



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ANALISIS ESTRATIGRAFICO Y ESTRUCTURAL DE LA HOJA CUETZALAN (F14-D85), ENTRE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTAN:

ANGELICA AGUILAR HERNANDEZ  
SANTIAGO ALEJANDRO SARMIENTO ALTAMIRANO

DIRECTORA DE TESIS: ING. CLAUDIA G. MENDOZA ROSALES



*Acompañado de : 3 planas*

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO

*254877*

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*1998*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-088

**SRITA. ANGELICA AGUILAR HERNANDEZ**  
**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora Ing. Claudia Cristina Mendoza Rosales, y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**ANALISIS ESTRATIGRAFICO Y ESTRUCTURAL DE LA HOJA CUETZALAN (F14-D85), EN  
LOS ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ**

	<b>RESUMEN</b>
<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>
<b>II</b>	<b>GENERALIDADES</b>
<b>III</b>	<b>ESTRATIGRAFIA</b>
<b>IV</b>	<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL</b>
<b>V</b>	<b>GEOMORFOLOGIA</b>
<b>VI</b>	<b>EVOLUCION GEOLOGICA</b>
<b>VII</b>	<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>
	<b>APENDICE</b>
	<b>ANEXOS</b>

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

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

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Ciudad Universitaria, a 18 de noviembre de 1996  
EL DIRECTOR

**ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS**

JMCS\*RLR\*gtg.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-087

**SR. SANTIAGO ALEJANDRO SARMIENTO ALTAMIRANO**  
**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora Ing. Claudia Cristina Mendoza Rosales, y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**ANALISIS ESTRATIGRAFICO Y ESTRUCTURAL DE LA HOJA CUETZALAN (F14-D85), EN  
LOS ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ**

	<b>RESUMEN</b>
<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>
<b>II</b>	<b>GENERALIDADES</b>
<b>III</b>	<b>ESTRATIGRAFIA</b>
<b>IV</b>	<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL</b>
<b>V</b>	<b>GEOMORFOLOGIA</b>
<b>VI</b>	<b>EVOLUCION GEOLOGICA</b>
<b>VII</b>	<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>
	<b>APENDICE</b>
	<b>ANEXOS</b>

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, a 18 de noviembre de 1996  
EL DIRECTOR

**ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS**

*Dedicamos la presente Tesis con infinito amor  
a nuestros padres, en agradecimiento a su  
comprensión y al apoyo que nos han  
brindado siempre.*

*A nuestros hermanos y amigos, por la dicha  
de hacer crecer una amistad y la suerte  
de compartir este bello mundo.*

*A todas las personas que contribuyen  
con el trabajo que los Geólogos  
realizamos en campo.*

*Agradecemos a todos los profesores, que integran el cuerpo Académico de  
nuestra Alma Mater, que a lo largo de la carrera nos han guiado,  
a nuestros sinodales por sus oportunos y acertados comentarios,  
y muy especialmente a los Ingenieros :*

*Claudia C. Mendoza Rosales*

*Javier Arellano Gil*

*Gilberto Silva Romo*

*Sergio Fussim Guarneros*

*Fernando Rosique Naranzo*

*Héctor E. Macías González*

*Por todo el apoyo y amistad que nos han otorgado.*

<b>V. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>35</b>
Flanco Noreste del Anticlinorio de Villa Juárez.....	35
Anticlinal Xuxún - Chilocoyo.....	35
Sinclinal Filomeno Mata .....	36
Anticlinal Santo Domingo.....	36
Sinclinal Mecatlán.....	36
Anticlinal Tuipan.....	37
Sinclinal Coyutla.....	37
Anticlinal Chalahuite.....	37
Sinclinal Cuauhtémoc.....	38
Anticlinal Catxquilín.....	38
Sinclinal Catxquilín....	38
Anticlinal Cueva del Tigre.....	39
Sinclinal Cueva del Tigre .....	39
Anticlinal Chumatlán. ....	39
Sinclinal Tahuaxni.....	40
Anticlinal El Colón... ..	40
Sinclinal La Fábrica.. ..	40
Anticlinal El Zapotal. ....	41
Sinclinal Tecuantepec .....	41
Anticlinal Tecuantepec.....	41
Anticlinal Ayotoxco... ..	41
Sinclinal Santa Elena.....	42
Anticlinal Gachupinate .....	42
Falla Ixtepec.....	42
Culminación Septentrional del Macizo de Teziutlán.....	43
Miogeoclinal del Golfo de México.....	43
<b>VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
6.1 Estratigráficos .....	51
6.2 Estructurales .....	56
<b>VII. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA .....</b>	<b>61</b>
Triásico Tardío-Jurásico Temprano.....	61
Jurásico Medio-Jurásico Tardío .....	61
Neocomiano-Cenomaniano.....	62
Turoniano-Santoniano .....	62
Campaniano-Maastrichtiano .....	62
Paleoceno-Eoceno Temprano.....	62
Eoceno Tardío-Oligoceno Medio.....	63
Plioceno-Pleistoceno.....	63
Reciente.....	63

# CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivo y tipo de trabajo .....	3
1.2 Antecedentes geológicos que lo justifican.....	3
1.3 Método de trabajo. . . . .	3
1.4 Información analizada .....	6
1.5 Informes de pozos exploratorios .....	9
<b>II. GENERALIDADES.....</b>	<b>11</b>
2.1 Localización.....	11
2.2 Vías de comunicación .....	11
2.3 Clima y vegetación.....	15
<b>III. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
3.1 Orografía.....	17
3.2 Hidrografía.....	17
3.3 Relieve de montañas plegadas .....	19
3.4 Relieve cárstico.....	20
3.5 Relieve volcánico.....	20
3.6 Relieve de origen acumulativo .....	20
<b>IV. ESTRATIGRAFÍA .....</b>	<b>21</b>
Formación Tenexcate.....	21
Formación San Andrés .....	23
Formación Pimienta .....	24
Formación Tamaulipas Inferior.....	24
Formación Tamaulipas Superior.....	25
Formación Agua Nueva .....	26
Formación San Felipe.....	27
Formación Méndez .....	27
Formación Velasco Basal.....	28
Formación Chicontepec .....	29
Miembro Chicontepec Inferior.....	29
Miembro Chicontepec Medio .....	29
Miembro Chicontepec Superior.....	30
Formación Guayabal .....	31
Formación Chapopote .....	31
Formación Palma Real Inferior .....	32
Depósitos Recientes.....	32
Basaltos .....	33
Tobas.....	33

<b>CONCLUSIONES</b> .....	65
Conclusiones Estratigráficas .....	65
Conclusiones Estructurales .....	66
Conclusiones Generales .....	67
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	69
<b>APÉNDICE PETROGRÁFICO</b>	
<b>APÉNDICE PALEONTOLÓGICO</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

El área de estudio se encuentra dentro de tres provincias geológicas: Faja Volcánica Transmexicana, Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas y Miogeoclinal del Golfo de México. La evolución geológica de la región está atestiguada por una secuencia geológica muy variada de más de 2400 m de espesor que comprende desde el Jurásico hasta el Reciente.

Se identificaron trece unidades litoestratigráficas con rango de formación, de las cuales tres pertenecen al Jurásico (formaciones Tenexcate, San Andrés y Pimienta), cinco al Cretácico (formaciones Tamaulipas Superior, Tamaulipas Inferior, Agua Nueva, San Felipe y Méndez), y cinco al Terciario (formaciones Velasco Basal, Chicontepec, Guayabal, Chapopote y Palma Real Inferior); sin embargo, el registro geológico se extiende hasta el Permo-Triásico (Esquisto Chililis), reportado en los pozos exploratorios Xalostoc No. 1 y Tenampulco No. 1. Del Plioceno-Pleistoceno se reconocieron depósitos de tobas líticas y derrames basálticos, y del Reciente acumulaciones de aluvión.

La secuencia sedimentaria del área indica unidades formadas tanto en ambientes continentales como marinos. La distribución de los paquetes sedimentarios, señalan que la acumulación ocurrió primero en el sector occidental extendiéndose en dirección noreste.

Los rasgos estructurales más significativos corresponden al Cinturón de Pliegues y Fallas, que se caracterizan por estructuras plegadas de primer y segundo orden, y una cabalgadura; esta deformación es consecuencia de la Orogenia Laramídica.

Se reconocieron tres sectores estructurales: a) *Flanco noreste del Anticlinorio de Villa Juárez* caracterizado por veintidós pliegues mayores, que en general son asimétricos, vergentes al noreste, y numerosos pliegues menores disarmónicos, chevrón y kink, que en su mayoría son abiertos, excepto en las cercanías de la cabalgadura; b) *Culminación septentrional del macizo de Teziutlán*, que es una estructura braquianticlinal profundamente disectada con inclinación general al noreste, que contiene pliegues menores suaves; y c) *Miogeoclinal del Golfo de México*, caracterizado como un monoclinal ligeramente inclinado al noreste.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 OBJETIVO Y TIPO DE TRABAJO

Definir la columna estratigráfica en la región de Cuetzalan, Pue., al frente de la Sierra Madre Oriental y caracterizar el estilo de deformación de la misma.

Los objetivos específicos son:

- a) Caracterizar las estructuras mayores y menores, definiendo su forma, dimensiones, y simetría, para precisar la geología estructural.
- b) Construcción de 4 secciones estructurales para mostrar el estilo de deformación.

