

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE CIENCIAS

GEOLOGÍA DE LA REGIÓN COMPRENDIDA ENTRE  
OLINALÁ Y HUAMUXTITLÁN, EDO. DE GUERRERO.

POR:

RODOLFO JOSÉ DE JESUS CORONA ESQUIVEL.

T E S I S

QUE PRESENTA PARA OBTENER EL GRADO DE:

M A E S T R O E N C I E N C I A S

[ G E O L O G I A ]

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D. F.

SEPTIEMBRE DE 1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

## C O N T E N I D O

	Pág.
RESUMEN.....	1
RÉSUMÉ.....	3
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCION.....	7
Objetivos.....	8
Localización y acceso.....	9
Fisiografía y drenaje.....	10
Métodos.....	11
Estudios previos.....	13
ESTRATIGRAFIA.....	14
Paleozoico.....	16
Complejo Acatlán.....	16
Formación Los Arcos.....	19
Mesozoico.....	26
Ignimbrita Las Lluvias.....	27
Conglomerado Cualac.....	30
Grupo Tecocoyunca.....	32
Formación Tlaquiltepec.....	36
Caliza Teposcolula.....	39
Yeso Tlaltepexi.....	43
Terciario.....	46
Formación Balsas.....	46
Formación Chiauzingo.....	48

	Pág.
Cuaternario.....	52
Aluvión.....	52
Depósitos de talud.....	53
DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS.....	53
Pliegues.....	54
Sinclinal de La Carbonera.....	54
Anticlinal de Cualac.....	54
Estructura de Xalmolapa.....	55
Fallas.....	56
Falla de Huamuxtitlán.....	56
Falla de Cualac.....	57
Falla de Santa Cruz.....	57
Falla La Libertad.....	58
Falla de Tecocoyunca.....	59
Falla de La Carbonera.....	59
Cabalgaduras.....	59
Cabalgadura de La Cañada.....	59
EVOLUCION TECTONICA.....	60
Paleozoico temprano.....	61
Pérmico.....	62
Triásico.....	66
Jurásico.....	69
Cretácico.....	73
Terciario.....	76
Cuaternario.....	79

	Pág.
CONCLUSIONES.....	81
AGRADECIMIENTOS.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86

## ILUSTRACIONES

	Página
CONTRAPORTADA. Vista hacia el oriente de Olinalá...	ii
Figura 1.- Mapa índice que muestra la localización del área de Olinalá-Huamuxtitlán, Estado de Guerrero.....	9a
Figura 2.- Columna estratigráfica generalizada del área Olinalá-Huamuxtitlán.....	15a
Figura 3.- Tabla de correlación estratigráfica.....	16a
Figura 4.- Diagramas en plantilla estereográfica de Wulf de las estructuras Sinclinal de La Carbonera y Anticlinal de Cualac..	54a
Figura 5.- Análisis químicos de la Ignimbrita Las Lluvias.....	67a
Figura 6a- Gráfica de $\text{SiO}_2$ contra $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ mostrando a la Ignimbrita Las Lluvias en relación con los límites entre los campos alcalino, calcialcalino y toleítico (Carmichael <u>et al.</u> , 1974)...	67b
Figura 6b- Gráfica de Rb contra K/Rb mostrando a la Ignimbrita Las Lluvias en relación con datos promedio de varios grupos bajos en K calcialcalinos y altos en K (modificado de Barker 1979).....	67b



## RESUMEN

La región de Olinalá-Huamuxtitlán en la parte nororiental del Estado de Guerrero tiene un registro geológico de los más completos del sur de México que permite estudiar la evolución tectónica desde el Paleozoico inferior al Reciente.

Las rocas más antiguas que forman el basamento corresponden al Complejo Acatlán. Estas originalmente ígneas y sedimentarias de edad Cámbrico-Ordovícico fueron metamorfoseadas en el Devónico correspondiendo la edad isotópica de  $380 \pm 6$  m.a. a su culminación tectonotérmica. Posteriormente, durante el Misisípico y Pensilvánico, la región se levantó y erosionó exponiendo niveles que según la petrología de sus rocas, se formaron a unos 20 km bajo la superficie.

La cobertura de ese basamento se inicia en el Pérmico con el depósito de la Formación Los Arcos, la cual indica un ambiente de mar somero que permitió el depósito de sedimentos detríticos y calcáreos y la preservación de una fauna abundante y muy variada.

En el Triásico la Ignimbrita Las Lluvias marca un período de volcanismo continental relacionado a una zona de tensión dentro de la corteza continental o de una subducción en una margen lejana.

En el Jurásico Medio se repiten las condiciones de cuenca somera, permitiendo del depósito del Conglomerado

Cualac y del Grupo Tecocoyunca. El estudio de las amonitas de la parte superior del Grupo Tecocoyunca sugieren que en esa época existió una comunicación entre los mares del Pacífico y el Tethys. Se infiere que al finalizar el período se originaron las estructuras de La Carbonera, Cualac y Xalmolapa por esfuerzos compresivos, quedando el área expuesta a erosión.

Los primeros depósitos del Cretácico corresponden a la Formación Tlaquiltepec cuya litología indica un ambiente infralitoral a continental. Simultáneamente, en una región más al oriente, se depositaron los yesos y calizas de la Formación Tlaltepexi indicando el inicio de la transgresión marina del Golfo de México, la que posteriormente, en el Cretácico medio, culminó inundando la región oriental del área, permitiendo el depósito de la Caliza Teposcolula.

A finales del Cretácico y principio del Terciario los efectos de la Orogenia Hidalguense (Laramide) se hacen evidentes en la deformación de las estructuras ya existentes y en el plegamiento de las rocas post-jurásicas.

En el Eoceno-Oligoceno una gran superficie del área estudiada quedó cubierta por las rocas volcánicas y volcánicas clásticas de la Formación Chiauzingo, la cual forma parte del volcanismo que se manifiesta en gran parte del sur de México, y que se ha relacionado a un arco magmático terciario cuya ubicación no está definida aún.

Después del evento volcánico, fallas normales dislocaron

bloques y un fallamiento a rumbo relacionado probablemente con los esfuerzos que causaron la cabalgadura de Papalutla, ha desplazado y truncado estructuras siendo la más relevante, la Falla de Huamuxtitlán.

La morfología actual hace evidente un constante levantamiento durante los últimos 10 a 15 millones de años.

### RÉSUMÉ

La region d'Olinala-Huamuxtitlan située au Nord Est de l'Etat de Guerrero a un enregistrement geologique l'un de plus complet au Sud du Mexique lequel permet a l'etude de l'evolution tectonique du Paleozoique inferior jusq'au Recent.

Les roches le plus anciennes qui conforment le soile appartient correspondent au Complexe Acatlan. Celles-ci Originellement de nature ignée et sedimentaire d'âge Cambro-Ordovician ont été metamorphosées pendant le Devonien correspondent l'âge isotopique de  $380 \pm 6$  m.a. a sa culmination tectonotermique. Durant le Missipian et le Pemsilvanien, la region a suivi une elevation et erosion exposant certain niveaux leguelles selon la petrologie des roches suggerent qui out été ponnes a une veinteine de km. por desous de la surface.

La couverture de cet socle commenga dans le Permien avec, le depot de la Formation Los Arcos, laquelle représente un environnement du type mer somaire caracterisé por des se-

diments detritiques et calcaries avec a une faone tres tres-reche et divers.

Au Jurasique noyen se repetent les conditions des basins someres résultant les dépôts du "Conglomerado Cualac" et du Groupe "Tecocoyunca". L'étude des ammonites au sommet du "Groupe Tecocoyunca" suggèrent que pendant cette époque existait une certaine communication entre les merès Pacifique et Tethys.

Les considerations anterieures nous permetent de déduire que les structures de la "Carbonera, Cualac, Xalmolapa" se sont formées par des forces compresives à la fin de cette période, la region demeurant e exposée aux effects erosives.

Les premiers dépôts du Cretace correspondent à la formation "Tlaquiltepec" et indiquent un milieu d'infralitorale a continental au neme temps daus une region située plus à l'est des sypses et aclacires dela formation "Tlaltepeji", se sont deposées et indiquent le dévût de la transgresion marine du golfe du Mexique laquelle durant le Cretace moyen fini inondent la region orientale de la zone, condition qui ont permit les dépôts de la "Caliza Teposcolula".

A la fin du Cretace et au début du Tertiaire, les effects de la Orogenie Hidalguen (Laramide) sont marqués par la déformation des structures anterieurement formées et le plissement des roches post-jurasiques.

Au Eocene-Oligocene, une vaste surface de la zone de étude a été couverte par des roches volcaniquees et volca-

niques et volcaniques-clastiques de la formation "Chiausingo" laquelle est une partie du volcanisme représenté étendument au sud du Mexique et qui a été associé à un arc magmatique tertiaire dont l'ubication n'a pas encore été estimée.

Après de cet événement volcanique, des failles normales ont affecté des blocs et une faille décrochant a déphasé et coupé des structures parmi lesquelles la plus évidente est la faille de "Huamuxtitlan", ce décrochement est probablement en rapport avec les efforts responsables de la formation du chevauchement de "Papalutla"

La morphologie présente mis en évidence un soulèvement constant pendant les dernières millions d'années.

#### ABSTRACT

The Olinalá-Huamuxtitlán region, located in the north-east part of the state of Guerrero, has one of the most complete geologic records of southern Mexico which allows to study the tectonic evolution of this region from early Paleozoic to the present.

The oldest rocks forming the basement belong to the Acatlan Complex, originally igneous and sedimentary rocks of Cambrian-Ordovician age. They were lastly metamorphosed during the Devonian period corresponding to the isotopic age of  $380 \pm 6$  Ma. Subsequently, during the Mississippian and Pennsylvanian, the region emerged and was eroded to levels that according to published petrologic studies were formed

approximately at 20 km of depth.

The basement cover started during the Permian with the deposition of the Los Arcos Formation which indicates a shallow sea environment that permitted the deposition of detritic and calcareous sediments and the preservation of an abundant and varied fauna.

During the Triassic the Las Lluvias Ignimbrite marks a continental volcanic period related to a tensional zone of the continental crust or subduction on a far convergent margin.

In the Middle Jurassic shallow-water conditions are repeated, permitting the deposition of the Cualac Conglomerate and Tecocoyunca Group .

Studies of the ammonites from the upper part of the Tecocoyunca Group suggest that during the above mentioned period a connection between the Pacific and Tethys seas existed. It is inferred that towards the end of this period the structures named La Carbonera, Cualac and Xalmolapa were formed by compression and the area was exposed to erosion.

The Early Cretaceous deposits belong to the Tlaquiltepec Formation whose lithology indicates an infralittoral to continental environment. Simultaneously, in a region towards the east, gypsum and limestone of the Tlaltepexi Formation were deposited, indicating a marine transgression from the Gulf of Mexico, which, later on, during the middle Cretaceous, culminated in the flooding of the Eastern part of the area allowing the Teposcolula Limestone to deposit.

Towards the end of the Cretaceous and the early Tertiary the effects of the Hidalguense Orogeny (Laramide) are observable in the deformation of the existing structures and the folding of the post-Jurassic rocks.

During the Eocene-Oligocene a vast surface of the studied area was covered by volcanic and volcanoclastic rocks of the Chiauzingo Formation which belongs to the volcanic event present in an ample region of southern Mexico.

This volcanism is related to a Tertiary magmatic arc whose location is not yet defined.

After the volcanic event normal faulting caused dislocation of blocks and a strike slip fault displaced and cut different structures, of which the Huamuxtitlan Fault is the most important.

The present morphology indicates constant uplift during the last ten or fifteen millions years.

#### INTRODUCCION

A partir del relativamente reciente descubrimiento de la cuarta localidad de rocas sedimentarias del Paleozoico en el sur de México, y considerando la importancia que éstas representan para el conocimiento de la Paleogeografía y reconstrucción geológica del sur de México, se planeó un proyecto de investigación financiado por el Instituto de Geología de la UNAM, para que se estudiase con mayor detalle a esta región del Estado de Guerrero.

El proyecto iniciado en septiembre de 1983 intenta, por una parte, la descripción sistemática de la geología, dando mayor atención a las rocas sedimentarias y volcánicas prejurásicas y por otra, el análisis de las implicaciones paleogeográficas y tectónicas.

La región de que se trata, comprendida entre Olinalá y Huamuxtitlán, Gro., tiene un basamento metamórfico (Complejo Acatlán), sobre el cual descansan rocas sedimentarias y volcánicas que registran intervalos de tiempo desde el Paleozoico Tardío hasta el Terciario.

Estas rocas fueron plegadas y falladas durante el Mesozoico y el Terciario.

Una reinterpretación con base en los estudios paleontológicos y litoestratigráficos intenta reconstruir la evolución geológica desde el Paleozoico, así como su relación con otras regiones.

#### OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo el estudiar la geología y paleontología de la porción sur de México anteriormente mencionada. Con los resultados obtenidos se intenta el análisis e interpretación de las diferentes condiciones paleogeográficas y tectónicas que afectaron a la región.

## Localización y acceso

La región estudiada se ubica en la porción nororiental del Estado de Guerrero, entre las coordenadas geográficas 17° 42' - 17° 52' de latitud norte y 98° 33' - 98° 45' de longitud al oeste de Greenwich, y cubre una superficie de 400 km<sup>2</sup>. Quedan comprendidas dentro del área las poblaciones de Huamuxtitlán al oriente, Olinalá al poniente, Cualac en la porción sur-central y Coatlico en el límite sur (Figura 1).

El acceso al área puede hacerse por la Carretera Federal Núm. 95 (México-Acapulco), hasta Chilpancingo, donde se desvía hacia el oriente rumbo a Tixtla, Chilapa y Tlapa. En el kilómetro 141 de este último tramo, existe una desviación hacia el norte, de donde parte un camino de terracería (recientemente modificado en su trazó), con un desarrollo de 28 km que conduce a Olinalá.

Otro acceso por tierra desde la Ciudad de México es por la Carretera Federal Núm. 140 (México-Oaxaca), hacia Cuautla, Izúcar de Matamoros y Acatlán. Antes de este último poblado existe una desviación al sur hacia Tecomatlán, Tulancingo, Xochihuehuetlán, Huamuxtitlán y Tlapa. Siguiendo este último acceso se puede llegar al área de estudio más rápidamente, cruzando el Río Tlapaneco por un vado que se localiza en las cercanías de Tlaquitepec; sin embargo, esta vía corta sólo puede utilizarse durante la época de estiaje. En época de lluvias se tiene que continuar por la carretera Tlapa-Chil-

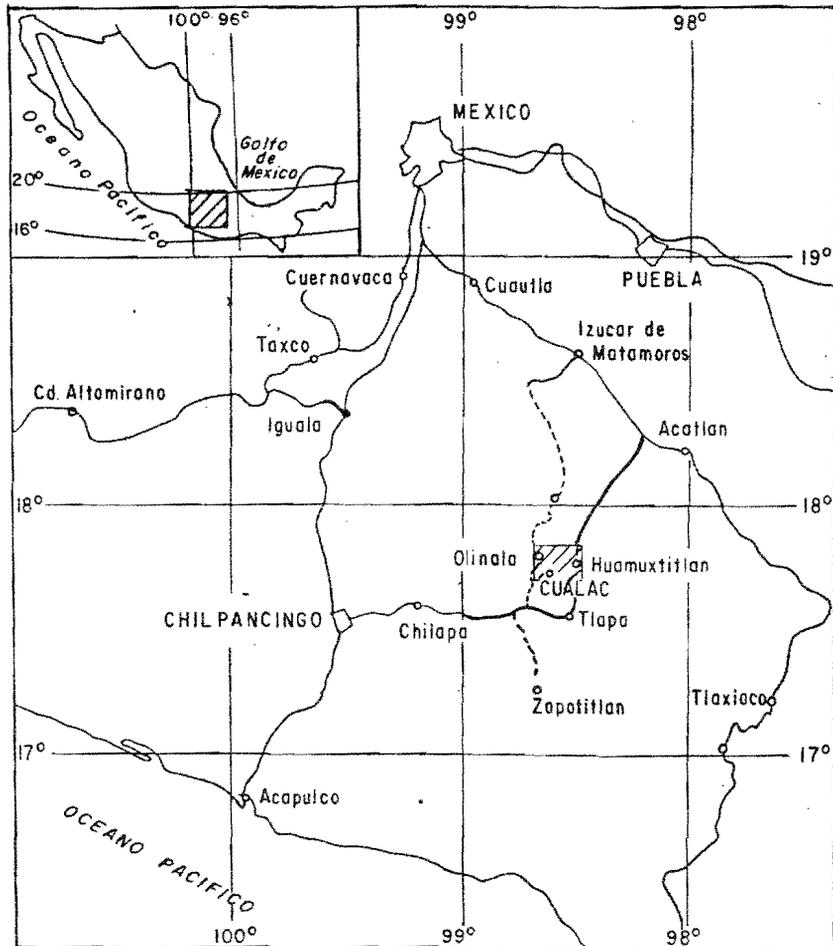


Figura 1.- Mapa índice que muestra la localización del área de Olinalá-Huamuxtítlán, Estado de Guerrero.

pancingo hasta la desviación a Olinalá.

La región cuenta también con servicio de avionetas, con base en Cuautla, Mor., Izúcar de Matamoros, Pue. y Chilpancingo, Gro., de donde se ofrecen vuelos diarios a los poblados de Tlapa, Huamuxtitlán, Olinalá y Cualac.

### Fisiografía y drenaje

El panorama fisiográfico de la región es abrupto, con sierras y valles estrechos de orientación general NE-SW. De acuerdo con Raisz (1959), el área Olinalá-Huamuxtitlán se encuentra situada en la sub-provincia denominada Cuenca del Río Balsas, que forma parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur.

La elevación promedio del área es de 1,200 m.s.n.m., sobre la que destacan, como elevaciones mayores, el Cerro de Xistepetl, con 1,950 m, ubicado al NW de Cualac; el Cerro Tres Bonetes, con 1,750 m, al poniente de Huamuxtitlán y el Cerro de Xalmolapa, también con 1,750 m al NE del poblado del mismo nombre.

Las elevaciones menores se ubican a lo largo de una región fuertemente deprimida, orientada NE-SW, que conforman al Valle de Olinalá y la Barranca de La Carbonera.

Otro rasgo fisiográfico importante lo constituye el Valle de Huamuxtitlán en el límite oriental del área, que como se verá más adelante, corresponde a una probable falla de desplazamiento lateral izquierdo orientada norte-sur.

Rasgos fisiográficos menores los constituyen las cadenas montañosas de orientación NE-SW que se localizan en la porción nororiental del área y las mesetas volcánicas en los alrededores de Cuauac y sur de Olinalá.

El área de Olinalá-Huamuxtitlán se caracteriza por un sistema de drenaje bien desarrollado, distinguiéndose un patrón dendrítico y otro rectangular a subrectangular. El primero está controlado por la litología impermeable de las rocas metamórficas del Complejo Acatlán que se localiza en la porción noroccidental y suroccidental del área. El segundo es el que predomina en la porción central y está controlado estructuralmente por el Sinclinal de La Carbonera y litológicamente por la alternancia de lutitas y areniscas del Grupo Tecocoyuncá. La porción occidental y central del área drena sus aguas a través de un sistema que conecta con el Río de La Carbonera. La porción sur y suroriental vierte sus aguas al Río de Coatlico y a la Cañada de Tlaquiltepec, las cuales desembocan al Valle de Huamuxtitlán.

Todas las corrientes fluviales de la región son capturadas por el Río Tlapaneco, el cual cruza a lo largo del Valle de Huamuxtitlán y constituye uno de los principales afluentes del Río Balsas.

#### Métodos

Este estudio constituye la integración y la continuación de trabajos que se han desarrollado desde 1933 con di-

versos enfoques por vario autores, y desde 1977 por el propio autor.

La metodología seguida puede dividirse en trabajo de gabinete y trabajos de campo.

Los trabajos de gabinete consistieron en:

a) Elaboración de un plano-base escala 1:50,000 con toponimia, vías de comunicación, drenaje, curvas de nivel a cada 250 m, para lo cual se utilizaron las cartas del Departamento Cartográfico Militar y fotografías aéreas del Consejo de Recursos Minerales.

Sobre el plano base se vació la geología que se tenía a la fecha.

b) Reinterpretación fotogeológica basada en nuevos datos de campo y control fotogramétrico de las secciones medidas en el terreno. Para tales propósitos se utilizó lo siguiente: fotografías aéreas verticales escala 1:50,000 del vuelo del C.R.M., 1970, las cuales cubren a toda el área; fotografías aéreas verticales escala 1:25,000 del vuelo de Aerofoto, S. A. para PEMEX, 1960(?) que comprenden la porción norte del área; y una amplificación escala 1:10,000 a partir de la fotografía aérea 14-L-24 del vuelo del C.R.M., la cual comprende la porción centro-occidental del área.

c) Estudios al microscopio petrográfico de 73 muestras correspondientes a las diferentes unidades litológicas

d) Con los datos obtenidos del estudio de las amonitas

(Westermann y Boardman in Corona, 1981(1983); Westermann, Corona y Carrasco (1984), con la ayuda del Departamento de Paleontología del propio Instituto (Flores y Buitrón, 1982, González y Corona (en preparación), así como los estudios efectuados en el I.M.P., sobre fusulínidos (Téllez, 1984, en preparación), pudo conocerse con bastante precisión la edad de la columna estratigráfica del área.

