

20
2 of

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTRUCTURA DEL SECTOR XAJHA
(CABALGADURA EL DOCTOR),
ESTADOS DE HIDALGO Y QUERETARO**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERA GEOLOGA

CLAUDIA CRISTINA MENDOZA ROSALES

MEXICO, D.F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN	1
CAPITULO UNO. INTRODUCCION	2
OBJETIVO	2
METODO DE TRABAJO	2
TRABAJOS PREVIOS	3
CAPITULO DOS. GEOGRAFIA DEL AREA	5
LOCALIZACION	5
VIAS DE ACCESO	5
POBLACION Y CULTURA	5
FISIOGRAFIA	8
CLIMA	9
VEGETACION	10
CAPITULO TRES. DESCRIPCION DE UNIDADES	11
SISTEMA CRETACICO	11
Formación El Doctor	11
Formación Soyatal-Mexcala	15
Formación Soyatal	15
Formación Mexcala	17
SISTEMA TERCIARIO	21
Formación El Morro	21
Formación Tarango	22
SISTEMA CUATERNARIO	23
Depósitos Recientes	23
ROCAS IGNEAS	25
ROCAS VOLCANICAS	25
Primera unidad volcánica	25
Segunda unidad volcánica	26
Tercera unidad volcánica	27
Cuarta unidad volcánica	27
ROCAS INTRUSIVAS	28
Intrusivos terciarios	28
CAPITULO CUATRO. DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS	31
BLOQUES ALOCTONOS	31
Alóctono El Picacho	34
Alóctono Santa Inés	34
Alóctono de Xajhá	34
Alóctono Puerto El Colero	34
CABALGADURAS	35
Cabalgadura El Doctor	35
FALLAS NORMALES	36
Falla Moctezuma	37
Falla San Miguel	37
Falla San Antonio	37

Falla Estanzuela	37
Falla de Talud	37
Falla Tula	38
Fallas El Alamo y Aljibes	39
ESTRUCTURAS IGNEAS	39
Tronco de Tolimán	39
Diques y troncos de Bothifá	39
Cuestas en rocas volcánicas félsicas	40
Domo San Antonio	40
Derrames basálticos	40
CAPITULO CINCO. MECANISMO Y CRONOLOGIA DE LA DEFORMACION	41
CAPITULO SEIS. EVOLUCION GEOLOGICA	43
EVOLUCION GEOLOGICA JURASICO TARDIO	
- RECIENTE	43
Jurásico Tardío	43
Neocomiano-Aptiano	44
Albiano-Cenomaniano	44
Turoniano-Senoniano	47
Campaniano-Paleógeno	47
Neógeno	50
Cuaternario	50
CAPITULO SIETE. GEOMORFOLOGIA	51
RELIEVE DE ROCAS SEDIMENTARIAS	51
Montañas calcáreas	51
Lomerios y cañadas	53
Mesas conglomeráticas	53
RELIEVE DE ROCAS IGNEAS	53
Estructuras volcánicas	53
Mesas volcánicas	54
Cuestas	54
Diques	54
RELIEVE ACUMULATIVO	54
Planicies diluviales	54
Terrazas aluviales y aluviones	55
RELIEVE TECTONICO	55
Escarpes de Falla	55
EVOLUCION GEOMORFOLOGICA CENOZOICA	55
CAPITULO OCHO. CONCLUSIONES	59
CONCLUSIONES ESTRATIGRAFICAS	59
CONCLUSIONES ESTRUCTURALES	59
CONCLUSIONES TECTONICAS	60
CONCLUSIONES GEOMORFOLOGICAS	60
BIBLIOGRAFIA	61
APENDICE PETROGRAFICO	65

INDICE DE FIGURAS INCLUIDAS EN EL TEXTO

CAPITULO DOS. GEOGRAFIA DEL AREA

Fig. 2.1	Localización	6
Fig. 2.2	Vías de acceso	7

CAPITULO TRES. DESCRIPCION DE UNIDADES

Fig. 3.1	Formaciones El Doctor y Soyatal medidas en el A. Las Tuzas	14
Fig. 3.2	Formación Mexcala medida en el Arroyo Carricillo	19

CAPITULO CUATRO. DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS

Fig. 4.1	Marco estructural regional	32
Fig. 4.2	Esquema estructural del área	33

CAPITULO SEIS. EVOLUCION GEOLOGICA

Fig. 6.1	Paleogeografía del Jurásico Tardío	45
Fig. 6.2	Paleogeografía del Barremiano	46
Fig. 6.3	Paleogeografía del Albiano- Cenomaniano	48
Fig. 6.4	Paleogeografía del Turoniano	49

CAPITULO SIETE. GEOMORFOLOGIA

Fig. 7.1	Unidades Geomorfológicas	52
----------	--------------------------	----

T A B L A S

CAPITULO TRES. DESCRIPCION DE UNIDADES

Tabla 3.1	Tabla de Correlación Estrati- gráfica	12
-----------	--	----

CAPITULO CUATRO. DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS

Tabla 4.1	Fallas normales	36
-----------	-----------------	----

A N E X O S

- Anexo 1. Cartografía geológica escala 1:25,000
- Anexo 2. Secciones geológicas escala 1:25,000

RESUMEN

En el área de Xajhá, al poniente de Zimapan, Hgo., se reconoció una secuencia sedimentaria marina, primero arrecifal y después turbidítica, con un espesor incompleto de 315.0 m constituida por las formaciones El Doctor, Soyatal y Mexcala; una secuencia continental representada por la Formación El Morro y cuatro unidades volcánicas, similares a las propias de la Provincia de la Sierra Madre Occidental. Se cartografiaron rocas intrusivas terciarias. Se reconocieron cinco miembros en la Formación Tarango y seis tipos de depósitos recientes. Esta columna comprende desde el Cretácico Temprano al Reciente.

Se identificaron bloques alóctonos turonianos sinsedimentarios emplazados en la Formación Mexcala. Se modificó la posición de la traza de la Cabalgadura El Doctor; se calcula que tiene un acortamiento tectónico de aproximadamente 12 km. Se identificaron 16 fallas normales con rumbo preferencial noroeste-sudeste. Se diferenciaron numerosas estructuras ígneas (cuestas, mesas, derrames, diques, domos).

Se reconocieron tres fases tectónicas de deformación: una fase compresiva en el Paleoceno-Eoceno? que generó a la Cabalgadura El Doctor; dos fases distensivas, una del Paleógeno Temprano que dislocó a la región con fallas noroeste-sudeste; y otra plio-pleistocena que dislocó el drenaje de la región mediante fallas este-oeste y propició la acumulación de la F. Tarango.

La región fué modelada conforme a cuestas con orientación noroeste-sudeste. El Río Moctezuma es una corriente antecedente a la Falla Tula; el río migró hacia el oriente como consecuencia de la dislocación penecontemporánea a la actividad volcánica plio-pleistocena.

I. INTRODUCCION

OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo general, definir el comportamiento estructural y la evolución geológica de la región denominada Sector Xajha.

Para ello se realizaron las siguientes actividades:

- a) Identificar y cartografiar a escala 1:25,000 las diferentes unidades estratigráficas que afloran en el Área, reconocer sus características particulares y definir las relaciones espaciales y temporales entre ellas.
- b) Definir el patrón estructural del Área.
- c) Definir la cronología de eventos tectónicos que ocurrieron en la región.

METODO DE TRABAJO

Para cumplir con los objetivos enunciados se desarrollaron las siguientes etapas de trabajo:

- a) Una primera etapa que consistió en la recopilación y análisis de los trabajos geológicos que se han desarrollado con anterioridad en el área de estudio y en su entorno.

Se analizaron las fotografías aéreas verticales escala 1:50,000 que cubren la zona, mediante criterios fotogeológicos derivados de las características del material fotográfico y del aspecto fisiográfico-geomorfológico del terreno. Los datos obtenidos mediante la fotointerpretación fueron transferidos a una base topográfica escala 1:25,000; esta base se obtuvo al ampliar el mapa topográfico a escala 1:50,00 de la D.G.G. Con esta cartografía geológica previa, fué posible elegir itinerarios para la verificación de campo en los sitios de mayor interés.

- b) Se realizaron dos etapas de trabajo de campo, durante las cuales se realizaron los recorridos de los itinerarios marcados, con la finalidad de verificar estructuras, conocer las características de las diferentes unidades litoestratigráficas que afloran, así como las relaciones que guardan entre sí. Se colectaron muestras y se midieron algunas

secuencias donde fué posible establecer su continuidad debido a lo complejo de las estructuras.

c) Una tercera etapa de trabajo de gabinete; durante la cual se analizó e interpretó la información recabada; se revisó la fotointerpretación y la cartografía previa, con lo que se elaboró la cartografía litoestratigráfica y estructural definitiva; se construyeron secciones, figuras y esquemas que complementaron el presente trabajo.

TRABAJOS PREVIOS

Existen diversos trabajos geológicos realizados tanto en el área de estudio como en su entorno, en los que se han tratado de resolver problemas de estratigrafía, geología estructural y evolución geológica.

Wilson et al. (1955) realizan un trabajo estratigráfico en el cual describen un banco calcáreo (Formación El Doctor) y una secuencia calcáreo arcillosa a la que denominan Formación Soyatal.

Simons y Mapes (1957) describen una secuencia estratigráfica que abarca desde el Jurásico Superior hasta el Reciente; definen el Fanglomerado El Morro y la formación volcánica Las Espinas, además de una descripción detallada de las diferentes rocas intrusivas asociadas a los yacimientos minerales. Reconocen en las rocas mesozoicas pliegues con orientación norte-noroeste cuyos planos axiales buzan hacia el sudoeste; y una falla de empuje (Falla Daxi); consideran que la deformación de estas rocas ocurrió a fines del Cretácico; consideran que las rocas terciarias presentan ladeamientos de poca importancia, las estructuras más notables son fallas normales con inclinaciones muy fuertes que afectan toda la columna estratigráfica, siendo la más grande la Falla Malacate con rumbo noroeste-sudeste, 15 km de longitud, y un desplazamiento vertical mayor a 500 m.

Segerstrom (1961) describe la estratigrafía y el comportamiento estructural del sudoeste del estado de Hidalgo. La columna estratigráfica que reporta, abarca desde el Jurásico Superior hasta el Reciente, reconoce seis unidades sedimentarias mesozoicas y una correspondiente al Terciario, define a las formaciones Las Trancas y Santuario; para las rocas ígneas distingue nueve unidades diferentes, define al Grupo Pachuca y a las formaciones Cerezo, Zumate, Tezuantla y la Toba Don Guinyó. En el aspecto estructural describe para el área de Zimapán anticlinorios y sinclinorios con amplitudes de 5000 a 7000 m; en las rocas cenozoicas describe fallas normales con poca evidencia de movimientos horizontales con una orientación oeste-noroeste, considera que los fallamientos normales se sucedieron durante todo el Cenozoico.

La región de Zimapán fué objeto de un excursión geológica con motivo de la VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana. En el libro-guía de la excursión se publicaron entre otros; dos artículos que constituyen los antecedentes en el aspecto estructural de la presente investigación; se trata de "Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro" (Carrillo, M y Suter, M. 1982) y "Geología y Geotecnia del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, estados de Hidalgo y Querétaro" (Palacios-Nieto, M. 1982). Posteriormente Suter ha continuado el estudio de la estructura geológica regional (Suter, M., 1984, 1987).

La cartografía geológica de caracter litológica a escala 1:50,000 carta geológica Tecozautla F-14-C-68 y de caracter cro-noestratigráfico a escala 1:250,000: Carta Geológica Pachuca F-14-11 de la Dirección General de Geografía (D.G.G.) (Antes Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) y Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL)).

Las características geológicas de la región son motivo de temas de tesis en diferentes aspectos. Entre las tesis se consultaron:

"Estudio geológico de semidetalle del área de Tolimán-San Joaquín, en los estados de Querétaro e Hidalgo", evaluación económica-petrolera de la región, (Najera-Cruz 1984).

"Modelo metalotectónico de la mineralización de tungsteno del skarn de plomo-zinc de Zimapán, Hgo. en base a datos isotópicos del Rb/Sr, C y O."; en esta tesis se reporta un evento igneo fechado en 62.62 m.a. probablemente sintectónico y se sugiere que la precipitación de scheelita atestigüa una repetición de la columna sedimentaria, dada la presión a la que se forma dicho mineral; (González-Caver y Jaimes-Martínez 1986).

"Geología y Geotecnia del Vaso y Boquilla del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán sobre el Río Moctezuma, estados de Hidalgo y Querétaro", que describe aspectos geotécnicos del proyecto (Rodríguez-Urbina, V. 1988).

I I . G E O G R A F I A D E L A R E A

LOCALIZACION

El área de estudio se encuentra localizada en los límites de los estados de Querétaro e Hidalgo, entre los paralelos 20°37'30" y 20°45'00" de latitud norte y los meridianos 99°22'00" y 99°36'00" de longitud oeste, cubriendo una superficie rectangular de 290 km² (ver fig 2.1). Esta superficie queda comprendida en la porción norte de la carta Tecozautla (F-14-C-68) de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1971). Incluye parte de los municipios Cadereyta de Montes en el estado de Querétaro y Zimapán en el estado de Hidalgo.

VIAS DE ACCESO

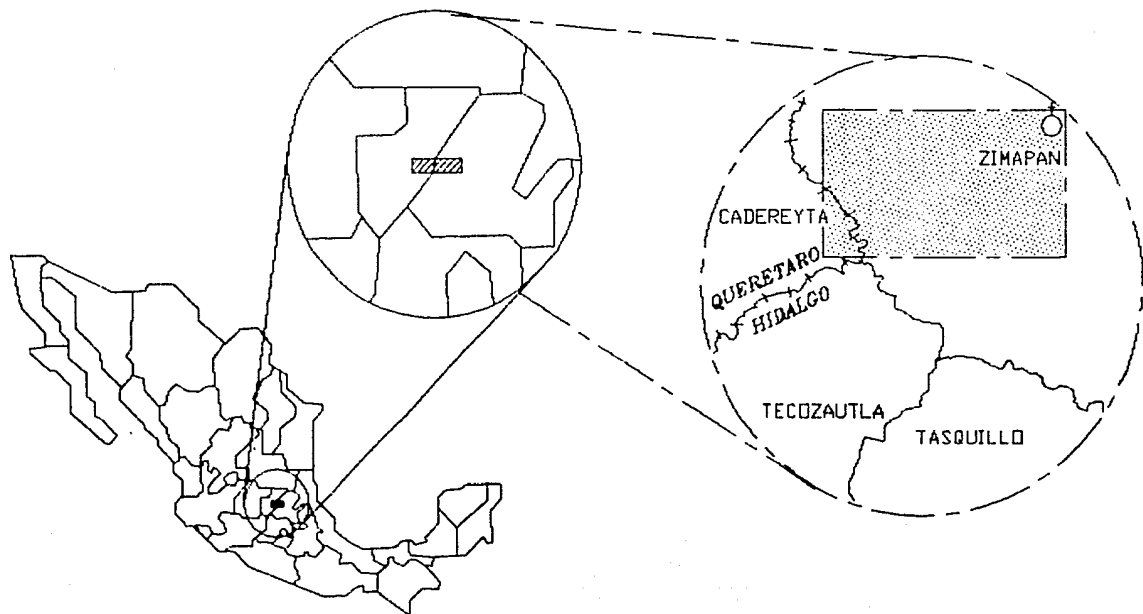
El acceso al Área se efectúa por la carretera federal 120 San Juan del Río, Gro. - Jalpan, Gro.; 13 km adelante de Cadereyta Gro. parte hacia el oriente una terracería, que une los poblados de El Puerto, Cerro Prieto, Mesa de León, Rancho Nuevo, Sijai (Yetai), Xajhá, San Antonio, la cual termina en Zimapán por donde pasa la carretera federal 85 México - Laredo.


Desde Rancho Nuevo se puede transitar hacia Tecozautla, Hgo., a través de una brecha hasta San Pedro y después por una terracería que pasa por San José del Desierto, lugar en el que se bifurca, una rama conduce a Tecozautla y otra hacia Tasquillo (ver fig. 2.2).

POBLACION Y CULTURA

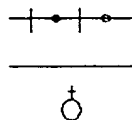
Como ya se mencionó, el área de estudio comprende parte de los municipios de Cadereyta de Montes en el estado de Querétaro, y Zimapán en el estado de Hidalgo; según datos del censo de 1980, la densidad de población por municipio es de 31 y 37 habitantes por km² respectivamente. El porcentaje de analfabetos en el área es del 33.4 % para la población mayor de 15 años; y la población económicamente activa es de 32.5 %.

Sus principales actividades económicas son: la agricultura de temporal y la ganadería, y en segundo lugar la minería.

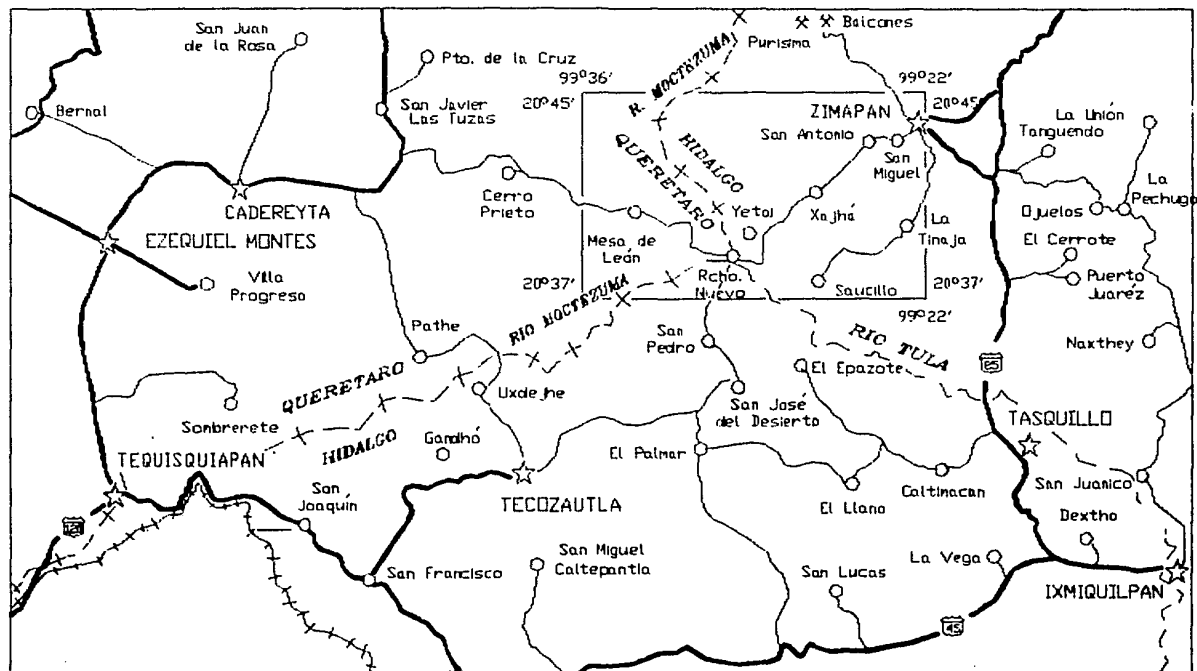





 Arco de Tesis



LIMITE ESTATAL
 LIMITE MUNICIPAL
 CABECERA MUNICIPAL



FACULTAD DE INGENIERIA	CLAUDIA CRSTINA MENDOZA ROSALES	
U N A M	Tests Profesional	
LOCALIZACION		
Enero, 1990	Fig. 2.1	ESC. 1:360 000



 CARRETERA FEDERAL
 TERRACERIA
 RIO

 LIMITE ESTATAL
 VIA DE TREN

FACULTAD DE
INGENIERIA

CLAUDIA CRISTINA
MENDOZA ROSALES

U N A M

Tesis Profesional

VIAS DE ACCESO

Enero, 1990

Fig. 2.2

ESC. 1:360 000

Zimapán es el mayor núcleo de población dentro del área, con 2 500 habitantes según datos del mismo censo y cuenta con todos los servicios; los demás poblados y rancherías se encuentran en condiciones poco favorables; aproximadamente la mitad de los poblados tienen líneas de conducción eléctrica; el abastecimiento de agua se logra a partir de manantiales dispersos por toda el área, a excepción de Rancho Nuevo que se abastece del Río San Juan.

