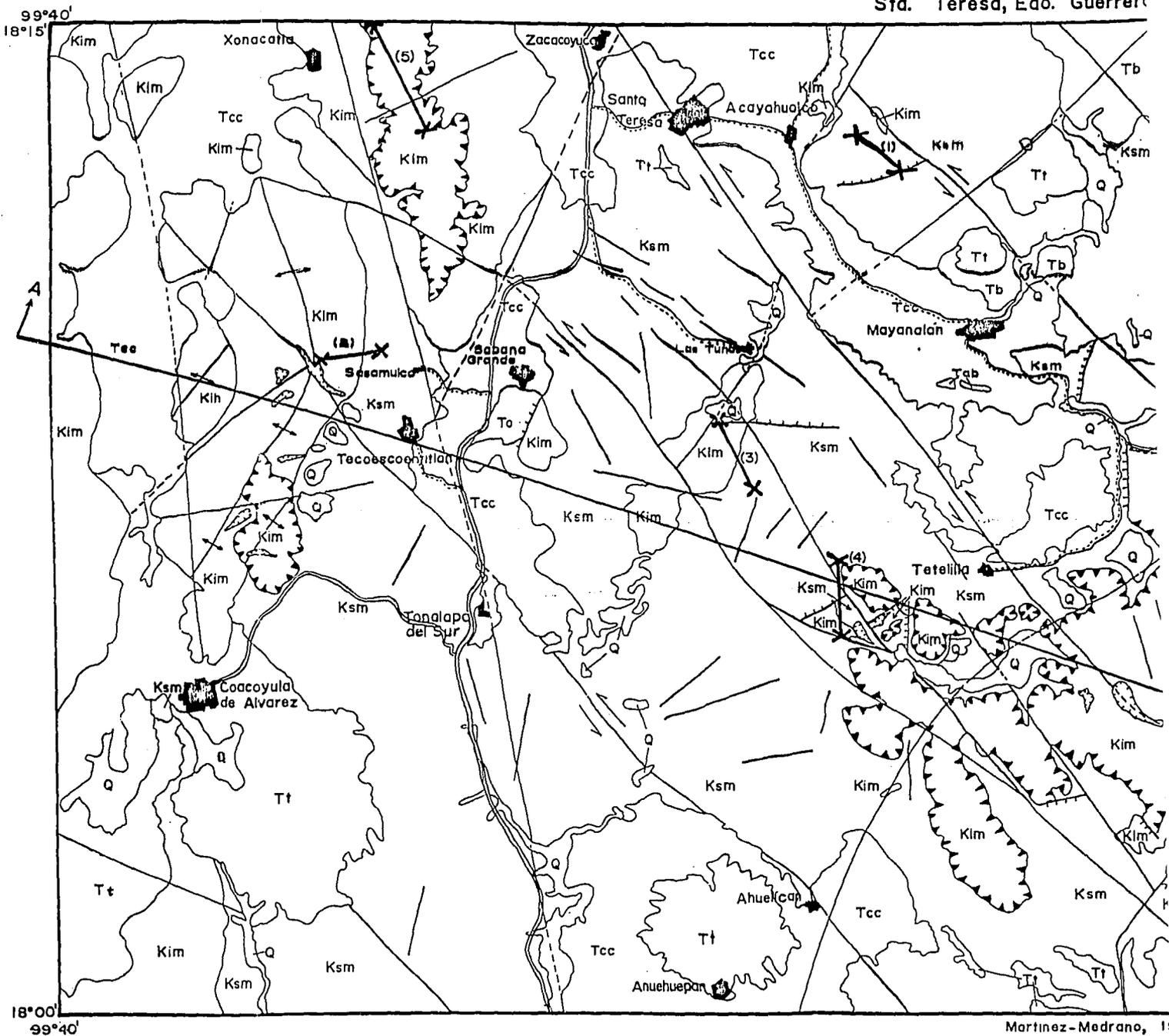
-  Litológico
-  Falla inversa
-  Falla normal
-  Falla lateral
-  Falla o fractura de cualquier tipo.