El trabajo de campo consistió en completar el mapeo de las distintas unidades litológicas del área, estudiar con mayor detalle sus características litológicas y paleontológicas, sus relaciones de contacto y los fenómenos que las afectaron, tales como plegamientos, fallas, intrusiones, etc.

Se midieron 5 secciones ubicadas en distintas partes del área, con un desarrollo total de 80 km, que sirvieron para conocer la distribución, variaciones litológicas y de espesor de las formaciones.

Los trabajos de campo se llevaron a cabo en 3 períodos de aproximadamente 12 días cada uno, efectuándose los 2 primeros conjuntamente con el Dr. Fernando Ortega-Gutiérrez.

#### Estudios Previos

El área ha sido estudiada con anterioridad por varios autores: algunos de estos trabajos fueron realizados con fines estratigráficos, especialmente de las rocas jurásicas, como son las investigaciones de Burckhardt (1927), Erben (1956a y 1956b), Alencáster (1963) y Ochoterena (1966).

Otros estudios de carácter geológico y minero, son los que realizaron Jenny (1933), Guzmán (1950), Quezada-Muñetón (1970), Werre (1977), Corona-Esquivel (1978) y Benavides (1978).

Recientemente la región ha sido objeto de mayores estudios, como los realizados por Corona-Esquivel 1981(1983); Flores y Buitrón (1982); y también ha quedado incluida dentro de proyectos regionales, federales y estatales, tal es el caso del estudio de de Cserna y colaboradores (1980), Ramírez-Espinoza (1982) y el Estudio Tectónico Estructural Guerrero-Oaxaca del IMP (1983).

#### ESTRATIGRAFIA

En el área estudiada afloran rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas (Figura 2). Las más antiguas son del Paleozoico inferior, corresponden al Complejo Acatlán, constituyen el basamento y afloran ampliamente en la porción occidental.

Discordantemente sobre éstas existe una cobertura de rocas ígneas y sedimentarias con un espesor aproximado de 3,800 m. La unidad más antigua de esta cobertura corresponde a la Formación Los Arcos, del Pérmico, la cual está expuesta en el flanco NW del Sinclinal La Carbonera y en el Anticlinal de Cualac.

El Triásico? está representado por la Ignimbrita Las Lluvias, cuya edad fue determinada por su posición estratigráfica sobre la Formación Los Arcos y bajo el Conglomerado Cualac. Aflora en una franja angosta siguiendo las estructu-

ras sinclinal y anticlinal de La Carbonera y Cualac.

El Conglomerado Cualac del Jurásico Medio, constituye la unidad más prominente en el área. Debido a su gran resistencia a la erosión y a su color claro a casi blanco, es inconfundible y puede apreciarse desde regiones muy lejanas.

El Grupo Tecocoyunca también del Jurásico Medio, sobreyace al Conglomerado Cualac y consiste predominantemente de areniscas y lutitas que por su menor resistencia han sido más fuertemente erosionadas dando lugar, hacia la porción central, a una topografía deprimida.

La Formación Tlaquiltepec representa al Cretácico Temprano, consiste principalmente de conglomerados y areniscas de origen continental distribuidos a lo largo de una franja sinuosa cerca de la margen occidental del Valle de Huamuxtitlán. Por su resistencia a la erosión forman un escarpe abrupto al oriente de Tecocoyunca y el Coauilote. También posiblemente de esta edad sean los yesos de la Formación Tlaltepexi, que limitan en el oriente al Valle de Huamuxtitlán.

El Cretácico medio está representado por la Caliza Teposcolula, que aflora a lo largo de una franja N-S paralela a la margen occidental del Valle de Huamuxtitlán.

En el Terciario la unidad inferior corresponde a una secuencia de poco espesor constituida por capas de conglomerados y areniscas que por sus características litológicas se han correlacionado con la Formación Balsas. Su distribución se restringe a pequeñas áreas en las inmediaciones de Olinalá y Xochimilco.

ERA TEMA	SISTEMA	SERIE	FORMACION	ESPE- SOR (m)	SIMBOLOGIA	LITOLOGIA	FAUNA Y FLORA FOSIL
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO Y RECIENTE	Aluvion y dep. de talud. (DISCORDANCIA)	0-20		Taludes, gravas, arenas y limos.	
	TERCIARIO	? OLIGOCENO	VOLCANICLASTICAS	0		Tobas, brechas volcanicas y depósitos epiclasticos de origen volcanico	
		EOCENO	CHIAUZINGO	400			
	PALEOCENO	(DISCORDANCIA) FM. BALSAS (DISCORDANCIA)	0-80		Areniscas y conglomerado de cuarzo		
MESOZOICO	CRETACICO	MAESTRICHT	YESO TLALTEPEXI	0 a 300		Yeso anhidrita y caliza	
		ALBIANO	CALIZA	0		Caliza y dolomias	Foraminiferos del grupo de los miliolidos. Nummuloculina heimi?, Valvulina sp.?
		APTIANO	TEPOSOLULA	600			
		NEOCOMIANO	(DISCORDANCIA) CAPAS ROJAS TLAQUILTEPEC (DISCORDANCIA)	YESO TLALTEPEXI ?	100 a 250		Areniscas y conglomerados con intercalaciones lenticulares de caliza
	JURASICO	CALÓVIANO	GRUPO TECOCOYUNCA	230 a 2000		Areniscas, lutitas y limolitas con capas de carbon y bancos de coquinas.	Amonitas: Epistrenoceras; Oxycerite; Paracontraustes, Neuconiceras; Eurycephalites; Reineckia; Paracephalites; Parapatoceras; Choffatia; Decoptychiinae; Clydoniceras; Hecticoceras. Plantas: Williamsonia, otozamites y zamites. Numerosos Braquiopodos y Pelecipodos.
		BATONIANO					
		BAJOCIANO					
		ALENIANO	CONGLOMERADO CUALAC	0 a 500		Conglomerado principalmente de cuarzo. Hacia la base fragmentos de rocas metamorficas e ignimbritas	
	TRIASICO	(DISCORDANCIA) IGNIMBRITA LAS LLUVIAS (DISCORDANCIA)	50-80		Toba e ignimbrita felsica		
	PALEOZOICO	PERMICO	FORMACION LOS ARCOS	0 a 635		Conglomerado, arenisca, limolita, lutita y caliza arrecifal.	Amonitas: Agathiceras frechi Bose; Stacheoceras tomanskyae Miller y Furnich; Paracelites elegans Girty; Pseudogastreoceras altudense (Bose) Braquiopodos: Dictyoelostus, wellerella cancrinella, Composita, Paranarella. Crinoideos: Cyclocaudex y Heterostelechus. Briozoa: Fenestelida sp.
? PENSYLV.		(DISCORDANCIA)					
DEVONICO		COMPLEJO ACATLAN	2000		Migmatita, esquist, cuarcita, anfibolita, eclogita roca verde, serpentina y filita.	Crinoideos ?	
ORDOVICICO							

FIGURA 2 --COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL AREA OLINALA-HUAMUXTITLAN

También en el Terciario y profusamente distribuidas en el área, cubriendo a las formaciones antes mencionadas afloran rocas volcánicas y volcaniclásticas de la Formación Chiauzingo.

Las rocas del Sistema Cuaternario del área del mapa son el aluvión y los depósitos de talud. El aluvión consiste en relleno de valle y depósitos fluviales de origen reciente, que se presentan en las márgenes de las corrientes principales.

Los depósitos de talud consisten de bloques, gravas y arenas no consolidados que se acumulan principalmente al pie de los escarpes actuales.

### Paleozoico

El Paleozoico está representado por las rocas metamórficas del Complejo Acatlán (Ordovícico-Devónico) que constituyen el basamento y por la Formación Los Arcos (Pérmico) que representa a los sedimentos más antiguos sobre el basamento.

### Complejo Acatlán

Definición: El Complejo Acatlán está formado por una secuencia plegada y afectada por metamorfismo regional, la cual ha sido estudiada por varios autores (Ordóñez, 1906; Jenny, 1933; Salas, 1949; Fries, 1960; Rodríguez-Torres, 1970). Esta secuencia fue formalmente definida por Ortega-Gutiérrez (1978); quien la propuso como unidad litoestratigráfica equi-

valente a grupo, el cual incluye 5 formaciones estratiformes (Magdalena, Chazumba, Cosoltepec, Xayacatlán y Tecomate) y 3 intrusivos (Granitoides Esperanza, Tronco de Totoltepec y Diques San Miguel).

Estas formaciones representan una secuencia formada por migmatita, esquisto pelítico, cuarcita, anfibolita, eclogita, roca verde, metagabro, serpentinita, metagrauvaca, meta-arcosa, y metaconglomerado, cuya litología premetamórfica corresponde a sedimentos de tipo "eugeosinclinal". Las rocas intrusivas afectaron a los sedimentos durante su evolución quedando en parte también metamorfoseadas.

Distribución.- En el área de estudio el Complejo Acatlán constituye el basamento y aflora en las porciones noroccidental, poniente y suroccidental, esto es, en las áreas de Tecuiciapa, Mexteopan, Progreso, al poniente de Olinalá, sur de Cualac, Tlalapa y Coatlico. Cubre aproximadamente  $132 \text{ km}^2$  que corresponden a un 30% del área estudiada (Láminas 1 y 2).

Litología y espesor.- Dentro del área cartografiada, tanto la litología como el grado de metamorfismo son variables. En una sección entre Olinalá y Mexteopan se observan pizarras negras, esquistos filoníticos, filitas cuarzosas y cuarcitas. El color de esta secuencia varía de negro a verde oscuro, incluyendo también bandas y cuerpos lenticulares blancos. La foliación tiene un rumbo  $N30^\circ E$  a  $N50^\circ E$  con echado que varía de  $50^\circ$  a  $90^\circ$  al SE.

Al NW de Olinalá, sobre la brecha que comunica con Ocotitlán, se observan primeramente filitas y cuarcitas con capas de roca verde, las cuales descansan estructuralmente sobre un augen-gneis de color beige claro a blanco, que por intemperismo adquiere una coloración café amarillenta con puntos blancos.

Continúa la sección con una alternancia de esquistos de muscovita y metagrauvascas que al intemperizarse dejan libre la mica, dando un aspecto plateado al terreno. Más adelante, ya en Ocotitlán y fuera del área mapeada, afloran rocas verdes.

Al sur de Cualac, sobre el arroyo del mismo nombre, aflora una secuencia de metatobas andesíticas, las cuales tienen vetas delgadas y capas lenticulares de barita con escasos cristales disseminados de pirita y de galena.

Hacia el SW de Cualac, sobre el camino a Coatlico, predominan las filitas esquistosas y cuarcitas con intercalaciones de roca verde. Las filitas esquistosas son de color gris oscuro con lustre plateado y en ocasiones contienen cristales euedrales de pirita.

Considerando la foliación y la litología observada en las secciones descritas se estima que el espesor del Complejo Acatlán en el área es mayor de 3 km.

Relaciones Estratigráficas.- La base del Complejo Acatlán no está expuesta en el área de estudio, mientras que su

cima se ve cubierta discordantemente por la Formación Los Arcos.

Edad y Correlación.- El Complejo Acatlán se considera Paleozoico-temprano (Ortega-Gutiérrez, 1978). Se tiene una edad de  $380 \pm 6$  ma.; 30 km al norte del área estudiada, lo que sitúa al último metamorfismo importante del Complejo Acatlán de esta región en la parte temprana del Devónico (de Cserna et al., 1980, p. 14).

El Complejo Acatlán puede ser correlacionable con el Esquisto Granjeno que aflora en el Cañón del Novillo en el Estado de Tamaulipas.

#### Formación Los Arcos

Definición.- Este nombre fue propuesto por Corona-Esquivel 1981(1983), para describir a una secuencia de conglomerados, lutitas y limolitas de color gris oscuro a negro, con concreciones limolíticas, calizas y areniscas grises, con amonitas del Pérmico, limitada por el Complejo Acatlán en la base y la Ignimbrita Las Lluvias en la cima.

La localidad tipo se encuentra en la cañada de Los Arcos a 2.5 km al SE de Olinalá.

Distribución.- Su distribución se restringe a una franja angosta y sinuosa relacionada a un sinclinal y un anticlinal. Su límite norte se encuentra aproximadamente a 10 km al NE del poblado de Mexteopan y su límite sur se ubica a

6 km al SE de Olinalá (Lámina 1).

Litología y espesor.- La litología de esta formación comprende 7 unidades que reflejan ambientes de depósito diferentes. A continuación se describe la litología de estas unidades desde su base hasta la cima.

Unidad	Espesor en metros
<p>1    Consiste en su base de un conglomerado poligenético constituido por guijarros subarredondados de esquisto de mica, cuarzo blanco, cuarcita, esquisto verde de clorita y escasos fragmentos de filita, incluidos en una matriz arenosa. El diámetro de los guijarros varía entre 5 y 8 cm y con menor frecuencia se encuentran mayores de 12 cm.</p> <p>En una sección al SW de Progreso, cerca de la base de esta unidad, se observó una arenisca conglomerática beige en capas de 0.20 a 0.80 m, la cual, junto al contacto con el Complejo Acatlán y observada al microscopio, tiene el aspecto de una microbrecha tectónica.</p> <p>La parte media de la unidad consiste en capas gruesas de arenisca de grano medio a grueso, muy resistentes, de color gris cla-</p>	

Unidad		Espesor en metros
	ro a blanco.	
	La parte superior está constituida por una limolita de color gris morado con tintes rojizos. El espesor de la Unidad 1 varía de	45 a 80 m
2	Consiste de limolita negra y lutita gris obscura negra, con capas ocasionales de arenisca gris de grano fino, de 15 cm de espesor. Tiene abundantes concreciones limolíticas de color gris oscuro, muy duras, en cuyo centro es frecuente la ocurrencia de pirita diseminada. Hacia la base existe un horizonte con amonitas de los géneros Agathicaras y Pseudogastreoceras, y, en la parte media, se encuentran pelecípodos y bivalvos dentro de las concreciones. Su espesor es de	50 a 60 m
3	Esta unidad se dividió en dos partes: la inferior consiste en capas gruesas de conglomerado poligenético con guijarros subangulosos y redondeados de gneis, esquisto, pizarra negra, cuarzo blanco y cuarcita de color gris claro, hacia arriba, las capas del conglomerado son menos gruesas y los guijarros de menor tamaño.  En la parte superior consiste en arenisca	

Unidad

Espesor  
en metros

- de grano medio a grueso, de color gris claro, en capas de 0.20 a 0.60 m de espesor, muy resistentes. Lateralmente, las capas con conglomerado se presentan como lentes. Forma un relieve que sobresale a las unidades que las infrayacen y subreyacen. Su espesor es de 70 a 80 m
- 4 Consiste en limolita de color gris oscuro a negro, de estratificación no bien definida, con foliación incipiente. Contiene abundantes concreciones limolíticas negras, dentro de las cuales se hallaron bivalvos, braquiópodos y amonitas de los géneros Pseudogastreoceras y Paraceltites. Esta unidad forma una depresión marcada en el terreno. Su espesor es de 95 m
- 5 Consiste en caliza de color gris, en bancos hasta de 3 m de espesor y a veces masiva. Contiene abundantes crinoides, braquiópodos, briozoarios, algas, estromatolitos, corales y fusulínidos (Lámina 3). regionalmente tanto su espesor como su litología varían conside-

Unidad		Espesor en metros
6	<p>rablemente. Hacia el norte la caliza pier- de su carácter masivo y sólo se observan capas delgadas de calcarenita, bioespatita y caliza de briozoarios. Su espesor máximo se localiza en las proximidades de Olinalá, en donde la caliza sufre una inflexión de- finiendo un sinclinal. Su espesor es de</p>	80 a 140 m
7	<p>Consiste en una alternancia de arenisca de color café claro en capas medianas a del- gadas y lutitas de color gris oscuro, con intercalaciones de capas con concreciones calcáreas. Su espesor es de</p>	100 a 200 m
8	<p>En la base de la unidad es frecuente en- contrar una arenisca fina, gris, de aspec- to masivo por bioturbación la cual con- tiene amonitas, continua la secuencia con arenisca fina de color negro a gris obs- curo, muy dura, con estratificación delga- da; incluye fragmentos carbonosos y algu- nas capas de color café amarillento con concreciones ferruginosas. Hacia la cima pasa a una lutita negra carbonosa con con- creciones, algunas de las cuales contie- nen amonitas del género <u>Stacheoceras</u>. Su espesor es de</p>	150 a 200 m

El espesor total de la formación es variable, ya que se acuña por completo tanto hacia el noreste como hacia el sur. Su mayor desarrollo se encuentra en la Cañada de Los Arcos, al oriente de Olinalá aunque aquí no aflora su parte inferior. En una sección al NE de Olinalá (sección El Limón), donde aflora desde la base hasta la cima, el espesor total es de 635 m. Un poco más al norte entre Llano Grande y Rancho Viejo el espesor es aún mayor.

Relaciones Estratigráficas.- El contacto inferior es discordante con el Complejo Acatlán y se sitúa en la base del primer estrato del conglomerado de la Unidad No. 1. El contacto superior con la Ignimbrita Las Lluvias no se aprecia en parte alguna con claridad, por estar cubierta por derrubios, suelos con vegetación, o depósitos de talud.

Edad.- Su edad pérmica está determinada por las amonitas Paraceltites elegans Girty, Pseudogastrioceras altudense (Böse) y Stacheoceras tomanskyae Miller y Furnish, que son fósiles índices del Pérmico y que, debido a su amplia distribución geográfica, permiten que se les utilice como horizonte índice de referencia estratigráfica. Por otra parte, la amonita Paraceltites elegans Girty y los braquiópodos Dictyoclostus depressus Cooper Wellerella sp., Canocrinella

sp., Composita sp., y Paranorella sp., determinados en la Formación Los Arcos, constituyen un grupo faunístico característico del Pérmico (González y Corona, 1984). Estudios también recientes efectuados por Flores y Buitrón (1982) determinaron en estas rocas, entre otros fósiles, los crinoides Cyclocaudex costatus y Heterostelechus jeffordsi como pertenecientes al Pensilvánico. La edad propuesta por Flores y Buitrón (op. cit.) para esos fósiles resulta difícil conciliarla con los fósiles índice del Pérmico encontrados prácticamente desde la base de la Formación Los Arcos.

El ambiente de depósito de la Formación Los Arcos representa desde facies costeras de alta energía, hasta depósitos profundos de baja energía, pasando por el arrecifal.

Correlación.- La Formación Los Arcos es comparable cronológica y litológicamente con las siguientes regiones:

a.- Región de Antimonio-Caborca, Estado de Sonora.

Las capas inferiores de la Sección del Antimonio tienen cierta similitud con las Unidades 2 y 4 de la Formación Los Arcos, pero en esta última no existen lentes de calizas. La parte superior calcárea de la Sección del Antimonio tiene semejanza con la Unidad No. 5 de la Formación Los Arcos.

b.- Región de Chicomuselo Chiapas

Las Unidades 4 y 5 de la Formación Los Arcos tienen gran similitud con las Formaciones La Gruperá, Caliza La Vainilla

y Paso Hondo, cuyas litologías consisten de lutitas grises, capas de areniscas y calizas grises fosilíferas.

c) Región al NW del Estado de Chihuahua (Sierras de Palomas. Los Chinos, Santa Rita y La Salada).

Las Unidades 4, 5 y 6 de la Formación Los Arcos tienen cierto parecido con las formaciones del Grupo Naco que consisten de calizas grises de ambiente marino somero, e intercalaciones de areniscas de alta energía.

#### Región de Placer de Guadalupe, Chihuahua

La Unidad 5 de la Formación Los Arcos tiene gran semejanza con las rocas arrecifales de la Formación Plomosas, que aflora al oriente de la Mina de Plomosas.

La fauna de la Formación Los Arcos es muy abundante, existiendo además de amonitas y braquiópodos, crinoides, ostreídos, algas, corales, foraminíferos y briozoarios, a la fecha sólo se han estudiado con cierto detalle las amonitas y los braquiópodos, de estos estudios se llega a la conclusión de que las amonitas aquí encontradas son muy semejantes a las de Las Delicias, Coah., y los braquiópodos a los del Antimonio, Son.