Por otro lado, todos los poblados del área cuentan con centros de educación a nivel primaria, así como una telesecundaria en Rancho Nuevo; además existen clínicas rurales del programa IMSS-COPLAMAR en los poblados de Rancho Nuevo, Xajhá y San Antonio, las cuales brindan servicios médicos todo el tiempo.

FISIOGRAFIA

El área está comprendida en los límites de las provincias fisiográficas Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico, de la primera en la Subprovincia Carso Huasteco y de la segunda en la Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo; de acuerdo a la clasificación de la Dirección General de Geografía (D.G.G.) (1981).

Podemos subdividir el área en dos sectores con base en sus características fisiográficas, donde el sector nororiental corresponde a la Provincia Sierra Madre Oriental y el sector sudoeste a la Provincia Eje Neovolcánico.

El sector nororiental se caracteriza por sierras con una orientación noroeste-sudeste, las cuales en su porción norte presentan laderas angulosas con aspecto arborescente, son de dimensiones pequeñas, y se encuentran bastante disecadas, con un patrón de drenaje denso de tipo dendrítico formado por corrientes intermitentes. Hacia su porción central las laderas de las sierras se suavizan lo que constituye cuerpos más homogéneos y de mayores dimensiones, se encuentran poco disecados, con un patrón de drenaje radial divergente a partir de los promontorios, en algunas porciones el patrón de drenaje es de tipo rectangular. Sobresale el sistema fluvial Río San Juan - Moctezuma y su afluente, el Río Tula; el Río Moctezuma tiene un patrón de drenaje de meandros encajados, interrumpidos por algunos tramos rectilíneos. Hacia su porción sur y en el borde oriental se observan llanuras de una extensión restringida.

El sector sudoccidental presenta un paisaje más contrastado constituido por sierras alargadas con pendientes suaves y de pequeñas dimensiones en su porción norte, tienen una orientación noroeste-sudeste. Se tienen también mesas con lomeríos suaves de dimensiones variables separadas entre sí, por cañadas de paredes escarpadas cortadas por numerosos arroyos que conforman un patrón de drenaje rectangular. Entre las mesas destaca por sus dimen-

siones la Mesa de León con una extensión de 22 km aproximadamente y una altitud máxima de 1960 m. En la porción sur tenemos promontorios de dimensiones regulares y con laderas de pendientes suaves, las cuales presentan una orientación este-oeste, cortadas por arroyos intermitentes formando un patrón de drenaje radial divergente a partir de los puntos más altos y uno rectangular al llegar a las cañadas. En la porción central sur del área se tienen cañadas muy amplias y disecadas por arroyos que conforman un patrón de drenaje dendrítico.

CLIMA

El tipo de clima de la región se halla condicionado por factores geográficos; por un lado las diferentes altitudes, y por el otro una mínima influencia marítima debido a que la Sierra Madre Oriental actúa como barrera orográfica y no permite el paso de los vientos húmedos procedentes del Golfo de México lo que ocasiona climas secos y semisecos.

Según la clasificación de Köppen modificada por García (D.G.G. 1981), los climas que corresponden a la región son los siguientes:

- Subtipo semiseco semicálido:

Temperatura media anual varía de 18 a 19 °C. La temperatura media mensual máxima se presenta en mayo con 22°C y la mínima en enero con 14.9°C. La precipitación total anual fluctúa entre 450 y 630 mm. La máxima precipitación ocurre en julio cuando alcanza 123 mm y disminuye en febrero donde no rebasa los 5 mm.

- Subtipo semiseco templado:

Temperatura media anual oscila entre 16 y 18 °C. La temperatura media mensual máxima se registra en mayo con 19.6°C y la mínima en diciembre con 12.7°C. La cantidad de lluvia anual va de 450 a 630 mm y es en los meses de julio y agosto cuando alcanza la máxima precipitación con 114 mm, disminuye en febrero donde solo alcanza los 5.7 mm.

El primer subtipo se presenta en la porción central; mientras que, el segundo se observa en la oriental y en la occidental. La región presenta además, condición de canícula, lo que representa una pequeña temporada menos lluviosa dentro de la estación de lluvias, llamada también sequía de medio verano.

VEGETACION

La vegetación del área varia con la altitud; en las partes altas se observan bosques naturales constituidos por encinos y pinos, así como pastizales inducidos; hacia las partes bajas la vegetación es de tipo matorral compuesta por ocotillo, gobernadora, mezquite, cardonal y otras especies arbustivas; también se tienen pastizales, tanto naturales como inducidos.

En las zonas adyacentes a los ríos se tiene agricultura de riego anual, y agricultura de temporal en algunos arroyos. Las tierras de cultivo son escasas y de mala calidad.

I I I . D E S C R I P C I O N D E U N I D A D E S

En el área de estudio aflora una secuencia estratigráfica con un espesor medido de 315.0 m, constituida por rocas marinas del Mesozoico, rocas continentales y rocas ígneas extrusivas e intrusivas del Cenozoico.

La unidad litoestratigráfica más antigua aflorante en el área corresponde a la Formación El Doctor del Cretácico Inferior. Las formaciones Soyatal y Mexcala representan al Cretácico Superior.

Durante el Terciario se llevó a cabo el depósito del Conglomerado El Morro, así como la formación de rocas ígneas extrusivas e intrusivas; se diferenciaron cuatro unidades volcánicas y dos intrusivas.

Todas las unidades antes mencionadas, se hallan cubiertas por depósitos recientes.

En la tabla 3.1 se muestra la posición estratigráfica de las unidades y su correlación.

SISTEMA CRETACICO

FORMACION EL DOCTOR

Definición. Wilson *et al.* (1955) definen en la porción oriental del estado de Querétaro, un banco calcáreo al que denominan Banco Calizo El Doctor. En el cual distinguen cuatro facies distribuidas en franjas paralelas con rumbo general noroeste-sudeste; la Caliza Cerro Ladrón, constituida por un banco que se formó en aguas someras; Conglomerado El Socavón, que constituía el lado prearrecifal; la Caliza San Joaquín; y la Caliza La Negra, depositada en aguas profundas. De acuerdo a Wilson *et al.* (op. cit.) la Caliza Cerro Ladrón está constituida por un banco de lodos calizos litificados en estratos gruesos con biostromas de rudistas y conglomerados calizos de grano fino; la facies El Socavón consiste de calcarenitas de estratificación gruesa y conglomerado de grano fino con coquinas; la facies San Joaquín es una caliza gris oscura de estratificación gruesa con abundantes nódulos de pedernal; la facies La Negra rodea a las demás facies, sus afloramientos definen burdamente una herradura abierta hacia el sudeste, uniéndose en el extremo noroeste, está constituida

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA/TEMPO	SISTEMA	SERIE	PISO	CUADRA CRISTINA ATENCIA ROSALES (Tronco Pre-Cambriano)	PROSPECTO PROGRESO FAC. INGENIERIA UNAM 1969	PROSPECTO QUENETARO-TULA (Moran Zamora, 1971)	HICALGO MERCIDIONAL Reyes 1968 y Nacional 1963	HOJA PACHUCA No. de Geomorf. UNAM	AREA JALPAN SUR DE LA PLATAFORMA VALLES - SLP *	PORCION CENTRAL Y OCCIDENTAL DE LA PLATAFORMA VALLES - SLP *	CUMBREA DE TAMPICO - TUXTLAN (En Hoja Pachuca)	PROSPECTO CIVAUTLA (Moran Zamora, 1971)
				CUADRA CRISTINA ATENCIA ROSALES (Tronco Pre-Cambriano)	PROSPECTO PROGRESO FAC. INGENIERIA UNAM 1969	PROSPECTO QUENETARO-TULA (Moran Zamora, 1971)	HICALGO MERCIDIONAL Reyes 1968 y Nacional 1963	HOJA PACHUCA No. de Geomorf. UNAM	AREA JALPAN SUR DE LA PLATAFORMA VALLES - SLP *	PORCION CENTRAL Y OCCIDENTAL DE LA PLATAFORMA VALLES - SLP *	CUMBREA DE TAMPICO - TUXTLAN (En Hoja Pachuca)	PROSPECTO CIVAUTLA (Moran Zamora, 1971)
CENOZOICO	CUATERNARIO	TERCIARIO	RECIENTE	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			ALDIFICADO	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella
			PLACADO	Tepepa	Tepepa	Tepepa	Tepepa	Tepepa	Tepepa	Tepepa	Tepepa	Tepepa
			MACIZO	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			QUILGONO	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			ESODIO	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
MESOZOICO	CRETACICO	CRETACICO	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
JURASICO	JURASICO	JURASICO	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
TRIASICO	TRIASICO	TRIASICO	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso
PALEOZOICO			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	
PRE-CAMBRICO			Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	Alfonso	

por calizas de 10 a 20 cm de espesor con pseudoestratos lenticulares de 1 a 10 cm de pedernal, las calizas consisten de láminas formadas de material clástico de grano fino y tienen intercalaciones de lutita roja.

Distribución. Se presenta a lo largo del Río Moctezuma, aguas abajo de su confluencia con el Tula; al poniente de Pontón; en las cercanías de Mesa de León; y al sudoeste de Zimapán, en el Cerro Daxí. Su expresión morfológica es de elementos serranos con laderas escarpadas, sobre todo en aquellos sitios en donde se encuentra disecada por las principales corrientes hidrológicas.

Litología y espesor. La unidad consiste de calizas packstone con rudistas y gasterópodos en estratos desde medianos hasta masivos (40 cm a 2.0 m); de color gris medio en superficie fresca y gris claro al intemperismo. La unidad incluye estratos de packstones de miliólidos. Frecuentemente se le observa recristalizada, sobre todo en los contactos por cabalgadura. El espesor total de la unidad se desconoce; en las secciones de Palacios-Nieto (1982) se observa un espesor aproximado de 350 m; sin embargo en las secciones geológicas de este trabajo se estima que es del orden de 1 000 m.

En el Arroyo Las Tuzas al sudoeste de Xajhá, se midió una sección compuesta de la parte superior de la formación, donde se diferenciaron cuatro unidades con un espesor parcial de 156.0 m; se describen a continuación de la más antigua a la más joven (ver fig. 3.1):

UNIDAD 1. Caliza en estratos desde 20 cm hasta masivos de color gris medio que intemperiza a gris claro. En algunas porciones se observa textura packstone-grainstone, parcialmente dolomitizada (lam. delgada FIB-A). Presenta miliólidos y algunos horizontes con rudistas. Se observan superficies estilolíticas paralelas a la estratificación, cortadas por abundantes vetillas de calcita. Espesor 47.5 m.

UNIDAD 2. Caliza color gris medio que intemperiza a gris claro. Se observan intraclastos de color gris oscuro, que varían en tamaño desde 1 mm hasta 4 cm. El espesor de los estratos varía desde 20 a 40 cm. Presenta superficies estilolíticas paralelas a la estratificación. Se encuentra parcialmente recristalizada (lam. delgada FIB-B). Espesor 3.0 m.

UNIDAD 3. Caliza wackestone con algunos estratos de packstone parcialmente recristalizada de color gris medio que intemperiza a gris claro. Tiene abundantes fósiles, miliólidos en los estratos más delgados, y rudistas y algunos gasterópodos en los más gruesos. El espesor de los estratos varía de 50 cm a más de 2.0 m (lams. delgadas FIB-D y FIB-H). Espesor 92.5 m.

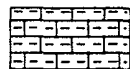
UNIDAD 4. Caliza wackestone de color gris medio que intemperiza a

SIMBOLOGIA

① LITOLOGIA

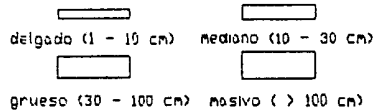


CALIZA



CALIZA ARCILLOSA
Y LUTITAS CALCAREAS

② ESPESOR DE ESTRATOS

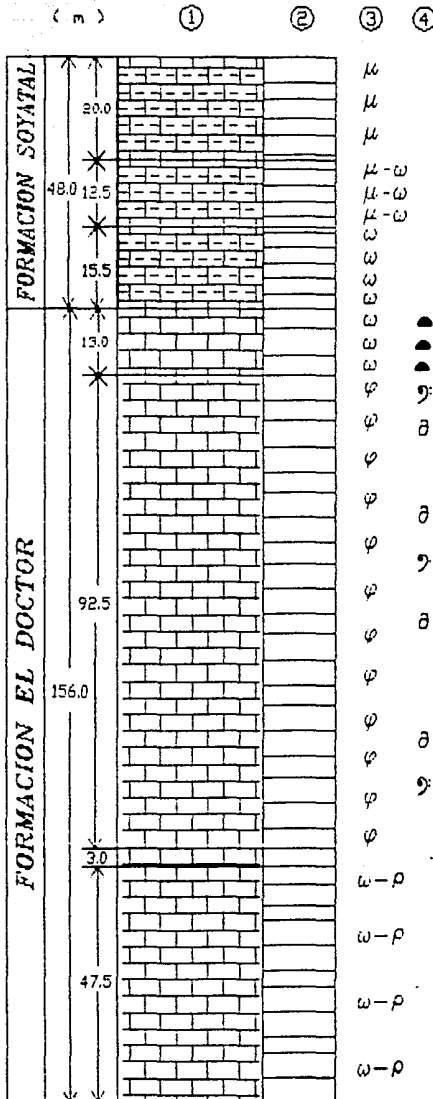
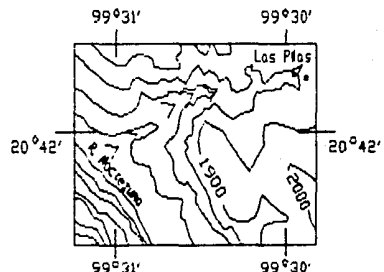


③ TEXTURA DE LAS CALIZAS

(μ) Mudstone (γ) Grainstone
(ω) Wackestone (β) Boundstone
(ρ) Packstone (φ) Recristalizada

④ OTROS ATRIBUTOS

- ▲ Nódulos de pedernal
- ☉ Rudistas
- ⊖ Gasterópodos



FACULTAD DE INGENIERIA	CLAUDIA CRISTINA MENDOZA ROSALES
---------------------------	-------------------------------------

U N A M	Tesis Profesional
---------	-------------------

FORMACIONES EL DOCTOR Y SOYATAL
MEDIDAS EN EL ARROYO LAS TUZAS

Enero, 1990	Fig. 3.1	ESC. 1:1 000
-------------	----------	--------------

gris claro (lam. delgada FIB-5). Presenta nódulos de peder-
nal. La estratificación varía de mediana a masiva (50 cm a
2.0 m). Espesor 13.0 m.

Relaciones estratigráficas. La Formación El Doctor subyace en forma concordante y transicional a la Formación Soyatal; tal como se observa en el Arroyo Las Tuzas cerca de Xajhá. En el área no está expuesta la base de la secuencia; las relaciones de superposición que se observan son tectónicas. La secuencia calcárea de El Doctor sobreyace estructuralmente a la Formación Soyatal en el Cañón del Infiernillo (Río Moctezuma).

Edad y correlación. La Formación El Doctor se caracteriza por un contenido abundante de *Nummoloculina heimi*; también contiene textuláridos y *Bulumina sp.*. En la unidad se observaron numerosos ejemplares; tanto completos, como fragmentados, de rudistas y gasterópodos no clasificados. Los microfósiles bentónicos de la formación son índices del Albiano-Cenomaniano.

Se correlaciona con la Formación Cuesta del Cura y con la parte alta de la Formación Peña Azul, expuestas al oriente del área la primera y al poniente la segunda. También se correlaciona con la Formación El Abra expuesta en la Plataforma de Valles-San Luis, con la Formación Orizaba de la Cuenca de Veracruz, con la Formación Morelos, y con la Caliza Sierra Madre de Chiapas.

Ambiente de depósito. Las características paleontológicas y litológicas de la unidad indican un ambiente de plataforma lagunar en la cual se desarrollaron bancos de rudistas y gasterópodos; no se reconocieron facies arrecifales *sensu stricto*.

FORMACION SOYATAL - FORMACION MEXCALA

Aclaración. Aunque es factible discernir cual de las dos formaciones está expuesta en los afloramientos visitados; no es posible reconocer fotogeológicamente, la distribución real de las unidades Soyatal y Mexcala; por cual no se cartografiaron independientemente. Sin embargo, la descripción de las formaciones se hace conforme al formato de las otras reconocidas en el área. Es recomendable buscar una solución a este problema cartográfico-estratigráfico.

FORMACION SOYATAL

Definición. Wilson, et al. (op. cit.) designan con este nombre a una secuencia consistente de un conglomerado de clastos calcáreos, calizas y calizas arcillosas de color pardo claro y gris

oscuro, intercaladas con lutitas calcáreas; la unidad es más arcillosa hacia la cima; con una edad correspondiente al Turoniano. Como localidad tipo se reconoce al poblado de Soyatal, Hgo. a 48 km al noreste de Zimapán, Hgo.