La cartografía tiene carácter de semidetalle geológico a escala 1:50,000 de la hoja Cuetzalan (F14-D85); cubre una superficie de 963.2 km<sup>2</sup> y se sustenta en el levantamiento de cuatro secciones estructurales con una longitud total de 59.5 km a la misma escala y en la cartografía litoestratigráfica - estructural.

Este trabajo se realizó en el marco de los convenios que realiza la Facultad de Ingeniería con Petróleos Mexicanos, dentro del proyecto "Estudio Geológico Coxquihui" IG-RVER-96/04-1, del cual se elaboraron simultáneamente tres temas de tesis; en la hoja Filomeno Mata (F14-D84) que se encuentra al poniente de la hoja que nos atañe, se realizaron dos de las tres tesis (Víctor H. Arriaga Martínez y J. Francisco Martínez Contreras).

## 1.2 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS QUE LO JUSTIFICAN

El área de estudio se encuentra en el límite entre la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte, región donde existen contrastes estructurales y estratigráficos considerables que es necesario precisar (Hernández de la Fuente (1990), Balam y Canché (1992), Bartolo-Sánchez (1992), entre otros).

Con la apertura, en la zona de estudio, de nuevos caminos de terracería y brechas es posible aumentar la densidad de información estructural y estratigráfica lo que conlleva a mejorar la precisión de los contactos entre las distintas formaciones geológicas.

Tomando en cuenta que la región es tradicionalmente petrolera, diversos trabajos sobre el área versan sobre este tema. Es así, que el caracterizar el estilo de deformación para definir las estructuras mayores, ayudará en trabajos posteriores a discernir sobre las posibilidades de entrapamiento de hidrocarburos.

## 1.3 MÉTODO DE TRABAJO

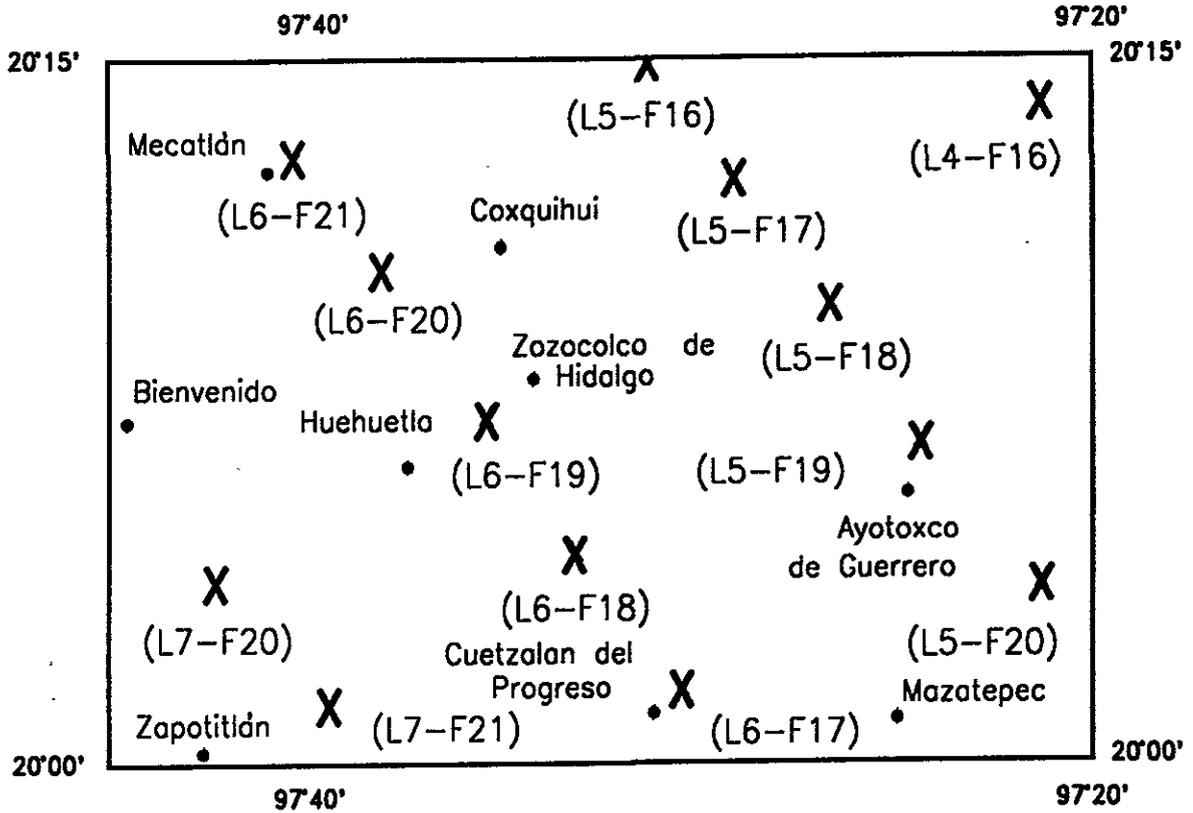
La etapa inicial consistió en la recopilación y análisis de trabajos antecedentes, en los cuales se revisaron reportes de carácter geológico, paleontológico así como informes de pozos exploratorios (Tabla 1.1); en esta etapa se elaboró un mapa fotogeológico a escala 1:50,000, utilizando fotografías aéreas escala 1:80,000 (Fig. 1.1), en el cual se ubicaron

sitios de interés para su verificación en campo; en esta misma etapa se eligieron las cuatro secciones geológicas a levantar, con base en los nuevos caminos de terracería realizados en la región.

La segunda etapa consistió en el trabajo de campo, en la cual se realizaron cuatro visitas al área de estudio. En la primera se verificaron puntos elegidos en la fotointerpretación y se levantó la sección uno y zonas cercanas. En la segunda, se levantó la sección dos y parte de la sección tres. En la tercera visita se levantó la parte faltante de la sección tres y se visitaron algunos puntos de verificación, con respecto a la cuarta sección esta se ha construido con la información proporcionada por PEMEX. En la última visita se realizó la verificación de la parte occidental y sureste de la Hoja.

Después de cada visita de campo se procesó y analizó la información obtenida y se corrigió el mapa; en el laboratorio de petrografía se estudiaron y clasificaron 123 secciones delgadas, y en el laboratorio de paleontología se determinaron los fósiles de las muestras colectadas; en el taller de cartografía se elaboraron los estereodiagramas correspondientes utilizando la red de Schmidt (hemisferio inferior, con ayuda del paquete NET-88); las localidades de cada punto ubicado en campo se obtuvieron con GPS (Global Position System) y están referidas en coordenadas UTM. Terminado el trabajo de campo se capturó la base geológica definitiva en Autocad v12. Simultáneamente al desarrollo de las actividades descritas se capturó la base topográfica del área y se construyeron las secciones geológicas en Autocad v12; la construcción de las secciones se hizo usando el método de Kink. El presente trabajo se elaboró en Word v7.0.

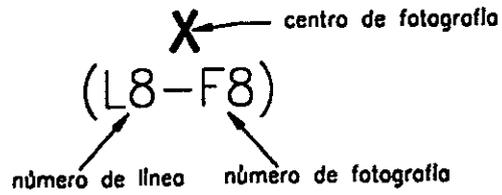
Cabe señalar que las determinaciones paleontológicas de microfósiles las realizó la Biol. Victoria González Casildo, del IMP y la determinación de macrofósiles las realizó la Bióloga Elly Nieto Bender, de la Facultad de Ciencias, UNAM, como parte de su tesis de maestría en elaboración.



Tomado del Índice de vuelo de INEGI

Zona de vuelo

10-A  
Esc. 1:80,000  
Nov. 1980



<b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA
Aguilar & Sarmiento	Tesis Profesional
Fig. 1.1. Índice de fotografías aéreas.	

## 1.4 INFORMACIÓN ANALIZADA

Los trabajos antecedentes de la región son numerosos; por parte de PEMEX, se cuenta con informes de geología superficial, paleosedimentación, sismología e informes de pozos. Otras instituciones, también han realizado investigaciones con diferentes objetivos. Los trabajos consultados son :

- Jenny, F. H., 1931a. **"Geological Reconnaissance of the states of Veracruz and Puebla between the towns of Papantla and Teziutlan."** Geological Report N°394. Describe al macizo de Teziutlán como un homoclinal con condiciones desfavorables para la acumulación de hidrocarburos debido a que las condiciones tectónicas no favorecieron la formación de estructuras anticlinales:
- Jenny, F. H., 1931b. **"Geological Report N° 413 On the area between Entabladero and Tecoaatepec states of Veracruz and Puebla."** Describe una columna estratigráfica que incluye a la caliza Tamaulipas hasta la Formación Guayabal, con una cubierta de derrames basálticos y cenizas volcánicas. Estructuralmente, describe el área de Coxquihui - Chumatlán, como una serie de pliegues asimétricos con orientación NW-SE. Interpreta la existencia de domos en sitios cercanos a Xalostoc y Tecoaatepec, estructuras con buenos cierres, por lo que recomienda una prueba de perforación con objetivos jurásicos en el domo de Xalostoc.
- Cantú-Chapa, A., 1967. **"El límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec Puebla (México)".** Realizó determinaciones de amonitas de las formaciones Pimienta y Tamaulipas, con lo que se establece por primera vez en México, una zonificación bioestratigráfica completa para el Jurásico Superior y la base del Cretácico.
- López-Rubio, J. L. y Meneses-López, S., 1967. **"Informe final de Geología del área Río Laxaxalpa-Teziutlán-Misantla, estados de Puebla y Veracruz"** PRGC-3201. Abarca aproximadamente el 50% de la porción sur del área; postula una gran estructura a la que denominó Geoanticlinorio de la Sierra Madre Oriental, la cual se extiende hasta Pemuxco, Hgo. Reporta la existencia de roca del Jurásico Superior (formaciones Tamán y Pimienta).
- Stabler C., 1970. **"Aplicación del análisis de ambiente de la caliza San Andrés en el área de Soledad, Poza Rica."** Hace un análisis de paleoambiente en la caliza San Andrés, tomando datos de 40 pozos; concluye que el depósito calcáreo en forma de lentes discontinuos interdigitados con calizas impermeables, hablan de un ambiente de depósitos de bancos, situados a cierta distancia de la costa, desarrollados en una plataforma de aguas someras.
- Zozaya-Saynes, M., 1973. **"Informe Final del Prospecto Chalahuite Arroyo Grande"** IGPR-103. Describe las estructuras plegadas como asimétricas, con los flancos occidentales más extendidos y con menor pendiente. Considera que dichos pliegues se formaron por una tectónica gravitacional.