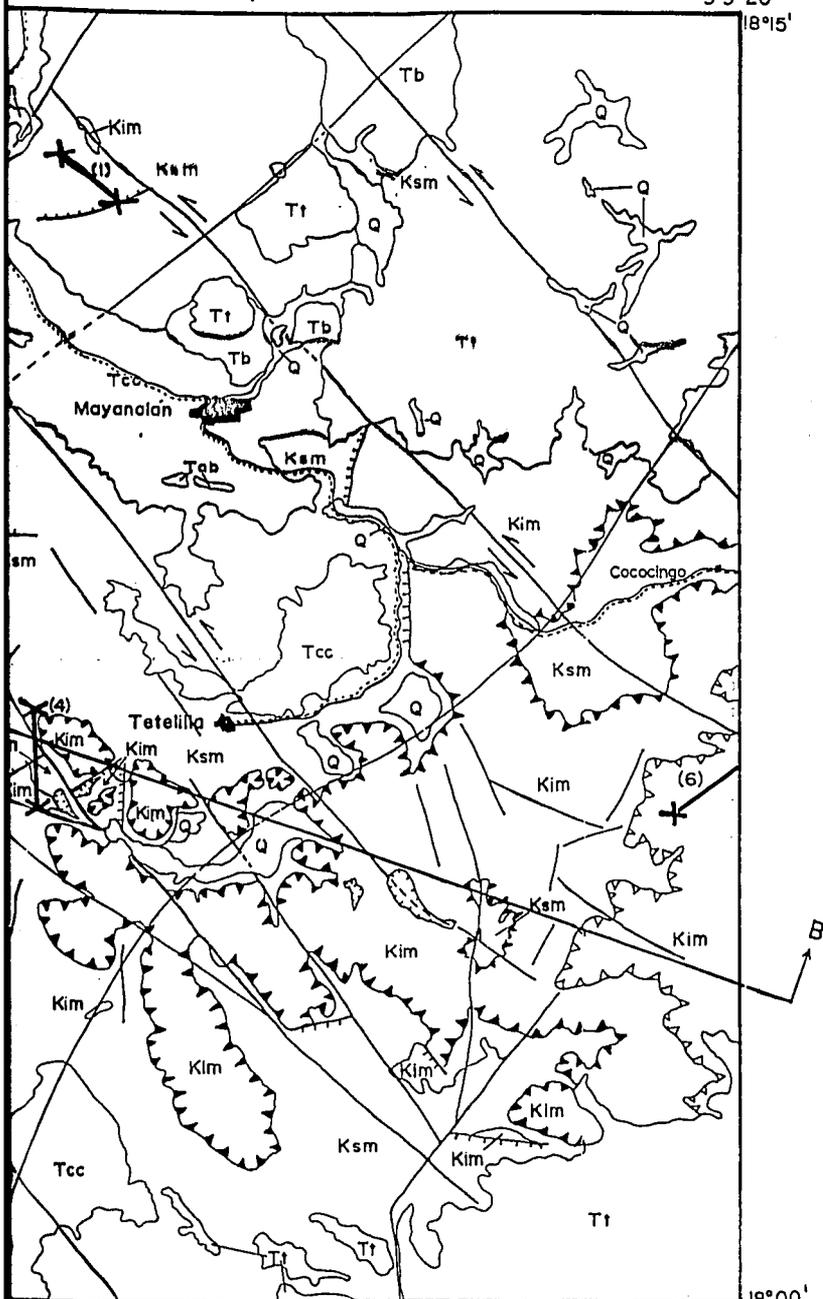
OTROS SIMBOLOS

-  Echado
-  Anticlinal
-  Sinclinal
-  Dolina
-  Sección estratigráfica
-  Carretera pavimentada
-  Camino de terracería
-  Poblado

Escala gráfica en Km







Declinacion Magnetica
8° 34'

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

Q	Depósitos recientes
Tab	Andesita Buenavista
Tcc	Clásticos Continentales
To	Formación "Oapan"
It	Formación Tilzapotla
Tb	Formación Balsas
Ksm	Formación Morelos
Kim	Formación Morelos
Kih	Formación Huizucó

TIPOS DE CONTACTOS

	Litológico
	Falla inversa
	Falla normal
	Falla lateral
	Falla o fractura de cualquier tipo

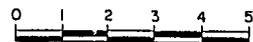
OTROS SIMBOLOS

	Echado
	Anticlinal
	Sinclinal
	Dolina
	Sección estratigráfica
	Carretera pavimentada
	Camino de terracería
	Poblado