#### Mesozoico

El Mesozoico de esta región está representado en parte por la Ignimbrita Las Lluvias que probablemente ocupa un intervalo de tiempo dentro del Triásico, y por depósitos sedi-

ERA TEMA	SISTEMA	SERIE	OLINALA-HUAMUXTITLAN (1) Area estudiada	MEXCALA-OLINALA (2) Cserna et al 1980	LOS REYES MEZONTLA- SAN LUIS ATOLOTITLAN (3) Ortega y Corzo (en prep)	MIXTECA ALTA (TAMAZULAPAN) (4) Ferrusquia y 1976	SUR DE CHIAPAS (5) Thompson and Miller (1944)	YANHUITLAN-HOCHISTLAN (6) Pantzaj (1970) Schloepfer 1970	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENICA	ALUVION	ALUVION	ALUVION	TRAVERTINO CALICHE SUELOS		ALUVION	
		PLEISTOCENICA				FM. CHILAPA AND. SAN MARCOS AND. YUCUCAC AND. SUCHIX-TLAHUACA		R VOLCANICAS	
	TERCIARIO	PLIOCENICA			CGL "XOCHITEPEC"	TOBA CERRO VERDE		FM. SOSOLA	
		MIOCENICA		FORMACION OAPAN			TOBA LLANO DE LOBOS	FM. YANHUITLAN	
		OLIGOCENICA		ANDESITA BUENAVISTA					
		EOCENICA	VOLCANICLASTICAS CHIAUZINGO	RIOLITA TILZAPOTLA	ANDESITA "LOS REYES"		FM. YANHUITLAN	CGL. TECOMATLAN	
		PALEOCENICA	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FM HUAJUAPAN	CGL. TAMAZULAPAN			
				FM. TETELCINGO					
	MESOZOICO	CRETACICO	TARDIO	CALIZA TEPOSCOLULA	FORMACION CUANTLA	CALIZA CIPIAPA	CALIZA TEPOSCOLULA	FM. OCOZOCUATLA	CALIZAS DEL ALGIANO-CEMAM
			TEMPRANO	YESO TLALTEPEXI CAPAS ROJAS TLAQUILTEPEC	FORMACION MURELOS FM ZILAPA	FM. SAN JUAN RAYA FM. MIATLATEPEC FM. PARCTILAN		FM. SIERRA MADRE	GRUPO PUEBLA
JURASICO		TARDIO						FM. TODOS SANTOS	
		MEDIO	GRUPO TECOCOYUNCA		FM. TECOMAZUCHIL				FM. ETLALTONGO
		TEMPRANO	CONGLOMERADO CUALAC	CUARCITA CUALAC					
TRIASICO									
			IGNIMBRITA LAS LLUVIAS						
PALEOZOICO		PERMICO	FORMACION LOS ARCOS					FM. PASO HONDO Y LA VAINILLA FM. GRUPERA	FM. YODOÑE
		PENSILVANICO			FM. MATZITZI			FM. SANTA ROSA	FM. IXTALTEPEC
		MISISIPICO							FM. SANTIAGO
	DEVONICO								
	SILURICO	COMPLEJO ACATLAN	COMPLEJO ACATLAN	COMPLEJO ACATLAN			COMPLEJO IGNEO METAMORFICO		
	ORDOVICICO							FM. TIÑU	
CAMBRICO									
PRECAMBRICO				COMPLEJO OAXAQUEÑO			COMPLEJO OAXAQUEÑO		

FIGURA 3 -- TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

mentarios de ambientes fluviales costeros y marinos, que representan intervalos aislados de tiempo tanto del Jurásico como del Cretácico, correspondientes al Conglomerado Cualac, Grupo Tecocoyunca, Formación Tlaquiltepec, Yeso Tlaltepexi y Caliza Teposcolula.

#### Ignimbrita Las Lluvias

Definición.- Este nombre fue propuesto por Corona-Esquivel 1981(1983), para describir una secuencia de tobas e ignimbritas de composición ácida a intermedia que cubren en discordancia a la Formación Los Arcos y que está cubierta a su vez discordantemente por el Conglomerado Cualac del Jurásico Medio. Su localidad tipo está en el arroyo de Los Arcos, muy cerca del paraje Las Lluvias.

Distribución.- La Ignimbrita Las Lluvias, al igual que la Formación Los Arcos, aflora a lo largo de la misma franja relacionada a las estructuras anticlinales y sinclinales del área. La anchura de esta franja varía de 80 a 100 m; sin embargo, las ignimbritas presentan una mayor superficie de afloramiento hacia el extremo suroccidental del área, cerca del Eje del Sinclinal La Carbonera y al NE de Olinalá, cerca de Llano Grande (Lámina 1).

En la porción centro meridional del área, en el puerto entre Cualac y Chiauzingo, el espesor de la ignimbrita es de unos 40 m y poco más al suroriente se acuña hasta desaparecer. Su límite norte se ubica a 2.5 km al nororiente de

Llano Grande donde también se acuña.

Litología y espesor.- En las porciones central y sur la litología de la formación se mantiene bastante uniforme; sin embargo, en la porción nororiental del área adquiere la textura de una toba y un color rosado. El espesor es bastante uniforme en casi toda su extensión.

En la localidad tipo (Lámina 4) consiste de una roca porfídica de color crema, muy silicificada y muestra un bandeamiento bien definido, inclinado en la misma dirección que las capas de la Formación Los Arcos y las del Conglomerado Cualac. Se observan también lentes y formas subarredondadas de un material silíceo color café, que en algunas zonas dan una textura moteada a la ignimbrita. Estas estructuras lenticulares varían en tamaño de 3 a 10 cm en su eje mayor, y en opinión del autor corresponden a litofisas.

Petrográficamente se clasificó como una ignimbrita, sin metamorfismo ni deformación.

En la porción nororiental del área de afloramiento la roca es de color morado y tiene el aspecto de una toba; en el área de Llano Grande su área de afloramiento aumenta y el color de la toba es rosado. Una muestra de este último lugar, se determinó al microscopio como una toba félsica piroconsolidada.

El espesor de esta formación se mantiene bastante uniforme entre 50 y 80 m. En algunas partes, como al suroriente de Progreso (Lámina 1), el Conglomerado Cualac que la cubría

fue erosionado, por lo que la ignimbrita expone una mayor área de afloramiento.

Hacia la porción suroriental del área el espesor de la ignimbrita va disminuyendo de tal forma que en el puerto entre Cualac y Chiauzingo es de unos 40 m y poco más al sur se acuña por completo.

Relaciones Estratigráficas.- Esta formación cubre a la Formación Los Arcos y al Complejo Acatlán; sin embargo, su contacto inferior no es claro por estar cubierto por depósitos de talud y suelos con vegetación.

El contacto superior de la ignimbrita es claro y discordante bajo las capas del Conglomerado Cualac.

Edad.- La formación carece de fósiles y no se ha estudiado radiométricamente. Por cubrir discordantemente a la Formación Los Arcos y estar bajo el Conglomerado Cualac, se presume una edad post-pérmica tardío y pre-jurásica media. La edad triásica que se ha considerado para esta unidad sería congruente con el hecho de que durante el Triásico Tardío - Jurásico Temprano tuvo lugar el desarrollo, en mayor o menor grado, de vulcanismo en México (King, 1939; Pantoja, 1963).

Correlación.- De resultar correcto lo anterior, la ignimbrita Las Lluvias podría correlacionarse con la Roca Verde Taxco Viejo (Fries, 1960), en la región de Taxco, Guerrero; con la Formación Chapolapa (de Cserna, 1965), en la porción centro-occidental del Estado de Guerrero y con otras

unidades de carácter continental del Triásico que incluyen rocas félsicas como la Formación Barranca de Sonora (King, 1939, Alencáster, 1961), o la Formación Nazas en Durango y Zacatecas (Pantoja-Alor, 1963).

#### Conglomerado Cualac

Definición.- Esta formación fue descrita por Guzmán (1950) con el nombre de Cuarcita de Cualac. Posteriormente, Erben (1956a) la designó Conglomerado Cualac. Su localidad tipo está representada por las "cercanías de Cualac" (Guzmán, 1950), en donde esta formación aflora de una manera excelente.

Distribución.- Por su resistencia a la erosión, el Conglomerado Cualac forma dentro del área estudiada las porciones más elevadas y se distribuye a lo largo de las estructuras más notables del área (Sinclinal de La Carbonera, Anticlinal del Cerro de Cualac o Zistepetl y el anticlinal ubicado entre Cualac y Xalmolapa (Lámina 1).

Fuera del área de estudio aflora en Xixitla, Mitlancingo, Tlaquiltzingo, al sureste de Tlapa y en partes aisladas definiendo la Paleo-bahía de Guerrero (Erben 1956a, p. 21), es decir, al oriente y nororiente de Guerrero, así como en el poniente de Oaxaca.

Litología y espesor.- Consiste en capas gruesas de conglomerado de cuarzo lechoso de matriz generalmente cuarcítica; el cuarzo es de color blanco y a veces algo amarillento.

Los guijarros de cuarzo lechoso tienen diámetros entre 0.5 y 5 cm; también presentan, hacia la base y en menor cantidad guijarros de mica-esquistos, gneis e ignimbrita. El espesor de las capas es muy potente, alcanzando en ocasiones hasta más de 2 m. Localmente tiene pequeños lentes de arenisca gris que gradúa a conglomerados finos.

El espesor de esta formación es muy variable; en su localidad tipo y al oriente de Olinalá, donde alcanza su máximo espesor, es de unos 500 m. Tanto hacia la porción nororiental del área como la suroccidental el espesor disminuye paulatinamente hasta acunarse totalmente.

Relaciones Estratigráficas.- En la mayor parte del área expuesta, el Conglomerado Cualac descansa discordantemente sobre la Ignimbrita Las Lluvias, como lo demuestran los cantos de ignimbrita incluidos en las capas inferiores. Al NE de Llano Grande, donde ya no existen evidencias de la ignimbrita, el Conglomerado Cualac descansa discordantemente sobre los sedimentos paleozoicos de la Formación Los Arcos. Al poniente de Totolapa, porción nororiental del área estudiada, sobreyace discordante a gneises micáceos del Complejo Acatlán. Su contacto superior es normal y transicional con las capas clásticas del Grupo Tecocoyunca del Jurásico Medio.

Edad y Correlación.- Esta formación carece de fósiles, por lo que su edad Jurásica Media (Aleniano) se le ha asignado de acuerdo a su posición estratigráfica bajo las capas con amonitas del Grupo Tecocoyunca que la sobreyacen transi-

cionalmente. Es correlacionable con la parte inferior de la Formación Tecomazuchil descrita por Pérez-Ibargüengoitia y colaboradores (1965, p. 10) en la región de Santa Cruz-Textalapa, Estado de Puebla; con la Formación Etlaltongo descrita en la región noroccidental del Estado de Oaxaca por Schlaepfer (1970); y con la Formación Todos Santos del Estado de Chiapas descrita por Gutiérrez-Gil (1956) (Figura 3).

#### Grupo Tecocoyunca

Definición.- Burckhardt (1927), describió por vez primera los estratos del Jurásico Medio en los alrededores de Tecocoyunca, pero Jenny (1933), distingue posteriormente dos unidades: superior e inferior. Más tarde Guzmán (1950, p. 116) las nombra "Capas Tecocoyunca" y también las separa en inferior y superior. Finalmente Erben (1956, p. 25), las eleva de rango denominándolas como las conocemos en la actualidad.

La localidad tipo de este grupo se encuentra en la Barranca de Tecocoyunca, situada entre el Pueblo de Cualac y el de Huamuxtitlán.

Distribución.- El Grupo Tecocoyunca aflora en la parte central del área cartografiada. Puede observarse a lo largo de la Barranca de La Carbonera y sobre la brecha que comunica con Coauilote y Tecocoyunca (Lámina 5); también se observa en los alrededores de los poblados de Saladillo y Cuateconcingo y sobre la brecha que comunica a Xalmolapa con

Coyahualco (Lámina 1). En esta última localidad, como se verá más adelante, las capas están fuertemente inclinadas y en algunos casos están invertidas.

En una sección al poniente del poblado de Totolapa su espesor disminuye considerablemente desapareciendo totalmente unos 600 m más al noreste. Hacia la porción suroriental cartografiada, el área de afloramiento del Grupo Tecocoyunca se ve disminuida por no aflorar la parte inferior, ya que está cubierta por cabalgamiento del Complejo Acatlán.

Fuera del área estudiada y al igual que el Conglomerado Cualac, el Grupo Tecocoyunca aflora en Xixila, Mitlancingo, al sureste de Tlapa, y en partes aisladas conformando lo que durante el Jurásico fue la Bahía de Guerrero, es decir, al oriente y nororiente de Guerrero, así como en el occidente de Oaxaca.

Litología y espesor.- El Grupo Tecocoyunca está constituido por una secuencia de estratos que en su parte inferior es de origen continental, mientras que en la parte media existen intercalaciones marinas; su parte superior está formada por estratos completamente marinos. Erben (1956a) subdividió a este grupo en 5 formaciones, basándose más bien en criterios paleontológicos. A continuación se describen las diferencias litológicas más distintivas de cada una de estas formaciones.

En la base se encuentra la Formación Zorrillo (Erben, 1956 p. 26), constituida por areniscas de grano grueso a me-

## ESPESOR

dio y limolitas en ocasiones con estratificación cruzada de color gris amarillento. Contiene limolitas con restos de plantas fósiles, lutitas carbonosas y lentes de carbón. En las partes superiores con estratificación muy delgada, tiene lutitas y limolitas con concreciones calcáreas perforadas por organismos fósiles taladrantes. Su espesor varía de

50 a 60 m

Sobre las rocas anteriores, descansa discordantemente la Formación Simón (Erben, 1956, p. 29), constituida por areniscas de grano medio a grueso de color gris claro, amarillentas o cafés, de estratificación mediana; areniscas conglomeráticas y limolitas; conglomerado del tipo "Cualac", pero con guijarros de menor tamaño y no tan numerosos; lutitas carbonosas y lentes de carbón. Su espesor varía de

80 a 100 m

Sobre la Formación Simón, en contacto concordante y transicional, descansa la Formación Otatera (Erben 1956, p. 30), formada por una serie de areniscas de grano fino a medio, en ocasiones de estratificación cruzada, de color gris y café claro; limolitas de color café claro a beige; lutitas oscuras con concreciones hematíticas, en ocasiones con intercalacio-

nes de caliza obscura y bancos de ostreas.

ESPESOR

Su espesor varía de

50 a 70 m

Sobreyaciendo concordantemente a la Formación Otatera se encuentra la Formación Yucunuti (Erben, 1956, p. 31). El contacto entre las dos formaciones es transicional. La litología de la Formación Yucunuti consiste de lutitas oscuras intercaladas con margas de color café con trazas de carbón, con abundantes plaquitas de yeso; areniscas de grano fino de color gris y café y horizontes de lutitas conteniendo carbón. Esta formación contiene abundante macrofauna, especialmente amonitas y pelecípodos. Su espesor varía de

50 a 200 m

El Grupo Tecocoyunca se distingue fácilmente en el terreno por su topografía más baja y su estratificación muy notoria debido al contraste entre sus capas alternantes, resistentes y no resistentes. Otra característica peculiar que se observa en el grupo, son los diques y diquestratos de composición basáltica o andesítica que ocurren tanto en la parte inferior como en la superior.

Relaciones Estratigráficas.- El Grupo Tecocoyunca descansa concordantemente sobre el Conglomerado Cualac. Al oriente, entre Tecocoyunca y Huamuxtitlán, está cubierto en discordancia paralela por las Capas Rojas Tlaquitepec del Cretácico Inferior y en la porción central, en la región de

Zotolo, Teacalco y Xalmolapa, está cubierto discordantemente por depósitos volcanoclasticos del Terciario Temprano de la Formación Chiauzingo. En la porción suroriental una falla inversa sobrepone al Complejo Acatlán encima del Grupo Tecocoyunca, como puede observarse en la cañada de Tlauiltepec.

Edad y Correlación.- La edad de este grupo fue determinada por Erben (1956), en base a las amonitas de las Formaciones Otatera y Yucunuti, como Jurásico Medio (Bajociano-Calloviano). Recientemente Westermann y colaboradores (1984), volvieron a estudiar la fauna situando a estas dos últimas formaciones del Grupo Tecocoyunca en el Batoniano-Tardío - Calloviano Temprano; además, basado en la especie Clydoniceras inflatum n. sp., se sugiere una relación con el ambiente paleogeográfico Tethysiano (Westermann y colaboradores, 1984).

El Grupo Tecocoyunca se correlaciona con las formaciones Todos Santos del Estado de Chiapas descrita por Gutiérrez-Gil (1956); Etlatongo del Estado de Oaxaca descrita por Schlaepfer (1970); y con la Tecamazuchil en los límites de Oaxaca y Puebla descrita por Pérez-Ibargüengoitia y colaboradores (1965).

#### Formación Tlaquiltepec

Definición.- Se designa con el nombre de Formación Tlaquiltepec a la secuencia de rocas de origen sedimentario, continental y litoral que afloran al poniente de Tlaquiltepec, sobreyaciendo discordantemente al Grupo Tecocoyunca del

Jurásico Medio y que a su vez está cubierta discordantemente por la Formación Teposcolula del Cretácico medio. Su localidad tipo está expuesta al oriente del poblado de Coauilote, donde por su mayor resistencia a la erosión constituye un fuerte cambio de pendiente (Lámina 5, Figura 1).

Guzmán (1950, p. 120) describió a esta secuencia sin darle nombre, asignándole una edad Jurásico Superior y Cretácico Inferior. Erben (1956a, p. 117) también la describió considerándola como perteneciente al Grupo Puebla del Cretácico Temprano.

Flores y Buitrón (1982) reafirman la presencia de estos sedimentos bajo la denominación de "terrígenos" asignándolos, sin bases paleontológicas, al Aptiano-Neocomiano.

Distribución.- Esta formación aflora al oriente de los poblados de Coauilote y Tecocoyunca, esto es, al poniente de Tlaquiltepec a lo largo de una franja angosta de orientación general N-S, paralela al Valle de Huamuxtitlán (Lámina 1).

Litología y espesor.- La formación consiste de su base a su cima de aproximadamente 90 m de capas de 15 a 20 cm de espesor de arenisca de grano medio color beige y por intemperismo café claro. Entre las capas de areniscas se encuentran capas de calizas grises de 10 a 20 cm de espesor, que al intemperizarse adquieren un color blanquizco; contiene numerosas *Ostrea* sp.

Continúa la sección con 60 m de capas de 20 a 80 cm de

espesor de conglomerado de cuarzo lechoso con matriz limolítica; los guijarros presentan mala clasificación, son muy redondeados y los de mayor tamaño alcanzan 5 cm de diámetro.

La cima de la Formación la constituye aproximadamente 100 m de espesor de una alternancia de arenisca de grano fino a medio de estratificación mediana (8 cm) de colores café a café grisáceo y limolitas amarillentas y gris blanquizas, adquiriendo hacia la parte superior una coloración rojiza (Lámina 5 Figura 2).

El espesor total de la formación en su localidad tipo es de 250 m.

Relaciones Estratigráficas.- La Formación Tlaquiltepec descansa discordantemente sobre las capas superiores del Grupo Tecocoyunca, esto es, sobre la Formación Yucuñuti del Cailloviano. En el área estudiada, en la base de la Formación Tlaquiltepec no se observa una franca discordancia angular con el Grupo Tecocoyunca; sin embargo, es posible que exista una discordancia paralela, ya que el contacto es marcado entre las lutitas de la Formación Yucuñuti y las areniscas de la Formación Tlaquiltepec. Otro criterio es la desaparición de los amonites característicos de la Formación Yucuñuti y la aparición de frecuentes y hasta abundantes individuos de *Terebratulidos*, cuya concha se asemeja mucho a la del género *Rhynchonella* (Erben, 1956, p. 33). En su localidad tipo, el contacto superior es claro y discordante con las calizas del Cretácico medio de la Formación Teposcolula.

Edad y Correlación.- No se han encontrado fósiles índice que determinen con precisión la edad de esta formación. Erben (1956, p. 117) encontró en la base Ostrea sp. "Terebratula" sp. y Huellas gruesas de gusanos fósiles; también encontró en las limolitas Lamellaptychus diday (Coquand) y Lamellaptychus angulicostatus (Peters)? Estas dos últimas determinaciones fueron hechas por R. W. Imlay y corresponden a aptychus de amonites, cuya edad va del Jurásico Tardío al Cretácico Temprano. Comparando a estos aptychus con los estudiados recientemente por Renz (1972) y otros autores, podemos asumir, de ser correcta la determinación de Imlay, que la edad de la formación corresponde al Cretácico Temprano.

Esta unidad probablemente equivale a las rocas clásticas continentales y marinas que afloran en el Estado de Puebla descritas por Calderón (1956) designadas con el nombre de Formación Zapotitlán. Pueden también equivaler a la Formación Acuitlapan (Fries, 1960, p. 38) del centro de Guerrero, que consiste en capas delgadas arcillosas y limosas, con algunos interestratos calcáreos, todo ello recristalizado en gran parte a filita pizarrosa.

En el sur de Chiapas podría ser equivalente con la Formación San Ricardo descrita por Thompson and Miller (1944), que consiste en areniscas y conglomerados rojos.

Caliza Teposcolula

Definición.- La Formación Teposcolula fue nombrada por

Salas (1949, p. 105), según afloramientos próximos al pueblo de este nombre, situado en la porción noroccidental del Estado de Oaxaca. Cerca de Teposcolula la formación consiste de caliza color crema o gris oscura, que se vuelve blanca con el intemperismo, densa y con algunos horizontes fosilíferos con abundantes ostras pequeñas casi destruidas por la erosión en la superficie, con partes masivas y otras bien estratificadas. Ferrusquía (1976) en base a estudios paleontológicos modifica la edad jurásica supuesta por Salas (op. cit.) asignándola al Albiano-Coniaciano.

Distribución.- En el área estudiada el autor asignó a la Formación Teposcolula la secuencia de calizas que afloran únicamente en la porción oriental, cuya distribución es a lo largo de una franja orientada N-S, limitada al oriente por el Valle de Huamuxtitlán (Láminas 1 y 2 ).

Litología y espesor.- Consiste en capas gruesas de caliza microcristalina, de colores gris, café claro y gris oscuro; en ocasiones es ligeramente margosa, presenta algunos horizontes brechoides y reemplazamientos lenticulares de dolomia. Ocasionalmente también se observan horizontes con miliólidos.