- Reyes-Domínguez, E., 1975. **"Características Generales de la Zona de Poza Rica, Veracruz."** Calcula el espesor de la columna sedimentaria de la Cuenca Tampico - Misantla en más de 6000 m. Define los movimientos tectónicos que dieron lugar a la migración de hidrocarburos, así como la evolución de las cuencas sedimentarias de la región. También describe las condiciones sedimentarias y estructurales que han determinado el entrapamiento.
  
- Busch D., A and Goveia, S.A., 1978. **"Stratigraphy and Structure of Chicontepec Turbidites, Southeastern Tampico - Misantla Basin, México."** Las rocas de la Formación Chicontepec, son turbiditas de edad Paleoceno tardío - Eoceno temprano, producto de la denudación de la Sierra Madre Oriental con aporte de material oolítico y micrítico de bancos arrecifales.
  
- Ruiz, S. P., 1978. **"Estudio radiométrico de las rocas ígneas y metamórficas del Prospecto Villa Juárez-Tlapacoyan, Ver."** Proyecto C-1067-IMP-1978. Reporta intrusivos con edades entre el Pérmico tardío y el Mioceno medio; esquistos de cuarzo - muscovita del Triásico tardío (km 15.5 de la carretera Tlatlauquitepec - Mazatepec, Pue.); y rocas volcánicas del Mioceno tardío al norte de Zacatlán, Pue., del Mioceno medio al este de Atzalán, y del Plioceno medio al sureste de Altotonga, Ver. Las andesitas del Mioceno medio tienen una distribución regional.
  
- Carrillo-Martínez, O., 1980. **"Distribución e importancia económica de los bancos oolíticos del Kimmeridgiano Inferior en el Distrito de Poza Rica, Ver."** Reporta para el área de Teziutlán - Mazatepec, Pue., bancos oolíticos de la Formación San Andrés, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en el borde de la plataforma jurásica de Tuxpan - Tecolutla y de Entabladero. En esta área reportan que las calizas se encuentran diseminadas en forma de parches, como resultado de la erosión que ha sufrido la región.
  
- Facultad de Ingeniería, UNAM, 1984. **"Informe Final del Prospecto Progreso" IGPR-239.** Se bosqueja un borde arrecifal durante el Albiano - Cenomaniano, mismo que restringe al sector Turoniano. Se reconoce la continuación del Frente Estructural Cordillerano que se manifiesta en pliegues y cabalgaduras vergentes al oriente y por fallas de desgarre. Las estructuras laramídicas están delimitadas al poniente por calderas volcánicas con una alineación norte - sur y truncadas por fallas este - oeste.
  
- Morales de la G., J. y Garduño M., V. H., 1984. **"Prospecto Huauchinango" Proyecto C-4001-IMP.** Estudio tectónico estructural realizado con base en el concepto de los "conjuntos petrotectónicos". Consideran que el Conjunto pretrotectónico Guacamaya es un "alóctono relativo" y que cabalga al Jurásico tardío (conjunto Molango). El Conjunto Petrotectónico Huizachal está dislocado por fallas laterales derechas. Discuten la afinidad Atlántica o Pacífica del Conjunto Petrotectónico Huayacocotla y concluyen que es Atlántica. El Conjunto Petrotectónico Cahuasas consiste en cuarcitas, lutitas y conglomerados, que pasan transicionalmente a calcarenitas intercaladas con limonitas y lutitas. Considera como Conjunto Petrotectónico Molango a las formaciones Tepéxic,

Santiago, Tamán, San Andrés y Pimienta, y éste cabalga al Conjunto Petrotectónico México y sobreyace al Conjunto Valles del Cretácico.

- Suter, M., 1984. **"Cordilleran deformation along the eastern edge of the Valles - San Luis Potosi carbonate platform, Sierra Madre Oriental fold-Thrust belt, east-central Mexico."** Caracteriza el estilo de deformación del borde oriental de la Plataforma Valles - San Luis en conjunto con la tectónica identificada en la Sierra Madre Oriental, como un cinturón plegado de dirección NW-SE, con una serie de rampas estructurales (cabalgaduras) a nivel Cretácico Inferior. En la geometría de las estructuras y en su orientación influyen el comportamiento mecánico de las rocas y los espesores involucrados.
- Contreras-Barrera, A. y Gío-Argáez, R., 1985. **"Consideraciones paleobiológicas de los icnofósiles de la Formación Chicontepec en el Estado de Puebla."** Reportan 17 icnoespecies pertenecientes a 14 icnogéneros que evidencian los siguientes comportamientos: Locomoción (*Repichnia*), apacentamiento (*Pascichnia*), alimentación y albergue (*Dommichnia*). Los organismos generadores de icnofósiles eran hemipelágicos, detritófagos y vivían en la interface arcillosa. Infiere una zona de máxima producción ecológica que apoyaba a la comunidad, cuya icnocenosis fue formada a una profundidad abisal, bajo condiciones oxigenadas.
- Olivella-Ledezma, M., 1986. **"Informe Geológico Final Prospecto Aquixtla" IGPR-252.** Estudio de detalle estructural que considera al área en el "Dominio de pliegues isopacos", los cuales están recostados al NE. Reconoce un acortamiento de la cubierta sedimentaria entre el 40 y el 50%; considera que los anticlinorios Huayacocotla y Villa Juárez corresponden uno con el otro. Reporta dos tendencias estructurales: una con orientación hacia el NW representada por fallas inversas y fracturas; y otro sistema orientado al NE caracterizado por fracturas, fallas normales y de transcurrencia dextral post-laramídicas.
- Hernández de la Fuente, R., 1990. **"Informe Final del Prospecto Tecuantepec" IGPR-285.** Reporta la siguiente columna geológica: Esquistos de muscovita - granate (Permo-Triásico), formaciones Huayacocotla (Sinemuriano), Tenexcate y Cahuasas (Jurásico Medio), Tepéxic (Calloviano), Santiago (Calloviano Superior-Oxfordiano Inferior), San Andrés (Oxfordiano Superior-Kimmeridgiano Inferior), Tamán (Kimmeridgiano Superior-Tithoniano Inferior), Pimienta (Tithoniano Medio-Superior). El sistema Cretácico lo constituyen las formaciones Tamaulipas Inferior, Tamaulipas Superior, Agua Nueva, San Felipe y Méndez; mientras que el Terciario está representado por las formaciones Velasco Basal, Chicontepec, Guayabal y Palma Real Inferior. Estructuralmente, el área se caracteriza por el dominio de la Faja de Pliegues y Cabalgaduras en el que tiene estructuras simétricas y asimétricas con orientación general NW-SE, con vergencia al NE. Describe dos patrones de fracturamiento: uno paralelo al eje de los pliegues y otro de orientación NE-SW, paralelo al esfuerzo máximo de desplazamiento.
- Lin-Hernández, L. y Quezada-Dimas, M., 1990. **"Estudio estratigráfico-sedimentológico del área de la Sierra Madre Oriental, porción centro" PRES-004-90.** Reporta una secuencia de aproximadamente 5000 m, similar a la propia de la Cuenca Tampico-

Misantla. Reconoce estructuras plegadas y recumbentes afectadas por fallas inversas en los flancos orientales.

- Sánchez-Martínez, R. 1990. **"Estudio Tectónico Estructural, Prospecto Tlaxco" PRES-009-90.** Interpreta una plataforma jurásica a lo largo de la Sierra Madre Oriental (de 4000 km<sup>2</sup>); así como una migración transgresiva de las calizas oolíticas hacia el centro de la Plataforma denominada "Pie de la Cuesta". Comenta que en la región se definen anomalías gravimétricas orientadas al NW que corresponden a las distribución de las facies sedimentarias del Jurásico Superior. Reconoce fallas laterales izquierdas con rumbo N45°E. Reporta cabalgaduras en los bordes orientales de la plataforma de Actopan y Pie de la Cuesta, donde se presentan pliegues de orientación NW-SE recostados al oriente.
  
- Balam y Canché, J. L., 1992. **"Informe Geológico Final del Estudio San Carlos" IGPR-004.** La columna estratigráfica del Jurásico tiene un espesor de 1444 m. Y consiste de las formaciones Huayacocotla, Cahuassas, Tepéxic, Santiago, Tamán y Pimienta. Hace precisiones respecto a la distribución y naturaleza de algunas unidades geológicas. Comenta la dificultad de realizar la cartografía del área debido a la intensa deformación y a la similitud de las rocas jurásicas.
  