Algunos autores (entre otros Carrillo y Suter, 1982) denominan como Formación Soyatal a toda la secuencia que sobreyace a las unidades calcáreas del Albiano-Cenomaniano; así, incluyen dentro de la Soyatal a las rocas arcillo-arenosas que aquí denominamos Formación Mexcala.

Distribución. Los afloramientos se extienden en el sector septentrional entre Puerto El Colero y Zimapán, en las inmediaciones de los poblados La Vega, Rancho Nuevo, Xajhá, Bothiñá y San Antonio; también está expuesta en afloramientos aislados en el Río Tula y en el Arroyo Las Tuzas.

Litología y espesor. La litología consiste en general de una alternancia rítmica de estratos delgados de caliza mudstone de color gris oscuro, con estratos delgados de lutitas calcáreas de color negro que interperizan a colores que varían de pardo amarillento a verdoso.

La unidad se encuentra bastante plegada en casi todos los lugares en que aflora, razón por la cual es difícil hacer una estimación adecuada de su espesor total. Simons y Mapes (1957) midieron en la entrada a la barranca del Río Tolimán, una sección sin plegar determinando un espesor de aproximadamente 700 m, ellos calculan que el espesor real es de aproximadamente 1000 m, dado que la base de la secuencia no aflora; sin embargo, Simons y Mapes (op. cit.) incluyeron en su medición a la secuencia Soyatal-Mexcala sin distinguirlos.

Al sudoeste de Xajhá en el Arroyo Las Tuzas, se midió una columna donde se diferenciaron tres unidades a partir de la base con un espesor parcial de 48 m; pues su cima se encuentra cubierta (ver fig. 3.1). Las características que presenta se describen a continuación a partir de la unidad más antigua:

UNIDAD 1. Calizas wackestone y calizas arcillosas de color gris oscuro que interperiza a un gris claro marcadamente sucio, recristalizada en algunas porciones y cortada por vetillas de calcita (lam. delgada FIB-E-1). Los estratos varían de 5 a 20 cm; se observan algunas intercalaciones arcillosas. Espesor 15.5 m.

UNIDAD 2. Alternancia de estratos de caliza arcillosa y estratos de limolita calcárea que varían desde 8 hasta 30 cm de espesor. Presenta abundantes vetillas de recristalización. Los estratos calcáreos están compuestos por caliza de color negro que interperiza a gris claro (lam. delgada FIB-F-2). Los estratos arcillosos contienen carbonatos; se observan laminaciones definidas por cambios en la coloración (de

negro a pardo), las negras miden entre 2 y 5 mm y las pardas de 5 a 10 mm; el tamaño de grano es más fino en las negras (lam. delgada FIB-F-1). La secuencia presenta olistolitos de aproximadamente 50 cm de longitud, aunque hay algunos más pequeños. Espesor 12.5 m.

UNIDAD 3. Alternancia de estratos arcillosos (varían en espesor de 20 a 100 cm), estratos calcáreo-arcillosos (varían en espesor desde 5 a 20 cm) y estratos de arenisca de grano fino. Los estratos calcáreos son de color gris muy oscuro casi negro e intemperizan a gris claro, tienen textura mudstone y presentan boudinage. Los estratos arcillosos son de color negro que intemperiza a pardo. La secuencia es bastante fisil. Espesor 20.0 m.

Relaciones estratigráficas. Sobreyace en forma concordante y transicional a la Formación El Doctor y está cubierta de igual manera por la Formación Mexcala; sus contactos se definieron, por la aparición de estratos calcáreo-arcillosos y de lutitas calcáreas en el primer caso y por la aparición de areniscas con secuencia bouma en el segundo.

Edad y correlación. Segerstrom (1961) reporta que la Formación Soyatal contiene el fósil índice del Turoniano *Inoceramus labiatus* en el Cerro Cuesta de México (Cerro Venú) a 6 km al sur de Ixmiquilpan, Hgo. Por otra parte, en la presente investigación se colectó un ejemplar del mismo fósil en el Arroyo Las Tuzas, al sudoeste de Xajhá.

La formación se correlaciona parcialmente con la Formación Cuautla expuesta en la región de Apaxco de Ocampo, Mex. y en el estado de Morelos; con la Formación Agua Nueva del este y noreste de México y con la Formación Indidura del centro del país.

Ambiente de depósito. Las características físicas de la unidad expresan un ambiente de depósito cercano a la costa con aporte de terrígenos. En el marco de un cambio drástico en el régimen sedimentológico que inhibió paulatinamente la sedimentación calcárea, hasta que se tornó clástica tipo flysch.

FORMACION MEXCALA

Definición. El nombre de Formación Mexcala fue propuesto por Fries (1962) con base en la sección tipo que describió Bonhnenberger (1955) entre la colonia Valerio Trujano y el Río Balsas. La localidad tipo se encuentra en el poblado de Mexcala, Gro. en el cruce entre el río homónimo y la carretera México-Acapulco (km 220). Ahí, se observa una alternancia de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas.

Distribución. Los afloramientos de la Formación Mexcala tienen una distribución muy similar a la descrita para la Formación Soyatal: Se encuentra expuesta en la porción septentrional del área investigada, en afloramientos mas o menos continuos entre Puerto El Colero y San Antonio.

Litología y espesor. Esta constituida por una secuencia de areniscas de grano fino a medio con cementante calcáreo de color gris que interperiza a pardo; se observan numerosas estructuras primarias, tales como estratificación gradada, laminaciones paralelas y festoneadas, estratificación cruzada, marcas de corriente, boudinage, y en algunas porciones se observa el desarrollo de la secuencia bouma completa.

En las turbiditas de la Formación Mexcala se intercalan esporádicos horizontes conglomeráticos de líticos de caliza; entre estos conglomerados se encuentran algunos fragmentos de equinodermos.

Al poniente y noroeste de Mesa de León se reconocieron unos bloques calcáreos alóctonos, algunos de grandes dimensiones y que se podrian interpretar como pertenecientes a la Formación El Doctor; sin embargo corresponden a desarrollos calcáreos del Turoniano. Los bloques alóctonos mayores se expresan en la cartografía 1:25,000 y son denominados Bloque Alóctono Santa Inés, Bloque Alóctono El Picacho y Bloque Alóctono de Xajhá.

En el Arroyo Carricillo al oriente de Mesa Santa Inés, se midió una columna compuesta incompleta de 111 m, correspondientes a la base de la Formación Mexcala; se reconocieron las siguientes cinco unidades sin que se haya establecido la continuidad vertical entre ellas (se describen a partir de la más antigua), como se observa en la fig.3.2:

UNIDAD 1. En la base calizas arcillosas de textura packstone en estratos delgados menores de 3 cm intercalados con estratos medianos y gruesos (12.5 a 40 cm) de lutitas calcáreas y algunas areniscas de color gris claro en superficie fresca y de color amarillo crema al intemperismo. Hacia la cima de la unidad, los estratos calcáreos se tornan arenosos y de un color gris con tonos de verde. Espesor 13 m.

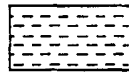
UNIDAD 2. Areniscas calcáreas de color gris verde en estratos laminares y delgados menores de 2 cm intercaladas con lutitas en estratos delgados (3 - 10 cm). La unidad intemperiza en tonos de ocre. Espesor 6 m.

(Interrupción de la secuencia).

UNIDAD 3. Areniscas con estratificación gradada y marcas de base en estratos medianos y gruesos entre 30 y 80 cm de espesor; intercalados con horizontes arcillosos delgados entre 0.5 y 2 cm. Estas areniscas turbidíticas tienen cementante calcáreo, son de color verde olivo e intemperizan en tonos ocrá-

SIMBOLOGIA

① LITOLOGIA



LUTITA



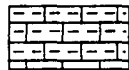
ARENISCA



CALIZA



SE DESCONOCE
ESPESOR Y LITOLOGIA



CALIZA ARCILLOSA

② ESPESOR DE ESTRATOS

↑ U

delgado (1 - 10 cm)

mediano (10 - 30 cm)

↑ U

grueso (30 - 100 cm)

masivo (> 100 cm)

③ TEXTURA DE LAS CALIZAS

↑ U

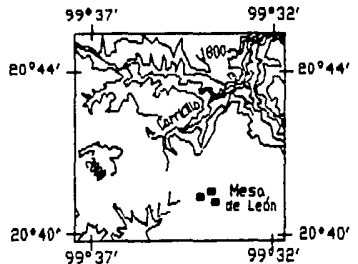
(μ) Mudstone (γ) Grainstone
(ω) Wackestone (β) Boundstone
(ρ) Packstone

④ OTROS ATRIBUTOS

↑ U

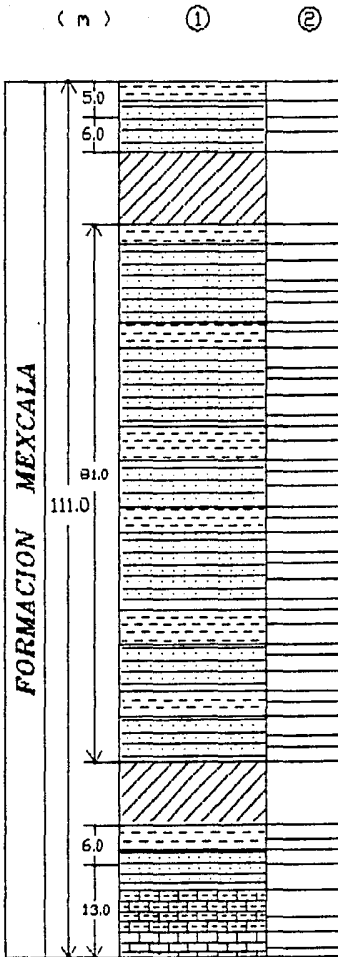
↳ Estratificación gradada U Marcas de base

↑ U



↑ U

↑ U



FORMACION MEXCALA

FACULTAD DE INGENIERIA CLAUDIA CRISTINA MENDOZA ROSALES

UNAM Tesis Profesional

FORMACION MEXCALA
MEDIDA EN EL ARROYO CARRICILLO
AL ORIENTE DE MESA SANTA INES

Enero, 1990 Fig. 9.2 ESC. 1:500

ceos. Espesor 81 m.

(Interrupción de la secuencia).

UNIDAD 4. Areniscas con secuencia bouma incompleta con los horizontes A (con estratificación gradada) y E (pelítico); en estratos gruesos y masivos (40 cm y 1.5 m); de color gris con tonos ocráceos al intemperismo. Las areniscas son de grano grueso y mediano, los granos son de líticos volcánicos, cuarzo y feldespatos. Espesor 6 m.

UNIDAD 5. Secuencia de areniscas turbidíticas en estratos gruesos (entre 40 y 80 cm), con horizontes arcillosos de 0.5 cm; las turbiditas son de color gris verde en superficie fresca y verde con tonos de ocre al intemperismo. Espesor 5 m.

Relaciones estratigráficas. La formación sobreyace mediante un límite concordante y transicional a la Formación Soyatal, el contacto inferior está definido por la aparición del primer estrato de arenisca con secuencia bouma. La Formación Mexcala se encuentra cubierta discordantemente por cualquiera de las unidades cenozoicas.

Edad y correlación. La unidad presenta un escaso contenido de microfósiles, se colectaron dos amonoides, no clasificados, en la base de unos estratos de arenisca con gradación, el emplazamiento de estos fósiles indica que fueron transportados por una corriente de turbiedad; en un horizonte conglomerático de clastos calcáreos se colectó un fragmento de equinodermo, tampoco clasificado. Los bloques alóctonos de carácter arrecifal incluidos en la secuencia, contienen gasterópodos y rudistas; entre estos últimos, se identificaron *Hippurites mexicana*, que atestiguan una edad correspondiente al Turoniano. El alcance estratigráfico total de la formación no fue definido en el presente trabajo; sin embargo se considera que los estratos más jóvenes de la secuencia pueden representar parte del Maestrichtiano.

La unidad se correlaciona parcialmente con la Formación Cuautla; con la Formación San Felipe del oriente de México, con la Formación Caracol del centro y norte de México, con la Formación Mendez del noreste de México y con las formaciones San Felipe, Tamasopo y Cárdenas expuestas en la región de la Plataforma Valles - San Luis.

Ambiente de depósito. Las características litológicas y las estructuras primarias que presenta la formación permiten proponer una ambiente de depósito de abanico abisal; hacia el cual se deslizaron bloques arrecifales procedentes tal vez de un desarrollo arrecifal en el poniente, del cual no queda ninguna evidencia, o probablemente de la edificación arrecifal que se instauró en la región de Apaxco de Ocampo, Mex. de tal forma los alóctonos de Xajhá, de Puerto El Colero, de Mesa Santa Inés y los otros

reconocidos en la presente investigación, tuvieron un transporte subacuoso quizás de 70 km.

SISTEMA TERCIARIO

FORMACION EL MORRO

Definición. Esta unidad fué descrita inicialmente por Simons y Mapes (op. cit.) como Fanglomerado El Morro y la consideran constituida por conglomerados calcáreos bien cementados en una matriz rojiza, intercalados con derrames de basalto y andesita y con horizontes de toba; tal como se observa en su localidad tipo (Cerro El Morro a 6 km al noroeste de Zimapán, Hgo.).

Distribución. La formación se encuentra expuesta en un afloramiento extenso en la porción oriental del área: una franja de orientación sudeste-noroeste, en las cercanías de Zimapán; además se observa en algunos afloramientos aislados en la porción central cerca de Rancho Nuevo, y del cerro Cuesta Blanca.

Litología y espesor. Esta constituida por conglomerados polimíticos de clastos subangulosos a subredondeados, mal clasificados de caliza, arenisca, andesita y otras rocas volcánicas de composición intermedia, en una matriz areno-limosa y con cementante calcáreo. Los clastos están orientados por su lado más largo en forma paralela a la estratificación.

Simons y Mapes (op. cit.) mencionan que el espesor varía en forma gradual desde unos cuantos metros hasta 400 m.

Relaciones estratigráficas. El conglomerado El Morro sobreyace en discordancia angular a las formaciones El Doctor, Soyatal y Mexcala, y subyace discordantemente a las rocas volcánicas. En el Río Tula, cerca de su confluencia con el Moctezuma, se observa una interdigitación entre los conglomerados de la formación y las rocas ígneas de la Primera Unidad Volcánica (Formación Las Espinas); relación ya reconocida por Segerstrom (op. cit.) en la localidad tipo de la unidad. Al norte de Mesa de León, la Formación El Morro se encuentra abajo de las calizas turonianas del Bloque Alóctono El Picacho, conforme a una superficie de cabalgadura.

Edad y correlación. La formación no contiene fósiles; ante lo cual su edad precisa no se puede establecer; sin embargo, en virtud de que incluye líticos volcánicos, su edad más joven es posterior a las primeras manifestaciones magmáticas de la región.

Si tomamos en cuenta el fechamiento de 62.6 m.a. por Rb/Sr para los intrusivos del Área de Zimapán que obtuvieron González-Caver y Jaimes-Martínez (1986), la edad de la Formación El Morro podría ser paleocena. Por otra parte, en este trabajo se reconoció una relación estructural por cabalgadura de rocas mesozoicas sobre El Morro; relación, que también sugiere una edad más temprana que la que tradicionalmente se le ha asignado sin evidencias paleontológicas: Eoceno-Oligoceno por correlación con el Conglomerado Rojo de Guanajuato. (Simons y Mapes, op. cit.).

Ambiente de depósito. Esta unidad se depositó en un ambiente continental, como abanicos aluviales; probablemente en un sistema de pilares y cuencas, generado por una distensión en sentido noreste-sudoeste; tal como se infiere de la Falla San Miguel.

FORMACION TARANGO

Definición. Bryan (1948) propuso el nombre de Formación Tarango para designar a los sedimentos volcánicos expuestos al sudoeste de la Colonia Mixcoac de la Cd. de México en la barranca homónima; donde consta de tobas, aglomerados, depósitos fluviales y capas delgadas de pómez.

Distribución. La Formación Tarango esta expuesta ampliamente en el Área; se le observa principalmente en el sector meridional, en donde conforma lomeríos y planicies (Miembro epiclástico); bajadas (miembros conglomerático y conglomerático con derrames); mesas y estructuras volcánicas (Miembro basáltico).

Litología y espesor. En el presente trabajo se identificaron cinco miembros de la Formación Tarango; mismos que se expresan cartográficamente en el mapa anexo. A continuación se describen las características generales de dichos miembros:

Miembro epiclástico. Esta unidad consiste de rocas epiclásticas intercaladas con piroclastos basálticos medianamente consolidados, con horizontes lenticulares conglomeráticos y algunos niveles de pómez. La unidad tiene una morfología de lomeríos como los que se observan al sur de La Loma.

Miembro Conglomerático. Está conformado por una secuencia de conglomerados acumulados como abanicos aluviales al pie de los escarpes de falla; sobre todo está asociado a las fallas de orientación este-oeste. Los conglomerados tienen matriz limo-arenosa y sus líticos son de origen sedimentario y volcánico. El miembro incluye algunos horizontes tobáceos basálticos y horizontes petrocálcicos, en algunos de los cuales se observan restos de raíces.

Miembro Basáltico. Representa las secuencias lávicas que conforman las mesetas del sector occidental. Los basaltos por lo general son vesiculares y tienen una brecha basal. Este miembro constituye a la Formación San Juan de Segerstrom (1962).

Miembro de Conglomerados y basaltos. Como su nombre lo indica, este miembro está constituido por una intercalación de derrames basálticos con estratos lenticulares de conglomerados polimícticos con matriz arenosa y cementante de carbonatos.

Relaciones estratigráficas. Sobreyace discordantemente a las diferentes unidades mesozoicas y terciarias; a su vez está cubierta de igual forma por los depósitos recientes.

Edad y correlación. Ante el desconocimiento de fechamientos isotópicos de esta formación, se le asigna tentativamente una edad correspondiente al Plioceno-Pleistoceno con base en su posición estratigráfica. De ser así, se correlacionaría con unidades continentales tales como El Conglomerado Reynosa y otras similares.

Ambiente de depósito. La Formación Tarango se acumuló en un ambiente continental en el marco de una distensión en sentido norte-sur; la cual desarticuló el drenaje regional; propició la sedimentación fluvio-lacustre y la emisión de derrames y piroclásticos basálticos.

SISTEMA CUATERNARIO

DEPOSITOS RECIENTES

Definición. Las acumulaciones continentales cuaternarias se han desarrollado en pequeñas áreas de la región estudiada. Se reconocieron y cartografiaron seis unidades de depósitos recientes: conglomerado, caliche, talud, abanicos aluviales, aluviones y terrazas fluviales. Dichas unidades se identificaron principalmente con base en su emplazamiento y en su morfología.