Al poniente de Totolapa se observó la siguiente sección de base a cima: 50 m de calizas en capas de 10 a 20 cm de espesor, color café grisáceo que presenta silicificación posterior; 25 m de caliza café, que intemperiza a amarillo claro,

en capas de 20 a 60 cm de espesor, las cuales tienen nódulos de pedernal café.

Al norponiente de Huamuxtitlán, el Río Tlapaneco corta a las calizas exponiendo tal vez su mejor sección en el área, aquí, la porción inferior de la formación consiste en caliza gris en parte dolomitizada, que se presenta en capas de 0.60 a 1.20 m de espesor y en parte masiva; la porción superior de la sección consiste en capas de 0.40 a 1 m de espesor de caliza café claro que por intemperismo se vuelve gris claro; contiene en parte nódulos y vetillas de pedernal blanco y abundantes microfósiles del grupo de los foraminíferos entre otros.

En esta sección la caliza muestra espejos de falla en posición casi vertical con estriaciones subhorizontales alineadas NW-SE, indicando desplazamientos pequeños. También es frecuente la ocurrencia de pequeñas fracturas en varias direcciones rellenas con calcita.

Localmente, en las proximidades al Valle de Huamuxtitlán (Cañada de Tlaquiltepec) las calizas están fuertemente brechadas y presentan múltiples relieves de falla verticales y estriaciones subhorizontales orientadas N-S que han destruido su estratificación original.

El espesor máximo de esta formación en el área estudiada es de aproximadamente 600 m.

Relaciones Estratigráficas.- Descansa discordantemente sobre la Formación Tlaquiltepec; hacia el nororiente su con-

tacto superior está cubierto discordantemente por las rocas volcaniclásticas del Terciario Inferior y gran parte de su límite oriental con el Valle de Huamuxtitlán, está cubierto por el aluvión y depósitos de talud (Lámina 1).

Edad y Correlación.- La edad correspondiente a esta formación se determinó en base a los microfósiles que se presentan con mucha abundancia en algunas capas particularmente en la parte superior, constituidos entre otros por ejemplares de Nummuloculina heimi del Cretácico (Albiano-Cenomaniano).

Se consideró a estas calizas como pertenecientes a la Formación Teposcolula y no Morelos, en base a su mayor cercanía y similitud litológica con la Caliza Teposcolula. Por otra parte tomando en cuenta la distribución de los terrenos tectonoestratigráficos para el sur de México (Campa y Coney, 1983; Ortega, 1981(1984), la Caliza Morelos es más bien propia del terreno Nahuatl y no del Mixteco. Este hecho es congruente con la discusión que hace Ferrusquía (1976, p. 23) en el sentido de que entre la Caliza Teposcolula y la Formación Morelos no se ha probado continuidad litológica ni puede probarse, debido a la presencia de extensas zonas de basamento, sierras volcánicas y rocas continentales terciarias expuestas entre Petlalcingo, Pue. y el Estado de Morelos.

La Caliza Teposcolula se correlaciona con la Formación Cipiapa de la región de Tehuacán descrita por Calderón (1956, p. 21), y con la Formación Morelos de los Estados de Morelos

y Guerrero descrita por Fries (1960, p. 44).

### Yeso Tlaltepexi

Definición.- El nombre fue propuesto por Salas (1949), para describir a las capas de yeso y anhídrita que afloran en la zona limítrofe entre los Estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero. Su sección tipo se localiza en los alrededores de Tlaltepexi, en el Estado de Puebla.

Distribución.- Dentro del área estudiada solamente aflora en la porción más oriental, limitada por el Valle de Huamuxtitlán (Lámina 1). Fuera del área de estudio, Guzmán (1950) menciona que aflora en el oeste del Estado de Oaxaca; en el Estado de Guerrero se encuentra al norte y al este de Tlapa, en los alrededores de Tlalixtaquilla y Alcozauca de Guerrero.

Litología y espesor.- Esta formación consiste de capas de yeso y de anhídrita y de lentes delgadas de caliza. Salas (1949) señala que el yeso en la localidad tipo está formado por capas uniformes, bien estratificadas, de color generalmente blanco o gris claro; la estructura cristalina varía de un afloramiento a otro, pero generalmente tiene cristalización acicular y más raramente cristalización secundaria en forma de cristales de color gris oscuro y también ocasionalmente en forma de alabastro. En estos últimos casos la estratificación es masiva.

Dentro del área de estudio, al SE de Huamuxtitlán un es-

carpe de falla expone a las capas de yeso y anhidrita con espesores de 3 a 4 m, intercaladas con capas de calizas. En este lugar las capas de yeso están muy plegadas y el espesor de la sección expuesta es de aproximadamente 300 m (Lámina 6, figura 1). En un punto más al sur, en las cercanías de Ixcateopan, está expuesta una secuencia de lutitas, limolitas y yeso en capas delgadas que pertenecen a la Formación Tlaltepexi, que por efecto de una falla han sido brechadas (Ortega y Corona, 1984).

Guzmán (1950), quien estudió a esta formación más ampliamente, agrega además que el yeso es en muchos lugares muy arcilloso. Las lentes de caliza tienen por lo general de 1 a 2 m de espesor y su litología es semejante a la de la caliza del Cretácico medio.

En algunos lugares esta formación origina grandes espesores de caliche o tepetate, como sucede en la parte norte de la región de Zapotitlán-Lagunas.

La Formación Tlaltepexi tiene además la particularidad de formar grandes cavernas y depresiones de disolución, dando lugar a una topografía del tipo Karst.

El espesor expuesto dentro del área de estudio es de unos 300 m; sin embargo, el espesor de la formación debe ser mayor, ya que no está expuesto su contacto inferior. Salas (1949) da como espesor aproximado unos 800 m y Guzmán (1950), menciona que el espesor es muy variable, que es probable que en algunos lugares pase de los 1,000 m.

Relaciones Estratigráficas.- Dentro del área de estudio el contacto inferior no está expuesto por estar cubierto por el aluvión del Valle de Huamuxtitlán; su contacto superior es discordante bajo las capas volcaniclasticas de la Formación Chiauzingo.

Edad y Correlación.- No se tienen fósiles que pudieran determinar la edad de la formación, ni tampoco, dentro del área de estudio, están expuestas las relaciones de contacto con la formación inferior. Salas (1949) coloca al yeso en el Jurásico Superior, ya que en su columna estratigráfica lo tiene bajo la caliza del Cretácico medio. Guzmán (1950, p.134) sitúa a esta formación en el Cretácico Superior a Terciario, basado en que parece yacer en forma concordante sobre la caliza del Cretácico medio y menciona además que en muchos lugares, el yeso se encuentra aparentemente intercalado dentro de la parte inferior de las capas continentales del Terciario.

Trabajos geológicos recientes y la perforación de los pozos Yucudá No. 1 y Teposcolula No. 1 efectuados por PEMEX en el centro de la cuenca de Tlaxiaco, confirmaron la existencia de una secuencia de más de 2500 m de evaporitas formadas por anhidritas, calizas y dolomitas cuya edad es Cretácico Temprano (López-Ticha, 1969 y J. González, 1978 en López-Ramos, 1979, p. 92 y 100).

Considerando las evidencias anteriores se considera pertinente para el área de estudio colocar a los yesos en el

Cretácico Temprano; el hecho de que actualmente éstos ocupen las partes superiores y que además presenten pliegues caprichosos, podría explicarse por diapirismo.

La Formación Tlaltepexi podría correlacionarse con el miembro de anhidrita de la parte inferior de la Caliza Morelos descrita por Fries (1960, p. 50).

### Terciario

El Terciario está representado por la Formación Balsas cuya distribución se restringe a una área pequeña cercana a Olinalá y por las rocas volcaniciclásticas de la Formación Chiauzingo, las cuales en algunas zonas se muestran deformadas.

### Formación Balsas

Definición.- Fries (1960), propuso el nombre de "Grupo Balsas" para una secuencia de rocas que comprende a varios tipos litológicos locales de espesor variable expuesta en la cuenca del Río Mezcala-Balsas. Posteriormente, Cserna (1965) la denominó Formación Balsas por estar más acorde el término "Formación" con el Código de Nomenclatura Estratigráfica. Rocas similares que afloran en el área estudiada han sido correlacionadas por varios autores (Werre, 1977, Benavides, 1978; Corona, 1982) con la Formación Balsas.

Distribución.- Los sedimentos de esta formación se

distribuyen en áreas pequeñas principalmente en las partes mas bajas. Pueden observarse en los alrededores de Olinalá, en el área de Xochimilco y en varias partes sobre el camino que comunica Olinalá con Chiauzingo.

Litología y espesor.- Tanto la litología como el espesor y el grado de compactación varían de un lugar a otro. Al oriente de Olinalá, está constituida por una alternancia débilmente consolidada de areniscas, de color amarillo claro, y capas de otra arenisca de color morado, en espesores de 0.60 a 1 m. Ambos tipos de estratos incluyen abundantes guijarros subangulosos de cuarzo. En otros lugares, también cercanos a Olinalá, se observan capas de arenisca de color rojizo, que alternan con gruesas capas de conglomerado de cuarzo mal clasificado.

En el área de Xochimilco (Lámina 1) la Formación Balsas está representada por capas de conglomerado y de arenisca gruesa a conglomerática. Las capas de conglomerado son lenticulares, muy resistentes y tienen espesores que varían de 0.30 a 0.60 m; incluyen principalmente fragmentos angulosos a subangulosos de cuarzo blanco del Conglomerado Cualac y con menor frecuencia cuarcitas. Su clasificación es pobre y el cementante es arenoso. Estas capas son de color rojizo con fragmentos blancos y por intemperismo adquieren una coloración parda.

Las capas de arenisca gruesa conglomerática son de color rojizo a rosado y ocasionalmente amarillentas, están me-

dianamente consolidadas y ocurren en estratos irregulares cuyos espesores varían de 0.30 a 0.80 m.

El espesor de esta formación en el área de estudio varía de unos cuantos metros a más de 80 m.

Relaciones Estratigráficas.- La Formación Balsas en el área estudiada ocurre en capas ligeramente inclinadas que cubren en discordancia angular principalmente a los sedimentos del Paleozoico y al Conglomerado Cualac del Jurásico; a su vez está cubierta discordantemente por capas volcaniclásticas de la Formación Chiauzingo del Terciario inferior (?).

Edad y Correlación.- Su edad no ha sido precisada por la ausencia de fósiles; sin embargo, por su posición estratigráfica y de ser correcta su correlación con rocas semejantes en el área contigua al norponiente, corresponde al Paleoceno. Esta edad se fundamenta en la discusión que hace Ortega-Gutiérrez (1980, p. 37) sobre las formaciones Tetelcingo y Balsas.

#### Formación Chiauzingo

Definición.- Se designa con este nombre a las capas volcánicas y volcaniclásticas que cubren discordantemente a la Formación Balsas y a rocas más antiguas. Constituyen la unidad estratigráfica más alta y sólo en pequeñas áreas la cubren el aluvión y depósitos recientes. Su mejor afloramiento dentro del área de estudio está expuesto en las cercanías del poblado de Chiauzingo, del cual toma su nombre.

Este conjunto de rocas ha sido mencionado y descrito por varios autores bajo el nombre de Terciario o Terciario Volcánico, sin darle un nombre específico (Jenny, 1933; Guzmán, 1950; Werre, 1978; Benavides, 1978; Corona, 1982 y Flores y Buitrón, 1982). En la región suroriental ya fuera del área de estudio, en las inmediaciones de Axoxuca al poniente de Tlapa, esta formación se encuentra más ampliamente distribuida mostrando secciones más completas.

Distribución.- Dentro del área de estudio esta formación aflora en una franja ancha al surponiente, desde las proximidades de Olinalá hasta cerca de Coatlico, pasando por Chiauzingo, Jolalpa y Tlalistlahuac; otros afloramientos importantes los constituyen los de la porción central, limitados por las poblaciones de Cualac, Zotolo, Teacalco y Xalmolapa y los de la porción nororiental, en las inmediaciones de Totolapa y Huamuxtitlán. Este último afloramiento se extiende hacia el noreste, varias decenas de kilómetros fuera del área estudiada (Lámina 1).

Litología y espesor.- La Formación Chiauzingo incluye tobas, brechas volcánicas y depósitos epiclásticos de origen volcánico, cuyas características varían de un lugar a otro.

No se conoce localidad alguna donde aflore la sección completa; sin embargo, por lo general la parte inferior está constituida por brechas volcánicas y depósitos epiclásticos

más consolidados que los de la porción superior. También en casi todas las áreas, la formación se ve afectada por fallas normales de poco desplazamiento, y en el caso del área de Totolapa - norte de Huamuxtitlán, está plegada.

A continuación se describen las litologías observadas en las distintas áreas.

#### Area de Tlalistlahuac - NE de Coatlico

Hacia la base de la formación se observan capas volcaniclasticas color rosado, de 0.60 a 3 m de espesor que incluyen fragmentos piroclásticos de composición cuarzolítica, fragmentos de andesita color rojizo y verde, pórfido andesítico, y pedernal negro; se presentan además, algunos estratos que muestran un mayor retrabajo del material volcánico. Esto se refleja en diastratificación, gradaestratificación y clasificación de los fragmentos. Hacia la cima, la sección está constituida por piroclásticos de composición riolítica a traquítica, en capas de 2 a 4 m de espesor y tobas de la misma composición que ocurren en capas delgadas. Estas rocas son de color gris a rojizo (Lámina 6, figura 2).

#### Area Olinalá-Chiauzingo

En esta área no aflora la base y la sección consiste en una litología monótona de tobas y volcaniclasticos en capas de 0.50 a 1.0 m de espesor, de composición andesítica. Estas rocas son de color rojizo.

### Area de Cualac

Al noroccidente de Cualac predominan capas volcaniclásticas delgadas y gruesas de color rojizo y tobas arenosas de color gris claro, en estratos de 7 a 15 cm de espesor. Al oriente de la pista de aterrizaje existen tobas soldadas de color rosa en capas de 0.60 a 1.50 m de espesor; y a unos 500 m más hacia el oriente, aflora una andesita gris con alteración hidrotermal que contiene vetas delgadas de cuarzo, variedad musgoso.

Al nororiente de Cualac, en un tramo sobre la brecha muy próximo a la desviación a Tecocoyunca, la formación muestra alteración hidrotermal y ocasionalmente se encuentran vetas muy delgadas de galena.

Por lo general, las rocas volcaniclásticas en el área de Cualac, contienen numerosas vetas de yeso cuyo espesor es de 5 a 10 cm.

### Area de Totolapa - norte de Huamuxtitlán

Aquí predominan capas de brechas andesíticas, limolitas y areniscas en estratos gruesos y delgados; son de colores gris a rojizo y también verde, y en algunas partes están plegadas.

Las secciones medidas de la formación en el área estudiada dieron un espesor de aproximadamente 400 m.

Relaciones Estratigráficas.- Esta formación en el área de Xochimilco cubre discordantemente a la Formación Balsas; al norte de Huamuxtitlán a la Caliza Teposcolula; en el área de Cualac al Grupo Tecocoyunca y en el área de Coatlaco al Complejo Acatlán. A su vez, solamente está cubierta en áreas pequeñas por depósitos clásticos recientes.

Edad y Correlación.- Su edad Eoceno - Oligoceno, se basa en su posición discordante sobre las rocas Pre-Cretácico medio y en la edad radiométrica de 37 m.a. que por el método de K-Ar, obtuvieron de esta roca, López y Grajales (1984), en el área de Xochihuehuetlán, ubicada a 14 km al NE de Huamuxtitlán.

Esta formación puede correlacionarse con la Riolita Tilzapotla descrita en los límites de Guerrero y Morelos por Fries (1956, p. 104); con la andesita Los Reyes expuesta en la región de Los Reyes Metzontla descrita por Ortega y Corona (1984 en preparación); y con la parte superior de la Formación Yanhuitlán y la inferior de la Formación Toba Llano de Lobos de la región de la Mixteca estudiadas por Salas (1949, p. 122) y Ferrusquía (1976, p. 34-48).

Cuaternario

Aluvi6n

El Valle de Huamuxtitlán constituye el principal afloramiento

ramiento de aluvión en el que predominan gravas, arenas y limos. Se estima que el espesor de los depósitos en este valle amplio es superior a los 100 m y, como se verá más adelante, tales depósitos están relacionados a la actividad tectónica reciente.

El aluvión se presenta también en algunos valles pequeños y en las márgenes de las corrientes fluviales principales y lo constituyen predominantemente arcilla, arena y grava mal consolidadas.

#### Depósitos de talud

Por tratarse de una región tectónicamente activa, estos depósitos ocurren en casi toda la región. Se presentan principalmente al pie de los escarpes que forman las unidades más resistentes y consisten en bloques y fragmentos de rocas que representan 2 ó 3 litologías diferentes, dependiendo del lugar donde se encuentren. Son más frecuentes en los límites del Conglomerado Cualac, la Caliza Morelos y las rocas volcaniclásticas Chiauzingo. Debido a la escala que se ha usado en el plano, sólo aparecen cartografiados los de mayor área de afloramiento.

#### DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

El área de estudio se encuentra ubicada dentro del terreno "Mixteca" (Campa y Coney, 1983), el cual queda comprendido dentro de la Sierra Madre del Sur. El basamento de

este terreno lo constituye el Complejo Acatlán (deformado y metamorfoseado varias veces antes del Misisípico), y su cobertura sedimentaria registra edades desde el Pensilvánico-Pérmico (Formaciones Matzitzzi y Los Arcos), hasta el Reciente. Tanto la cobertura como el basamento fueron plegados y fallados; las estructuras correspondientes se describen a continuación:

### Pliegues

#### Sinclinal de La Carbonera

Este sinclinal es el de mayor importancia; sus dimensiones son 15 km de longitud y 4 km de amplitud en su parte más ancha; tiene su eje orientado de NE a SW, y sigue el curso del río La Carbonera, buzando suavemente hacia el nor-este. Casi a todo lo largo de su flanco noroccidental afloran la Formación Los Arcos, la Ignimbrita Las Lluvias y el Conglomerado Cualac; en el flanco suroriental solamente afloran el Conglomerado Cualac y el Grupo Tecocoyunca (Lámina 1).