- Bartolo-Sánchez, C., 1992. **"Informe Geológico Final del Estudio San Miguel" IGPR-003.** Estudio de detalle de las formaciones jurásicas. La base de la columna geológica se compone de esquistos cuarzo-feldespáticos del Carbonífero-Permo-Triásico (Formación Chillilis), que subyace discordantemente a lutitas y areniscas de la Formación Huayacocotla del Liásico; ésta subyace de manera discordante, a las formaciones Cahuassas y Tenexcate del Bajociano-Bathoniano; arriba de manera discordante y atestiguando una transgresión está la Formación Tepéxic del Calloviano. Sobre ésta se tiene de forma concordante a la Formación Santiago de ambiente nerítico del Oxfordiano, que subyace concordantemente a la Formación Tamán de ambiente de cuenca. En el área de Comaltepec - Tatoxca sobreyace a la Formación Chipoco de facies de talud del Kimmeridgiano. En la región norte del área, afloran las formaciones San Pedro, San Andrés y Chipoco de facies de laguna, plataforma y talud respectivamente del Kimmeridgiano, que suprayacen discordantemente a la Formación Tenexcate y subyacen a la Formación Pimienta, compuesta de rocas calcareo-arcillosas en estratos delgados del Tithoniano.

## 1.5 INFORMES DE POZOS EXPLORATORIOS (PEMEX)

Se consultaron los informes correspondientes a los pozos Xalostoc-1, Tenexcate-1, Tenampulco-1, Tecuantepec-1, Ayotoxco-1, Gachupinate-1 y Manigua-1, los cuales se localizan dentro del área. En la Tabla 1.1 se sintetiza la información estratigráfica correspondiente a dichos pozos.

FORMACIÓN	POZO XALOSTOC NO.1 (1971)	POZO TENEXCATE NO.1 (1968)	POZO TENAMPULCO NO.1 (1975)	POZO TECUANTEPEC NO.1 (1959)	POZO AYOTOXCO NO.1 (1948)	POZO GACHUPINATE NO.1 (1948)	POZO MANIGUA NO.1 (1959)
RECIENTE			36 m				
GUAYABAL			149 m				
CHICONTEPEC SUPERIOR		Aflora 31 m	321 m				
CHICONTEPEC MEDIO			215 m				
CHICONTEPEC INFERIOR	604 m	425 m	438 m				
VELASCO BASAL	105 m	39 m	85 m				
MÉNDEZ	153 m	176 m	140 m		Aflora 158 m	Aflora 150 m	Aflora 41 m
SAN FELIPE	35 m	32 m	22 m	Aflora 1 m	60 m	200 m	77 m
AGUA NUEVA	152 m	185 m	145 m	206 m	166 m	20 m	161 m
TAMAULIPAS SUPERIOR	316 m	266 m	143 m	314m	189 m	150 m	243 m
OTATES	9 m	7 m	8 m	9 m	7 m		9 m
TAMAULIPAS INFERIOR	129 m	182 m	146 m	400 m	208 m	150 m	190 m
PIMIENTA	72 m	120 m	96 m	122 m	110 m	150 m	145 m
SAN ANDRÉS		108 m		61 m	34 m		
TENEXCATE	769 m	295 m	436 m	32 m	220 m		
ROCA METAMÓRFICA	73 m		90 m				

TABLA 1.1 POZOS EXPLORATORIOS (PEMEX)

## II. GENERALIDADES

### 2.1 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se ubica en el sector noreste del estado de Puebla y en la parte occidental del estado de Veracruz, comprende un área de 963.2 km<sup>2</sup>, dentro de la Sierra Norte de Puebla; está delimitada por los paralelos 20°00' y 20°15' Norte y los meridianos 97°20' y 97°40' Oeste (Fig. 2.1); esta superficie está representada en el mapa topográfico de INEGI, escala 1:50,000, Hoja Cuetzalan (F14-D85).

En la región estudiada se tienen doce municipios, comprendidos casi en su totalidad; nueve corresponden al estado de Puebla: Ayotoxco de Guerrero, Caxhuacán, Cuetzalan del Progreso, Huehuetla, Jonotla, Mazatepec, Olintla, Tenampulco y Zozocolco de Guerrero; y tres a Veracruz: Coxquihui, Coyutla y Zozocolco de Hidalgo.

Se hizo el levantamiento de tres secciones geológicas que ilustran el estilo de deformación regional y las características de la secuencia estratigráfica expuesta (Anexo 3). Su ubicación se muestra en la Fig. 2.2 :

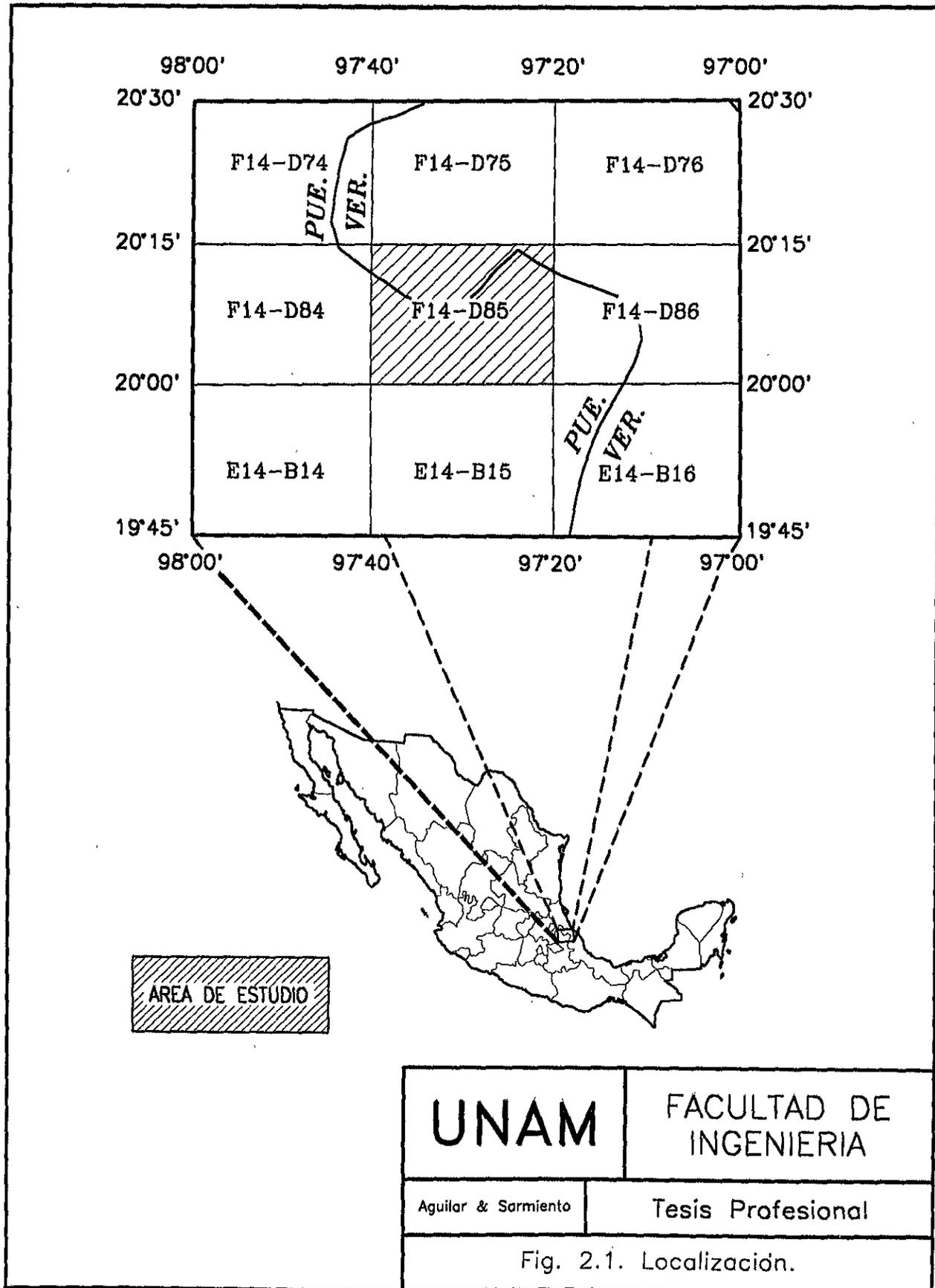
- Sección 1. Chilocoyo - Zozocolco de Hgo. - Pozo Xalostoc-1, longitud 23.5 km.
- Sección 2. Cuetzalan del Progreso - Pozo Tecuantepec-1, longitud 16.6 km.
- Sección 3. Xalpantzingo - Pepexta - Cerro Cuamono, longitud 7.6 km.
- Sección 4. Ayotoxco de Guerrero - Pozo Tenexcate-1, longitud 8.6 km.

### 2.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN

El área se encuentra bien comunicada; desde el sur, se transita por la carretera estatal que parte del poblado de Zacapoaxtla, Pue. y que llega hasta Cuetzalan del Progreso, Pue.

Por el norte se llega desde la Cd. de Poza Rica, Ver., donde parte una carretera estatal que pasa por El Tajín y El Espinal y que comunica con Coyutla (dentro del área). Antes de llegar a Coyutla se encuentra una terracería que parte hacia el sur, y comunica a los poblados de Chumatlán, Coxquihui y Zozocolco de Hidalgo, en el estado de Veracruz (Fig. 2.3).