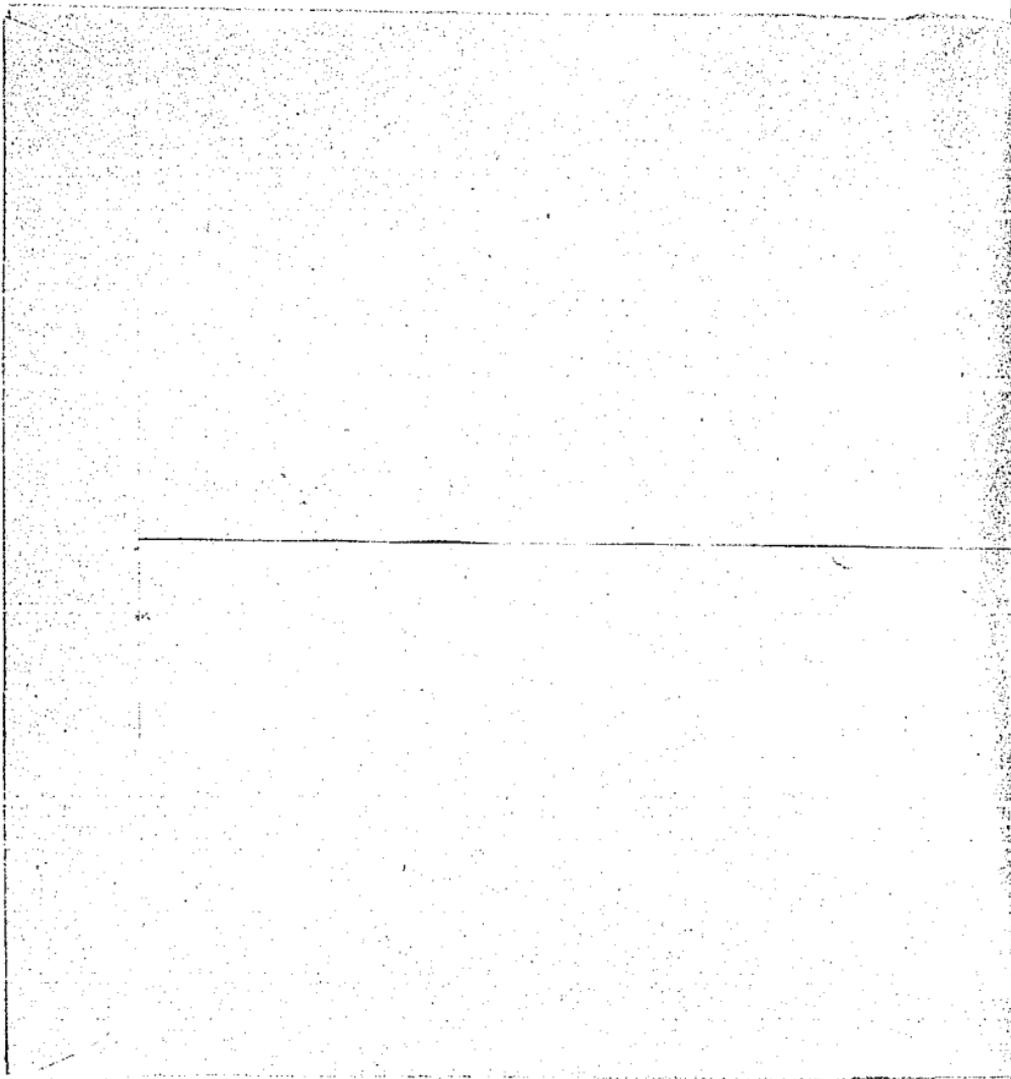
SECCIONES ESTRATIGRAFICAS MEDIDAS BLOQUE

1) Sección Acayahualco	I
2) Sección Sasamulco	I
3) Sección Las Tunas	I
4) Sección Tetelilla	I
5) Sección Xonacatla	II
6) Sección Cococingo	III