Distribución. Las unidades de depósitos recientes ocupan una mínima parte de la superficie cartografiada. La unidad más ampliamente distribuida es la de aluviones, la que se extiende cubriendo las partes bajas del área.

Litología y espesor. Como conglomerados recientes se incluyen a

las unidades que Simons y Mapes (op. cit.) denominaron Fanglomerados Zimapán y Daxi; consisten de líticos sedimentarios y volcánicos de subredondeados a subangulosos en una matriz arenolimosa y con cementante de carbonato de calcio; frecuentemente están cubiertos por una costra de caliche.

Los depósitos de caliche son horizontes petrocálcicos, que presentan diversas estructuras y que en ocasiones incluyen líticos de rocas ígneas y sedimentarias; su morfología es de lomeríos. Frecuentemente, éstos depósitos se encuentran intercalados con las demás unidades recientes o constituyen el cementante de éstas.

Los depósitos de talud están formados por materiales clásticos gruesos y angulosos poco transportados, acumulados al pie de algunas sierras o mesas.

Los abanicos aluviales y los aluviones se componen de líticos diversos con granulometría de limos, arenas y gravas; la redondez de los fragmentos varía entre angulosos y subredondeados. Los aluviones forman planicies y rellenan los lechos de las corrientes fluviales; mientras que, los abanicos bordean algunas prominencias orográficas.

Se reconocieron algunos cauces abandonados; los cuales se cartografiaron como terrazas fluviales con el fin de resaltar la migración que han experimentado las corrientes fluviales en el marco de esfuerzos distensivos del Pleistoceno? con orientación norte-sur.

El espesor de estas unidades de depósitos recientes varía desde decenas de centímetros hasta decenas de metros.

Relaciones estratigráficas. Cubren discordantemente a las diferentes unidades estratigráficas expuestas en el área, tanto a las mesozoicas como a las cenozoicas.

Edad. Por su posición estratigráfica y por sus recientes y/o actuales procesos de formación, se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario.

Ambiente de depósito. Estos depósitos recientes se encuentran en un proceso de acumulación en los diferentes medios enunciados en su descripción.

ROCAS IGNEAS

ROCAS VOLCANICAS

Se observan rocas volcánicas terciarias cuya composición varía desde basáltica hasta silícica; de acuerdo a sus características litológicas y a sus relaciones espaciales, se agruparon en cuatro unidades informales. La primera de carácter principalmente andesítico y con acusada alteración hidrotermal; la otras tres son silícicas; cubren a la anterior y conforman prominencias orográficas. A continuación se describen dichas unidades:

PRIMERA UNIDAD VOLCANICA (Tv)

1

Esta unidad volcánica corresponde con lo que Segerstrom (1961) define como la base del Grupo Pachuca, y con la Formación Las Espinas propuesta por Simons y Mapes (op. cit.) en el Cerro de Las Espinas al noroeste de Zimapán; localidad en la cual consiste de una secuencia de rocas volcánicas dispuestas en derrames lávicos que varían en espesor de 1 a 4 m; con estructura amigdaloidal y fluidal en forma de bandeamientos. Su composición varía desde latita cuarcífera a andesita de piroxeno, y de andesita de olivino a basalto de olivino con o sin hiperstena, las andesitas son las rocas más abundantes en la secuencia; cerca de la base presenta tobas y conglomerados.

Distribución. Las rocas incluidas en esta unidad se observan en las cercanías de Zimapán y en la confluencia de los ríos Moctezuma y Tula; en estas localidades conforman lomeríos o rupturas de pendiente por su menor resistencia a la erosión.

Litología y espesor. Andesitas de color gris oscuro que intemperizan a un gris verdoso; textura porfírica con fenocristales de hasta 5 mm de hornblenda alterados y algunos fenocristales de plagioclasas en los que se puede apreciar zoneamiento (lam. delgada FICA-20-A). La roca se encuentra muy alterada por hidrotermalismo (predomina la propilitización) así, presenta epidota y caolín; se observan amígdalas de sílice, y fracturas rellenas de caliche, yeso y sílice; presenta intemperismo esferoidal y en forma de lajas.

La cima de la secuencia está constituida por tobas vítreas de color verde claro pseudoestratificadas con alto contenido de pómez; intemperizan a un verde más oscuro. Se observan laminaciones y algunos cristales de plagioclasa y hornblenda (lam. delgada FICA-37-A).

El espesor de la secuencia varía desde unos cuantos centi-

metros hasta 370 m en el área al noreste de Sijai (Yetai).

Relaciones estratigráficas. Sobreyace concordantemente al Conglomerado El Morro y en algunas partes se interdigita con dicho conglomerado; sobreyace discordantemente a las unidades del Creatácico; subyace discordantemente a la segunda unidad volcánica (Tv).

2

SEGUNDA UNIDAD VOLCANICA (Tv)

2

Distribución. Aparece dispuesta en forma tabular, frecuentemente entre las unidades volcánicas primera y tercera; se le observa en el C. Cuesta Blanca, en los alrededores de Bothà, y al oriente de Sijai (Yetai).

Litología y espesor. Unidad constituida por una secuencia piroclástica principalmente de tobas líticas pseudoestratificadas, en las que se aprecian líticos angulosos provenientes de la unidad Tv1, algunos cristales de feldespatos y vidrio de color verde (lam. delgada FICA-35-A), se tienen evidencias de flujo; intercaladas entre las líticas se encuentran tobas de color blanco de aspecto terroso y grano muy fino, que intemperizan a un tono verdoso (lam. delgada FICA-35-D y FICA-35-E), y presentan piro-lusita en las superficies de pseudoestratificación; así como sílice de color café claro en algunos planos de fractura.

En el Arroyo Las Pilas al sur de Xajhà, esta expuesta una columna incompleta de la unidad; a partir del contacto por falla normal con la unidad Tv1, se midió un espesor parcial de 139.0 m, sin que se observara su cima. Se describe a continuación:

UNIDAD 1: Tobas líticas con pseudoestratificación que varía de 5 a 50 cm, constituidas en su mayoría por líticos volcánicos redondeados, además de cristales de cuarzo transparente, biotita, plagioclasas, anfíboles y vidrio color verde. El tamaño de los clastos varía desde 0.125 hasta 2 cm dependiendo del tamaño del estrato; se observa una burda estratificación normal. Espesor 15.2 m.

UNIDAD 2: Pseudoestrato de tobas líticas. Los líticos son angulosos a subangulosos de rocas volcánicas en una matriz de cenizas de color blanco, se observan algunos líticos de tobas cristalinas y algunos cristales de biotita. Intemperiza a un tono verde. Espesor 80 cm.

UNIDAD 3: Tobas líticas en pseudoestratos de 50 cm constituidas por líticos volcánicos de hasta 5 cm y vidrio de color verde en cubos de 2 cm. Presenta laminaciones de 1 a 2 cm de espesor. El tamaño del grano y la coloración varían, los más finos tienen más vidrio y son de color más oscuro. Esta

unidad se presenta como una secuencia rítmica, en la que se observa un pseudoestrato constituido por material grueso bien seleccionado, seguido por un pseudoestrato con material de grano medio (1 a 2 cm) y finalmente un pseudoestrato de material fino (menor a 1 cm). Espesor 34.0 m.

UNIDAD 4: Roca muy intemperizada de color rosa, en coladas con espesores de 25 a 30 cm concordantes con los pseudoestratos; está constituida en su mayoría por feldespatos caolinizados, vidrio color verde y anfíboles. Espesor 7.5 m.

UNIDAD 5: Aglomerado volcánico formado por clastos subredondeados de 15 a 20 cm de vidrio color gris verdoso y clastos subangulosos de 5 a 7 cm del material de la unidad anterior. Se encuentran en una matriz de cenizas, donde se observan algunos anfíboles y escoria volcánica diseminados. Espesor 6.0 m.

UNIDAD 6: Tobas de ceniza color rosa, en pseudoestratos de 5 a 15 cm; presentan algunos cristales diseminados de cuarzo y biotita, así como vidrio de color verde. Espesor 75.0 m.

Relaciones estratigráficas. La Unidad Volcánica Tv2 sobreyace de manera discordante a la Unidad Volcánica Tv1, y subyace de igual forma a la Unidad Volcánica Tv .

3

TERCERA UNIDAD VOLCANICA (Tv)

3

Distribución. Aflora en el Cerro Las Piletas y el Cerro Bothá, al norte de Paso del Arenal, y en las laderas del Cerro San Antonio.

Litología y espesor. Está constituida por rocas ácidas de color rojizo a blanco, que intemperizan a tonos rojizos más oscuros y tonos ocráceos. Presenta textura fluidal definida por cambios en la coloración los cuales van desde blanco hasta violeta; se observan amígdalas y esferulitas de sílice de color transparente a blanco; en ocasiones presenta yacimientos de ópacos, entre los que destaca la variedad de fuego.

Relaciones estratigráficas. Sobreyace discordantemente a la Segunda Unidad Volcánica; está cubierta de igual manera por la Formación Tarango y por las unidades de depósitos recientes.

CUARTA UNIDAD VOLCANICA (Tv)

4

Distribución. Esta unidad presenta un afloramiento único de traza

elíptica, correspondiente al Cerro San Antonio al noroeste de Xajhá.

Litología y espesor. Consiste de un cuerpo vítreo de composición silícica que conforma un domo riolítico. Estos vidrios volcánicos presentan texturas holohialinas y porfídicas con fenocristales y esferulitas de feldespatos en una matriz vítrea; son de colores verde oscuro y gris con tonos de verde e intemperizan en tonos blanquesinos; por lo general tienen fractura concoidea.

Relaciones estratigráficas. Es discordante con la Segunda Unidad Volcánica Tv .

2

Edad de las unidades volcánicas. J.I.C.A. y M.M.A.J. (1981) reportan edades radiométricas de K/Ar de alrededor de 38 m.a. para rocas similares en litología y posición estratigráfica a la Unidad Volcánica Tv1, al oriente de Zimapán cerca de Nicolás Flores, lo que corresponde al Eoceno. De acuerdo a González-Caver y Jaimes-Martínez (op. cit.) en la región de Zimapán ocurrió actividad magmática en el Paleoceno (62.6 m.a.). En el presente trabajo se reconoció vulcanismo previo o sincrónico a la acumulación de la Formación El Morro; si este vulcanismo ocurrió en forma contemporánea al magmatismo antes mencionado, la edad de la Unidad Volcánica Tv puede ser tan antigua como el Paleoceno.

1

Además; J.I.C.A. y M.M.A.J. (op. cit.) fecharon por el mismo método, con una edad de 27 m.a., a un conjunto de rocas similares en litología y posición estratigráfica a las tres unidades principalmente silícicas, que aquí se describen.

Las características de las unidades volcánicas reconocidas y sus edades, sugieren una semejanza con aquellas expuestas en la Sierra Madre Occidental. Así, la Unidad Tv1 correspondería al Complejo Volcánico Inferior y las otras tres unidades, con el Supergrupo Superior propuestos por McDowell y Clabaugh (1981 (1984)).

ROCAS INTRUSIVAS

INTRUSIVOS TERCIARIOS

En el presente trabajo se observaron numerosos cuerpos intrusivos, sobre todo en la porción nororiental del área. Estos cuerpos conforman diques y apófisis.

Los diques se dividen de acuerdo a su mineralogía, en diques de composición diorítica y diques de composición monzonítica. Ambos se encuentran muy alterados por hidrotermalismo, principalmente por propilitización.

Los diques dioríticos tienen espesores que varían de 50 cm a 2 m, con una orientación preferencial noroeste-sudeste. Estos cuerpos dioríticos son de color gris verdoso e intemperizan a gris parduzco; tienen texturas variables, porfídica en el centro y afanítica hacia los bordes; presentan fenocristales de plagioclasa, anfíboles alterados y cristales euhedrales de pirta diseminados. Se encuentran emplazados en la secuencia Soyatal-Mexcala.

Los otros diques se clasificaron como monzonitas; son de color rosa e intemperizan en tonos rojizos y ocráceos; textura fanerítica inequigranular, predominando los cristales de ortoclasa sobre las plagioclasas y el cuarzo, presentan fenocristales de biotita. Tienen una orientación general noroeste-sudeste; así como una morfología de cerros escarpados.

Los apófisis son de composición cuarzolítica (Simons y Mapes *op. cit.*); están emplazados en la Formación Soyatal-Mexcala y en el límite noreste del Bloque Alóctono de Xajhá. Estas estructuras tienen una forma alargada; algunas se adelgazan hacia sus extremos; hasta convertirse en diques. En la periferia de los apófisis se observa metamorfismo de contacto (mármol en la cabecera del Arroyo El Lefe, en el Cerro Daxí) o silicificación (Arroyo San Antonio).

Edad. González-Caver y Jaimes-Martínez (*op. cit.*) obtuvieron un fechamiento de 62.62 m.a. para el cuerpo intrusivo diorítico localizado en el Río Tolimán, en el norte del área; por lo cual y por sus relaciones de corte con las rocas mesozoicas, se le asigna una edad tentativa de Paleoceno.

IV. DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS

La región investigada se encuentra en la franja estructural de pliegues y cabalgaduras que se desarrolló hacia finales del Cretácico y principios del Terciario. Las estructuras asociadas a dicha provincia estructural, han sido estudiadas con interés por diversos investigadores (Carrillo y Suter, 1982; Suter, 1984; Suter, 1987); (ver fig. 4.1); no obstante, en este capítulo se muestran algunas particularidades no descritas antes, tanto de las estructuras laramídicas, como de las estructuras cenozoicas.

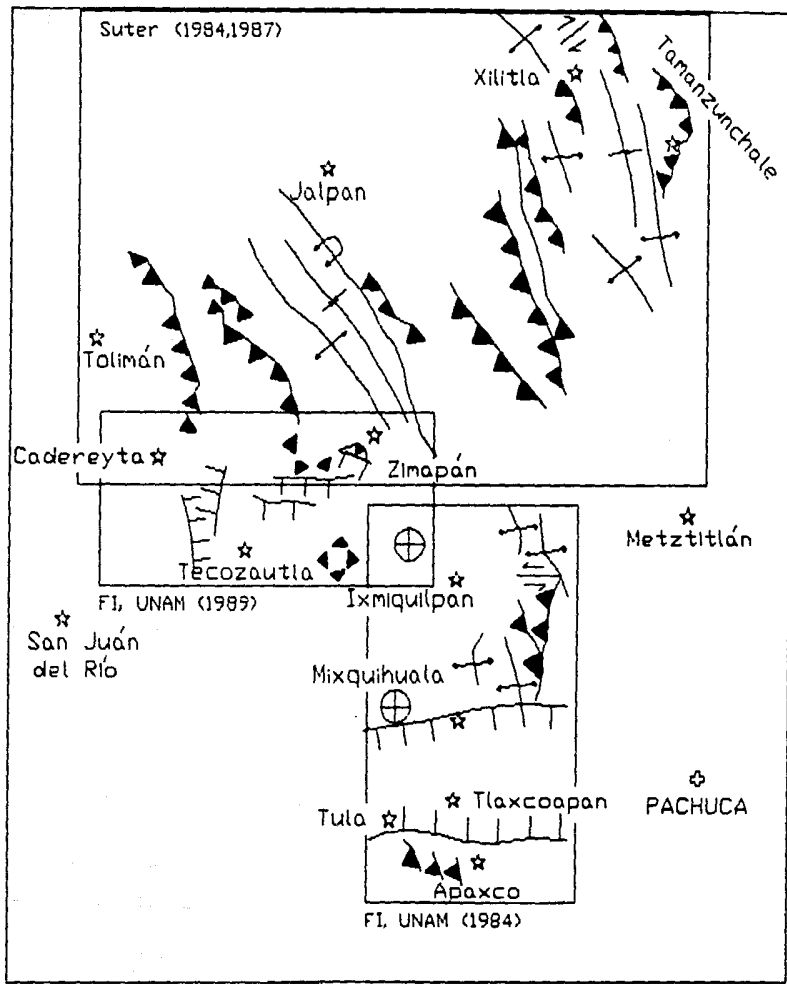
Como se puede apreciar en la fig 4.2, las estructuras mayores que se reconocieron en la región son cabalgaduras y fallas normales. Localmente, se observan distintas estructuras menores asociadas a las megaestructuras; así, se identificaron pliegues disarmónicos con vergencia al oriente, en las secuencias calcáreo-arcillosas y arcillo-arenosas, crucero de roca (clivaje), fallas inversas de poco desplazamiento y pods, entre otras.

Los pliegues que se observan tanto en la Formación El Doctor como en la Formación Soyatal-Mexcala, son estructuras cerradas, recostadas hacia el noreste con un rumbo noroeste-sudeste. Además, en las rocas de la Formación Soyatal-Mexcala, el plegamiento ha sido acompañado por el desarrollo predominante de crucero (clivaje de roca).

Al norte del área se han descrito las estructuras mayores (Carrillo y Suter, *op. cit*); en este trabajo mencionaremos las características de aquellas que se continúan hacia la región investigada.