La mayor parte de los poblados grandes dentro de la zona están comunicados por caminos pavimentados o de terracería que parten de poblados grandes. Principalmente se tienen dos vías: una parte pavimentado y parte terracería que va de Jonotla, pasando por Tuzamapan, Zozocolco de Guerrero, Pue. y Zozocolco de Hidalgo, Coxquihui, llegando hasta Sabana de Xalostoc, Ver; y otro camino de terracería que comunica a los poblados de Cuetzalan del Progreso y Mazatepec, Pue. Aunque todavía existen numerosas comunidades que se comunican por brechas y veredas.



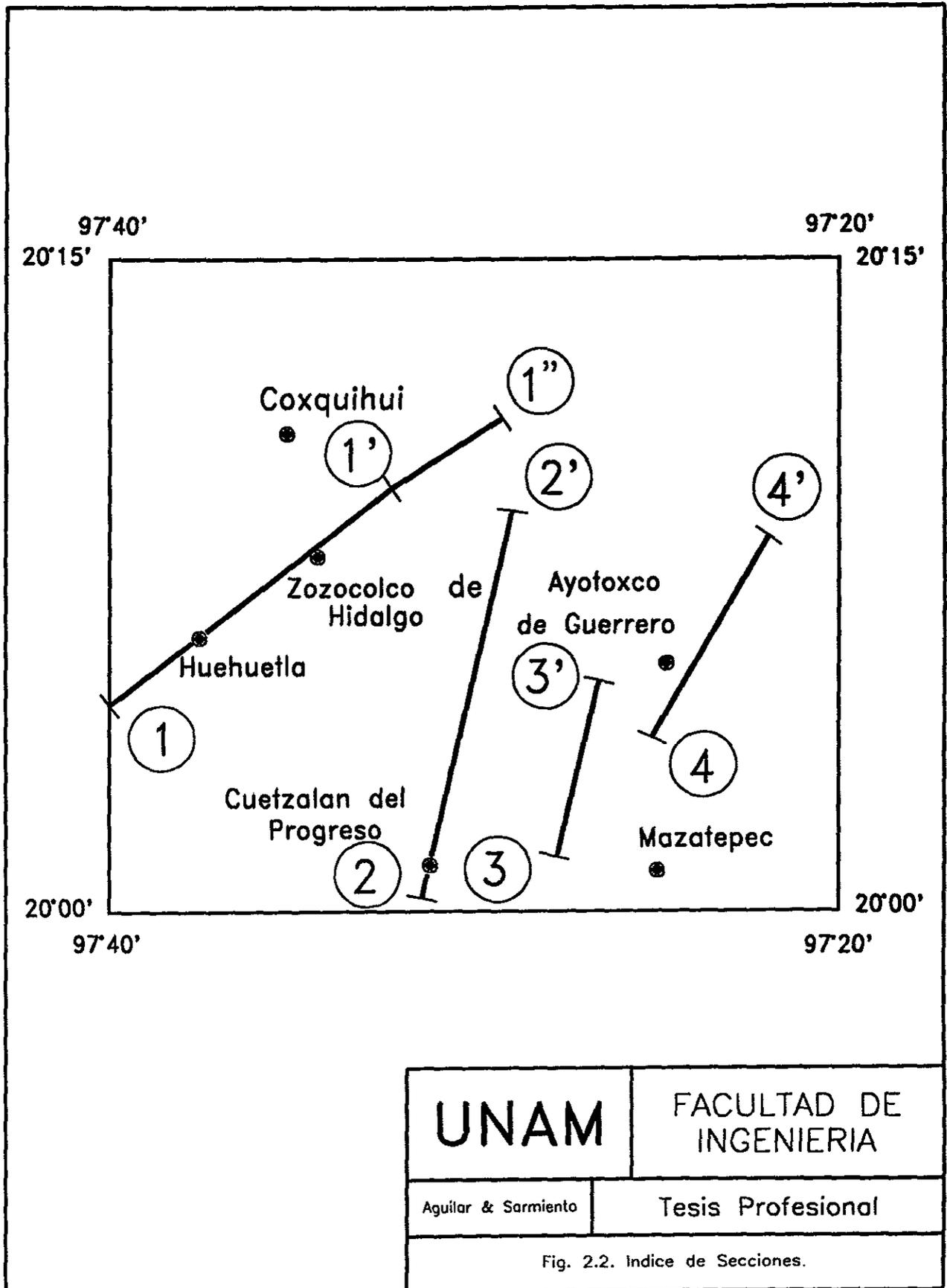
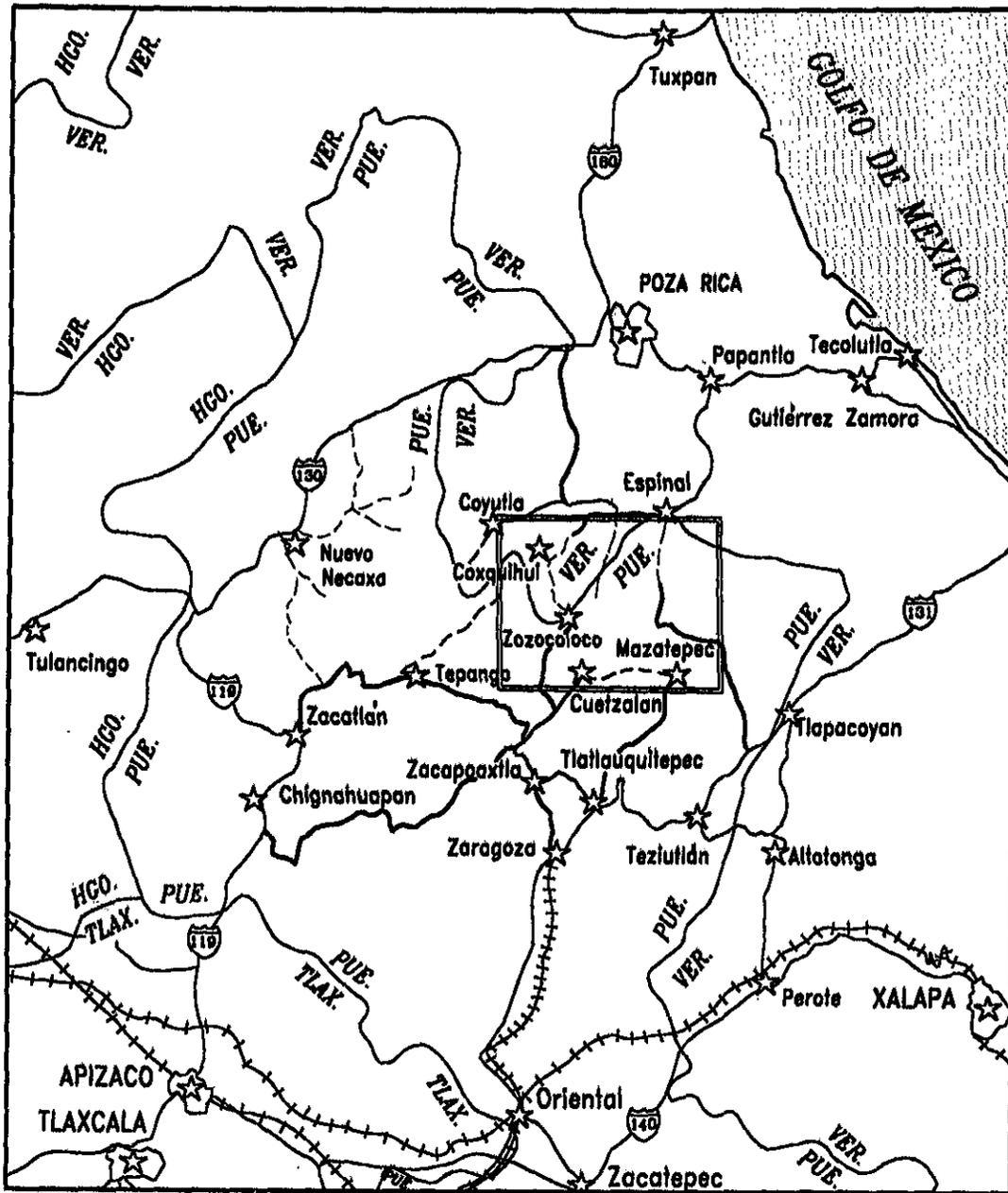


Fig. 2.2. Indice de Secciones.



- Carretera
- Terracería
- Numeración de ruta 85
- Vía de ferrocarril
- Cabecera municipal ★
- Area de estudio

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
Aguilar & Sarmiento	Tesis Profesional
Fig. 2.3. Vías de comunicación.	

### 2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

Según la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional en la Carta de Climas escala 1:1'000,000, en esta región se tienen tres climas, que se distribuyen de la siguiente forma : (A)C(fm) clima semicálido húmedo con lluvias todo el año se registra en la parte suroeste de la carta; el Af(m) clima cálido húmedo con lluvias todo el año se registra en una zona media de la carta con dirección NW-SE ; y Am(f) clima cálido húmedo con abundante lluvia en verano se registra en la parte noreste de la carta.

Según la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:1'000,000, en la región se tienen dos tipos de vegetación : selva perennifolia secundaria con agricultura de temporal y pastizal cultivado. La vegetación natural ha sido sustituida por cafetales. En algunas zonas los terrenos son dedicados como potreros para ganado vacuno aunque también hay ganado asnal, mular y caprino.