Escala gráfica en Km



ANEXO CARTOGRAFICO



BIBLIOGRAFIA

- ALENCASTER, G., 1980; Moluscos del Maestrichtiano de Texmalac, Guerrero. Soc. Geol. Mexicana, Libro-guía de la Excursión Geológica a la Cuenca del alto Río Balsas, México. pp. 39-42.
- BALL, S.M., 1971; The Westphalia Limestone of Northern Midcontinent: a possible ancient storm deposit. *Jour. Sed. Petrol.*, V. 41, n. 1, pp. 217-232.
- BARCELO-DUARTE, J., 1989; Paragénesis de los depósitos carbonatados del Albiano-Turoniano en la Porción Central del Estado de Guerrero. IX Convención Geológica Nacional, Soc. Geol. Mexicana, México, D.F., Libro de Resúmenes, pp. 107-108.
- BARCELO-DUARTE, J., MARTINEZ-MEDRANO, M., HERNANDEZ-REYES, G., y GONZALEZ-PACHECO, V., 1992, Aspectos Diagénéticos de la Secuencia Cretácica en la Cuenca Guerrero-Morelos; XI Convención Geológica Nacional, Veracruz, Ver., Soc. Geol. Mex., Libro de Resúmenes, pp. 24.
- BATHURST, G.C., 1979; Carbonate Sediments and Their Diagenesis. Elsevier Pub. Co., New York, 658 pp.
- BLATT, H.G.; MIDDLETON, G. y MURRAY, R., 1980; *Origin of Sedimentary Rocks*. Prentice Hall, New Jersey, 782 pp.
- BOHNENBERGER, O., 1955; Bosquejo Geológico a lo Largo de la Carretera Iguala-Chilpancingo, Edo. de Guerrero. Univ. Nat. Auton. México, Fac. de Ingeniería, Tesis Profesional, 61 pp. (inédita).
- BOLIVAR, J.M., 1963; Geología del área Delimitada por El Tomatal, Huitzaco y Mayanacán. Edo. de Guerrero. Univ. Nat. Auton. México, Inst. de Geología, Revista, V. 69, 35 pp.
- BOYER, S.E y ELLIOT, D., 1982; Thrust Systems. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, V. 66, n. 9, pp. 1196-1230.
- BRENNER y DAVIES, 1973; Storm-Generated Coquinoid Sandstone: Genesis of High-energy Marine Sediments From the Upper Jurassic of Wyoming y Montana. *Geol. Soc. Am. Bull.*, V. 84, pp. 1685-1698.
- BRIAN y DIXON, 1976; Storm Deposits in the Read Bay Formation (Upper Silurian), Somerset Island, Arctic Canada (an application of Markov chain analysis). *Jour. Sed. Petrol.*, V. 46, n. 2, pp. 393-401.
- CRESPO-HERNANDEZ, F., 1963, Estudio Geológico de la Zona de Mayanacán - Xalitla, Edo. de Guerrero; UNAM, Fac. Ing., Tesis Profesional (inédita), 44 pp.
- CALVIN JAMES, W., 1980; Limestone Channel Storm Complex (lower cretaceous) Elkhorn Mountains, Montana. *Jour. Sed. Petrol.* V. 50, n. 2, pp. 447-456.
- CROWELL, J.C., 1974; Origin of the Cenozoic Basins in Southern California. In: Dickinson, W.R. (ed.), *Tectonics and sedimentation*. Soc. Econ. Paleont. Min., Spec. Pub., n. 22, pp. 190-204.
- CSERNA, Z. de, PALACIOS-NIETO, M. y PANTOJA-ALOR, J., 1978; Relaciones de Facies de las Rocas Cretácicas en el Noreste de Guerrero y en Areas Colindantes de México y Michoacán. Univ. Nat. Auton. México, Inst. Geología, Revista, V. 2, pp. 8-18
- CSERNA, Z. de, ORTEGA-GUTIERREZ, F. y PALACIOS-NIETO, M., 1980; Reconocimiento Geológico de la Parte Central de la Cuenca del Alto Río Balsas, Estados de Guerrero y Puebla. Soc. Geol. Mex., Libro-guía de la Excursión Geológica a la Cuenca del Alto Río Balsas, pp. 1-33.

CSERNA, Z. de y FRIES, C., 1981; Hoja Taxco 14Q-h(7), con Resumen de la Geología de la Hoja Taxco, Estados de Guerrero, México y Morelos. Univ. Nal. Auton. México, Inst. de Geología, Carta Geológica de México, Serie 1:100,000, mapa con texto.

DAVILA-ALCOCER, V.M., 1974; Geología del Area de Atenango del Río, Estado de Guerrero. UNAM, Fac. de Ing., Tesis Profesional, inédita, 109 pp.

DOTT, R. H., 1964; Wacke, graywacke and matrix-what approach to immature sandstone classification? Jour. Sed. Petrology, V. 34, pp. 625-632.

DUNHAM, R.J., 1962; Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. Am. Assoc. Pet. Geol., Memoria 1, pp.108-121.

ESPINASA-PEREÑA, R., RIBA-RAMIREZ, A. y BARCELO-DUARTE, J., en prensa: Relaciones Kársticas y Geológicas del Area de San Miguel, Estado de Guerrero. Soc. Geol. Mex. Bol.