BLOQUES ALOCTONOS

En la región septentrional se identificaron bloques calcáreos alóctonos turonianos, emplazados en forma sinsedimentaria en la secuencia turbidítica Mexcala; los de mayores dimensiones se denominaron alóctonos El Picacho, Santa Inés, de Xajhá y Puerto El Colero; en los alóctonos El Picacho y Puerto El Colero se reconoció además, que tienen una relación de traslape tectónico.



cabalgadura



Falla normal



falla transcurrente



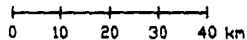
anticlinal



sinclinal



caldera



**FACULTAD DE
INGENIERIA**

**CLAUDIA CRISTINA
MENDOZA ROSALES**

U N A M

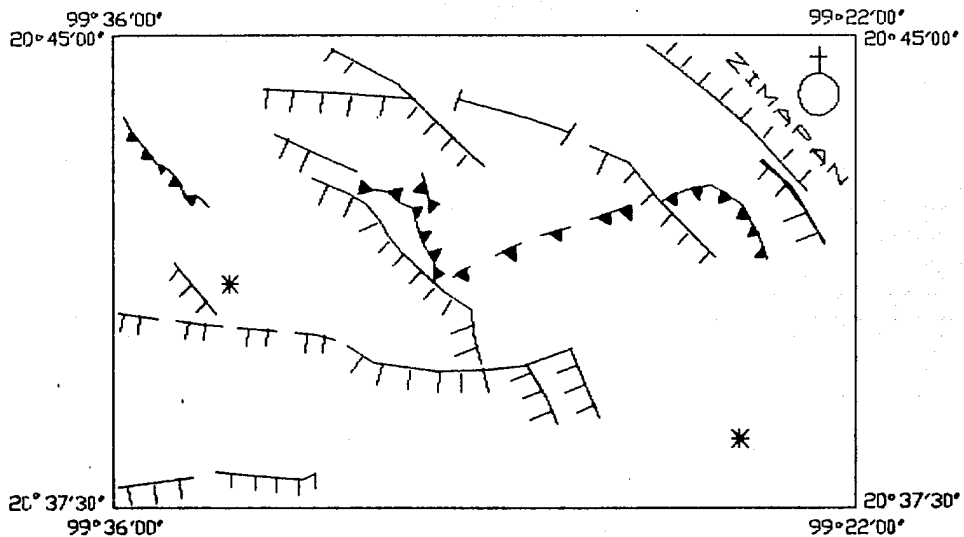
Tests Profesional

MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL

Enero, 1990

Fig. 4.1

ESC. 1:1 000 000



FALLA NORMAL

CABALGADURA

CENTRO DE EMISION

CABECERA MUNICIPAL



FACULTAD DE INGENIERIA	CLAUDIA CRISTINA MENDOZA ROSALES
U N A M	Tesis Profesional

ESQUEMA ESTRUCTURAL

Enero, 1990 Fig. 4.2 ESC. 1:180 000

ALOCTONO EL PICACHO

Bloque reconocido al noroeste de Mesa de León con una longitud aproximada de 6.5 km, un kilómetro de ancho en su extremo norte y de 700 m en el sur; el espesor estructural aproximado es de 150 m, su rumbo es noroeste 45° sudeste. En este bloque se observan las secciones de hipuritidos mencionados en la discusión de la edad de la Formación Mexcala. El flanco noreste se encuentra sobrepuesto tectónicamente a la Formación El Morro en un pequeño afloramiento, en la cabecera del Arroyo Carricillo; en su flanco sudoeste se observa una relación discordante con la secuencia Soyatal-Mexcala.

ALOCTONO SANTA INES

Se localiza al sudoeste de Mesa Santa Inés; mide 1.5 km por 700 m de ancho con un espesor estructural aproximado de 100 m, su límite oriental es abrupto con la secuencia Soyatal-Mexcala; aparece cubierto por los miembros conglomerático con derrames y basáltico de la Formación Tarango.

ALOCTONO DE XAJHA

Se localiza al noroeste de Xajhá, mide 5.3 km de largo y un kilómetro de ancho, con rumbo noroeste 45° sudeste y un espesor estructural de 250 m. La secuencia calcárea de este alóctono tiene un rumbo noroeste 10° sudeste con una inclinación de 40° hacia el noreste.

El límite sudoeste del bloque esta definido por la falla normal Moctezuma; mientras que su límite noreste presenta una discordancia con la secuencia turbidítica, esta última tiene un rumbo de noroeste 50° sudeste con una inclinación de 50° al noreste, en tanto que la secuencia calcárea tiene un rumbo noroeste 10° sudeste con 40° al noreste. El contacto entre las unidades es stratigráfico y no tectónico como lo han reportado Carrillo y Suter (op. cit.), Rodríguez-Urbina (1988) y Chauve et al. (1985); de tal forma, la traza de la Cabalgadura El Doctor, cartografiada por dichos autores, termina en la margen noroccidental del Río Moctezuma (fuera del área). La continuación de la cabalgadura dentro del área se describirá más adelante.

ALOCTONO PUERTO EL COLERO

Este cuerpo se ubica en el Puerto El Colero, al poniente de Mesa de León; sus dimensiones son aproximadamente 3 km de largo por uno de ancho, con una orientación noroeste 30° sudeste; se encuentra dislocado en su flanco occidental por la falla normal Puerto El Colero, la cual se expresa como una brecha silicificada. Su límite oriental es tectónico, sobreyace por falla inversa a la secuencia Soyatal-Mexcala.

CABALGADURAS

CABALGADURA EL DOCTOR

Carrillo y Suter (op. cit.) reconocen esta cabalgadura en el límite nororiental del Banco Calcáreo El Doctor. Geomorfológicamente, está representada por un escarpe continuo que se suaviza en el contacto de la Formación El Doctor con la Formación Soyatal (Soyatal-Mexcala). De acuerdo a dichos autores, la estructura tiene un rumbo general noroeste-sudeste y está expuesta en forma continua a lo largo de 35 km, entre los poblados Culebras y Xajhá; además, se continúa en la falla inversa que Simons y Mapes (op. cit.) reconocieron en el Cerro Daxí (ver el mapa de Carrillo y Suter op. cit. en las pags. 4 y 5); Rodríguez-Urbina (op. cit.) señala que no hay evidencias suficientes para afirmar o negar lo anterior. Para Carrillo y Suter, el acortamiento tectónico mínimo en esta estructura es de 3 km.

En el Cañón del Infiernillo se observa una pequeña ventana tectónica; ya reportada por Carrillo y Suter (op. cit.), en la cual se aprecia claramente el contacto tectónico entre las formaciones El Doctor y Soyatal-Mexcala; el plano de falla es subhorizontal, de aproximadamente 10° con pendiente al sudoeste (Palacios-Nieto, 1982); las calizas de la Formación El Doctor están recristalizadas; mientras que, la secuencia Soyatal-Mexcala está milonitizada; el espesor afectado en la primera es de decenas de metros, y en la segunda se determinó que el fenómeno de dinamometamorfismo afectó a la roca hasta una profundidad de 15 m (Rodríguez-Urbina, op. cit.).

En el presente trabajo, se identificaron localidades nuevas, en las que se observa la Cabalgadura El Doctor y se modificó la posición de su traza; de tal manera, la estructura se puede reconocer en el lecho del Río Moctezuma, aguas abajo de su confluencia con el Tula; la cabalgadura tiene una orientación general noroeste-sudeste, con una traza irregular. El segmento expuesto en el Río Moctezuma es una ventana tectónica de 5 km de largo dislocada por las fallas Presas 3 y De Talud; las unidades involucradas son la secuencia Soyatal-Mexcala como bloque de piso y la secuencia calcárea de El Doctor como bloque de techo (relación que se aprecia con claridad en el Arroyo Las Tuzas); este último presenta, entre otras estructuras secundarias, fallas inversas imbricadas. La sección geológica 2-2' muestra la interpretación de esta estructura. Fuera del Área, hacia el sudeste, en la Florida, se observan otros afloramientos de la Cabalgadura El Doctor.

La Cabalgadura El Doctor expuesta en el Cerro Daxí, está dislocada por la falla normal Estanzuela con orientación noroeste 55° sudeste.

Si consideramos que las ventanas tectónicas antes descritas, disecan a la superficie de deslizamiento de la cabalgadura; el

acortamiento tectónico podría ser mayor a los 12 km. Por otra parte, la superficie de falla se encuentra dislocada, por las fallas normales cenozoicas; como se expondrá más adelante.

FALLAS NORMALES

En la región se definieron 16 fallas normales; de las cuales se describen algunas de sus características en las tabla 4.1.; las fallas se pueden agrupar en dos familias, de acuerdo a las unidades que afectan, una con rumbos preferenciales noroeste 75° sudeste y noroeste 35° sudeste, y la segunda tiene un rumbo general este-oeste. La primera disloca a toda la secuencia mesozoica y cenozoica, excepto a los miembros de la Formación Tarango. En tanto que la última disloca inclusive a la Formación Tarango. A continuación se describen las características de las fallas principales:

No.	NOMBRE	LONGITUD (km)	RUMBO	BLOQUE CAIDO
1)	Moctezuma *	6.5	o NW47 SE	SW
2)	San Miguel	9.5	o NW50 SE	NE
3)	San Antonio	5.3	o NW88 SE	SW
4)	Presas 1	1.2	o NW72 SE	SW
5)	Presas 2	3.8	o NW69 SE	SW
6)	Presas 3	1.7	o NW76 SE	SW
7)	Estanzuela	5.0	o NW55 SE	SW
8)	Casay	3.7	o NW35 SE	SW
9)	De Talud *	8.7	o NW43 SE	SW
10)	Puerto El Colero	3.0	o NW35 SE	SW
11)	Tula *	6.9	o NW85 SE	SW
12)	Bothá	2.6	o NW28 SE	SW
13)	Del Arenal	2.8	o NW27 SE	SW
14)	Saucillo *	2.3	o NW38 SE	SW
15)	El Alamo	2.5	o NE80 SW	SE
16)	Aljibes	3.6	E-W	S

Tabla 4.1. Fallas Normales (* denominadas por Rodríguez-Urbina)

FALLA MOCTEZUMA

Se localiza en el límite norte del área, tiene una longitud cartografiada de 6.5 km con rumbo noroeste 47° sudeste, con su bloque de techo situado al sudoeste; limita al bloque alóctono de Xajhá en su porción occidental; fuera del área (al norte), su rumbo cambia notoriamente hacia el occidente hasta ser casi este-oeste, dislocando a la Cabalgadura El Doctor; se estima un salto mayor a 500 m (secciones 1-1' y 2-2').

FALLA SAN MIGUEL

Ubicada 2 km al sudoeste de Zimapan; se cartografió dentro del área a lo largo de 9 km con una orientación noroeste 50° sudeste, con su bloque de techo situado al noreste y un salto de aproximadamente 270 m (secciones 2-2' y 4-4'); disloca solamente a la secuencia sedimentaria mesozoica; como ya se mencionó en el capítulo anterior, la Formación El Morro se acumuló en el bloque de techo de un sistema de pilares y cuencas, al cual pertenece la Falla San Miguel.

FALLA SAN ANTONIO

Localizada al noroeste del Cerro San Antonio, sobre el Río Moctezuma tiene un rumbo noroeste 88° sudeste, con una longitud aproximada de 5.5 km, su bloque de techo al sur y un salto de 280 m aproximadamente (sección 1-1'); disloca solamente a la Formación El Doctor.

FALLA ESTANZUELA

Se localiza al noreste del poblado de Estanzuela y del Cerro Cuesta Blanca; tiene una longitud cartografiada de 5 km con rumbo noroeste 55° sudeste, con bloque de techo situado al sudoeste y un salto aproximado de 500 m; disloca a la Cabalgadura El Doctor al sudoeste del Cerro Daxi (sección 4-4'); esta falla afecta aun a las rocas de la Tercera Unidad Volcánica; la longitud de esta falla podría ser mayor, extendiéndose hacia el occidente, dada la presencia de cuerpos intrusivos con la misma orientación, los cuales podrían estar emplazados en superficies de debilidad asociados a esta falla.

FALLA DE TALUD

Se ubica 5 km al norte del Cañón del Infiernillo; su longitud es de 8.7 km con rumbo promedio de noroeste 43° sudeste en

su tramo norte, el cual cambia a un rumbo promedio noroeste 250 sudeste en su parte sur; bloque de techo situado al sudoeste, con un salto aproximado de 350 m; afecta a las formaciones El Doctor, Soyatal-Mexcala y a la Primera Unidad Volcánica; disloca a la Cabalgadura El Doctor, en el Río Moctezuma, relación que puede observarse en el Arroyo Las Tuzas (secciones 2-2' y 3-3').

FALLA TULA

Se localiza en la confluencia de los ríos San Juan y Tula, en donde ambos son colineales, cerca del área de la boquilla del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán; su longitud cartografiada es de 6.9 km. con rumbo promedio de noroeste 85° sudeste; situado el bloque de techo al sur; el plano de falla tiene una inclinación variable entre 38° y 55°; es una falla de tijera; Rodríguez-Urbina (op. cit.) calcula un salto mayor a 630 m en el Cañón del Infiernillo, salto que se reduce notablemente hacia el poniente, como puede inferirse del mapa. La Falla Tula afecta a toda la secuencia sedimentaria mesozoica, así como a las unidades volcánicas cenozoicas, excluyendo a la Formación Tarango; disloca al plano de la Cabalgadura El Doctor, en el Cañón del Infiernillo, como puede observarse en la sección 3-3'. Suter et al. (1990) consideran que la estructura es activa a diferencia de los estudios relativos al Proyecto Hidroeléctrico Zimapán.

La Falla Tula puede extenderse cuando menos 7.5 km hacia el poniente, hasta el límite del Área. Esta inferencia surge de los siguientes elementos:

- Aproximadamente a la misma latitud se interrumpen hacia el sur los afloramientos de la secuencia Soyatal-Mexcala.

- A partir de dicha interrupción se reconoció una unidad conglomerática, similar a una bajada; la cual se acumuló como abanicos aluviales.

- Los derrames que constituyen la Mesa de León presentan una pendiente mayor hacia el sur que hacia el norte de la traza que aquí se bosqueja; esta pendiente mas acentuada puede expresar la continuación del escarpe de la Falla Tula.

Asociado a la Falla Tula, se observa un sistema secundario de fallas normales, representado por las fallas Bothá, Del Arenal y Saucillo; se localizan al oriente del Cañón del Infiernillo, con una longitud promedio de 2.5 km y un rumbo noroeste 32° sudeste; los bloques de techo están situados al sudoeste; los planos de falla tienen una inclinación promedio de 60°; estas fallas afectan a las tres primeras unidades volcánicas (sección 4-4').

FALLAS EL ALAMO Y ALJIBES

Se localizan en el extremo sudoeste del área; sus longitudes respectivas son de 2.5 y 3.6 km, con rumbo general este-oeste, su bloque de techo se sitúa al sur; estas fallas pueden considerarse como la misma estructura, pues son colineales. Son las únicas fallas dentro del área que afectan inclusive a las rocas de la Formación Tarango.

Algunas fallas normales, además de su desplazamiento principal, presentan un desplazamiento lateral izquierdo, como se observó en la Falla Presas 2.

ESTRUCTURAS IGNEAS

De la superficie cartografiada, aproximadamente el 60 % está cubierto por afloramientos de rocas ígneas. Sobresale por sus dimensiones la Mesa de León formada por un conjunto de derrames lávicos con algunas intercalaciones de flujos piroclásticos.

TRONCO DE TOLIMAN

Aflora en el Río Tolimán; se encuentra emplazado en la secuencia Soyatal-Mexcala, tiene una traza burdamente circular y un diámetro aproximado de 800 m. Se trata de una monzonita, de la cual González-Caver y Martínez-Jaime (op. cit.) obtuvieron una isocrona Rb/Sr de 62.62 m.a.

DIQUES Y TRONCOS DE BOTHINA

La secuencia mesozoica, principalmente la secuencia Soyatal-Mexcala, está cortada por diques de composición silícica e intermedia; Simons y Mapes (op. cit.) cartografiaron en la región de Zimapán 71 diques dioríticos con un rumbo preferencial noroeste 65° sudeste. En el presente trabajo se reconocieron numerosos diques, localizados al noreste del área, varían en espesor de 50 cm a 2 m y tienen una orientación semejante a la reconocida por Simons y Mapes (op. cit.).

Además se reconocieron y cartografiaron algunos cuerpos intrusivos similares a troncos y diques de composición silícica con bordes vítreos por enfriamiento en las cercanías de Bothiná; algunos de los diques son aproximadamente colineales con la Falla Estanzuela (tienen un rumbo sudeste 74° noroeste), emplazados tal vez en superficies asociadas a esta última estructura.

CUESTAS EN ROCAS VOLCANICAS FELSICAS

Las tres unidades tabulares piroclásticas e ignimbríticas terciarias definen cuestras por lo general inclinadas hacia el noreste. En el área de Cuesta Blanca - Sijai (Yetaí) las cuestras tienen inclinaciones entre 5° y 26° ; en tanto que en Aguas Blancas, se observan inclinaciones mayores a 45° . Al oriente de Rancho Nuevo, el bloque caído de la Falla Tula tiene inclinaciones mayores hacia el este, aumenta de 18° a más de 40° ; este hecho es consistente con el carácter de tijera que se interpreta para la falla.

DOMO SAN ANTONIO

Cuerpo vítreo con una forma burdamente elíptica en sentido este-oeste emplazado entre la segunda unidad volcánica, se localiza en la porción central del sector septentrional, presenta estructura fluidal; esta limitado hacia el noreste por la Falla Moctezuma.

DERRAMES BASALTICOS

Los basaltos expuestos en el área se encuentran sin dislocar y conforman derrames más o menos extensos como los de Mesa de León. Esta mesa tiene un espesor de más de 400 m; el Cerro Chinfi es el punto de emisión de los derrames que constituyen esta mesa; los derrames fluyeron en sentido norte-sur, con una pendiente de 3° hacia el norte; en su extremo sur, la pendiente cambia a 14° hacia el sur, lo que expresa la topografía preexistente.

En el extremo suroriental del área se observan derrames aislados, que fluyeron hacia el sur, cuyo centro de emisión se localiza al sur de Aguas Blancas.

Entre los derrames de basalto se tienen intercalaciones de piroclastos, como los que se observan en Mesa de León y en Pontitih.

V. MECANISMO Y CRONOLOGIA DE LA DEFORMACION

Las estructuras observadas en el área se pueden explicar con base en tres fases tectónicas de deformación principales: Primero una compresiva y posteriormente dos distensivas.

La fase compresiva se expresa en las cabalgaduras y en los pliegues secundarios de la secuencia sedimentaria mesozoica; de acuerdo a los rumbos preferenciales, tanto de los estratos, como de las trazas de las cabalgaduras y de la vergencia de las estructuras, se puede inferir que los esfuerzos actuaron desde el sudoeste hacia el noreste.

La Cabalgadura El Doctor se originó como una rampa tectónica, asociada posiblemente a una estructura duplex (Mitra, 1986). si analizamos el modelo propuesto por Boyer y Elliot (1982), observamos que en la etapa inicial los esfuerzos compresivos tienden a formar superficies de debilidad, que son aprovechados en etapas posteriores para formar planos de falla (rampas) sobre las cuales se van a deslizar los paquetes de roca. Estos paquetes se pliegan durante su desplazamiento a lo largo de la rampa, al llegar a la cima, sufren una flexión y forman un anticlinal. Este mecanismo provoca un acortamiento en el sentido del desplazamiento y el aumento del espesor estructural de la secuencia afectada, lo que contribuye a la formación del relieve. En la rampa de la Cabalgadura El Doctor, las rocas de la Formación Soyatal-Mexcala sirven como plano de deslizamiento a las rocas de la Formación El Doctor.