En la parte extrema suroccidental del Sinclinal de La Carbonera, la inclinación de los estratos en ambos flancos es de unos  $40^\circ$ , indicando que se trata de un sinclinal simétrico; sin embargo, en la porción media del sinclinal se observan en las capas de ambos flancos distorsiones locales que indican un fallamiento posterior de sentido izquierdo a

Rumbo del eje N 73°E, buzando 10° al NE

Rumbo del eje N 49°E, buzando 28° al NE

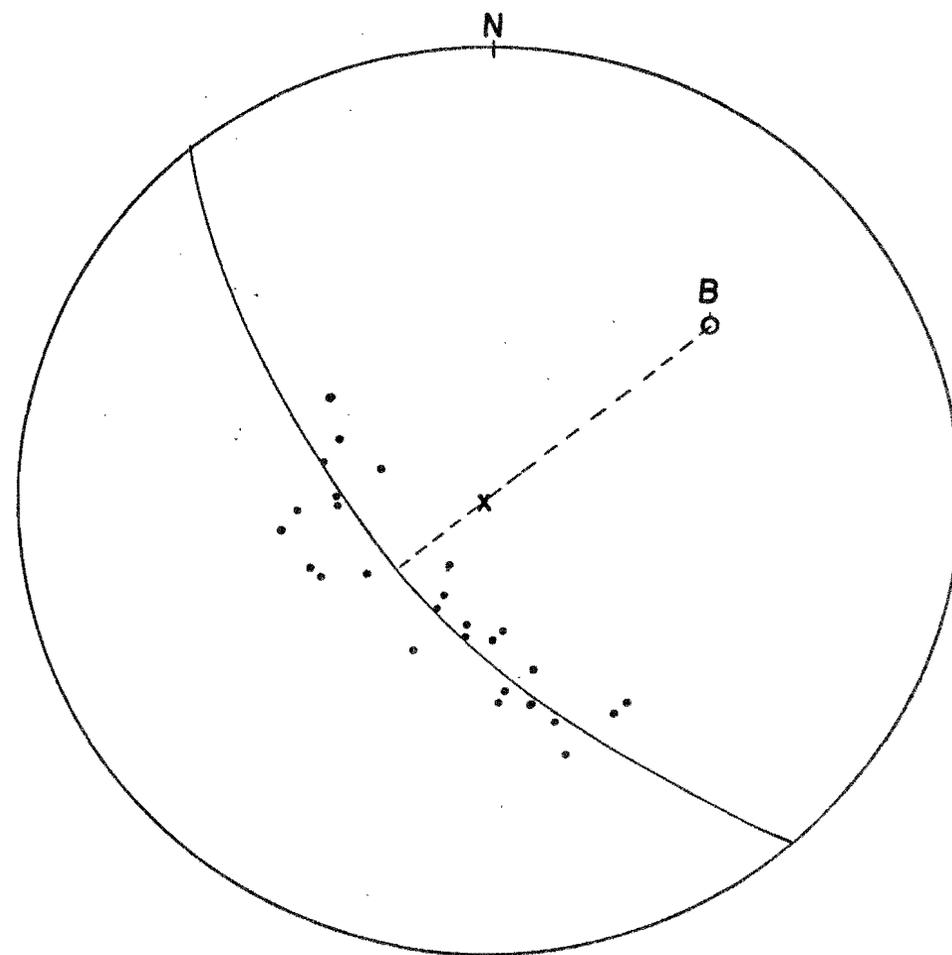
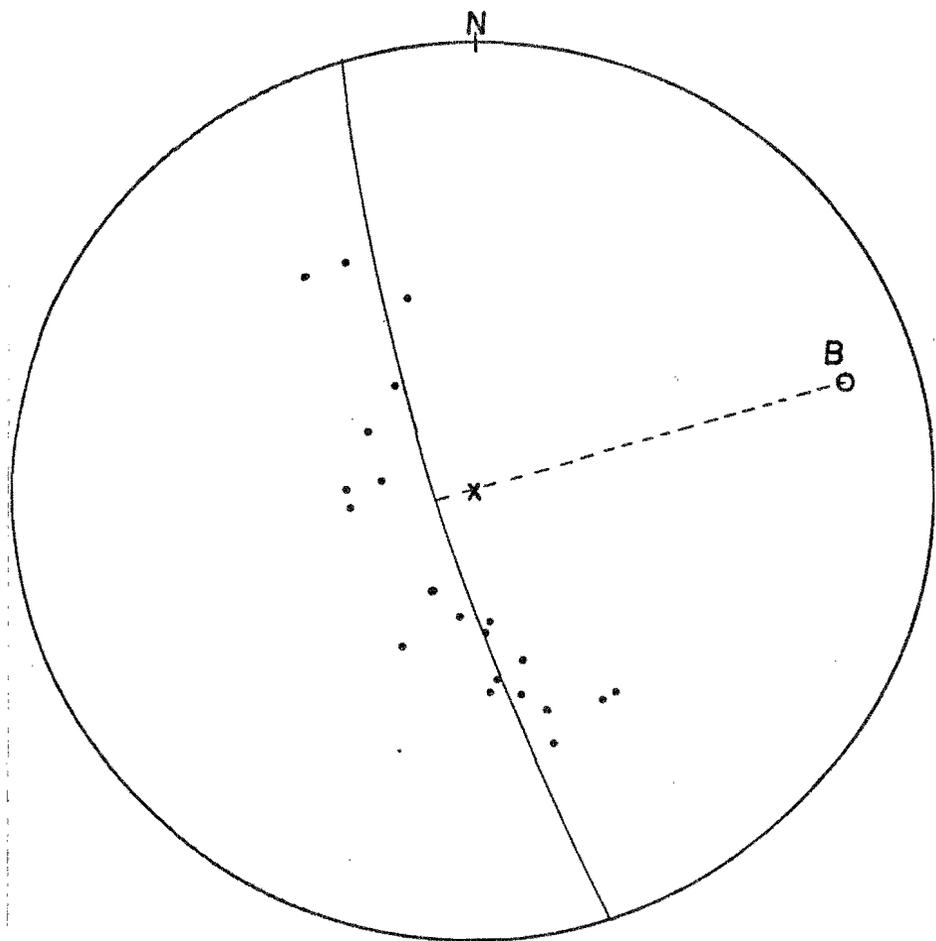


Figura 4.- Diagrama de polos en plantilla estereografica de Wulff  
izquierda Sinclinal de la Carbonera; derecha Anticlinal  
de Cualac.

lo largo del eje. Hacia la porción nororiental del sinclinal, una falla normal de orientación N-S (falla de Tecocoyunca) afecta al flanco suroriental (Lámina 1).

Datos de rumbo y echado representados en la plantilla estereográfica definen un rumbo general del eje de la estructura N 73° E, buzando 10° también al NE (Figura 4).

#### Anticlinal de Cualac

Esta estructura se localiza en la parte central del área de estudio. Sus dimensiones son 7 km de longitud y 5 km de ancho; constituye la parte más elevada topográficamente (Cerro Xiztepetl). El eje del anticlinal tiene una orientación NE-SW y muestra un fuerte buzamiento al NE. Sus flancos son simétricos y exponen desde rocas paleozoicas de la Formación Los Arcos, hasta las rocas jurásicas del Grupo Tecocoyunca (Láminas 1 y 4, figura 2).

Datos de este anticlinal representados en la plantilla estereográfica confirman un fuerte buzamiento del eje hundiéndose al NE (Figura 4).

#### Estructura de Xalmolapa

Esta estructura se localiza entre las poblaciones de Cualac y Xalmolapa. Forma una figura sinuosa de orientación general E-W y 2.7 km de longitud. Hacia la porción

central presenta una convexidad pronunciada hacia el norte, su extremo oriental constituido por el Conglomerado Cualac forma un anticlinal cerrado con su eje orientado NW-SE, bu- zando al SE.

Su porción occidental la constituye un monoclinal en el cual las capas buzán unos  $56^\circ$  al NW (Láminas 1 y 7, figu- ra 1).

#### Fallas

##### Falla de Huamuxtitlán

Esta falla cruza de norte a sur a través del Valle de Huamuxtitlán. El valle, que es consecuencia de la falla, tiene 2.5 km de ancho y 25 km de largo, constituyendo uno de los rasgos más espectaculares de la región.

Las rocas expuestas en la margen oriental del valle son yesos de la Formación Tlaltepexi, mientras que en la margen occidental afloran calizas de la Formación Tepoşcolula.

Observaciones de carácter regional y local permitieron definir un posible desplazamiento lateral izquierdo de la falla (Corona y Ortega, 1984). Los efectos de esta falla se observan al final de la Cañada de Tlaquiltepec, en una zona de 200 m de calizas intensamente brechadas; también se observan al poniente de Totolapa en las capas del Conglome- rado Cualac, que muestran estriaciones subhorizontales con la misma orientación general de la falla.

Al sur del área mapeada, en las cercanías de Coyahuaco, el valle sufre una inflexión al SE (Lámina 1); sin embargo, no se dispone de datos suficientes para confirmar si la traza de la falla también ha sufrido esa inflexión.

#### Falla de Cualac

Esta falla tiene una longitud aproximada de 6 km; presenta una dirección NE-SW, con inclinación cercana a la vertical; puede observarse desde el poblado de Jolalpa hasta las cercanías de Teacalco (Lámina 1).

En el extremo suroccidental pone en contacto a las capas volcanoclásticas Chiauzingo con esquistos micáceos del Complejo Acatlán. Hacia la porción central de la falla, al sur de Cualac, trunca a capas de conglomerado y areniscas (Grupo Tecocoyunca ?), poniéndolas en contacto con cuarcitas y filitas del Complejo Acatlán.

Hacia su porción nororiental la falla sólo afectó a la secuencia volcanoclástica Chiauzingo. Es posible que esta falla en juego con otras que en la actualidad son menos evidentes, hayan actuado durante el Jurásico Medio levantando un bloque al SW de Cualac. También es posible una reactivación de ésta durante la segunda etapa de plegamiento.

#### Falla de Santa Cruz

Esta falla se localiza en la porción centro-oriental

del área estudiada; tiene una dirección E-W y puede observarse a lo largo de 4 km; su inclinación tiende a la vertical y su desplazamiento, como se verá más adelante, puede ser a rumbo o vertical.

La falla afecta principalmente al Grupo Tecocoyunca, a las Capas Tlaquiltepec y a la Formación Teposcolula; su extremo oriental se interrumpe en el Valle de Huamuxtitlán y su extremo occidental está cubierto por los depósitos volcánico-clásticos de la Formación Chiauzingo.

Hacia la porción central de la falla se observa una discontinuidad en el afloramiento de las capas Tlaquiltepec y la Caliza Teposcolula (Lámina 1), lo cual pone en evidencia un movimiento derecho de la falla o un salto vertical, si se considera el echado de las capas.

Hacia el poniente, la traza de la falla continúa unos cientos de metros más a lo largo de una fractura que se observa en los depósitos piroclásticos Chiauzingo (Lámina 1).

#### Falla La Libertad

Se usó este nombre para describir una serie de fallas normales alineadas de NW a SE, que se localizan en la porción suroccidental del área de estudio (Lámina 1).

La expresión superficial de esta zona fallada tiene aproximadamente 9 km de longitud y puede observarse desde el poblado La Libertad, en su extremo noroccidental, hasta un punto intermedio entre Jolalpa y Tlalapa.

La falla mencionada pone en contacto a filitas y cuarcitas del Complejo Acatlán con las rocas volcaniclasticas Chiauzingo, correspondiendo estas últimas al bloque caído del nororiente.

#### Falla de Tecocoyunca

La falla ocupa el lugar del arroyo del mismo nombre, tiene una longitud de 5 km y orientación NNW-SSE. Afecta sólo a las rocas del Grupo Tecocoyunca y se ha interpretado como falla normal con el bloque hundido al poniente causando posiblemente la repetición de los estratos.

#### Falla de La Carbonera

Esta falla afecta principalmente al Grupo Tecocoyunca, coincide en gran parte con el eje del sinclinal de La Carbonera, tiene una longitud aproximada de 6 km y orientación NE-SW.

Su comportamiento de falla de rumbo izquierda se infiere de la discontinuidad que se observa en las fotografías aéreas, de algunos estratos resistentes del Grupo Tecocoyunca.

#### Cabalgaduras

##### Cabalgadura de La Cañada

Esta cabalgadura se localiza en la porción suroriental

del área estudiada y su frente tiene una disposición orientada NW-SE, con una longitud de por lo menos 6 km (Láminas 1 y 7, figura 2).

En su extremo noroccidental pone en contacto al Complejo Acatlán sobre el Conglomerado Cualac, y en el extremo suroriental, al Complejo Acatlán sobre el Grupo Tecocoyunca.

Al sur de Xalmolapa, un afloramiento remanente de las rocas volcaniclásticas Chiauzingo, interrumpe la traza de la cabalgadura, infiriéndose que esta última estuvo activa antes del depósito de las rocas volcaniclásticas.

En el punto de intersección, donde el Río Coatlaco corta el frente de la cabalgadura, se observa que el contacto entre las filitas y cuarcitas del Complejo Acatlán y las areniscas y limolitas del Grupo Tecocoyunca es por falla inversa, con un plano orientado N 36° E y un echado de 50° al NW. Se observa también una inflexión al norte de las capas de areniscas del Grupo Tecocoyunca, como si el plano de cabalgadura hubiese sido distorsionado posteriormente por un desplazamiento rumbo lateral derecho.

#### EVOLUCION TECTONICA

La evolución tectónica de la región puede conocerse parcialmente basándose en el registro de rocas que comprende desde el Paleozoico inferior al Reciente. No obstante, den-

tro de este gran intervalo de tiempo existen hiatus y largos períodos erosionales de los que podemos decir muy poco, como lo es el caso para el Devónico Tardío, Misisípico, Pensilvánico, casi todo el Triásico, el Jurásico Temprano y Tardío y el Terciario tardío.

#### Paleozoico temprano

Las rocas más antiguas que forman el basamento corresponden al Complejo Acatlán. Estas rocas, que originalmente fueron ígneas y sedimentarias de edad Cámbrico-Ordovícico fueron multideformadas y afectadas por metamorfismo regional, cuyo grado va de la parte más baja de la facie de esquisto verde hasta la de eclogita (Ortega, 1981).

El metamorfismo de las rocas en facies de esquistos verdes cuyo equilibrio físico-químico se alcanza a  $400^{\circ}$  C de temperatura y suponemos presiones del orden de 6 Kb, debieron haberse formado a una profundidad cercana a los 20 km. Considerando su edad isotópica de Rb-Sr de  $380 \pm 6$  m.a., obtenida en una localidad al norte, muy próxima al área de estudio (Cserna y colaboradores, 1980, p. 14) y que los sedimentos más antiguos que cubren a este basamento son de edad pérmica ( $280 \pm 20$  m.a., podríamos inferir que la velocidad promedio de levantamiento del Complejo Acatlán en el área fue aproximadamente de 200 m/Ma., es decir 1 cm por cada 50 años.

Esta velocidad de levantamiento es comparable con la que ocurre en zonas orogénicas como la de los Alpes.

Sin embargo, la historia tectónica del basamento ya ha sido discutida en trabajos previos por Rodríguez-Torres (1970) y por Ortega-Gutiérrez (1978, 1981), por lo que en el presente estudio sólo se discutirá la tectónica concerniente a la cobertura sedimentaria, esto es a partir del Paleozoico tardío.

#### Pérmico

El registro de rocas marinas en este período indica una transgresión del mar probablemente desde el poniente (coordenadas actuales) quedando como resultado, por una parte, una área emergida en la cual las rocas del Complejo Acatlán estaban expuestas a la erosión y por otra, una cuenca en la cual existían diferentes ambientes de depósito, mismos que fueron variando durante el Pérmico por fluctuaciones del nivel del mar. La discusión tectónica de las causas de las fluctuaciones del nivel del mar durante el Pérmico en esta región queda fuera del alcance del presente trabajo.

La litología de la Formación Los Arcos, es comparable con los depósitos actuales de una región costera de alta energía de tipo deltáico. Los conglomerados y areniscas de la Unidad 1 corresponderían a las primeras capas depositadas sobre el basamento, indicando la existencia de corrientes

fluviales similares a las desarrolladas en un delta en donde la diastratificación y la alternancia de conglomerados lenticulares y areniscas indican fuertes cambios de energía durante su depósito. El hecho de que los sedimentos de esta unidad sean finos hacia la cima sugiere una transgresión paulatina del mar en la región.

Las lutitas y limolitas de la Unidad 2 reflejan un ambiente de baja energía y posiblemente de mayor profundidad. El color negro de esta unidad se debe al abundante contenido de materia orgánica de origen vegetal (E. Martínez, comunicación personal, 1985), que posiblemente se preservó debido a un rápido sepultamiento en condiciones reductoras.

Los conglomerados y areniscas de la Unidad 3 son muy semejantes a los de la Unidad 1 y podrían corresponder a depósitos de barra o isla de barra que son cuerpos arenosos formados como montículos construidos fuera de la costa, separados de tierra firme por un cuerpo de agua. También podrían ser consecuencia de un hundimiento cíclico de la cuenca, con aporte de sedimentos constantes, de tal forma que la línea de costa retrocedió algunos cientos de metros permitiendo de esta manera tal depósito.

La Unidad 4 es muy semejante litológicamente a la Unidad 2, variando solamente en que la cantidad de materia orgánica vegetal (kerogeno, tipo lignítico) es menor y aparece materia algal amorfa, de lo cual puede inferirse que posi-

blemente el depósito de sedimentos se efectuó a mayor distancia de la línea de costa.

Las capas de caliza de la Unidad 5, con briozoarios, corales, algas estromatolíticas y crinoideos, corresponden a una facies arrecifal. El desarrollo de biohermas sugieren aguas cálidas someras y tranquilas en zonas intertropicales.

La alternancia de areniscas y lutitas de las Unidades 6 y 7 con abundante kerogeno de tipo lignítico (E. Martínez, comunicación personal, 1985) muy semejante al de la Unidad 2, parece corresponder a una facies distal de un delta (Prodelta). Estas unidades reflejan tal vez nuevamente oscilaciones del nivel del mar.

Los horizontes con amonitas hallados principalmente en las Unidades 2, 4 y 7 no implican necesariamente un ambiente de depósito de aguas profundas, ya que estas conchas provistas de cámaras de flotación pudieron ser arrastradas por corrientes hasta zonas cercanas a la costa; los horizontes con concreciones ferruginosas con centros de pirita en las mismas unidades indican que en esos intervalos debieron existir condiciones reductoras, siendo posible la precipitación de hierro soluble en forma de sulfuro de hierro. Asimismo, este medio reductor ayudó a la conservación de gran parte de la materia orgánica de estas unidades. Considerando los aspectos arriba descritos, se llega a la conclusión de que la Formación Los Arcos refleja un ambiente de depósito semejante

al de una bahía en donde existieron ambientes desde la facies continental deltáica hasta depósitos de plataforma y arrecifales. En esta secuencia las calizas cubren a limolitas y areniscas, y éstas a su vez cubren a conglomerados y areniscas gruesas representando por consiguiente una transgresión marina bajo un régimen tectónico de hundimiento oscilatorio cuya edad, en base a sus fósiles debió efectuarse dentro del Pérmico.

Mediciones paleomagnéticas en muestras de la Unidad 5 hechas recientemente por Urrutia y Morán (1985) dieron para el Pérmico, un polo similar al del Craton de Norte América. Esto sugiere que en la región no han ocurrido desplazamientos latitudinales importantes con respecto a Norte América desde el Pérmico. Por otro lado las similitudes faunísticas de la Formación Los Arcos con las del Antimonio Son y Las Delicias, Coah. apoyan esta hipótesis.

Si el depósito de la Formación Los Arcos (630 m) ocurrió durante todo el Pérmico (40 M.a.) e ignorando los posibles períodos de erosión intraformacional, la velocidad de sedimentación corresponde a 15.7 m/Ma es decir, igual a la de una región estable en la cual los cambios del nivel del mar son principalmente consecuencia de variaciones eustáticas. Pero si el depósito ocurrió únicamente durante el Pérmico Tardío (13 Ma), la velocidad de sedimentación (42 m/Ma) podría relacionarse a hundimiento tectónico (variaciones isos-

táticas) causado por rompimiento de la corteza continental.

Sin embargo, con los datos actuales no es fácil precisar la geodinámica a la cual se relaciona la sedimentación de la Formación Los Arcos, ya que en primer lugar los estudios actuales de las amonitas no definen con exactitud los pisos del Pérmico a que corresponde la Formación Los Arcos y en segundo lugar la velocidad de sedimentación depende también de las condiciones estructurales y climatológicas de su tiempo, de las cuales sabemos poco. Por otra parte, la ausencia de un plegamiento Paleozoico tardío no hace posible relacionar a los depósitos pérmicos de esta región con el mar que según Graham et al., (1975) en Coney (1983) existió entre Africa - América del Sur y América del Norte, el cual se cerró en el Pensilvánico—Pérmico por colisión entre las placas citadas ocasionando la Orogenia Apalachiana-Ouachita-Marathon.

#### TRIASICO

El único registro de rocas que existe entre el Pérmico Tardío y el Jurásico Medio es la Ignimbrita Las Lluvias. La ausencia en esta ignimbrita de minerales tales como celadonita, cuarzo secundario o calcita intersticial, indican que el depósito se efectuó en un medio subaéreo (Hugh et al., 1983).

Sus características de textura fina, capas medianas y

espesor constante sugieren que los depósitos cartografiados dentro del área de estudio corresponden a una facies distal de la ignimbrita. La composición química de 2 muestras representativas de la Ignimbrita Las Lluvias indican valores de sílice mayores al 75% y relación de  $Al_2O_3$  mayor que  $FeO$  (Figura 5), lo cual sitúa a estas rocas en el grupo de las subalcalinas (Best, 1983).

La gráfica de  $SiO_2$  contra  $K_2O + Na_2O$ , en la que se definen los campos alcalino, calcialcalino y toleítico (Carmichael et al., 1974), indica que la Ignimbrita Las Lluvias queda dentro del grupo de las toleíticas (Figura 6a). En igual forma los elementos traza Rb contra K/Rb y utilizando las series definidas por Barker (1979) indican que las dos muestras de la ignimbrita caen dentro del campo de las riolitas de provincias bimodales (Figura 6b).

Comparando estos datos con las relaciones petrogenéticas que algunos geólogos han intentado establecer (Best, 1983), se llega a la conclusión de que la Ignimbrita Las Lluvias fue generada por volcanismo asociado a zonas de tensión dentro de la corteza continental o por un proceso de subducción que ocurrió en una margen lejana.

Infortunadamente, gran parte de las áreas que rodean a la del presente estudio, o están cubiertas por rocas postjurásicas o son desconocidas geológicamente por lo que no es posible reconstruir convincentemente con los datos actuales un modelo tectónico que funcione durante el Triásico. Sin

ANALISIS QUIMICO

Muestra Nº	$S_{1}O_{2}$	$T_{1}O_{2}$	$Al_{2}O_{3}$	$Fe_{2}O_{3}$	FeO	MnO	MgO	CaO	$Na_{2}O$	$K_{2}O$	$P_{2}O_{5}$	$SO_{3}$	$CO_{2}$	$H_{2}O^{+}$	$H_{2}O^{-}$	TOTAL
COR-1283	75.43	0.20	13.0	0.58	0.77	0.00	0.90	0.49	2.20	4.80	0.00	0.00	0.0	1.75	0.16	100.23%
COR-1283-X	75.50	0.20	13.0	0.57	0.77	0.00	0.87	0.49	2.25	4.80	0.00	0.00	0.0	1.74	0.17	100.36%

Analizó: Irma Aguilera O.

ELEMENTOS TRAZA

Muestra Nº	Material analizado	Rb	Sr	Zr
COR-1283	Polvo de roca	166 ppm	113 ppm	205 ppm

Analizó: Rufino Lozano.

Figura 5.- Análisis químico y de elementos traza de la Ignimbrita Las Lluvias.