FOLK, R.L., 1974; Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill, Pub. Co., Austin, Texas, 182 pp.

FRIEDMAN, G.M. y SANDERS, J.E., 1978; Principles of Sedimentology. John Wiley and Sons, 791 pp.

FRIES, C., 1960; Geología del Estado de Morelos y de Partes Adyacentes de México y Guerrero, Región Central Meridional de México. UNAM, Inst. de Geol. Bol., V. 60, 236 pp.

—, 1966; Hoja Cuernavaca 14 Q-h(8), con Resumen de la Geología de la Hoja Cuernavaca, Estado de Morelos. UNAM, Inst. de Geol., Carta Geológica de México, serie 1:100,000, mapa con texto.

GAWTHORPE, R., 1986; Sedimentation During Carbonate Ramp-to-slop Evolution in a tectonically Active Area: Bowland Basin (Dinantian), Northern England. Sedimentology, n. 33, pp. 185-206.

GONZALEZ-PACHECO, V.V., 1988; Estratigrafía y Condiciones Paleoambientales de la Secuencia Cretácica del Area de Atenango del Río, Edo. de Guerrero. Fac. Ingeniería, Univ. Nal. Auton. México, Tesis Profesional, 102 pp. (inédita).

—, 1989a; Análisis Granulométrico y de Procedencia de la Secuencia Deltaica de la Formación Mexcala en el Area de Atenango del Río, Guerrero. Div. Est. Posgrado, Fac. Ingeniería, Univ. Nal. Auton. México, Trabajo de Investigación, 158 pp. (inédito).

—, 1989b; Modelo Sedimentológico Evolutivo del Cretácico de la Región Central de la Cuenca Guerrero-Morelos. Primer Encuentro de Estudiantes de Ciencias de la Tierra y su Participación en Proyectos de Investigación y Servicio Externo, Inst. Politécnico Nal., Libro de Resúmenes, pp. 3-4.

—, 1991; Evolución Sedimentológica y Diagénesis del Cretácico de la Porción Norte del Estado de Guerrero; División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, Tesis de Maestría, 208 pp.

GONZALEZ-PACHECO, V.V. y BARCELO-DUARTE, J., 1988; Estratigrafía y Evolución Paleoambiental del Cretácico de Atenango del Río, Guerrero. IX Convención Geológica Nacional, Soc. Geol. Mexicana, México, D.F., Libro de Resúmenes, pp. 104-105.

Gregg, J. M., 1983; On the formation and occurrence of saddle dolomite. - Discussion; Jour. Sed. Pet., v. 53, n. 3, pp. 1025-1026.

HAMBLIN y WALKER, 1979; Storm-dominated Shallow Marine Deposits: the Fernie-Kootenay (Jurassic) Transition, Southern Rocky Mountains. Can. J. Earth Sci., 16, pp. 1673-1690.

HERNANDEZ-REYES, G., 1989; Relaciones Tectónico-sedimentarias en la Región de Iguala, Edo. de Guerrero. Primer encuentro de estudiantes de Ciencias de la Tierra y su Participación en Proyectos de Investigación y Servicio Externo. Inst. Politécnico Nal., Libro de Resúmenes, pp. 20-36.

JENKYN, H.C., 1991; Impact of Cretaceous Sea Level Rise and Anoxic Events on the Mesozoic Carbonate Platform of Yugoslavia. Am. Assoc. Petr. Geol. Bull. V. 75, n. 6, pp. 1007-1017.

KREISA, R., 1981; Storm-Generated Sedimentary Structures in Subtidal Marine Facies With Examples From the Middle and Upper Ordovician of Southwestern Virginia. Jour. Sed. Petrol., V. 51, n. 3, pp. 823-848.

KUMAR y SANDERS, 1976; Characteristics of Shelf Storm Deposits: Modern and Ancient Examples. Jour. Sed. Petrol. V. 46, n. 1, pp. 145-162.

LONGMAN, M. W., 1982; Carbonate Diagenesis as a Control on Stratigraphic Traps (with examples from the Williston Basin), Education Course Note Series # 21. AAPG, 159 pp.

MARTINEZ-MEDRANO, M., 1989; Geología de la región de Santa Teresa, Edo. de Guerrero. Primer Encuentro de Estudiantes de Ciencias de la Tierra y su Participación en Proyectos de Investigación y Servicio Externo, Inst. Politécnico Nal., Libro de Resúmenes, pp. 8-14.