De acuerdo a Carrillo y Suter (1982), el máximo acortamiento ocurrió en los bordes de las plataformas calcáreas del Albiano-Cenomaniano; y que la deformación fué favorecida por el contraste en el comportamiento mecánico de las secuencias involucradas: la unidad más rígida de la Formación El Doctor se encuentra entre dos unidades plásticas, abajo la secuencia Santuario y arriba la unidad Soyatal-Mexcala.

Se puede fechar la fase compresiva con base en las unidades involucradas; si consideramos la relación de superposición tectónica del Alóctono El Picacho sobre la Formación El Morro (considerada la unidad más joven involucrada en la deformación), de edad aproximada correspondiente al Paleoceno. Así, la edad de la deformación por compresión en la región es posterior a la acumulación clástica continental (Formación El Morro) y puede corresponder al Paleoceno.

Esta fase compresiva corresponde a la Orogenia Laramide; a la cual De Cserna (1956) considera del Eoceno. Suter (1984) fecha

esta deformación como del Maestrichtiano Tardío-Paleoceno Temprano con base en la edad de la unidad más joven involucrada en la deformación y con el fechamiento por K/Ar de un intrusivo post-orogénico de 62.2 m.a.

La actividad orogénica finicretácica-paleógena se atribuye a la dinámica del margen convergente desarrollado entre las placas Norteamericana y Farallón: La máxima deformación ocurrió con el cambio en el sentido de la convergencia de oblicua a frontal (Coney, 1976).

La deformación fue más temprana en la porción occidental del país y más tardía en la oriental.

La primera etapa distensiva reconocida en el área, de sentido noreste-sudoeste, es penecontemporánea al depósito de la Formación El Morro; la cual se acumuló en el marco de un sistema de pilares y cuencas definido por estructuras como las fallas San Miguel y Casay.

El periodo distensivo se extendió todavía hasta la acumulación de la primera y segunda unidad volcánica por lo menos, pero con algunos intervalos de inactividad como puede observarse en las acumulaciones de estas.

Contemporáneamente a esta fase distensiva, se emplazaron los cuerpos intrusivos y diques en la secuencia del Cretácico Superior; estas estructuras presentan la misma orientación que las fallas normales (noroeste-sudeste); en el caso de la Falla Estanzuela, el intrusivo parece representar su continuación hacia el noroeste, o que se emplazó en una superficie de ruptura asociada al sistema de fallas.

El vulcanismo de edad Oligoceno-Mioceno representa las últimas manifestaciones de la subducción de la Placa Farallón bajo la Placa Norteamericana; el cese del vulcanismo silícico se asocia a la reorganización del antiguo límite convergente, ya que al colisionar la dorsal del Pacífico con la Placa Norteamericana se desarrolló un límite transcurrente (Atwater, 1970).

Una segunda fase distensiva en el Plioceno-Pleistoceno provocó la dislocación de la región, en forma de bloques tectónicos de acuerdo a fallas normales con orientación general este-oeste, como las localizadas en el extremo suroccidental del área; esta distensión en sentido norte-sur, produjo la desarticulación del drenaje, propició la acumulación de la Formación Tarango y el desarrollo de vulcanismo basáltico.

VI. EVOLUCION GEOLOGICA

El área se encuentra aproximadamente en el límite entre los dominios Cordillerano y Mesogeano, expuestos al occidente y al oriente respectivamente. El primero asociado a una margen convergente y expresado en el área de Toluacán, Gro. por la secuencia volcánoclastica metamorfoseada de la Formación San Juan de la Rosa y su cubierta clástica y calcárea de la Formación Peña Azul (Chauve et al, 1985). En tanto que el Dominio Mesogeano, de margen pasiva, está expresado por un basamento de afinidad grenvilliana: Gneis Huiznopala; su cobertura pérmica: Formación Guacamaya y las unidades triásico-jurásicas asociadas a un posible aulacógeno: Huizachal (continental), Huayacocotla (marino) y Cahuacas (continental); y por la secuencia transgresiva jurásica-cretácica de las formaciones Tepexic, Tamán, Pimienta, Tamaulipas, Agua Nueva, San Felipe y Méndez, como se observa en el área de Huayacocotla, Ver. - Pemuxco, Hgo.

El caracter dual del registro geológico mesozoico que aquí se menciona: Un dominio occidental de arco volcánico (Dominio Cordillerano) y un dominio de margen pasiva en el oriente (Dominio Mesogeano); ha sido reconocido en regiones septentrionales del país (entre otros: Eguiluz, 1985; Fac. de Ing. UNAM, 1988 y Winker y Buffler, 1988).

EVOLUCION GEOLOGICA JURASICO TARDIO-RECIENTE

Aunque el registro geológico del Área inicia en el Albiano-Cenomaniano; se bosqueja la evolución a partir del Jurásico Tardío con base en información previa; principalmente tomada de Chauve et al. (1985) y de la Fac. de Ing. UNAM (1989); de esta última proceden las reconstrucciones paleogeográficas que se muestran adelante. En este capítulo, la evolución cenozoica se presenta en forma sintética, se tratará con mayor detalle en el capítulo VII Geomorfología.

JURASICO TARDIO

En el Jurásico Tardío, el panorama geológico de la región era el siguiente: En el occidente se acumulaba la parte alta de la secuencia Chilar con influencia volcánica en una cuenca de trasarco. En el marco de la Fase Nevadiana que metamorfoseó la secuencia volcánoclastica con intercalaciones volcánicas. Posteriormente este sector occidental emergió y estuvo sujeto a ero-

sión fluvial durante el Berriasiano-Hauteriviano.

Por otro lado, en el oriente, durante el Jurásico Tardío se acumuló una secuencia terrígena con influencia volcánica (Formación Las Trancas) como se observa en la Pechuga, Hgo. (Fac. de Ing. UNAM, 1989). En tanto que, más al oriente la sedimentación calcárea ocurrió en condiciones de poca oxigenación y con abundante aporte de terrígenos. Como se puede observar en la fig. 6.1, para el área de la presente investigación, se infiere un ambiente de sedimentación de plataforma clástica.

NEOCOMIANO-APTIANO

Durante el Neocomiano, la sedimentación en el dominio oriental fué continua, sin discordancia aparente entre las secuencias terrígena de la F. Las Trancas y calcárea arcillosa de la F. Santuario; la batimetría de la cuenca no era muy profunda, si tomamos en cuenta que en el Cerro Venú (aproximadamente a 6 km al sur Ixmiquilpan, Hgo.), la Formación Santuario presenta abundantes huellas de bioturbación (Fac de Ing. UNAM, 1984); sin embargo, la sedimentación ocurría en el marco de una transgresión; más al oriente se acumulaban las rocas calcáreo-arcillosas de la Formación Pimienta y las calcáreas de la Formación Tamaulipas. De tal forma, la región occidental -donde había emergido la secuencia de trasarco metamorfoseada a finales del Jurásico Tardío- fué cubierta paulatinamente por el mar mesogeano. Así se acumularon, primero una secuencia de lechos rojos y después rocas calcáreas a partir del Barremiano?

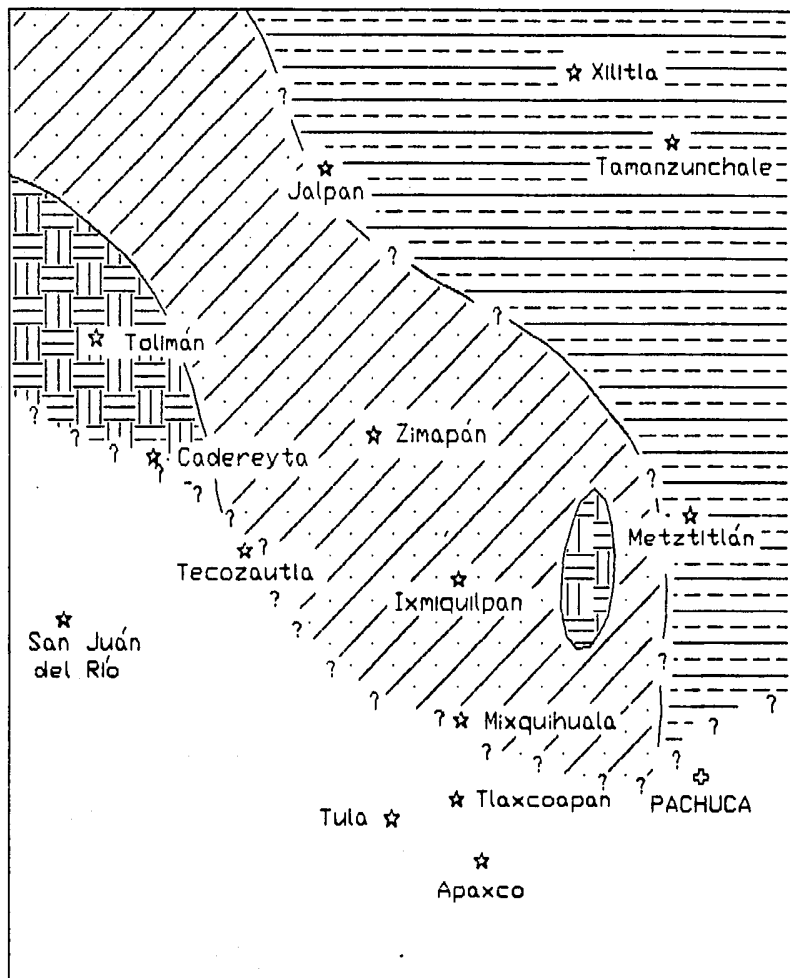
Los patrones sedimentológicos bosquejados continuaron aparentemente en ambas regiones durante el Aptiano. Se infiere que durante este lapso en el área se acumulaba una secuencia de plataforma abierta. La fig. 6.2 muestra la paleogeografía inferida para el Barremiano.

ALBIANO-CENOMANIANO

Para el Albiano la sedimentación calcárea, ya instaurada al poniente desde el Barremiano; se estableció en el área y continuó hasta el Cenomaniano, con las siguientes características:




Se desarrolló una plataforma calcárea (Banco El Doctor), cuyos límites oriental y occidental no se conocen con precisión. En las secciones estructurales que se presentan, se interpretó el posible cambio de facies en subsuelo; sin embargo, es factible de que el borde arrecifal haya correspondido con el frente estructural y que posteriormente haya sido destruido por la erosión remontante.

La sedimentación calcárea fue de aguas relativamente profun-



RECONSTRUCCION NO PALINSPASTICA

0 10 20 30 40 km

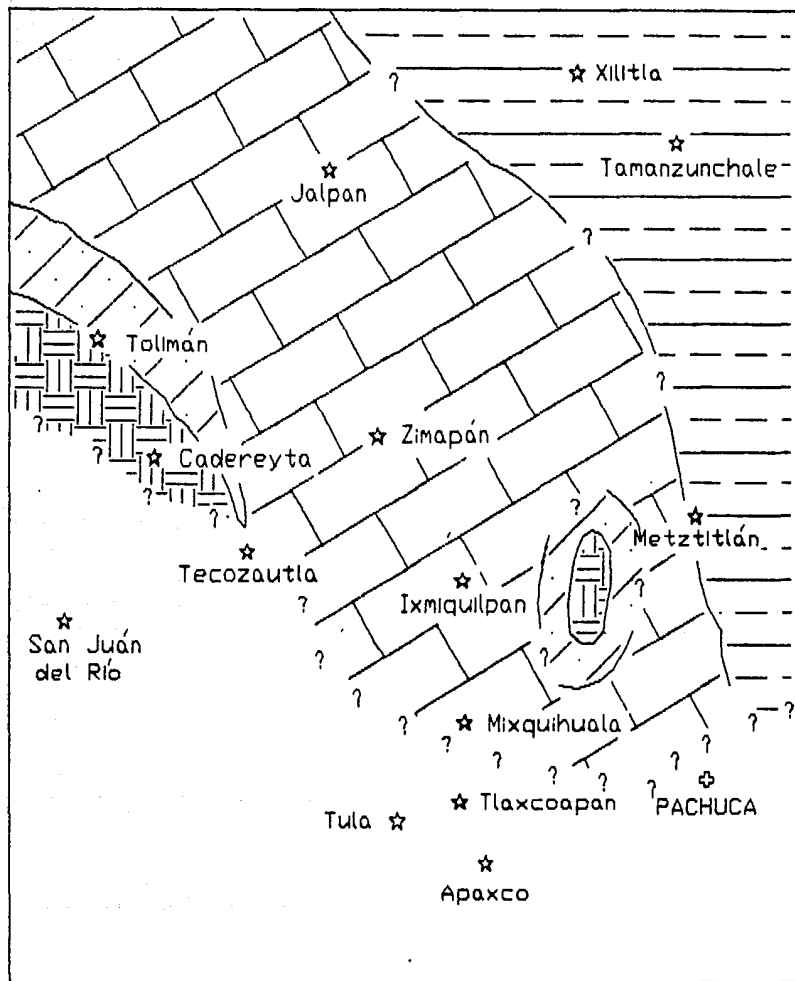
- Tierra emergida 
- Plataforma clástica 
- Cuenca euxínica 

FACULTAD DE INGENIERIA CLAUDIA CRISTINA MENDOZA ROSALES

UNAM Tesis Profesional

PALEOGEOGRAFIA DEL JURASICO TARDIO

Enero, 1990 FIG. 6.1 ESC. 1:1 000 000



RECONSTRUCCION NO PALINSPASTICA

0 10 20 30 40 km

Plataforma abierta



' Cuenca '



Plataforma clástica



Tierra emergida



**FACULTAD DE
INGENIERIA**

**CLAUDIA CRISTINA
MENDOZA ROSALES**

U N A M

Trabajo Profesional

PALEOGEOGRAFIA DEL BARREMIANO

Enero, 1990

FIG. 6.2

ESC. 1:1 000 000

das. El marco sedimentológico regional del Albiano-Cenomaniano se completa con la acumulación de turbiditas calcáreas, brechas intraformacionales y bandas de pedernal; secuencia calcárea de "cuenca", acumulada en un canal paleogeográfico entre las plataformas El Doctor (expuesta en el área) y de Actopan (continuación meridional de la Plataforma Valles-San Luis); en esta última las facies prearrecifales, arrecifales y postarrecifales, están mejor definidas (Fac. Ing. UNAM, 1984).

En la fig. 6.3. se incluyen las trazas de las cabalgaduras laramídicas, las cuales delimitan los afloramientos de las secuencias calcáreas, para resaltar la incertidumbre de la reconstrucción paleogeográfica del Albiano-Cenomaniano.

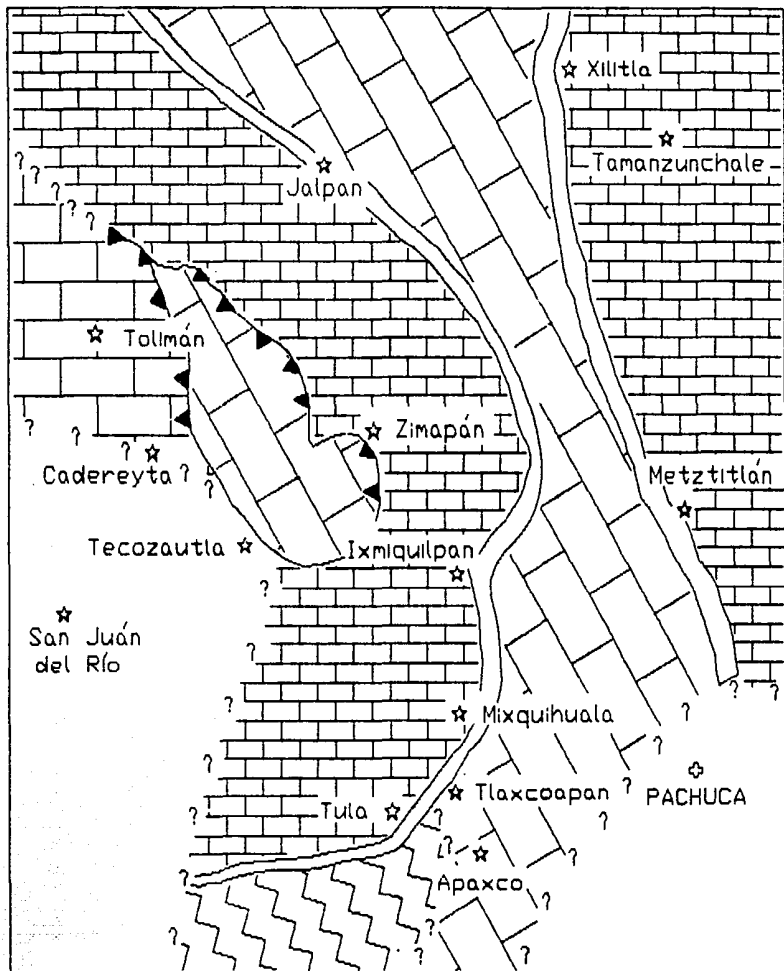
TURONIANO-SENONIANO

El régimen sedimentológico de la región cambió a partir del Turoniano: La sedimentación calcárea se tornó calcáreo-arcillosa y rápidamente pasó a clástica de carácter turbidítico. Este cambio ocurrió en el marco de una subsidencia rápida en el área; en tanto que, hacia el poniente de la región, las secuencias de arco mas alejadas, emergieron y fueron denudadas vigorosamente. Los detritos de tal proceso erosivo se incorporaron a la cuenca, entonces turbidítica. Así, se acumularon las formaciones Soyatal y Mexcala; la primera de carácter calcáreo-arcilloso y flysch, la segunda.






El panorama paleogeográfico regional del Turoniano, incluía desarrollos arrecifales, como el de Apaxco de Ocampo (Fac. de Ing. UNAM, 1984). Estas edificaciones arrecifales pudieron aportar los bloques alóctonos identificados en la secuencia turbidítica de la Formación Mexcala; no se descarta la posibilidad de un probable desarrollo arrecifal Turoniano aún no reconocido, o totalmente erosionado, hacia el occidente. La fig. 6.4 muestra la concepción paleogeográfica idealizada para el Turoniano.

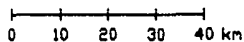
CAMPANIANO-PALEOGENO

Después de la acumulación turbidítica de la Formación Mexcala ocurrió una fase compresiva de deformación; la cual produjo pliegues y cabalgaduras; esta etapa orogénica conocida como Orogenia Laramide, yuxtapuso, al occidente a la secuencia San Juan de la Rosa y a su cubierta (formaciones Peña Azul y Soyatal-Mexcala), sobre la secuencia Doctor-Soyatal-Mexcala, mediante la Cabalgadura Higuierillas (Carrillo y Suter, 1982), mientras que, en el área, al paquete calcáreo de la Formación El Doctor sobre las unidades Soyatal-Mexcala, mediante la Cabalgadura El Doctor. La orogenia tuvo lugar en el Paleógeno (Paleoceno-Eoceno?); sus últimas fases compresivas sucedieron después de las primeras manifestaciones andesíticas e involucraron a las rocas conglomeráticas de El Morro.