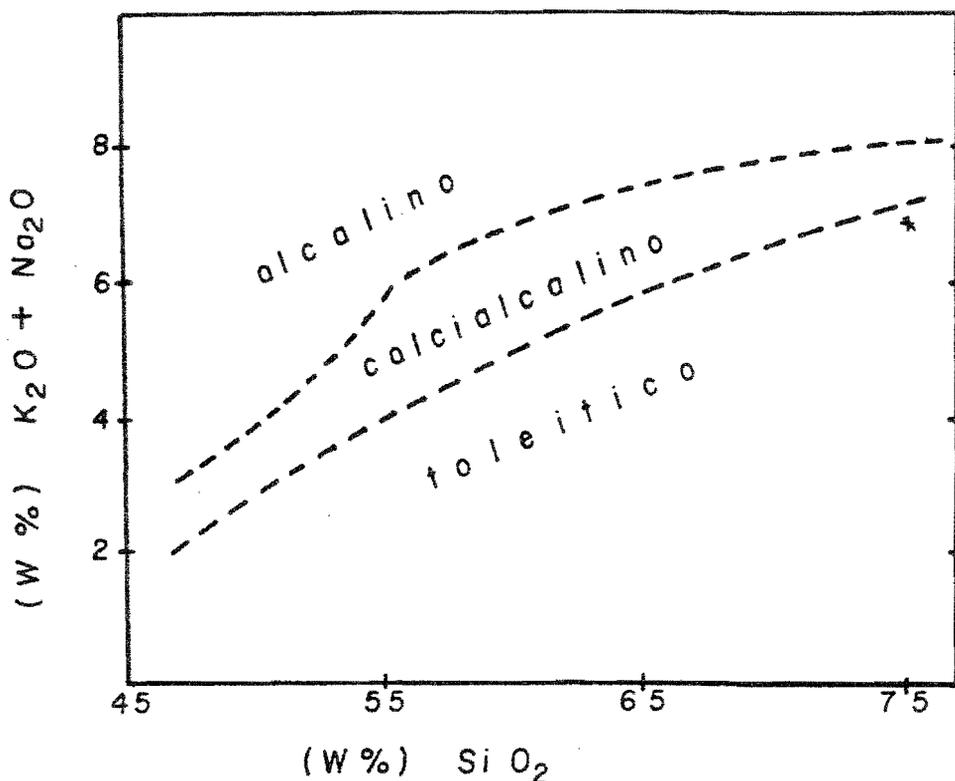


Figura 6a.- Gráfica de  $\text{SiO}_2$  contra  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  mostrando a la Ignimbrita Las Lluvias en relación con los límites entre los campos alcalino, calciocalcinalo y toleítico (Carmichael et al., 1974).

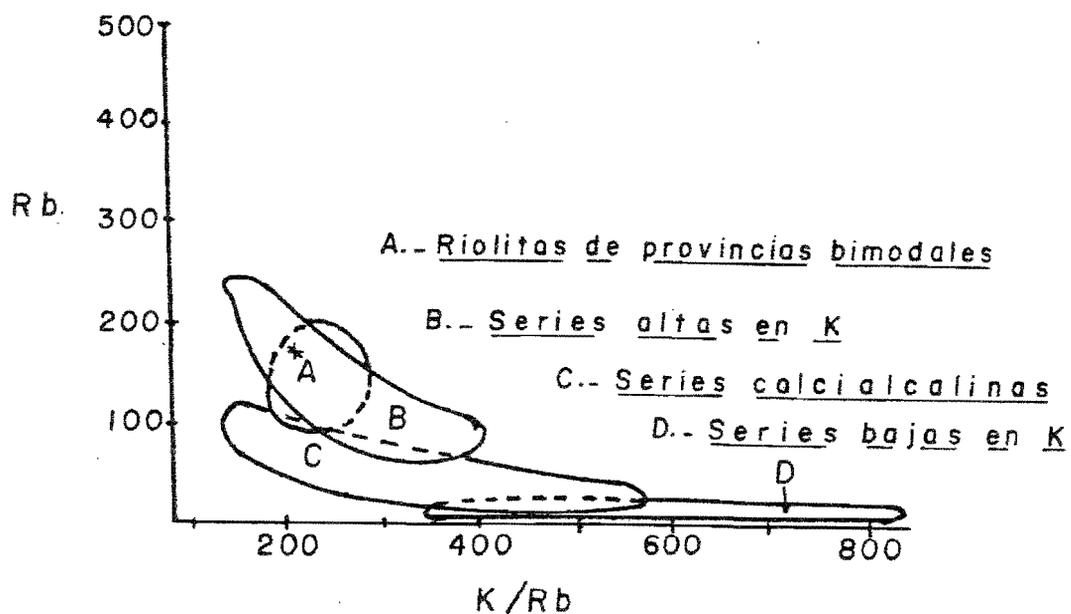


Figura 6b.- Gráfica de  $\text{Rb}$  contra  $\text{K/Rb}$  mostrando a la Ignimbrita Las Lluvias en relación con datos promedio de varios grupos bajos en K calciocalcinalos y altos en K (modificado de Barker 1979).

embargo, podrían intentarse algunas hipótesis en base a correlaciones estratigráficas con áreas adyacentes.

Hacia el NE del área (Petlalcingo-Chazumba) afloran unos diques que intrusionan al Complejo Acatlán y que Ortega-Gutiérrez (1978) denominó Diques San Miguel. Estudios posteriores hechos por Ruiz-Castellanos (1979) en algunos de estos diques dieron una edad Rb-Sr de  $207 \pm 9$  Ma., edad que podría corresponder a la Ignimbrita Las Lluvias.

Al poniente del área entre Taxco e Ixcuinatoyac afloran las Formaciones Chapolapa (Cserna, 1965) y la Roca Verde Taxco Viejo (Fries, 1960), sin embargo, no es posible establecer relación genética con la Ignimbrita Las Lluvias, ya que ambas quedan incluidas según Campa y Coney (1983) dentro del Terreno Guerrero el cual parece haberse acrecionado al Terreno Mixteco durante el Cretácico.

Con los datos hasta ahora disponibles, y de ser correcta la edad triásica y el depósito continental propuestos para la Ignimbrita Las Lluvias, puede deducirse que a finales del Pérmico la región se levantó interrumpiéndose la sedimentación marina. Después se produjo en el área un volcanismo asociado posiblemente a fenómenos de subducción distal al poniente del área (coordenadas actuales) o desgarramiento incipiente del continente. Sin embargo, este volcanismo no fue abundante ya que las áreas donde aflora la Ignimbrita Las

Lluvias son pequeñas y sus fragmentos incluidos en el Conglomerado Cualac que le sobreyace son relativamente escasos.

#### JURASICO

Es posible que el esfuerzo tensional al cual se relacionó a la Ignimbrita Las Lluvias haya continuado durante el Jurásico Temprano hasta permitir durante el Jurásico Medio la entrada de aguas saladas a lo largo de la zona de rifts, iniciándose nuevamente una transgresión.

A esta región llegaban corrientes fluviales que aportaban una gran cantidad de cantos provenientes principalmente del Complejo Acatlán. También, pero en menor cantidad por su resistencia a la erosión, fueron acarreados fragmentos de la Ignimbrita Las Lluvias. Estas rocas dieron origen al Conglomerado Cualac.

La ausencia dentro del Conglomerado Cualac de fragmentos de calizas o de areniscas provenientes de la Formación Los Arcos es un hecho notable. Podría deberse a que por una parte la Ignimbrita Las Lluvias protegió de la erosión a la Formación Los Arcos y el poco material que pudo haberse erosionado de la Formación Los Arcos se destruyó debido a su menor resistencia; o bien, podría explicarse suponiendo que grandes áreas del Complejo Acatlán no fueron cubiertas por la Formación Los Arcos.

Las reconstrucciones paleogeográficas del Jurásico Temprano indican que las invasiones marinas para esta región provienen del Pacífico (Imlay, 1943; Erben, 1956a, p. 122; López-Ramos, 1979, p. 340). Esta suposición también es apoyada en el modelo de evolución de Centroamérica y el Golfo de México de Anderson and Schmidt (1983, p. 956), y también es congruente con las ideas de Westermann (1981, p. 1, 14 y 17) en el sentido de que en el Grupo Tecocoyunca que sobreyace al Conglomerado Cualac existe una asociación faunística de amonitas que atestigua una conexión marina entre el Pacífico Oriental y el Tethys Occidental.

El modelo tectónico de Coney (1983, p. 9) para México durante el Triásico Tardío - Jurásico Temprano interpreta a la Formación Huayacocotla (situada al NE de la presente área; coordenadas actuales) como resultado de una invasión marina somera proveniente del "Pacífico" al principio del Jurásico.

Con los datos arriba expuestos y considerando que el área de estudio se encuentra en el extremo suroccidental del basamento (Complejo Acatlán) es más fácil pensar que efectivamente se hallaba en el extremo poniente de la parte emergida del Paleocóntinente (Gondwana?) y la invasión marina, tanto en el Paleozoico como en el Jurásico Medio, vino desde el Pacífico.

El espesor potente del Conglomerado Cualac sólo podría explicarse relacionándolo con la acumulación de los sedimen-

tos en una cuenca en hundimiento durante largo tiempo, a la cual llegaban ríos torrenciales que transportaron la gran cantidad de guijarros.

Un hecho notable en el área, es la ausencia casi total del Conglomerado Cualac al surponiente del poblado del mismo nombre, en la que el único afloramiento de aproximadamente 50 X 60 metros corresponde a la peña "El Mono" (Lámina 1). El rumbo de las capas de este afloramiento es N05W y echado de 80° a 90° al E.

Tal ausencia podría deberse a que durante el Jurásico Medio, la zona quedó limitada por fallas, actuando como un pilar tectónico (Horst), de manera que el Conglomerado sólo se depositó en áreas pequeñas. O bien, podría deberse al cabalgamiento del Complejo Acatlán sobre el Conglomerado Cualac, quedando la zona de contacto cubierta en la actualidad por las rocas volcánicas de la Formación Chiauzingo.

Otra explicación podría ser el resultado de un fallamiento normal con desplazamiento mínimo de 300 m, que hundió durante el post Jurásico y preterciario al Conglomerado Cualac, de tal forma que los afloramientos de la peña "El Mono" que ahora observamos podrían corresponder a la porción más elevada del bloque hundido que sobresalen a la cobertura volcánica.

Sin embargo, la complejidad estructural de esta área en particular, no permite, con los datos actuales confirmar

alguna de las hipótesis planteadas.

Progresivamente la región fue invadida por el mar generándose la paleobahía de Guerrero (Erben, 1956a). Un rápido sepultamiento del área permitió la conservación parcial de la flora jurásica, cuyas impresiones fósiles son comunes en las Formaciones Zorrillo y Taberna. La cuenca siguió hundándose tal vez bajo un régimen tectónico oscilatorio permitiendo las intercalaciones de sedimentos marinos y continentales. Finalmente en el Calloviano, una transgresión marina invadió toda la región. Es muy posible que ya desde esa época se produjera una invasión marina desde el Golfo de México propiciándose una comunicación con el Pacífico ya que las amonitas de esta época tienen tanto afinidad pacífica como europea (Westermann, 1981).

El hecho de que en el área no existan sedimentos del Jurásico Tardío abre la posibilidad de que durante este período la región estuvo emergida, o bien, a que a fines del Jurásico Tardío y principio del Cretácico Temprano se erosionaron. Esta emersión pudo ser causada por esfuerzos compresivos que iniciaron el plegamiento de las estructuras de la Carbonera Cualac y Xalmolapa.

Este plegamiento pudo originar levantamiento de algunas áreas y el hundimiento de otras, propiciando erosión y depósito, lo que a su vez podría explicar el acuñaamiento de los sedimentos del Grupo Tecocoyunca y la ligera discordancia

angular que existe entre las formaciones del Jurásico y del Cretácico dentro del área.

#### CRETACICO

Los primeros depósitos del Cretácico Inferior son las areniscas y conglomerados donde Erben (1956), encontró *Lamelaptychus* y que en el presente trabajo se les denominó Formación Tlaquiltepec.

La litología de esta formación indica un ambiente infralitoral a continental en el que gran parte de la región debió estar expuesta a la erosión.

Es posible que simultáneamente al depósito de las capas Tlaquiltepec se hayan depositado en una región más al oriente las capas de caliza y yeso de la Formación Tlaltepexi. Estas capas de caliza y yeso indican depósito en una cuenca con fuerte evaporación y podrían relacionarse a la transgresión marina del Golfo de México iniciada, según Dickinson y Conney (1980) en el Jurásico y que alcanzó a la presente región hasta el Cretácico Temprano.

En el Cretácico medio esta transgresión se generalizó en la mayor parte del territorio mexicano y permitió en un ambiente de mar abierto sin aporte de clásticos, el depósito de las calizas de la Formación Teposcolula.

La Caliza Teposcolula se depositó únicamente en la porción oriental del área estudiada. Esto podría explicarse

suponiendo una topografía elevada existente en el resto del área, porque de haberse depositado la caliza y después erosionado quedarían aún vestigios de ella, o sus fragmentos producto de la destrucción estarían incluidos en los conglomerados de la Formación Balsas, lo cual no sucede.

El plegamiento propuesto para el Jurásico Tardío podría ser el causante de la supuesta topografía existente durante el Cretácico medio.

Al finalizar el Cretácico se inició una etapa de deformación cuya edad ha sido discutida en las regiones adyacentes en los siguientes términos.

Fries (1960, p. 151) consideró que probablemente el principal episodio de plegamiento de las rocas cretácicas de Morelos y norte de Guerrero tuvo lugar durante el Eoceno Temprano a Medio y estimó que probablemente el combamiento inicial empezó en el Maestrichtiano. Cárdenas V. (1966, p. 104) mencionó que la Orogenia Laramide es la responsable del levantamiento continental, plegamiento y fallamiento de las rocas precenozoicas del sur de México y de la formación de los conglomerados continentales (de fragmentos calizos) similares al Conglomerado Rojo de Guanajuato.

En el área de Tamazulapan-Teposcolula, Oax. (aprox. 100 km al oriente del área de estudio) Ferrusquía V. (1976, p. 99) sitúa la edad de la deformación dentro del intervalo Santoniano Maestrichtiano - Eoceno tardío, y en la región

contigua norte y noroccidental del área de estudio (parte central de la cuenca del alto Río Balsas) Cserna y colaboradores (1980) determinaron que la región extremo occidental sufrió plegamiento y erosión durante el tiempo comprendido entre el Santoniano y el Campaniano; y en la región oriental (Texmalac) en tiempos aparentemente post-maestrichtianos, sugiriendo un avance de la deformación de poniente a oriente.

Considerando los trabajos arriba citados y que dentro del área de estudio la deformación afectó a la Caliza Tepocolula del Albiano-Cenomaniano, y no a la Formación Balsas ni a las rocas volcaniciclásticas de la Formación Chiauzingo del Terciario temprano, podemos asumir que la edad de esta segunda deformación en la región fue en el Cretácico Tardío-Terciario temprano.

Varios autores tales como Fries (1960), Ferrusquía (1976) y Cserna y colaboradores (1980) coinciden en que la dirección del esfuerzo durante la deformación cretácica fue E-W. En el área de estudio esta dirección E-W es evidente en la porción oriental en donde el monoclinal que conforman las rocas cretácicas está orientado N-S (Lámina 1). Sin embargo, en la porción occidental destaca una componente NE-SW de la dirección del esfuerzo, causando efectos distintos en las estructuras jurásicas, es decir en el Anticlinal de Cuallac, debido probablemente a la competencia y grueso espesor del conglomerado, sólo causó el buzamiento de la estructura

sin deformarla. El flanco noroccidental del Sinclinal de La Carbonera no se deformó porque el esfuerzo cedió por la falla de La Carbonera y en la porción suroriental del área el esfuerzo se manifiesta en el replegamiento del Anticlinal de Xalmolapa, en la cabalgadura de la cañada y en el recostamiento de las rocas jurásicas sobre las cretácicas.

### TERCIARIO

A principios del Terciario, una gran superficie del sur de México sufrió levantamiento propiciándose en unas áreas erosión y en otras el depósito de la Formación Balsas (Fries, 1960, Cserna, 1965).

Sin embargo, dentro del área de estudio, esta formación no se presenta con el mismo espesor que en la porción central y sur del Estado de Morelos; lo anterior puede deberse a que no se depositó aquí en toda su magnitud o a que después de su depósito se erosionó.

Las observaciones de campo sugieren el primer caso, es decir que el depósito quedó restringido a pequeñas áreas en las que ahora se encuentra, porque de haberse depositado profusamente quedarían todavía remanentes de erosión en varias partes, e incluso las capas más resistentes podrían encontrarse en forma de pequeñas mesetas cubriendo a rocas preterciarias aún en partes elevadas del área, lo cual no se observa.

Por otra parte, los depósitos conglomeráticos ubicados al oriente de Olinalá, tienen una posición subhorizontal. A diferencia de éstos, los ubicados en las inmediaciones a la Cuadrilla de Xochimilco muestran fuerte inclinación en la depositación original indicando la existencia de pendientes fuertes durante su formación, además su litología y mala clasificación de los gujarros indican la proximidad de la fuente de origen.

Lo anterior nos lleva a la conclusión de que a principios del Terciario el área de estudio formaba parte de una región elevada, la cual limitaba probablemente a una cuenca localizada al noroccidente en donde se depositaba la Formación Balsas en toda su magnitud.

Al depósito de la Formación Balsas siguió su período de volcanismo que originó a las rocas piroclásticas y volcánicas de la Formación Chiauzingo, cuya composición varía de andesita a riolita.

El nivel de erosión no hace evidente aún los centros de efusión, pero las texturas observadas en algunas áreas como en Zotolo, al NE de Cualac y en el camino de Jolalpa a Tlalapa, sugieren que éstas fueron zonas por las cuales surgieron los magmas. Estos centros deben tener relación con fallas tan profundas que permitieron el ascenso de los magmas hasta la superficie.

Las rocas que localmente se les denominó Formación Chiauzingo forman parte de un evento volcánico del Eoceno-Mioceno que se manifiesta en gran parte del sur de México y que ha sido estudiado en diversas áreas por varios autores bajo los nombres de Riolita Tilzapotla, Andesita Buenavista, Formación Tepoztlán, Andesita Zempoala (Fries, 1960); Toba Llano de Lobos, Toba Cerro Verde, Andesita Yucudac, Andesita San Marcos (Ferrusquía, 1976); Conjunto Tilzapotla (Campa, 1981), Capas Rojas (Flores y Buitrón, 1982, López y Grajales, 1984).

Regionalmente esta unidad constituye las partes más elevadas, por lo general no está plegada y sólo en partes locales está afectada por fallas normales que ocasionan bloques alabeados, o fallas de desplazamiento a rumbo que originan pliegues asimétricos y zonas de cizalleo. Su espesor máximo en el área de Tilzapotla, Mor. es del orden de 1500 m pero varía considerablemente en otras áreas.

Por su composición, que cambia de andesita a riolita y por su distribución regional, se infiere que estas rocas se relacionan con un fenómeno continental de volcanismo ácido-intermedio producido por un arco magmático que funcionó durante el Terciario temprano y cuya ubicación precisa del lado Pacífico no ha sido definida aún.

Esta unidad volcánica, cuyo nivel de erosión es mayor en el norte puesto que están expuestos centros de erupción tales como troncos y cuellos, sugiere una migración del vol-

canismo hacia el sur en donde no están expuestos aún esos niveles; o bien que un volcanismo simultáneo en toda la región y posteriormente a él, un levantamiento mayor de la porción norte haya sido el causante de la erosión más intensa.

Dentro del área de estudio y posteriormente al Oligoceno, las rocas volcánicas y prevolcánicas fueron afectadas por un fallamiento principalmente de desplazamiento lateral, el cual se refleja en las estrías subhorizontales que se observan en muchas de las zonas falladas. La más evidente de éstas es la Falla de Huamuxtitlán (Corona y Ortega, 1982) que se infiere como parte de un sistema conjugado, siendo esta falla uno de los resultados del empuje regional de dirección NW-SE que se relaciona con la Cabalgadura de Papalutla descrita por Cserna y colaboradores (1980).

#### CUATERNARIO

Un levantamiento constante del área en los últimos millones de años se hace evidente en los angostos causes de los ríos que erosionan exponiendo a las rocas, y en la ausencia de áreas aplanadas por erosión y de terrazas aluviales de depósitos recientes.

Los últimos estudios sismológicos obtenidos por Yamamoto et al., 1984) y Lesage (1984) del sismo de Huajuapán de León, Oax. del 24 de octubre de 1980 cuyo epicentro se localizó a 40 km al NE de Huamuxtitlán concluyen que:

El foco del temblor ocurrió a 65 km de profundidad dentro de la placa continental y que la ruptura principal ocurrió como un fallamiento normal a lo largo de un plano de rumbo N 88 W y buzamiento de aproximadamente 26° hacia el NNE.

El levantamiento reciente del área y en general de gran parte del sur de México debe estar asociado a la subducción de la Placa de Cocos en el Pacífico. Sin embargo, en ese contexto tectónico es difícil explicar cómo ocurren fallas normales a la profundidad de 65 km.

Para explicar esta situación podría inferirse que el fallamiento normal a tal profundidad es consecuencia de los ajustes isostáticos causados por el enfriamiento de la placa que subduce, y a la consecuente reducción de aproximadamente un 12% del volumen de la placa en subducción al alcanzar la presión de 20 kb (65 km de profundidad y densidad promedio de 3 gr/cm<sup>3</sup>) a la cual podría ocurrir un cambio mineralógico de facies de anfibolita o granulita a eclogita (Ortega-Gutiérrez, comunicación personal, 1985).