### III. GEOMORFOLOGÍA

En la región investigada se reconocen dos conjuntos morfológicos; el primero de carácter serrano, se presenta en el sector occidental y el segundo conformado por elevaciones menores y planicies, se presenta en el sector oriental; que de acuerdo a la regionalización fisiográfica de la DGG (1981), el primero corresponde a la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Subprovincia Carso-Huasteco); mientras que el segundo corresponde a las Provincias Fisiográficas Llanura Costera del Golfo Norte (Subprovincia Llanuras y Lomeríos) y la Faja Neovolcánica (Subprovincia Chiconquiaco) (Fig. 3.1).

#### 3.1 Orografía

La región presenta un mosaico de los más diversos rasgos orográficos y un rango de altitudes entre los 50 m (valle fluvial del Río Tecolutla) y los 1200 m (al suroeste de Ixtepec, Pue.). El relieve general de la zona que corresponde con la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental se caracteriza por presentar una serie de cordones serranos con orientación al noroeste, los cuales se encuentran profundamente disectados por corrientes fluviales con rumbo general al noreste; por lo que respecta al sector noreste las geofomas acusan una serie de llanuras y lomeríos, éstas últimas redondeadas, y que en diferentes partes se encuentran cubiertas por materiales piroclásticos, de forma semejante en el sector sureste se observa una serie de lomeríos redondeados, pero al coincidir con un extremo de la Faja Neovolcánica la superficie cubierta por rocas volcánicas es mayor.

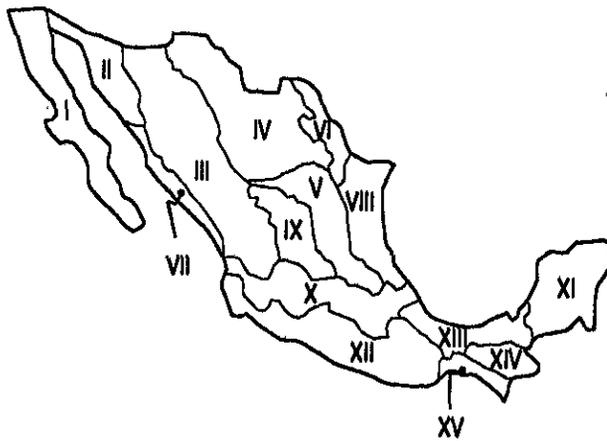
#### 3.2 Hidrografía

La red hidrográfica vierte sus aguas al Golfo de México, dentro de la Cuenca del Río Tecolutla. El sistema fluvial del área incluye numerosas corrientes intermitentes y perennes. El área se subdivide en las siguientes:

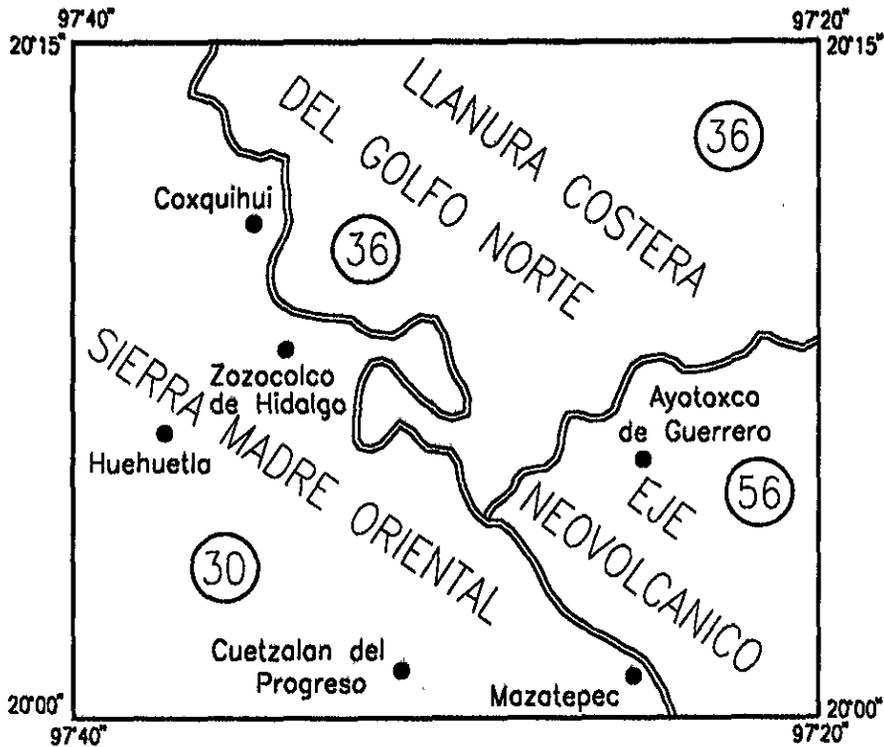
- **Subcuenca del Río Ajajalpan.** Se extiende en la porción noroeste del área. Sus corrientes fluviales todas ellas juveniles, tienen un gran desarrollo y un patrón de drenaje rectangular.
- **Subcuenca del Río Zempoala.** Se observa en el sector central de la Hoja, en donde recibe las aguas del Río Tehuancate, su afluente principal.
- **Subcuenca del Río Apulco.** Se presenta en el sector sureste, en la región con menor relieve. El río tiene un patrón de drenaje meándrico y su principal afluente es el arroyo Cuichat.

Existe un importante drenaje subterráneo, que se manifiesta en numerosos manantiales y cascadas, sobre todo en las cercanías de Cuetzalan.

# PROVINCIAS FISIOGRAFICAS



- I.- PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA
- II.- LLANURA SONORENSE
- III.- SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- IV.- SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE
- V.- SIERRA MADRE ORIENTAL
- VI.- GRANDES LLANURAS DE NORTE AMERICA
- VII.- LLANURA COSTERA DEL PACIFICO
- VIII.- LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE
- IX.- MESA DEL CENTRO
- X.- EJE NEOVOLCANICO
- XI.- PENINSULA DE YUCATAN
- XII.- SIERRA MADRE DEL SUR
- XIII.- LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR
- XIV.- SIERRAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA
- XV.- CORDILLERA CENTRO AMERICANA



MODIFICADO DE INEGI (1981).

## SUBPROVINCIAS FISIOGRAFICAS

- ③① CARSO HUAXTECO
- ③⑥ LLANURAS Y LOMERIOS
- ⑤⑥ CHICONQUIACO

<b>UNAM</b>		FACULTAD DE INGENIERIA	
Aguilar & Sarmiento		Tesis Profesional	
Fig. 3.1. Fisiografía.			

La orientación general del sistema fluvial que drena a la región no corresponde a la tendencia general de las estructuras plegadas, de tal forma, se puede considerar que la red de drenaje es antecedente.

El sistema fluvial del área se encuentra en una etapa de disección como lo atestigua lo angosto y profundo de sus valles, así como en el desarrollo de saltos de agua a todas las escalas. La profundidad de la disección en el sector serrano tiene valores hasta de 700 m.

El origen de las geoformas presentes en la zona estudiada es diverso; predomina el relieve modelado por corrientes fluviales y el desarrollo de carsticidad; así como estructuras plegadas desarrolladas principalmente en rocas calcáreas y calcáreo-arcillosas; otras geoformas se han esculpido en derrames basálticos y acumulaciones piroclásticas.

Con base en el Mapa de Pendientes (Concha-Dimas y Silva-Romo, 1996), se reconoció que los desniveles máximos corresponden principalmente con las laderas de los valles fluviales; mientras que las pendientes menores se observan en la planicie acumulativa del Río Tecolutla.

El patrón que presentan las zonas con igual pendiente ha sido producto de los siguientes factores:

- **Factores erosivos y de acumulación fluvial:** como son los casos ya mencionados.
- **Factores litológicos:** así se explica el contraste que se observa entre la zona ocupada por las unidades arenosas del Terciario y la zona en donde afloran las rocas arcillosas tanto del Cretácico como del Paleoceno.
- **Factores estructurales:** al analizar los contrastes entre patrones de áreas con igual pendiente en la región serrana, se puede separar una zona con menor deformación en una secuencia calcáreo y calcáreo-arcillosa más delgada, como se observa en las cercanías de Cuetzalan y otra zona con estructuras más apretadas en la parte más occidental de la Hoja (Concha-Dimas y Silva-Romo, 1996).

### 3.3 Relieve de montañas plegadas

El tipo de relieve más extendido en la zona se refiere al propio de las montañas plegadas, en este caso los parteaguas tienen una tendencia general NW-SE; conformadas por rocas principalmente calcáreas y calcáreo-arcillosas, en el sector noroeste del área de estudio. Las montañas se encuentran profundamente disectadas por corrientes antecedentes y algunas subsecuentes; las laderas modeladas por la erosión fluvial tienen pendientes mayores a los 45° (Concha-Dimas y Silva-Romo, 1996). La densidad y la amplitud de las estructuras plegadas son homogéneas en toda el área, que por lo general son amplias.

### **3.4 Relieve cárstico**

Las rocas calcáreas presentan rasgos morfológicos debidos a la disolución sobre todo las pertenecientes a la Formación San Andrés, cuyos afloramientos se caracterizan por el desarrollo de un relieve ruiforme y por la presencia de pequeñas dolinas.