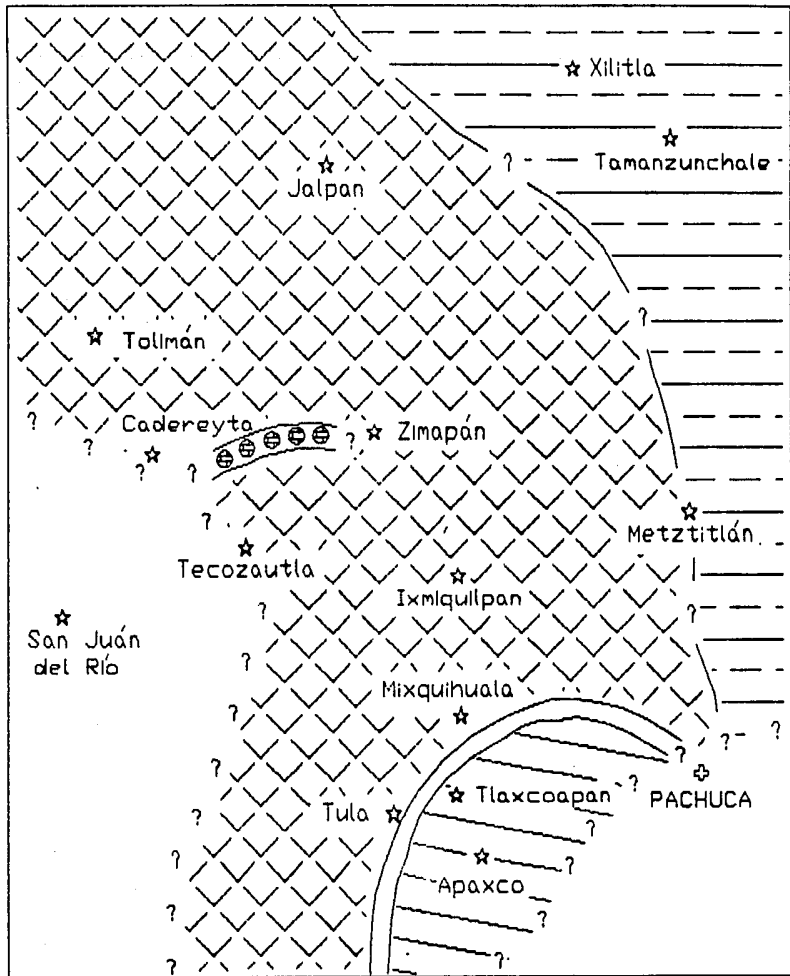


RECONSTRUCCION NO PALINSPASTICA

- Borde arrecifal 
- Plataforma calcárea evaporítica 
- Plataforma abierta 
- ' Cuenca ' 
- Traza de cabalgadura laramiática 

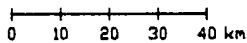


FACULTAD DE INGENIERIA	CLAUDIA CRISTINA MENDOZA ROSALES
U N A M	Tesis Profesional
PALEOGEOGRAFIA DEL ALBIANO-CENOMANIANO	
Enero, 1990	Fig. 6.3 ESC. 1:1 000 000



RECONSTRUCCION NO PALINSPASTICA

- Borde arrecifal
- Plataforma calcárea
- 'Cuenca'
- Cuenca turbidítica
- Distalitos



FACULTAD DE INGENIERIA	CLAUDIA CRISTINA MENDOZA ROSALES
U N A M	<i>Tesis Profesional</i>
PALEOCEOGRAFIA DEL TURONIANO	
Enero, 1990	Fig. 6.4
ESC. 1:1 000 000	

NEOGENO

En el Mioceno, la región fué el escenario de actividad volcánica de caracter silícica, similar a la que ocurría en ese tiempo en el oeste del país; en donde se emplazó la acumulación de ignimbritas y de rocas afines de la Sierra Madre Occidental. En este lapso de actividad magmática se desarrolló en el área, una extensa cubierta volcánica que incluye entre otras, estructuras dómicas.

Hacia el Plioceno-Pleistoceno la región fue dislocada por fallas normales; en los bloques bajos, se acumularon detritos productos de la denudación de las unidades expuestas a erosión y volcanoclásticos generados por la actividad volcánica contemporánea; así se conformaron los depósitos de la Formación Tarango; las intercalaciones de derrames lávicos y conglomerados que presenta constituyen rellenos de antiguos cauces fluviales.

CUATERNARIO

Durante el Cuaternario se desarrollaron diversos tipos de acumulaciones recientes, en un clima tal vez árido.

V I I . G E O M O R F O L O G I A

La configuración actual del relieve terrestre es el resultado de la interacción de procesos diferentes: uno externo o destructivo y uno interno o constructivo, mediante los cuales podemos estudiar la evolución geodinámica de la corteza terrestre.

En el área de estudio los procesos endógenos se manifiestan en las actividades volcánica y tectónica que han ocurrido en la región; mismas que crearon formas positivas; los procesos exógenos se caracterizan por su tendencia a nivelar el relieve, desgastando las masas rocosas y rellenando las partes topográficas bajas con sedimentos recientes por medio de los agentes de intemperismo y erosión.

Los rasgos geomorfológicos más notables de la zona son: Montañas calcáreas, Lomerios y Cañadas, Mesas Conglomeráticas, Estructuras volcánicas, Mesas volcánicas, Cuestas, Diques, Planicies diluviales, Terrazas aluviales y Escarpes de falla; en la figura 7.1 se muestra la distribución de tales rasgos. De acuerdo a su origen y con fines descriptivos, los rasgos geomorfológicos se agruparon en los siguientes tipos de relieve:

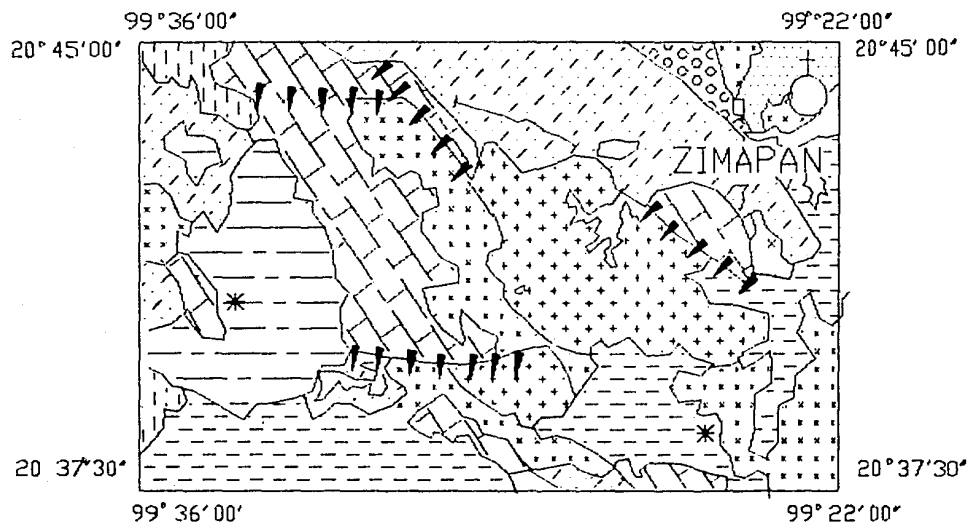
RELIEVE DE ROCAS SEDIMENTARIAS

El relieve de rocas sedimentarias se observa principalmente en una franja septentrional que se extiende a todo lo largo del área. La expresión morfológica de las unidades sedimentarias es contrastada, característica que ayuda a su identificación; de tal forma es posible diferenciar los siguientes rasgos:

MONTANAS CALCAREAS

Se localizan en la porción central del área. Estan labradas en las rocas de la Formación El Doctor y los bloques calcáreos turonianos. Se caracterizan por el desarrollo de laderas abruptas con interfluvios redondeados; con cañadas y cañones profundos con patrón de drenaje angular poco denso, su expresión morfológica contrasta notablemente con las formas de relieve adyacentes; tanto con los Lomerios y cañadas, como con el Relieve Volcánico, con el cual tiene límites rectilíneos nítidos, como se observa en la confluencia de los ríos San Juan y Moctezuma.

El Río Moctezuma diseña la mayor unidad de las montañas calcáreas, ubicadas en la mitad occidental del área; el profundo y angosto valle que ha labrado el Moctezuma, es asimétrico, con



ESCARPES DE FALLA

CENTRO DE EMISION *

DIQUE

MONTAÑAS CALCAREAS

ESTRUCTURAS VOLCANICAS

MESAS LAVICAS

TERRAZAS ALUVIALES, ALUVION

LOMERIOS Y CAÑADAS

PLANICIES DILUVIALES

CUESTAS

MESA CONGLOMERATICA

BAJADAS

PLANICIES DISECADAS

FACULTAD DE INGENIERIA

CLAUDIA CRISTINA NENDOZA ROSALES

U N A M

Tesis Profesional

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Enero, 1990

Fig. 7.1

ESC. 1:180 000

la margen izquierda más escarpada como se puede observar en los perfiles topográficos de las secciones estructurales.

Las montañas calcáreas expuestas a lo largo del Río Tula tienen una morfología de sierras homoclinales con inclinaciones hacia el norte-noreste.

LOMERIOS Y CANADAS

Este relieve está labrado en las secuencias arcillo-arenosas y calcáreo-arcillosas de la Formación Soyatal-Mexcala; sus características más conspicuas son un patrón de drenaje con gran densidad y sus interfluvios angulosos. Las corrientes principales, comúnmente forman valles amplios sobre este tipo de litología en contraste con áreas de afloramientos de calizas, en donde labran cañones angostos y profundos; podemos observar esta relación en el Río San Juan, el cual forma un valle relativamente amplio en los afloramientos de la unidad Soyatal-Mexcala en el área de Rancho Nuevo; en tanto que, en su confluencia con el Río Tula, se estrecha en las calizas de la Formación El Doctor para formar el Cañón del Infiernillo.

Inmersos en esta unidad, se observan unidades aisladas de montañas calcáreas, las cuales corresponden a los bloques alóctonos turonianos.

MESAS CONGLOMERATICAS

Están formadas por conglomerados muy cementados por carbonatos acumulados sobre rocas arcillo-arenosas; de modo que, la erosión diferencial de tales unidades sedimentarias ha desarrollado su morfología.

RELIEVE DE ROCAS IGNEAS

Presentan rasgos geomorfológicos importantes, ya que forman mesas y cerros abruptos cuyo conjunto se distribuye en la porción meridional del área de estudio. El relieve de rocas ígneas se sobrepone al labrado en la secuencia sedimentaria.

ESTRUCTURAS VOLCANICAS

Bajo esta denominación se incluyen aparatos volcánicos parcialmente desmantelados por la erosión, tal como se observa en el cerro Chínfi en Mesa de León, el cual tiene una forma circular y laderas abruptas. Las formas topográficas de mayor altura (hasta 2 360 m) están formadas por ignimbritas que constituyen una sierra alargada con una orientación noroeste-sudeste, caracterizada por el desarrollo de formas abruptas poco disecadas, como

puede observarse en el Cerro Las Piletas; no expresan una estructura volcánica definida.

MESAS VOLCANICAS

Son los rasgos topográficos más sobresalientes del Área, destacan las mesas de León y Santa Inés; las cuales están formadas por derrames basálticos, en posición horizontal, sobrepuestos a las acumulaciones fluvio-lacustres que bordeaban al relieve de rocas sedimentarias; los basaltos fluyeron siguiendo el antiguo cauce del Río Moctezuma y se acumularon en su valle. Este relleno de basaltos posteriormente fue disecado por corrientes fluviales hasta adquirir su configuración actual.

CUESTAS

Las unidades tabulares de rocas volcánicas félsicas se encuentran inclinadas conforme a sierras homoclinales con inclinación hacia el noreste hasta de 45°, como se aprecia en Aguas Blancas, en Bothà y al sur de Cuesta Blanca.

DIQUES

Las rocas intrusivas del Área están conformadas en su mayoría por cuerpos tabulares, los cuales no tienen una expresión morfológica clara, debido a sus dimensiones. Los diques ubicados en la porción septentrional del Área, en Bothiñá y Cerro Cuesta Blanca, son los únicos con morfología distintiva; son cerros alargados de forma irregular, con pendientes fuertes y bordes angulosos.

RELIEVE ACUMULATIVO

Este tipo de relieve se observa principalmente en una franja dispuesta en sentido sudoeste-noreste. El relieve acumulativo ocupa pequeñas áreas con superficies casi planas. Los depósitos de talud se encuentran únicamente bordeando cerros altos o al pie de los escarpes y los materiales aluviales se localizan en los lechos de los arroyos y de los ríos.

PLANICIES DILUVIALES

Al sudoeste de Zimapán, al pie de las montañas calcáreas del Cerro Daxí, se encuentra una unidad diluvial que atestigüa un nivel de acumulación antiguo; hacia el Área de San Antonio, se observan desarrollos petrocálcicos, al igual que en las cercanías

TERRAZAS ALUVIALES Y ALUVIONES

Al sur de Zimapan se observan terrazas y cintas fluviales que no fueron separadas cartográficamente. En aquellos tramos en que los ríos Tolimán, Moctezuma y Tula cortan a la secuencia Soyatal-Mexcala, se han desarrollado cintas aluviales, algunos abanicos aluviales y depósitos de talud.

RELIEVE TECTONICO

Aunque en la región se reconocieron estructuras compresivas del tipo de las cabalgaduras; estas no son evidentes en la morfología del área; únicamente se identificó un tipo de relieve tectónico:

ESCARPES DE FALLA

Corresponden a una familia de fallas del Neógeno, de rumbo general este-oeste; mismas que, han modificado sustancialmente al relieve de la región. La dislocación de la Falla Tula provocó que se labrara el angosto Cañón del Infiernillo en el Río Moctezuma, al ser cerrado su cauce original por los derrames basálticos de las Mesas Volcánicas. La superficie de falla se caracteriza por presentar facetas triangulares.

Los escarpes se desarrollaron tanto en las rocas calcáreas mesozoicas como en las rocas tabulares silíceas y en los derrames cenozoicos. También como consecuencia del fallamiento normal, se desarrollaron en la secuencia volcánica, cuevas con orientación noroeste-sudeste y con pendiente al noreste.

EVOLUCION GEOMORFOLOGICA CENOZOICA

Se bosqueja la evolución geomorfológica cenozoica a partir de la incorporación del área a un ámbito continental; la evolución mesozoica se comentó en el capítulo de evolución geológica.

Las últimas fases compresivas de la Orogenia Laramide, como ya se demostró, ocurrieron en el área, después de las primeras acumulaciones conglomeráticas continentales (Formación El Morro), y de las primeras manifestaciones volcánicas; las unidades, probablemente tienen una edad paleocena. Sobre las primeras unidades continentales se deslizan las calizas mesozoicas; el magmatismo

andesítico ocurrió hasta el Eoceno. En el Paleógeno temprano, la región era un área continental con un relieve contrastado modelado conforme a fallas normales de orientación sudeste-noroeste, que la dislocaron y propiciaron el desarrollo de abanicos aluviales, y actividad volcánica andesítica.

Posteriormente, hacia el Oligoceno, la región fué escenario de actividad volcánica silícica que edificó estructuras muy probablemente del tipo de las calderas, las cuales no fueron identificadas en particular. Después de la actividad silícica, posiblemente hacia finales del Mioceno, el relieve regional fué alterado una vez más por la dislocación conforme a fallas normales con rumbo sudeste-noroeste, con bloque bajo al sudoeste, que afectaron a la secuencia mesozoica y a la cubierta volcánica; esta dislocación generó cuestras con rumbos similares a los propios de las estructuras laramídicas. La red hidrográfica impresa en aquel relieve, vigente hasta el Plioceno, no se puede reconstruir en su totalidad; sin embargo, se reconoció uno de los cauces principales, que fluía de sur a norte en el área de la Mesa de León; también se identificó un antiguo afluente del Río Moctezuma, al este de Sijai (Yetal).

El relieve y la red hidrográfica pliocénicos, fueron modificados por actividad volcánica desarrollada en una fase distensiva de sentido norte-sur que se expresa también en las fallas normales de rumbo general este-oeste, con bloque bajo hacia el sur. La actividad volcánica primero fué de carácter explosivo, sus productos piroclásticos y epiclásticos se acumularon rellenando la topografía preexistente. Después, el vulcanismo fué de tipo básico; los derrames de esta etapa se intercalaron con los depósitos conglomeráticos, y se acumularon en los valles fluviales como el que fué relleno por los basaltos de la Mesa de León, en la cual se identificó un centro de emisión en el Cerro Chinfi, a partir del cual los derrames fluyeron hacia el norte, en el sentido de la antigua corriente fluvial, y hacia el bloque bajo de la Falla Tula. Otro centro de emisión fué reconocido al norte de Pontiú, sus derrames se extienden hacia el sur.

Esta dislocación del Plioceno-Pleistoceno, produjo cuestras paralelas a las fallas; de forma tal, los rumbos de las rocas mesozoicas en el sector septentrional, son muy diferentes a los propios de las estructuras laramídicas.

Al acumularse los primeros derrames en el paleocauce del Moctezuma e iniciar su desplazamiento la Falla Tula, muy probablemente se estableció una laguna que derramaba sus demasías hacia el norte, en un cauce meandriforme, tal vez labrado en un relleno similar a los propios de la Formación Tarango. Después cuando la Falla Tula continuó su actividad, el bloque de piso fué disecado por el Río Moctezuma, conforme ocurría el levantamiento. Así el río adquirió en ese tramo un patrón de drenaje de meandros encajados y el embalse hipotético desapareció. La asimetría de las laderas del río, sugiere que el bloque de piso experimentó una inclinación hacia el noreste durante la dislocación de la Falla Tula. El encajamiento de la red hidrográfica en este blo-

que, después de la acumulación de la Formación Tarango, está atestiguado al oriente de Sijai (Yetai), en una terraza fluvial abandonada, conformada por las rocas de la Formación Tarango. Mientras tanto, en el noreste, se depositaban conglomerados en forma de abanicos aluviales, al pie del Cerro Daxi y en el área que actualmente ocupa Zimapán.

Actualmente se desarrollan cubiertas petrocálcicas, sobre todo en los lomerios conformados por las rocas de la Formación Soyatal-Mexcala y en Mesa de León. Las corrientes principales del área son de carácter erosivo; se observan algunas acumulaciones aluviales aisladas, en Rancho Nuevo y Machotl; también se desarrollan depósitos de talud y abanicos aluviales, al pie de algunos cerros.