## CONCLUSIONES

Considerando la profundidad de 20 km a la cual se alcanza el equilibrio físico-químico de las rocas metamórficas del Complejo Acatlán expuestas en el área bajo la Formación Los Arcos del Pérmico ( $280 \pm 20$  m.a.), y la edad isotópica de Rb-Sr de  $380 \pm 6$  m.a. obtenida del Complejo Acatlán, se concluye que la velocidad promedio de levantamiento de éste durante el Misisípico y Pensilvánico fue de aproximadamente 200 m/M.a.

Del conjunto faunístico de la Formación Los Arcos que incluye entre otros a briozoarios, corales, algas estromatólíticas, crinoideos y amonitas, se concluye que se desarrollaron en aguas cálidas someras y tranquilas en zonas intertropicales, y las amonitas identificadas como Paraceltites elegans, Pseudogastreoceras altudinse y Stacheoceras tomanskyae sitúan la edad de la formación en el Pérmico.

La litología de la Formación Los Arcos nos lleva a la conclusión de que estos sedimentos se depositaron en un ambiente semejante al de una bahía, en donde existieron desde la facies continental deltáica hasta depósitos de plataforma y arrecifales; y la secuencia estratigráfica de estas rocas en la que limolitas y areniscas cubren a calizas, y éstas a su vez cubren a limolitas, areniscas y conglomerados, representa una transgresión marina bajo un régimen oscilatorio.

El abundante keroseno de tipo lignítico encontrado en las unidades 2 y 4 principalmente, de la Formación Los Arcos, confirma la proximidad de la costa de la cual provenía tal materia orgánica.

La presencia de la Ignimbrita Las Lluvias entre la Formación Los Arcos y el Conglomerado Cualac nos lleva a la conclusión de que en un período comprendido entre el Pérmico Tardío - Pre-Jurásico Medio, existió un evento volcánico que, según su mineralogía y textura, ocurrió en un medio subaéreo y que por su composición química este volcanismo pudo relacionarse a una zona de tensión dentro de la corteza continental o con una subducción en alguna margen lejana.

Del espesor de aproximadamente 2500 m correspondiente a las Formaciones Los Arcos, Las Lluvias, Cualac y Grupo Tecocoyunca se concluye que éste sólo pudo acumularse en una cuenca que tuvo hundimientos intermitentes desde el Pérmico hasta el Jurásico Medio.

El paralelismo estructural que conservan las formaciones sedimentarias del Paleozoico al Jurásico Medio sugiere en esta región estabilidad tectónica desde el Paleozoico tardío hasta el Jurásico, en la que sólo hubo fluctuaciones del nivel del mar, ocasionando las discordancias paralelas que se observan entre la Formación Los Arcos, la Ignimbrita Las Lluvias y el Conglomerado Cualac.

De la ausencia de una deformación en las rocas del Pérmico distinta a la de las rocas del Jurásico, se deduce que en esta región no se manifestaron los efectos de la Orogenia Apalachiana, por lo que se infiere que durante el Paleozoico tardío esta región debió situarse fuera del frente de deformación Apalachiano (posiblemente hacia el Pacífico).

De la presencia de la Caliza Teposcolula exclusivamente en la porción oriental del área y de la ausencia de cantos de calizas dentro de la Formación Balsas cartografiada al poniente del área, se desprende que desde el Cretácico medio existió en la región poniente una topografía elevada, la cual no fue cubierta por las aguas, manteniéndose así quizás hasta la actualidad.

De la complejidad estructural del Sinclinal de La Carbonera y los anticlinales de Cualac y Xalmolapa, se concluye que éstos son el resultado de 2 períodos de deformación, el primero de dirección N-S de edad Jurásico Tardío - Cretácico Temprano y el segundo de dirección ENE-WSW de edad Cretácico Tardío - Terciario Temprano.

Los escasos depósitos conglomeráticos depositados en el área, correspondientes a la Formación Balsas, que muestran fuerte inclinación en la depositación original y mala clasificación, indicando su proximidad a la fuente de origen, nos lleva a la conclusión de que a principios del Terciario el área de estudio formaba parte de una región elevada, la cual limitaba probablemente a una cuenca localizada al norponiente, donde la Formación Balsas sí se depositaba en toda su magnitud.

De la composición y distribución de las rocas de la Formación Chiauzingo que forman parte del evento volcánico del Eoceno-Mioceno el cual se manifiesta en gran parte del sur de México, se concluye que éstas se originaron por un volcanis-

mo asociado a un arco magmático que funcionó durante el Terciario temprano y cuya ubicación precisa del lado del Pacífico no ha sido definida aún.

De la geomorfología observada en la actualidad, de cauces angostos y la ausencia de áreas aplanadas por erosión y terrazas aluviales de depósitos recientes, se concluye que en los últimos millones de años ha existido un levantamiento constante de la región.

## REFERENCIAS CITADAS

- Alencáster, Gloria, 1961, Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central del Estado de Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 11, pt. 1, 18 p.
- - -, 1963, Pelecípodos del Jurásico Medio del noroeste de Oaxaca y noreste de Guerrero: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 15, 52 p.
- Anderson, T. H. and Schmidt, V. A., 1983, The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico - Caribbean Sea Region, during Mesozoic time: Geol. Soc. America Bull., v. 94, p. 941-966.
- Barker, F. (ed.) 1979, Trondhjemites, dacites, and related rocks. Developments in Petrology 6.: U. S. Geological Survey, Denver, Colorado, U.S.A. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York.
- Benavides-Muñoz, M. E., 1978, Estudio geológico del Municipio de Cualac, Edo. de Guerrero: México, D. F., Inst. Politéc. Nal., Escuela Sup. Ing. Arquitectura, tesis profesional, 71 p. (inérita).
- Best, Myron G., 1982, Igneous and metamorphic petrology, W. H. Freeman and Company San Francisco.
- Burckhardt, Charles, 1927, Cefalópodos del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero: Inst. Geol. México, Bol. 47, 108 p.
- Calderón-García, A., 1956, Estratigrafía del Mesozoico y Tectónica del sur del Estado de Puebla. Congreso Geológico

- Vigésima Sesión, Excursión A-11, p. 9-27.
- Campa, V., M. F., Ramírez, E. J., Coney, P. J., y Flores, R., 1981, Conjuntos estratotectónicos de la Sierra Madre del Sur, región comprendida entre los Estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos: Soc. Geol. Mexicana, Bol. Tomo XLII, n. 1 y 2. p. 45-67.
- Campa, V., M. F., y Coney, P. J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico: Canad. Jour. Earth Sci., v. 20, p. 1040-1045.
- Cárdenas-Vargas, J., 1966, Contribución al conocimiento de la Mixteca Oaxaqueña: México, Minería y Metalurgia, n. 38, p. 15-107.
- Carmichael, I.S.E., Turner, F. J., y Verhoogen, J., 1974, Igneous petrology. McGraw-Hill Company.
- Chorley, Richard, J., (ed.) 1969, Introduction to fluvial processes: Methuen & Co. Ltd.
- Coney, Peter J., 1983, Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. Instituto Mexicano del Petróleo, Revista, v. XV, n. 1, p. 6-15.
- Corona-Esquivel, R. J. J., 1978, Estudio geológico de los depósitos carboníferos de la porción noreste del Estado de Guerrero: México, D. F., Consejo de Recursos Minerales (informe inédito).
- - -, 1981(1983), Estratigrafía de la región comprendida entre Olinalá y Tecocoyunca, noreste del Estado de Guerrero: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 5, p. 17-24.

- Corona-Esquivel, R. y Ortega-Gutiérrez F., 1984, El Valle de Huamuxtitlán, Guerrero: expresión topográfica de una falla de desplazamiento lateral izquierdo: Soc. Geol. Mexicana, VII Convención Nacional, Resúmenes, p. 30.
- Cserna, Zoltan de, 1965, Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 62, 76 p.
- Cserna, Zoltan de, Ortega-Gutiérrez, Fernando y Palacios-Nieto, Miguel, 1980, Reconocimiento geológico de la parte central de la cuenca del alto Río Balsas, Estado de Guerrero y Puebla: México, D. F., Soc. Geol. Mexicana, Libro-guía de la excursión geológica a la parte central de la cuenca del alto Río Balsas, Estados de Guerrero y Puebla, p. 1-33.
- Dickinson, W. R. and Coney, P. J., 1900, Plate tectonic constraints on the origin of the Gulf of Mexico. In: Pilsger, R. H. editor, "The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of the central North Atlantic Ocean". Louisiana State Univ. Syp., p. 27-36.
- Erben, H. K., 1956a, El Jurásico Medio y el Calloviano de México: México, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, monogr., 104 p.
- - - 1956b, Estratigrafía a lo largo de la carretera entre México, D. F. y Tlaxiaco, Oax., con particular referencia a ciertas áreas de los Estados de Puebla, Guerrero

- y Oaxaca: México, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, Excursión A-12, p. 11-36.
- Ferrusquía-Villafranca, Ismael., 1976, Estudios Geológico-Paleontológico en la región Mixteca, Pt. 1: Geología del área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca, México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. de Geología, Bol. n. 97, 160 p.
- Flores de Dios, G. A. y Buitrón B. E., 1982, Revisión y aportes a la estratigrafía de La Montaña de Guerrero. Univ. Autón. de Guerrero. Serie Técnico Científica n. 12.
- Fries, Carl., Jr., 1960, Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 60, 236 p.
- González-Arreola, C. y Corona-Esquivel, R., 1984, Nuevas determinaciones de amonitas pérmicas en la región de Olinálá, Estado de Guerrero: Soc. Geol. Mexicana, VII Conv. Nal., Libro de Resúmenes, p. 203.
- Gutiérrez-Gil, R., 1956, Bosquejo Geológico del Estado de Chiapas: Congreso Geológico Internacional. Vigésima Sesión, Excursión C-15, p. 9-32.
- Guzmán, E. J., 1950, Geología del noreste de Guerrero: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 2, p. 95-156.
- Hugh McLean, James P. Hein, and Tracy L. Vallier, 1983, Reconnaissance geology of Amlia Island, Aleutian Islands, Alaska: Geological Society of America, Bull. v. 94, n. 8, p. 1020-1027.

- Imlay, R. N., 1943, Jurassic formations of the Gulf region:  
Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull., v. 27, p. 1407-1533.
- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), 1982, Estudio Tectónico Estructural Guerrero-Oaxaca (inédito).
- Jenny, Hans, 1933, Geological reconnaissance survey of the northeastern part of the State of Guerrero: México, D. F., Cía. del Petróleo El Aguila, S. A. (Informe inédito).
- King, R. E., 1939, Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico: Geol. Soc. America, Bull., v. 50, p. 1625-1722.
- Lesage, P., 1984, Determinación de parámetros focales del temblor de Huajuapán de León, Oaxaca, del 24 de octubre de 1980, usando sismogramas sintéticos de ondas compresionales y un método de inversión linealizada: Geofis. Internal. (México), v. 23, n. 1, p. 57-72.
- López-Infanzón, M. y Grajales-Nishimura, J. M., 1984, Edades K-Ar de rocas ígneas y metamórficas del Estado de Guerrero: Soc. Geol. Mexicana, Séptima Convención Nacional, Resúmenes, p. 215.
- López-Ramos, E., 1979, Geología de México: México, D. F., t. 3, 446 p.
- Ochoterena-Fuentes, Héctor, 1966, Amonitas del Jurásico Medio de México; II.- Infrapatoceras gen. nov.: Univ. Nat. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 23, 18 p.
- Ordoñez, Ezequiel, 1906, Las rocas arcaicas de México: Soc.

- Cient. Antonio Alzate (México), Mem., v. 22, p. 315-331.
- Ortega-Gutiérrez, Fernando, 1978, Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estados de Puebla y Oaxaca: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 2, p. 112-131.
- - -, 1980, Rocas volcánicas del Maestrichtiano en el área de San Juan Tetelcingo, Estado de Guerrero: México, D. F., Soc. Geol. Mexicana, Libro-guía de la Excursión geológica a la parte central de la cuenca del alto Río Balsas, Estados de Guerrero y Puebla, p. 34-38.
- - -, 1981(1984), La evolución tectónica premisisípica del sur de México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 5, n. 2, p. 140-157.
- Pantoja-Alor, Jerjes, 1963, Hoja San Pedro del Gallo 13R-k(3), con Resumen de la geología de la Hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Carta Geológica de México, Serie de 1:100,000, mapa con texto.
- Pérez-Ibargüengoitia, J. M., Hokuto, C. A., y Cserna, Zoltan de, 1965, Reconocimiento geológico del área Petlalcingo-Santa Cruz, Municipio de Acatlán, Estado de Puebla: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 21, pt. 1, 22 p.

- Quezada-Muñetón, M., 1970, Prospecto Huamuxtitlán, Estado de Guerrero: México, D. F., Petróleos Mexicanos, Inf. Geol. 561, (inédito).
- Raisz, Erwin, 1959, Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., mapa, escala aprox. 1:3,000,000.
- Ramírez-Espinoza, J., 1982, Conjuntos tectonoestratigráficos que conforman al Mosaico de la Sierra Madre del Sur: Soc. Geol. Mexicana, VI Conv., Libro de Resúmenes.
- Renz, Otto, 1972, Aptychi (Ammonoidea) from the upper Jurassic and lower Cretaceous of the western north atlantic: National Science Foundation. Initial reports of the deep sea drilling project, v. 11.
- Rodríguez-Torres, 1970, Geología metamórfica del área de Acatlán, Estado de Puebla: México, D. F., Soc. Geol. Mexicana, Libro-guía de la Excursión México-Oaxaca, p. 51-54.
- Ruíz-Castellanos, M., 1979, Rubidium-Strontium geochronology of the Oaxaca and Acatlán metamorphic areas of southern Mexico: The University of Texas at Dallas. Tesis doctoral (inédita).
- Salas, G. P., 1949, Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 1, p. 79-156.
- Schlaepfer, C. J., 1970, Geología Terciaria del área de Yanhuitlán-Nochixtlán, Estado de Oaxaca: Soc. Geol. Mexicana, Exc. México-Oaxaca, Libro-guía, p. 85-96.

- Thompson, M. L. and Miller, 1944, The Permian of southernmost Mexico and its fusulinid faunas: *Jour. Paleontology*, 18(6), p. 481-504.
- Urrutia-Fucugauchi, J. y Morán-Centeno, J. D., 1985, Resultados paleomagnéticos preliminares del Paleozoico superior de Olinalá, Guerrero y sus implicaciones tectónicas. Volumen VI Congreso Latinoamericano de Geología. Bogotá, Colombia.
- Werre-Keeman, F., 1977, Proyecto de exploración integral del Plan de la Montaña, primera fase: México, D. F., Cons. Recursos Minerales, Seminario Interno Sobre Exploración Geológico-Minera, 6, p. 69-96.
- Westermann, G.E.G., 1981, The upper Bajocian and Lower Bathonian (Jurassic) Ammonite faunas of Oaxaca, Mexico and west-Tethyan affinities: *Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana* 46, 42 p.
- Westermann, G.E.G., Corona, E., R. y Carrasco R., 1984, The Andean Mid-Jurassic Newqueniceras Ammonite Assemblage of Cualac, Mexico: *Geol. Ass. of Canada. Special Paper* 27.
- Yamamoto, J., Jimenez, Z. y Mota, R., 1984, El temblor de Huajuapán de León, Oaxaca, México, del 24 de octubre de 1980; *Geofis. Internal. (México)*, v. 23, n. 1, p. 83-110.

L A M I N A S      3 - 7

## LAMINA 3

## FORMACION LOS ARCOS

Figura 1.- Vista de las calizas arrecifales de la Unidad No. 5 en la localidad tipo.

Figura 2.- Detalle de una de las capas de la Unidad No. 5 constituida por un grainston en donde los fragmentos son casi todos de crinoideos.



Figura 1

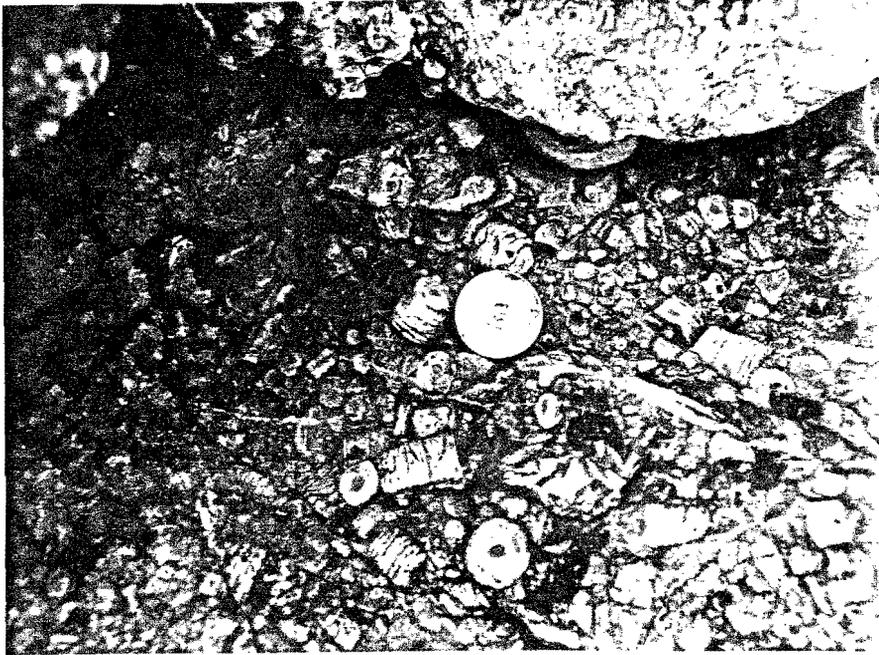


Figura 2

FORMACION LOS ARCOS

## LAMINA 4

## IGNIMBRITA LAS LLUVIAS Y CONGLOMERADO CUALAC

Figura 1.- Vista hacia el oriente de la Ignimbrita Las Lluvias desde la Cañada de Los Arcos. La parte superior está cubierta por capas gruesas del Conglomerado Cualac.

Figura 2.- Vista hacia el NNW de Conglomerado Cualac en su localidad tipo. En el extremo derecho se observa el pueblo de Cualac.



Figura 1

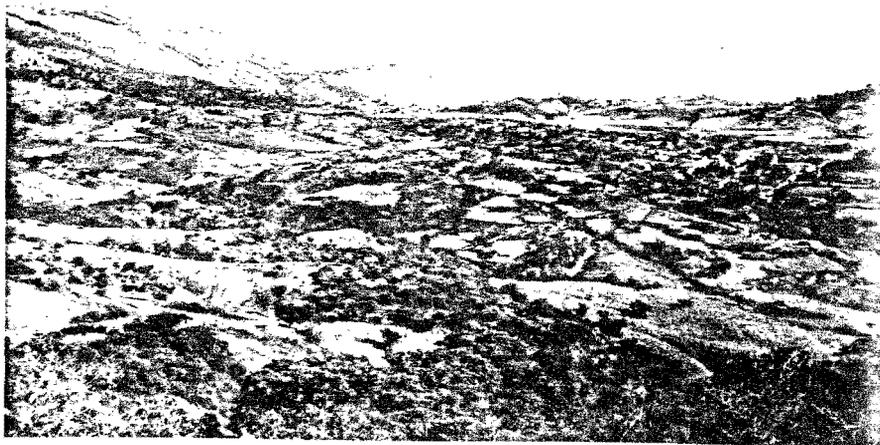


Figura 2

IGNIMBRITA LAS LLUVIAS Y CONGLOMERADO CUALAC

## LAMINA 5

## GRUPO TECOCOYUNCA Y FORMACION TLAQUILTEPEC

Figura 1.- Vista hacia el nororiente del Grupo Tecocoyunca (parte inferior) y de la Formación Tlaquiltepec (parte superior), al centro se observa el poblado de Coauilote.

Figura 2.- Vista de las capas de conglomerados y areniscas de la Formación Tlaquiltepec, con pendientes de  $70^\circ$  en la cañada de Tlaquiltepec.