En la región de Cuetzalan se ha reconocido uno de los sistemas cársticos más grandes del país (Espinasa-Pereña, 1994), desarrollado en las rocas calcáreas del Jurásico Superior (Formación San Andrés); la profundidad del sistema está controlado por la presencia de las rocas clásticas de la Formación Tenexcate. En el sistema subterráneo se han explorado y elaborado mapas de 65 km de galerías; el sistema cárstico tiene un alto grado de integración, su geometría manifiesta una migración hacia el norte en respuesta a la inclinación general de la estructura geológica (Espinasa-Pereña, op cit.).

### **3.5 Relieve volcánico**

Las formas volcánicas del área son de dos tipos: las más antiguas están labradas como mesetas a partir de derrames basálticos, manifestados al noroeste de Zozocolco de Guerrero, Ver. y en Las Mesas al noreste de Ayotoxco de Guerrero, Pue.; y el relieve volcánico más joven está labrado sobre rocas piroclásticas de carácter silíceo, con un drenaje denso, como se puede observar entre Ayotoxco de Guerrero, Pue. y El Progreso, Ver. En la parte central norte de la Hoja, también se tiene este tipo de depósito.

### **3.6 Relieve de origen acumulativo**

En el sector noreste se encuentra una región extensa en donde predominan los procesos acumulativos de origen fluvial en el valle del Río Tecolutla.

## IV. ESTRATIGRAFÍA

La secuencia estratigráfica que aflora en la región, está constituida por rocas continentales y marinas, las cuales están cubiertas en algunas partes, por derrames de basaltos y depósitos piroclásticos. El lapso que abarcan comprende desde el Jurásico hasta el Reciente como puede apreciarse en la Tabla de Correlación (Tabla 4.1).

Se identificaron ocho unidades litoestratigráficas mesozoicas con rango de formación, de las cuales tres pertenecen al Jurásico (Tenexcate, San Andrés y Pimienta), cinco al Cretácico (Tamaulipas Inf., Tamaulipas Sup., Agua Nueva, San Felipe y Méndez), y cinco del Terciario (Velasco Basal, Chicontepec, Guayabal, Chapopote y Palma Real Inferior). De edad Plio-Cuaternario, se reconocieron depósitos de tobas líticas y derrames basálticos, del Reciente depósitos de aluvi3n. Su distribuci3n se muestra en el Mapa Geol3gico (Anexo 1).

### Formaci3n Tenexcate

Fue definida informalmente como "Conglomerado Tenexcate" en 1967, por el Departamento de Geología del Subsuelo de Poza Rica, Ver. (Hernández de la Fuente, 1990). Está constituida por una secuencia de conglomerados con fragmentos ígneos de color gris verdoso en una matriz tobácea localizados en el subsuelo, en los pozos Tenexcate No. 1, Tecuantepec No. 1, Ayotoxco No. 1, Carolina No. 1, Carolina No. 2, Entabladero No. 2, Gachupinate No. 1 y Manigua No. 1; todos ellos localizados en el área de estudio.

Aflora en una amplia franja en el sector inferior de la hoja Cuetzalan (F14-D85), se pueden apreciar buenos afloramientos en un banco de material en la carretera Equimita-Jonotla, en el lecho del Río Zempoala al oriente de Atlequizayán, al oriente de Jonotla y al poniente de Mazatepec, Pue.

Se compone de un conglomerado polimíctico bien cementado en estratos de 1 a 3 m de espesor, de color claro, constituido por fragmentos volcánicos cuyos tamaños varían de milímetros hasta 40 cm, subredondeados a subangulosos de color verdoso, en una matriz de cenizas de color blanco. Se identificaron fragmentos de diferentes tipos de vidrios de color verde, negro y bandeados, de formas regulares, en tamaños que van desde los 10 hasta los 40 cm; también se identificaron dacitas (lám. COX-7E), pómez de color blanco argilitizados, tobas líticas (láms. AT-7-1, AT-7-2 y COX-7A) y tobas cristalinas (láms. COX-7B, COX-7D). Presenta intercalaciones de grauvaca lítica (lám. AT-1) y litarenita (lám. AT-1A) de color gris que intemperiza con tonos rojizos, cuyos componentes varían de subangulosos a subredondeados, predominando cuarzo, líticos de andesita y algunos cristales rotos de plagioclasas, en una matriz arcillosa y cementadas con sílice. Las rocas son inmaduras y mal clasificadas.

En la base de la unidad, en los cauces de los arroyos Tozán y Amalias, se identificó un cuerpo vítreo blanco verdoso con rasgos de flujo (láms. S2 y S3) abundantes esferulitas de 0.5 a 2 cm de diámetro de color rosa. Hacia la cima de la unidad se han observado estratos

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	ÁREA DE TESTES Fac. de Ingeniería UNAM, 1997	PROSPECTO ZACUALTIPAN FAC. INGENIERIA UNAM, 1990	PROSPECTO TECUANTEPEC PEMEX 1990	PORCIÓN CENTRAL Y OCCIDENTAL DE LA PLATAFORMA VALLES-SLP*	CUENCA TAMPAN TUXPAN **	CUENCA VERACRUZ (CENTRO) **	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		ALUVION	DEPOSITOS RECIENTES		ALUVION	ALUVION	ALUVION	
		PLEISTOCENO		BASALTO TOBAS	TAMBO		LA BOMBUCA	SANTO DOMINGO	SEDIMENTOS CONTINUALES	SEDIMENTOS CONTINUALES
	TERCIARIO	PLUOCENO								
		MIOCENO			ROCAS VOLCANICAS					
		OLIGOCENO								
		EOCENO			PALMA REAL INFERIOR	METZTITLAN		PALMA REAL INFERIOR		
					CHAPOPOTE		CHAPOPOTE		CHAPOPOTE	TANTOYUCA
		PALEOCENO			GUAYABAL		GUAYABAL		GUAYABAL	GUAYABAL
					CHICONTEPEC		CHICONTEPEC		ARAGON	ARAGON
					VELASCO BASAL	CHICONTEPEC	VELASCO BASAL		VELASCO BASAL	VELASCO
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MASTRICHTIANO CAMPIANIANO SANTONIANO CONIACIANO	MENDEZ	MENDEZ	MENDEZ	ORDONS	MENDEZ	AGONG	
				SAN FELIPE	SAN FELIPE	SAN FELIPE	TANSOND	SAN FELIPE	GUENWILA	
				AGUA NUEVA	AGUA NUEVA	AGUA NUEVA		AGUA NUEVA	MALTRATA	
		MEDIO	TURONIANO CENOMANIANO ALBIANO	TAMAULIPAS SUPERIOR	TAMAULIPAS SUPERIOR	TAMAULIPAS SUPERIOR	EL ABRA (facies post y senectus)	TAM. SUP. EL ABRA	ORZABA	SAN SUPERIOR
				TAMAULIPAS INFERIOR	TAMAULIPAS INFERIOR	TAMAULIPAS INFERIOR	GUICAMAY	TAMAULIPAS INFERIOR	OTATES	TAMAULIPAS INFERIOR
	JURASICO	SUPERIOR	ITTONIANO OXFORDIANO CALLONIANO	PIMIENTA	PIMIENTA	PIMIENTA		PIMIENTA	SAN ANDRES	TEPELOTLA
				CHIPOCO S. SAN ANDRES	TAMAN S. SAN ANDRES	SANTIAGO S. SAN ANDRES		SANTIAGO S. SAN ANDRES	S. PEDRO S. SAN ANDRES	
		MEDIO	BATHONIANO BAJOCIANO ALEJANINO	TENEXCATE	TENEXCATE	TENEXCATE		TENEXCATE		
					CAJASAS	CAJASAS		CAJASAS		
		INFERIOR	TURONIANO LUSITANO SERRAVALLESE		HUAYACOCOTLA	HUAYACOCOTLA		HUAYACOCOTLA		
TRIASICO	SUPERIOR			HUIZACHAL	HUIZACHAL		HUIZACHAL			
	MEDIO								TODOS SANTOS	
	INFERIOR									
PALEOZOICO				ESQUISTO	GUACAMAYA	ESQUISTO		ESQUISTOS ACATLAN		
PRECAMBRICO							BASAMENTO	BASAMENTO		

 Ausente por erosión o no depósito  
 Contacto inferior no observado

+1 TAMAN  
 +2 CHIPOCO  
 +3 SAN ANDRES

\* (Carrillo Bravo, 1971)  
 \*\* (Santiago-A., J., et al., 1984)

<b>UNAM</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
Aguilar & Sarmiento	Tesis Profesional

Tabla. 3.1. Correlación estratigráfica.

de 5 a 10 cm de litarenitas cementadas con sílice de color gris, las cuales intemperizan en tonos de amarillo.

Su espesor máximo ha sido reportado en el Pozo Xalostoc No. 1 con 769 m, similar a la de los pozos Tenexcate No. 1 de 730 m, Carolina No. 1 con 733 m y al Pozo Carolina No. 2 con 629 m (Tabla 1.1).

Su contacto inferior no se observó en el área, pero en los pozos Xalostoc No. 1 y Tenampulco No. 1 (Tabla 1.1), se reporta que sobreyace discordantemente a rocas metamórficas, que corresponde al Esquisto Chililis, el cual aflora al sur, fuera del área (Bartolo-Sánchez, 1992). Subyace de igual manera a la Formación San Andrés, relación que se observa sobre la terracería que comunica a Cuetzalan del Progreso con Mazatepec, Pue. y al oriente de Santiago Ecatlán, Pue.

Basandose en sus relaciones estratigráficas se le ha asignado una edad Jurásico medio, ya que su posición estratigráfica es post-Liásica y pre-Kimmeridgiana. Se acumuló en un ambiente continental en el que ocurrió actividad volcánica efusiva y explosiva.