VIII. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES ESTRATIGRAFICAS

Las rocas expuestas en el área atestiguan un lapso comprendido entre el Cretácico Inferior (Albiano) y el Reciente.

Se identificó una secuencia sedimentaria marina constituida por las formaciones El Doctor y Soyatal-Mexcala. De las cuales se midió una columna incompleta de 315.0 m; con las siguientes características:

Unidad y descripción	espesor
Formación El Doctor. Calizas packstone con rudistas en estratos medianos a masivos, parcialmente recristalizadas.	156.0 m
Formación Soyatal. Calizas mudstone, calizas arcillosas y limolitas en estratos medianos a gruesos.	48.0 m
Formación Mexcala. Areniscas finas en estratos medianos a gruesos; estratificación gradada, laminaciones paralelas y festoneadas, marcas de corriente, boudinage y secuencia bouma.	111.0 m

Se identificó una secuencia continental compuesta por la Formación El Morro y cuatro unidades volcánicas asociadas a la Provincia de la Sierra Madre Occidental; una principalmente andesítica y tres silíceas.

Se reconocieron cinco miembros de la Formación Tarango.

Depósitos Recientes. Como acumulaciones de caliche, aluviones, terrazas, de talud y abanicos aluviales.

CONCLUSIONES ESTRUCTURALES

Se identificaron bloques calcáreos alóctonos turonianos, sinsedimentarios en la Formación Mexcala.

Se modificó la traza de la Cabalgadura El Doctor; además se reconoció una ventana tectónica de dicha estructura, en el Río Moctezuma.

El acortamiento tectónico calculado para la Cabalgadura El Doctor es de aproximadamente 12 km.

Se identificaron 16 fallas normales con orientación preferencial noroeste-sudeste.

Se cartografiaron diques andesíticos con orientación noroeste-sudeste.

CONCLUSIONES TECTONICAS

Con base en las estructuras del área se reconocieron tres fases tectónicas de deformación:

- a) Una fase compresiva del Paleoceno-Eoceno?; misma que, generó la Cabalgadura El Doctor.
- b) Una primera fase distensiva del Paleógeno Temprano, la cual dislocó a la región conforme a fallas normales noroeste-sudeste.
- c) Por último ocurrió una fase distensiva norte-sur del Plioceno-Pleistoceno, que dislocó el drenaje de la región y propició la acumulación fluvio-lacustre de la Formación Tarango.

CONCLUSIONES GEOMORFOLOGICAS

- a) La región fue modelada conforme a cuestras con orientaciones noroeste-sudeste y oeste-este; dicha deformación afectó a la secuencia pre-Plioceno-Pleistoceno.
- b) Se reconoció el encajamiento local de la red hidrográfica como respuesta a la dislocación Plio-pleistocena.
- c) El Río Moctezuma es una corriente antecedente que migró en el Plioceno-Pleistoceno hacia su actual curso, desde un paleo-cauce sepultado bajo los derrames de Mesa de León.

BIBLIOGRAFIA

- Atwater, T., 1970. Implications of plate tectonics for cenozoic evolution of western North America. *Geol. Soc. Amer. Bull.* v.81, pp.3513-3536.
- Arredondo- D.M., Garza-M.J., González- H.G., González -M.P., L y Rojas- R.R. 1984. "Area Toluimán Gro.". In. "Formación de Montañas y su relación con las áreas Toluimán Gro. y Tehuacán Pue." Proyecto de investigación. ESIA. Inst. Pol. Nal. Inédito pp. 148-286.
- Bohnenberger, T. O., 1955. Bosquejo geológico a lo largo de la carretera Iguala-Chilpancingo, estado de Guerrero, UNAM. Tesis Profesional, inédita, 61 p.
- Bondelos, A., J. 1956. Notas sobre la geología de la Sierra Madre en la sección Zimapán-Tamazunchale: XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F. Excursiones A-14 y C-6, pp. 293-309.
- Boyer, S. E. y Elliott, D. 1982. Thrust Systems. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin.* v. 66, n.9, pp. 1196-1230.
- Bryan, K., 1948. Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos. *Bol. Soc. Geol. Mex.* t 13, pp 1-20.
- Carrillo, B. J., 1971. La Plataforma de Valles - S.L.P.: *Rev. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros*, v.23, nn.1-6, pp. 1-112.
- Carrillo, M. M., 1982. Contribución del estudio geológico del Banco calcáreo de El Doctor: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v.5, n.1, pp. 25-29.
- Carrillo, M. M. y Suter, M., 1982. Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro: Soc. Geol. Mexicana, Libro-guía de la excursión geológica a la región de Zimapán, pp. 1-20.
- Chauve, P, Fourcade E. et Carrillo M. 1985. Les rapports structuraux entre les domaines cordillèrain et Mésogéen dans la partie centrale du Mexique. *C.R. Aca. SC. Paris*, t. 301 série II n.5.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional 1971. Carta Topográfica Tecozautla (F-14-C-68). Secretaría de la Presi-

- dencia. México. Primera edición.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1971. Carta Geológica Tecozautla (F14-C-68) escala 1:50,000. Primera Edición Secretaría de la Presidencia, México.
- Coney, P. J. 1976. Plate tectonics and Laramide Orogeny, New Mexico Geol. Soc. Spec. Publ. v.6, pp. 5-10.
- De Cserna, Z. 1956. Tectonica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey. XX Congreso Geológico Internacional. Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales de México.
- De Paor, D. G. 1988. Balanced Section in Thrust Belts. Part 1: Construction. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. v. 72, n.1, pp. 73-90.
- Dirección General de Geografía 1981. Carta de Climas México esc. 1:1 000 000. Primera Edición.
- Dirección General de Geografía 1981. Carta Fisiográfica, en Atlas Nacional del Medio Físico. Sria. Programación y Presupuesto, Dir. Gral. Geografía, esc. 1:1 000 000.
- Dirección General de Geografía 1983: Carta Pachuca F-14-11 serie Cartas Geológicas 1:250 000 Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, Secretaria de Programación y Presupuesto. Primera edición (Edición experimental automatizada).
- Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, 1981: "Carta Geológica México esc 1:1000 000. Coordinación General de los servicios Nacionales de Estadística Geografía e Informática S.P.P.
- Edwards, J.D. 1955. Studies of Some Early Tertiary Red Conglomerates of Central Mexico: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 264-H, pp. 153-185.
- Eguiluz-De Antuñano, S. 1985. Posibilidades Petroleras en el Mar Mexicano. Revista Ingeniería Petrolera. v.25 n.8 pp. 39-62.
- Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1984. Informe geológico del Prospecto Progreso IGPR 239. Area Zimapán-Pachuca.
- Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1988. Informe geológico Final IGZN 696 Prospecto Ramos. Petróleos Mexicanos. Superintendencia de Operación Geológica. Zona Norte. Inédito.
- Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1989. Informe geológico Final IGZN 704 Prospecto Zimapán. Petróleos Mexicanos. Zona Norte. Inédito.

- Fries, C. Jr., 1962. Resumen de la geología de la hoja Pachuca, Edo. de Hidalgo y México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología.
- González-Arreola, C. y Carrillo-Martínez, M. 1986. Amonitas del Jurásico Superior (Titoniano Superior) y del Cretácico Inferior (Hauteriviano-Barremiano) del área de San Joaquín-Vizarrón, estado de Querétaro. Revista del Inst. de Geol. U.N.A.M., v.6, n.2, pp. 171-177.
- González-Caver, E. L. y Jaimes-Martínez L. M. 1986. Modelo metalotectónico de la mineralización de tungsteno del skarn de plomo-zinc de Zimapán, Hgo., en base a datos isotópicos del Rb/Sr, C y O. Fac. de Ing. UNAM. Tesis profesional.
- J.I.C.A. and M.M.A.J. (Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan) 1981. Report on Geological Survey of the Pachuca Area Central, Mexico. Phases I and II. Consejo de Recursos Minerales, México (Archivo Técnico).
- McDowell, F. y Clabaugh, S., 1981(1984). The igneous history of the Sierra Madre Occidental and its relation to the tectonic evolution of western Mexico. Rev. Inst. de Geol. UNAM. v 5 n 2, pp 186-194.
- Mitra, S. 1986. Duplex Structures and Imbricate Thrust Systems: Geometry, Structural Position, and Hydrocarbon Potential. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. v. 70, n.9, pp. 1087-1112.
- Morán, Z. D. 1984. Geología de la República Mexicana. Facultad de Ingeniería. U.N.A.M. e Inst. Nal. de Geog. e Inf.
- Morán, Z. D. 1986. Breve Revisión sobre la Evolución Tectónica de México. Geofísica Internacional. v.25, n.1, pp. 9-38.
- Najera-Cruz, J.A. 1984: Estudio Geológico de semidetalle de Querétaro e Hidalgo. ESIA. IPN. Tesis Profesional
- Padilla, R. 1986. Post.-Paleozoic tectonics of northeast Mexico and its role on the evolution of the Gulf of Mexico. Geofísica Internacional. Revista de la Unión Geofísica Mexicana.
- Palacios-Nieto, M. 1982. Geología y Geotecnia del proyecto Hidroeléctrico Zimapán, estados de Hidalgo y Querétaro. Soc. Geol. Mexicana, Libro-guía de la excursión geológica a la región de Zimapán, pp. 33-41
- Rodríguez, Urbina, V., 1988. Geología y Geotecnia del Vaso y Boquilla del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, sobre el Río Moctezuma, Edos. de Hgo. y Gro. Fac. de Ing. U.N.A.M. Tesis Profesional Inédita.

- Seegerstrom K., 1961. Geología del Suroeste del Edo. de Hidalgo y del noroeste del Edo. de México: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v.13, nn. 3,4.
- Seegerstrom K., 1962. Geology of South-Central Hidalgo and Northeastern Mexico: U.S. Geol. Survey, Bull., 1104-C., United States Government Printing office, Washington.
- Simons, F. y Mapes, V. E., 1957. Geology and ore deposits of the Zimapán mining district. State of Hidalgo: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 284, 128 pp. Publicado también en español por Inst. Nal. Invest. de Recursos Minerales, Bol. 40 (1957).
- Suter, M., 1984. Cordilleran Deformation Along The Eastern Edge of the Valles-San Luis Potosí Carbonate Platform, Sierra Madre Oriental Fold-Thrust Belt, East-Central Mexico. Geol. Soc. of Am. Bull., v.95, n.12.
- Suter, M., 1987. Structural traverse across the Sierra Madre Oriental Fold-Thrust Belt in East-Central Mexico. Geol. Soc. of Am. Bull., v.98, n.3, pp 249-264.
- Suter, M., Mota, R., Quintero, O. y Johnson, Ch. 1990. Active deformation and state of stress in the continental crust of Mexico. Unión Mexicana para Estudios del Cuaternario. Programa y Resúmenes. 1 Simposio sobre el "Cuaternario".
- Wilson, B. W., Hernández, P. y Meave, T.E., 1955. Un banco calizo del Cretácico en la parte oriental del Edo. de Querétaro: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v.18, n.1, pp. 1-10.
- Winker, Ch. and Buffler, R. 1988. Paleogeographic evolution of early deep-water Gulf of Mexico and margins, Jurassic to Middle Cretaceous (Comanchaeen). The Amer. Assoc. of Petrol Geol. Bull. v 72, n 3.

No. DE PUESTA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPIA	DESCRIPCION MICROSCOPIA	CLASIFICACION		ORIGEN	OBSERVACIONES
						A. FOLIA	B. GRANOS		
No. DE LAMINA	COORDENADAS					A. FOLIA	B. GRANOS	C. PETIJEON	
FICA-6	La Vega	Tarango	Rocas ígneas muy alteradas con aspecto de suelo residual de color rosa.	A. Resa C. Porfídico	B. Cuarzo Feldespatos	20 I.	Toba vítrea		Textura fragmentada, fenocristas en una matriz vítrea.
LB-99-707	LN 99°32'51" LN 20°38'35"	Tpli	Se encuentra en contacto tectónico con un conglomerado volcánico.	D. Plagioclasa Biotita	C. Hierro D. Ouidos de Fe	45 I. 2 I.			
FICA-9-9	A. Prevención	El Doctor	Contacto discordante entre basaltos y calizas. Las calizas se presentan se tienen horizontes arcillosos intercalados. Se observan estilólitos.	A. Gris medio B. Masiva C. Wackestone	A. Bioclastos Golitos C. Espatita	25 I. 2 I. 12 I.	A. Biomicrita B. Wackestone	Cámaras de globiferínidos, valvas de ostrácodos, espículas de equinodermos, tentáculos.	Facies 6 de Wilson.
LB-99-708	LN 99°31'13" LN 20°40'20"			D. Carbonatos	Micrita D. Ouidos de Fe	40 I. 1 I.			
FICA-17	A. Prevención	Soyatal	Alternancia de estratos calcáreos (15-20 cal) y estratos arcillosos (15-60 cal). Ligeraente plegados.	A. Negro B. Laminaciones C. Wackestone	A. Bioclastos B. Micrita Epatita	15 I. 60 I. 5 I.	A. Biomicrita B. Wackestone	Cámaras de globiferínidos.	Facies 4 de Wilson.
LB-99-710	LN 99°31'22" LN 20°39'54"			D. Carbonatos	D. Ouidos de Fe				
FICA-20-8	Rancho Nuevo	Primera Unidad Volcánica.	Roca ígnea muy intracrizada, fracturada en lasas, con abundantes vetillas de calcita.	A. Gris oscuro B. Masiva C. Afanítica	A. Plagioclasa Anfita Biotita Hornblenda Apatita	64 I. 20 I. 1 I. 15 I.	Andesita		Igneo intrusivo. Líticos volcánicos.
LB-99-711	LN 99°30'48" LN 20°39'34"								
FICA-21-9	Cañón del Infernillo	Mescal	Lente arenosa en la secuencia flysch. Estratos plegados, metamorfismo incipiente. Vetillas de calcita.	A. Gris parduzco	B. Cuarzo Líticos Feldespatos C. Espatita	12 I. 15 I. 3 I. 28 I.	C. Braconcha		Facies 2 de Wilson. Cuenco
LB-99-712	LN 99°30'04" LN 20°39'43"				D. Ouidos de Fe	46 I. 2 I.			
FICA-23	Entrinque A. y B. San Juan	Soyatal	Alternancia de estratos calcáreos (10-20 cal) con estratos arcillosos (20-60 cal). Fallamientos de tipo local.	A. Negro C. Wackestone	A. Bioclastos C. Micrita Epatita	15 I. 80 I. 5 I.	A. Biomicrita B. Wackestone	Cámaras de globiferínidos.	Facies 2 de Wilson. Cuenco
LB-99-714	LN 99°30'48" LN 20°39'10"				D. Ouidos de Fe				
FICA-24-8	Cañón de el N. Wackestone	Soyatal	Brecha de falla en la secuencia flysch se observan fragmentos angulosos.	A. Rojo B. Micropliegues C. Arenas finas	C. Braconcha	A. Argilita			Facies 2 de Wilson. Cuenco
LB-99-715	LN 99°30'49" LN 20°39'07"				D. Cuarzo				

No. DE HEMISTRA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MAGNOSCOPICA	DESCRIPCION MICROSCOPICA	CLASIFICACION A. FOLK B. BURNAN C. PETTIGORN	FOSILES	ORIGEN	OBSERVACIONES
FICA-35-E	Al norte de Total	Segunda Uni- dad Volcáni- ca.	Secuencia basáltica de to- das subestratificadas de 20 a 25 cm; con aspec- to terrazo, con líficos de hasta 12 cm.	A. Basa amarillento B. Estratificación C. Fragmentada	A. Líficos C. Ceniza	55 I. 45 I.		Igneo extrusivo.	
LS-68-725	LS 99°30'05" LW 29°41'55"			B. Líficos volcánicos					
FICA-35-G	Al norte de Total	Primera Uni- dad Volcáni- ca.	Roca ígnea básica muy al- terada, con intemperismo esferoidal. Sujace a la secuencia tolasca.	A. Verde oscuro B. Resiva C. Porfídica	A. Plagioclasas Pirroxenos Anfiboles	60 I. 20 I. 20 I.	Andesita	Igneo extrusivo.	Textura ofítica al microscopio.
LS-68-724	LS 99°30'05" LW 29°41'55"			B. Plagioclasas					
FICA-37-A	Total	Primera Uni- dad Volcáni- ca.	Tobas de color verde lan- cinadas, en sendostran- tas de 15 a 35 cm; cubier- tas por derrames básicos.	A. Verde claro B. Resiva C. Amfídica	B. Cuarzo Líficos C. Vidrio	3 I. 7 I. 90 I.	Toba vítrea	Igneo extrusivo.	
LS-68-675	LS 99°30'04" LW 29°41'44"			A. Líficos					
FICA-37-B	Total	El Doctor	Calizas en estratos de 20 a 25 cm; con estilolitas paralelas a la estratifi- cación. Abundantes veti- llas de calcita.	A. Gris oscuro B. Resiva C. Mudstone	C. Micrita Espatita	90 I. 10 I.	A. Bimicrita B. Mudstone	Tocanías	Facies 2 de Wilson.
LS-68-676	LS 99°30'04" LW 29°41'44"								
FICA-43-A	Al sur de Total	El Doctor	Calizas interestratifica- das con pedernal negro; cortado por abundantes vetillas de calcita.	A. Gris oscuro B. Resiva C. Mudstone	C. Micrita Espatita	75 I. 5 I.	A. Bimicrita B. Mudstone		Facies 2 de Wilson.
LS-68-677	LS 99°29'35" LW 29°41'40"								
FICA-45-B	A. Nishul	Primera Uni- dad Volcáni- ca.	Derrames de rocas ígneas básicas, muy alteradas; intemperismo esferoidal.	A. Verde oscuro B. Resiva C. Porfídica	A. Plagioclasa Anfiboles Pirroxeno	65 I. 25 I. 10 I.	Andesita porfídica	Igneo extrusivo.	Gran cantidad de material or- gánica.
LS-68-678	LS 99°29'32" LW 29°41'40"			B. Plagioclasas	Bolides de Fe				
FICA-45-C	A. Nishul	Primera Uni- dad Volcáni- ca.	Derrames de rocas ígneas básicas, muy alteradas; intemperismo esferoidal.	A. Verde oscuro B. Resiva C. Porfídica	A. Plagioclasa Anfiboles Pirroxeno	60 I. 27 I. 13 I.	Andesita porfídica	Igneo extrusivo.	
LS-68-679	LS 99°29'32" LW 29°41'40"			B. Plagioclasas Anfiboles					