MARTINEZ-MEDRANO, M., BARCELO-DUARTE, J., GONZALEZ-PACHECO, V., y HERNANDEZ-REYES, G., 1992; Ambientes y Facies Sedimentarias de la Secuencia Cretácica en la Porción Central de la Cuenca Guerrero-Morelos; XI Convención Geológica Nacional, Veracruz, Ver., Soc. Geol. Mex., Libro de resúmenes, pp. 111.

MARTINEZ-MEDRANO, M., BARCELO-DUARTE, J., GONZALEZ-PACHECO, V., y HERNANDEZ-REYES, G., 1992; Ambientes y Facies Sedimentarias de la Secuencia Cretácica en la Porción Central de la Cuenca Guerrero-Morelos; Primer Decenio del Posgrado en Exploración, D. E. P. F. I., UNAM, Simposio Sobre la Geología y Geofísica de México, Libro de Resúmenes, pp. 22.

MAZZULO y FRIEDMAN, 1975; Conceptual Model of Tidally Influenced Deposition on Margins of Epicritic Seas: Lower Ordovician (Canadian) of Eastern New York y Southwestern Vermont. AAPG V. 59, n. 11, pp. 2113-2141.

Mc BRIDE, E. F., 1963; A classification of common sandstones; Jour. Sed. Pet., V. 33, pp. 664 - 669.

NAJERA-GARZA, J., 1965; Estudio geológico del área de San Agustín Apan, Edo. de Guerrero. Inst. Politécnico Nal., Esc. Sup. Ing. Arq., tesis profesional, 46 pp. (inédita).

OLEA-GOMEZCAÑA, N., 1965; Estudio geológico del área de Huitziltepec, Edo. de Guerrero; Inst. Pol. Nac., ESIA, Tesis Profesional, inédita, 69 pp.

ONTIVEROS-TARANGO, G., 1973; Estudio Estratigráfico de la Porción Noroccidental de la Cuenca Morelos-Guerrero. Asoc. Mex. de Geol. Pet., Bol., V. 25, pp. 189-234.

ORTEGA-GONZALEZ, V., 1987; Estudio Sedimentológico de las Rocas del Albiano-Cenomaniano en la Porción Suroccidental de la Plataforma Guerrero-Morelos, Estado de Guerrero. Univ. Nal. Auton. México, Div. Est. de Posg., Fac. de Ingeniería, trabajo de investigación (inédito).

ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1978; Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estados de Puebla y Oaxaca. Univ. Nal. Auton. México, Inst. Geología, Rcv., V. 2, pp. 112-131.

----, 1980; Rocas volcánicas del Maestrichtiano en el área de San Juan Tetelcingo, Estado de Guerrero. Soc. Geol. Mex., Libro-guía de la Excursión Geológica a la Cuenca del Alto Río Balsas, pp. 34-38.

READ, J. F., 1982; Carbonate Platforms of Passive (extensional) Continental Margins: Types, Characteristics and Evolution. *Tectonophysics*, 81.

READ, J. F., 1985; Carbonate Platform Facies Models. *AAPG V. 69*, n. 1.

READING, H.G., 1978 y 1986; *Sedimentary Environments and Facies*. Elsevier Pub. Co., Nueva York, 557 pp.

READING, H.G., 1980; Characteristics and Reconognition of Strike-slip Fault Systems. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment. n. 4*, 47 pp.

SEIJAS-TRIBARREN, F.J., 1965, Estudio geológico del área de Coacoyula, Estado de Guerrero. Univ. Nal. Auton. México. Fac. Ingeniería, Tesis Profesional, 59 pp. (inédita).

SHANMUGAM y MOILA, 1991; Types of Submarine Fan Lobes: Models and Implications. *AAPG, V. 75*, n. 1, pp. 23.

SCHOLLE, P. A. y SPEARING, D. (editores), *Sandstone Depositional Environments*; Mem. AAPG n. 31, 410 pp.

SCHOLLE, P. A., BEBOUT, D. G. y MOORE, C. H. (editores), *Carbonate Depositional Environments*, Mem. AAPG n. 33, 708 pp.

VERA-OCAMPO, M. y TORRES-RODRIGUEZ, V., 1987; *Diagénesis de Carbonatos*. Univ. Nal. Auton. de México, Div. de Estudios de Posgrado, Fac. Ing., 229 pp.

WALKER, R. G., 1979 y 1984, *Facies Models*, Geoscience Canada Reprint Series 1

WILSON, J.L., 1975; *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, Nueva York, 471 pp.