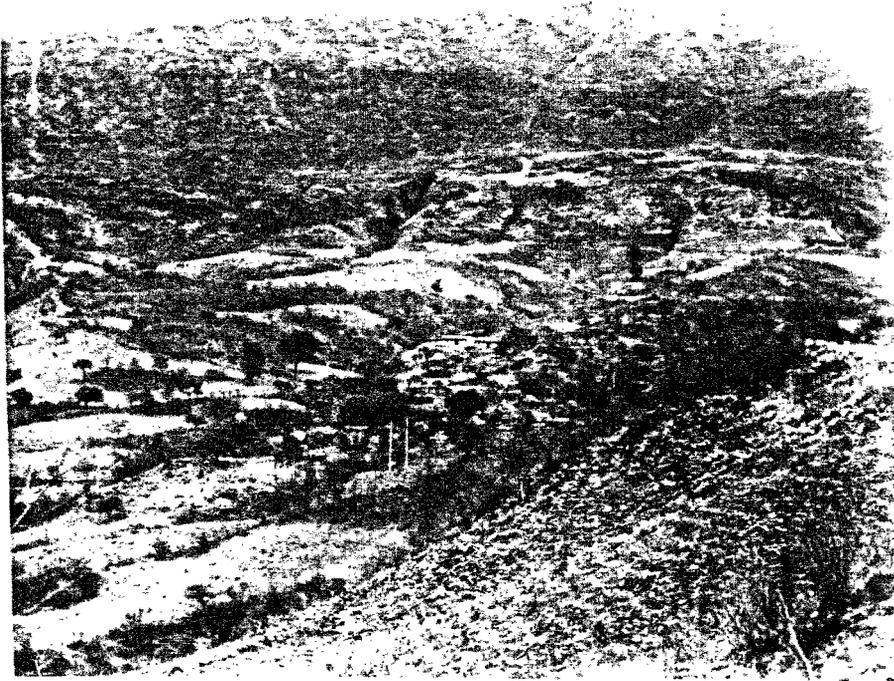


Figura 1

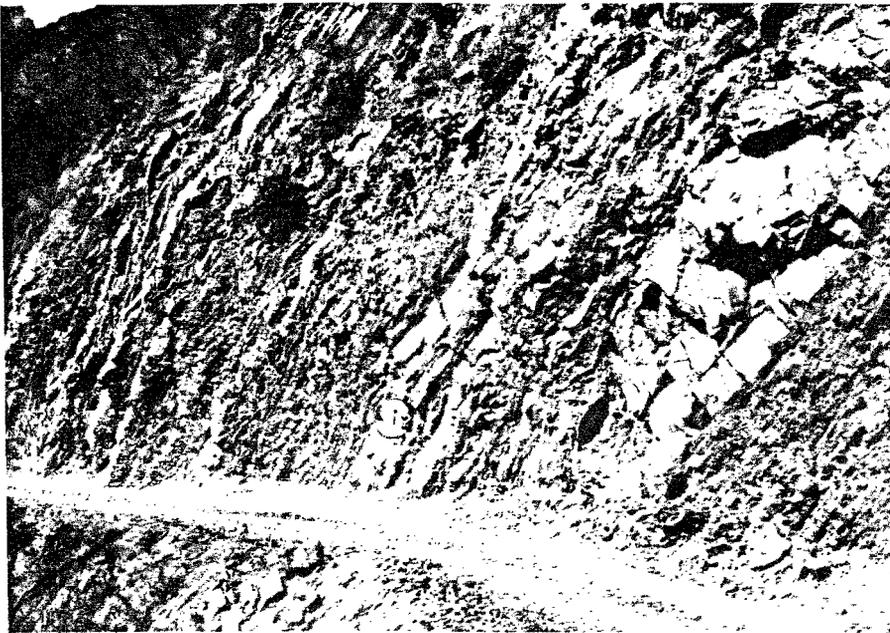


Figura 2

GRUPO TECOCOYUNCA Y FORMACION TLAQUILTEPEC

## LAMINA 6

## YESO TLALTEPEXI Y FORMACION CHIAUZINGO

Figura 1.- Vista hacia el norte de los yesos Tlaltepexi expuestos al sureste de Huamuxtitlán.

Figura 2.- Vista de las tobas y capas piroclásticas en posición casi horizontal del área de Tlalistlahuac.

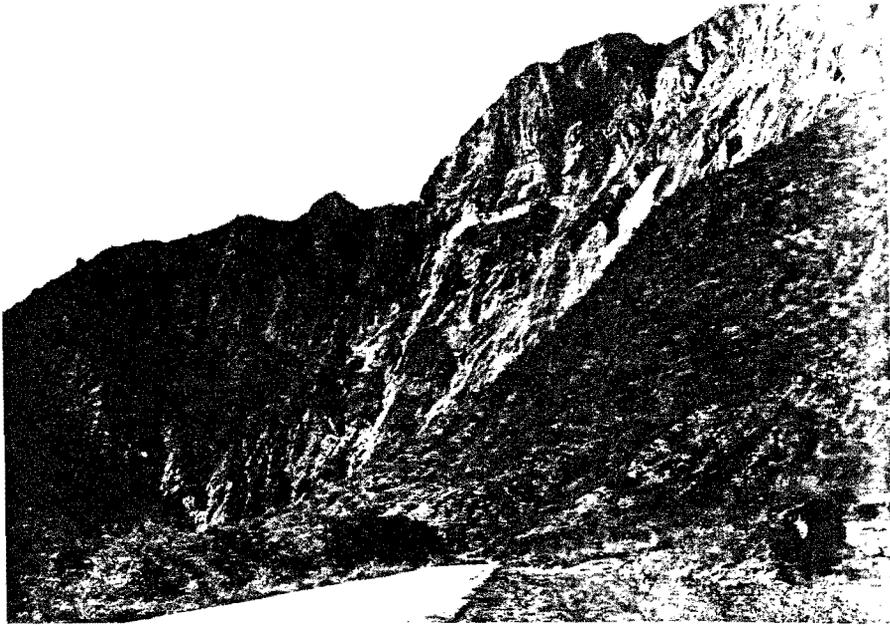


Figura 1

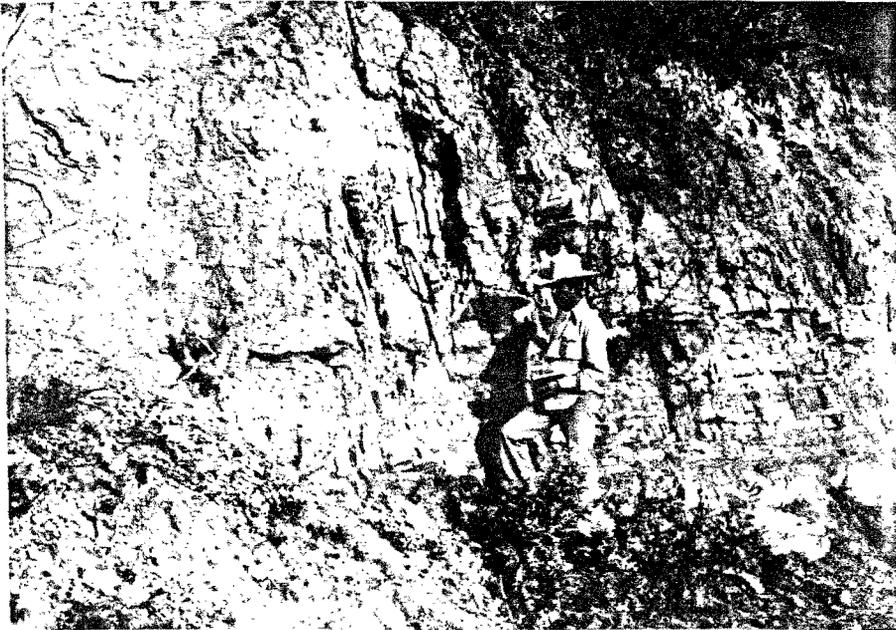


Figura 2

YESOS TLALTEPEXI Y FORMACION CHIAUZINGO

## LAMINA 7

## ANTICLINAL DE XALMOLAPA Y CABALGADURA DE LA CAÑADA

Figura 1.- Vista hacia el poniente del repliegue anticlinal de Xalmolapa. Las capas gruesas corresponden al Conglomerado Cualac.

Figura 2.- Vista hacia el sur, de la cabalgadura de la cañada. El relieve bajo, parcialmente desforestado corresponde al Complejo Acatlán (derecha), el cual está encima de areniscas y limolitas del Grupo Tecocoyunca (izquierda).

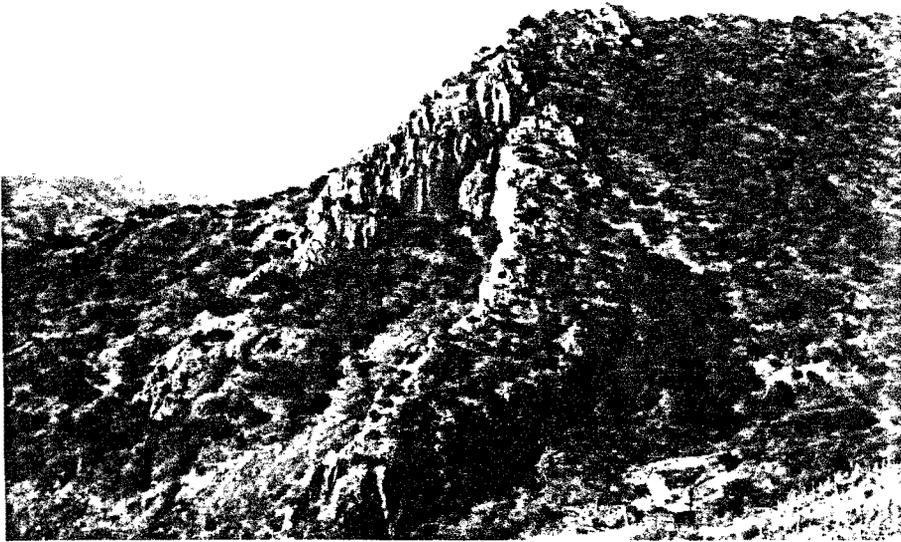
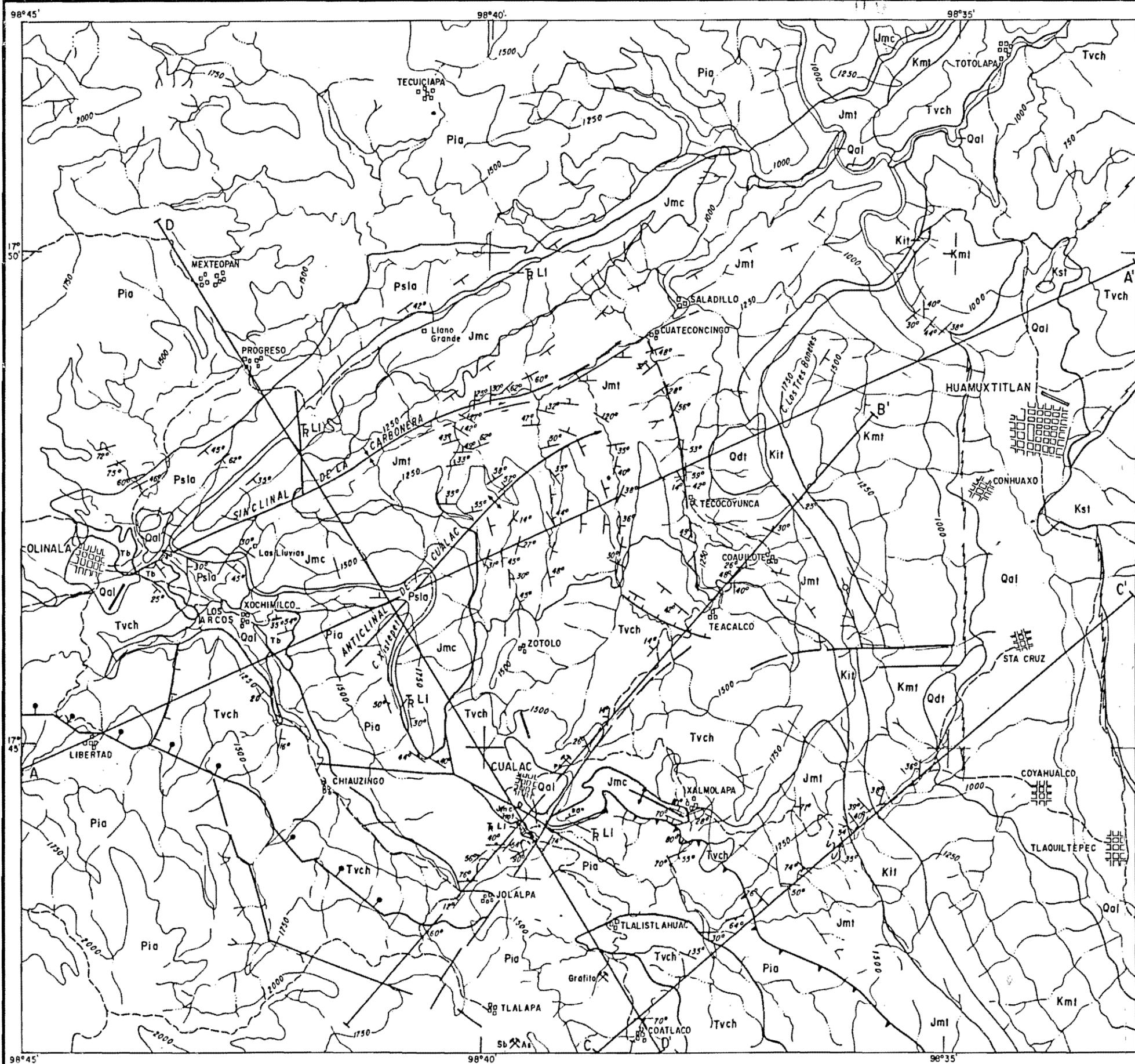


Figura 1



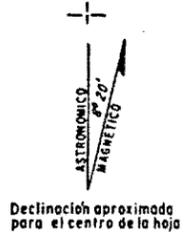
Figura 2

ANTICLINAL DE XALMOLAPA Y CABALGADURA DE LA CAÑADA



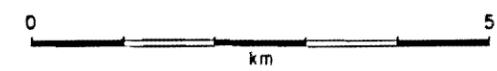
EXPLICACION  
ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

- |                     |           |                                                                |
|---------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|
| CUATERNARIO         | [Qal/Qdt] | ALUVION Y DEPOSITOS DE TALUD                                   |
| <i>DISCORDANCIA</i> |           |                                                                |
| TERCIARIO           | [Tvch]    | VOLCANICLASTICAS CHIAUZINGO<br>Tobas y piroclastos andesiticos |
|                     | [Tb]      | FORMACION BALSAS<br>Conglomerado de cuarzo                     |
| <i>DISCORDANCIA</i> |           |                                                                |
| CRETACICO           | [Kmt]     | CALIZA TEPOSCOLULA<br>Calizas                                  |
|                     | [Kst]     | YESO TLALTEPEXI<br>Yeso anhidrita y caliza                     |
| <i>DISCORDANCIA</i> |           |                                                                |
| JUASICO             | [Kit]     | CAPAS ROJAS TLAQUILTEPEC<br>Conglomerado y areniscos           |
|                     | [Jmt]     | GRUPO TECOCOYUNCA<br>Areniscas lutitas y coquinas              |
| TRIASICO            | [Jmc]     | CONGLOMERADO CUALAC<br>Conglomerado de cuarzo                  |
|                     | [RLI]     | IGNIMBRITA LAS LLUVIAS<br>Tobas e ignimbritas                  |
| <i>DISCORDANCIA</i> |           |                                                                |
| PALEOZOICO          | [Psia]    | FORMACION LOS ARCOS<br>Conglomerado limolitas calizas          |
|                     | [Pia]     | COMPLEJO ACATLAN<br>Esquisto cuarcita filita                   |

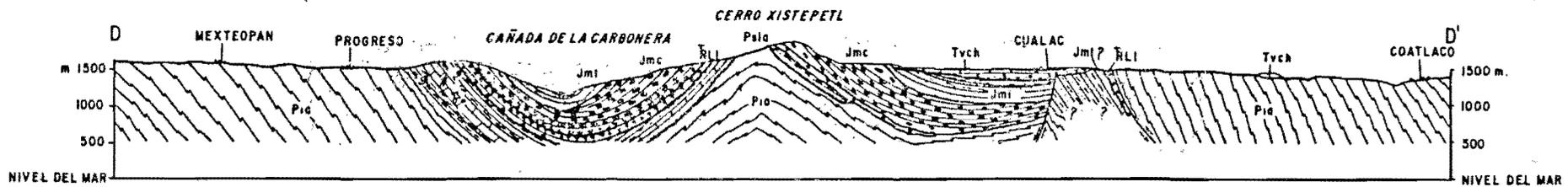
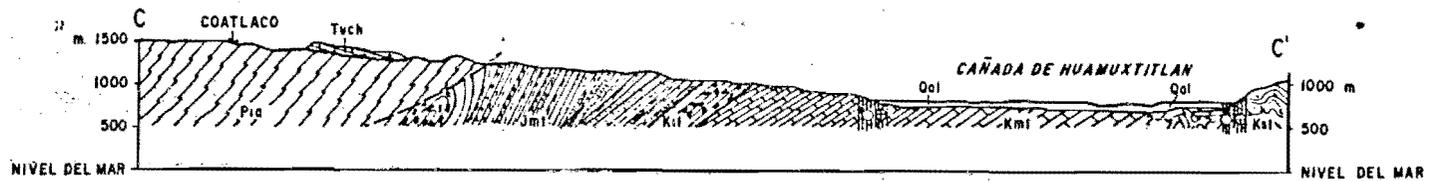
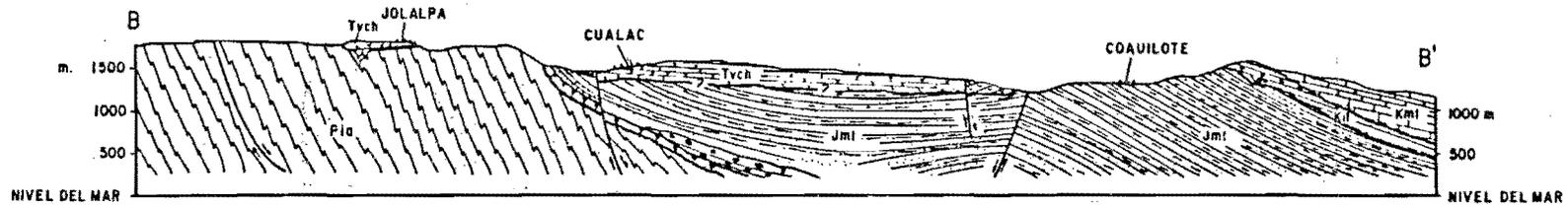
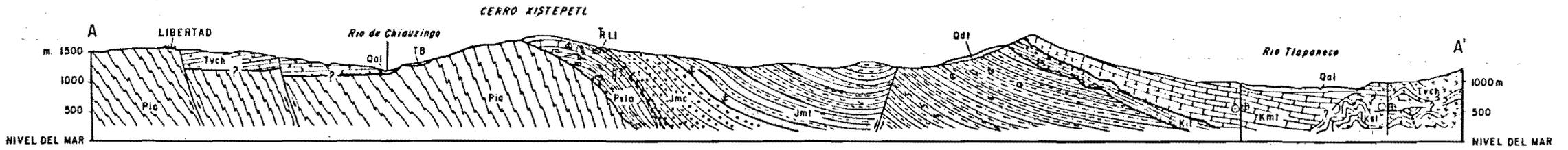


SIMBOLOS

- Contacto geológico; con línea interrumpida donde su localización está insegura
- ↗ 15° Rumbo e inclinación de estratos; el símbolo sin cifra indica rumbo e inclinación generalizados.
- Capas verticales, la línea señala el rumbo
- ↘ 20° Foliación, el triángulo indica la dirección del echado
- Fracturas; o fallas sin precisar su desplazamiento; inferida.
- ⊥ Falla; ⊥ está en el bloque hundido; con línea interrumpida donde su localización está insegura.
- || Zona de falla de desplazamiento lateral de Huamuxtitlan, con línea interrumpida donde está inferida.
- ▲ Cabalgadura; los dientes están en la cobijadura.
- ↑ Eje de anticlinal, mostrando la traza del plano axial y la dirección del buzamiento; con línea interrumpida donde su localización está insegura.
- ↓ Eje de sinclinal, mostrando la traza del plano axial y la dirección del buzamiento; con línea interrumpida donde su localización está insegura.
- ⚡ Prospecto minero.
- A A' Línea de sección estructural
- 1000 — Equidistancia entre curvas de nivel a 250m.



MAPA GEOLOGICO DE LA REGION OLINALA-HUAMUXTITLAN



EXPLICACION

ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

SIMBOLOS LITOLOGICOS

- CUATERNARIO { Qal | Qdi ALUVION Y DEPOSITOS DE TALUD
- DISCORDANCIA*
- TERCIARIO { Tych VOLCANICLASTICAS CHIAUZINGO  
Tovas y piroclastos andesiticos
- DISCORDANCIA*
- { Tb FORMACION BALSAS  
Conglomerado de cuarzo
- DISCORDANCIA*
- CRETACICO { Kmi CALIZA TEPOSCOLULA  
Calizas
- { Kst YESO TLALTEPEX  
Yeso anhidrita y caliza
- DISCORDANCIA*
- { Kii CAPAS ROJAS TLAQUILTEPEC  
Conglomerado y areniscas
- DISCORDANCIA*
- JURASICO { Jmi GRUPO TECOCOYUNCA  
Areniscas lutitas y coquinas
- { Jmc CONGLOMERADO CUALAC  
Conglomerado de cuarzo
- DISCORDANCIA*
- TRIASICO { R LI IGNI MBRITA LAS LLUVIAS  
Tobos e ignimbrita
- DISCORDANCIA*
- PALEOZOICO { Psld FORMACION LOS ARCOS  
Conglomerado limolitos calizas
- DISCORDANCIA*
- { Pld COMPLEJO ACATLAN  
Esquisto cuarcita filita

- Lutita
- Arenisco
- Caliza
- Ignea Extrusiva
- Limolito
- Conglomerado
- Yeso
- Ignea Intrusiva

FOSILES

- Amonitas
- Crinoides
- Ostreidos
- Polen
- Braquiopodos
- Corales y Briozoarios
- Plantas
- Capos de carbon

GEOLOGICOS

- Contacto geologico
- Fracturas
- Discordancia
- Falla de desplazamiento lateral



ESCALA HORIZONTAL