### **Formación San Andrés**

Burckhardt (1930), describió a la unidad en el sur de Huayacocotla, como "Calizas con Nerineas". Carrillo-Martínez (1967), asignó informalmente el nombre de Formación San Andrés a las calizas oolíticas (grainstone oolítico) correspondientes a bancos situados en los bordes de las plataformas productoras de aceite y gas en los campos San Andrés, Hallazgo, Remolino, Riachuelo, Guadalupe y Paso de Oro.

Se encuentra distribuida en una franja angosta en el parte inferior de la Hoja, en la cercanía de los poblados de Jonotla, Cuetzalan del Progreso y Mazatepec, Pue.

La base se compone de areniscas de color gris claro, de grano grueso con cementante calcáreo, en estratos con espesores entre 30 y 90 cm. En su parte media se compone de estratos gris oscuro de 50 cm a 2 m de espesor, de grainstone de oolitos y pellets con presencia de nerineas, pelecípodos y corales (lám. COX-5 y AT-8), también pueden denominarse como pelmicrita y oomicrita. Localmente forma boundstone de corales con placas de equinodermos y horizontes de algas. Hacia la cima esta formada de wackestone de intraclastos o de oolitos (lám. COX-20). Presenta microestilolitas rellenas de gilsonita. La unidad tiene un alto grado de disolución.

El espesor reportado por Bartolo-Sánchez (1992) en la sección Jonotla es de 25 m; mientras que en los pozos los espesores reportados varían de 34 m en el Ayotoxco No. 1 y un máximo de 108 m en el Tenexcate No. 1 (Tabla 1.1).

Sobreyace discordantemente a la Formación Tenexcate y subyace de manera concordante y transicional a la Formación Pimienta; con base en estas relaciones estratigráficas se le asigna una edad de Kimmeridgiano. La base de esta unidad se acumuló en un ambiente

costero y el resto en una plataforma somera de aguas cálidas y bien oxigenadas con zonas de alta energía.

### **Formación Pimienta**

Heim (1926), denomina como Formación Pimienta a la secuencia calcárea que aflora en el rancho Pimienta en el Valle del Río Moctezuma (km 337-338 de la carretera México-Laredo). La describe como calizas densas de color negro, café claro y gris oscuro, en estratos delgados con abundantes horizontes de pedernal negro.

En el área de estudio, aflora en una franja angosta en la parte inferior de la Hoja, bordeando la cañada del Río Zempoala, al suroeste y sureste de Jonotla, en las cercanías de Cuetzalan del Progreso y Mazatepec, Pue.

Está constituida por calizas gris oscuro y negro al fresco con tonos grises por intemperismo, en estratos de 14 a 60 cm; consiste de un wackestone fosilífero (láms. VEN-29, AT-9-1), formado por foraminíferos y pellets en una matriz de micrita, por lo que se puede clasificar también como biomicrita (láms. VEN-30, JO-04, COX-15). Hacia su parte media se compone de calizas arcillosas (lám. JAS-109) de color negro en superficie fresca y tonos rojizos a gris verdoso a la intemperie, en estratos de 10 a 20 cm, formadas por foraminíferos, pellets e intraclastos en una matriz de micrita y arcillas (láms. JO-03, JO-06, JO-7 y JO-19); se encuentran interestratificadas con lutitas carbonosas con influencia calcárea de color negro, con tonos pardos y grises al intemperismo, de aspecto laminar en estratos de 10 a 30 cm; se presentan además lentes delgados y bandas de pedernal. Se observan fracturas rellenas de calcita y gilsonita (láms. JO-07 Y JO-10).

Los espesores que se han cortado en los pozos varían de 72 m en el Xalostoc No. 1 a 150 m en el Gachupinate No.1 (Tabla 1.1). Balam y Canché (1992) reportan un espesor de 118 m para la región de Camocuautla y Zapotitlán (secciones 9 y 12 respectivamente), al oeste de Ixtepec, Pue. (fuera del área).

La unidad sobreyace concordantemente a la Formación San Andrés en el área de Ecatlán, Pue. Su contacto superior es concordante y transicional con la Formación Tamaulipas Inferior, como se observa en sitios cercanos a Santiago Ecatlán y Jonotla, Pue. La unidad se correlaciona con la parte alta de la Formación Las Trancas y la Formación Santuario, ambas del área de Zimapán. A partir de las relaciones estratigráficas que se han mencionado se le asigna una edad del Tithoniano. Con base en la asociación faunística, (Ver Apéndice paleontológico), podemos inferir condiciones de plataforma con comunicación al mar abierto.

### **Formación Tamaulipas Inferior**

Muir (1936), describe como Formación Tamaulipas Inferior, a una secuencia de calizas densas de grano fino, ligeramente cretosas, de color crema amarillento en estratos ondulados, con espesores de 20 a 25 cm hasta más de 50 cm, con nódulos esferoidales y elongados de pedernal amarillo. La localidad tipo se encuentra en el Cañón de la Borrega de

la Sierra de Tamaulipas, en la cual está expuesto un espesor de 400 m. Como la secuencia calcárea en cuestión está fraccionada por la presencia de un paquete calcáreo-arcilloso intermedio denominado Horizonte Otates, Muir (1936) considera más adecuado denominar Formación Tamaulipas Inferior a los estratos que se encuentran abajo de dicho horizonte, y propone denominar como Formación Tamaulipas Superior a la secuencia calcárea que se encuentra arriba.

Durante el presente trabajo no se reconoció el Horizonte Otates ; ante lo cual la separación en la cartografía se realizó con base en determinaciones paleontológicas, extrapolando los contactos a partir de los puntos de verificación.

Se distribuye ampliamente en la parte meridional y oeste del área de estudio.

Esta constituida por calizas gris claro con tonos amarillos; en estratos de 30 a 50 cm de espesor, en ocasiones alcanzan hasta 1 m de espesor. Su textura varía de mudstone (lám. VEN-37) a wackestone fosilífero (láms. VEN-34 y COX-3), formada por tintínidos, calpionélidos, fragmentos de conchas y espinas, así como pellets, en una matriz micrítica, por lo que se determina como una biomicrita. Se observan hacia la base de la secuencia algunos horizontes bentoníticos de hasta 5 mm de espesor. Contiene lentes y bandas de pedernal de color negro a gris, sobre todo cerca de la base; hacia la cima el pedernal se presenta como nódulos. Se observan algunas estilolitas y fracturas rellenas de calcita con gilsonita, así como nódulos de pirita oxidados.

El espesor mínimo reportado para el área es de 129 m, cortado en el Pozo Xalostoc No. 1, mientras el máximo es de 400 m, en el Pozo Tecuantepec No. 1. (Tabla 1.1).

Sobreyace concordantemente a la Formación Pimienta. El contacto superior es difícil de reconocer, ya que no se observó el Horizonte Otates, pero es concordante con la Formación Tamaulipas Superior. Se correlaciona con las formaciones Cupido del Golfo de Sabinas, con la Formación Taraises del noreste de México y con la Formación Paso de Buques de la Cuenca Salina del Istmo. Con esta información y con la fauna encontrada (Ver apéndice paleontológico), se le asigna una edad que va del Berriasiano al Aptiano. Se depositó en un ambiente marino profundo de cuenca; prevaleciendo durante el depósito de la parte inferior de la columna, aporte de terrígenos e influencia volcánica.

### **Formación Tamaulipas Superior**

Muir (1936) propone como Formación Tamaulipas Superior a la secuencia de calizas blancas con pedernal blanco intercalado con calizas arcillosas grises con pedernal negro en capas de 30 a 50 cm de espesor, que afloran en el cañón de la Borrega en la Sierra de Tamaulipas, y sobreyace al Horizonte Otates.

Aflora ampliamente en la porción meridional y occidental de la zona de estudio.

Se compone de calizas gris claro y crema en estratos de 30 a 50 cm y hasta 1 m de espesor, con nódulos y bandas de pedernal negro; en general se clasificó como wackestone

fosilífero, con pellets e intraclastos (láms. AT-15-1, JAS-54, JAS-65, JAS-76, JAS-80, COX-1), con pequeños cambios a packstone de intraclastos (lam. JAS-04) y mudstone con pedernal (lam. COX-1B). Presenta estilolitas, fracturas rellenas de gilsonita y vetillas de calcita, ocasionalmente se observan intercalaciones de caliza arcillosa (lám. COX-3B) y horizontes de lutitas calcáreas de color gris oscuro en paquetes laminados de 5 a 10 cm de espesor. En superficies de estratificación y fractura presenta pirolusita; mineral secundario.

El espesor reportado para esta formación en el área, proviene de los siguientes pozos: Tenampulco No. 1: 143 m, Gachupinate No. 1: 150 m, Ayotoxco No. 1: 189, Manigua No. 1: 243 m, Tenexcate No. 1: 266 m, Tecuantepec No. 1: 314 m y Xalostoc No. 1: 316 m (Tabla 1.1).

La unidad sobreyace concordantemente a la Formación Tamaulipas Inferior y subyace en forma concordante a la Formación Agua Nueva al norte de Cuetzalan del Progreso. Se correlaciona con las formaciones El Abra y Tamabra del subsuelo de Poza Rica, Ver. Su cima se correlaciona con la Formación Cuesta del Cura del noreste de México. Con esta información y la de la fauna encontrada (Ver apéndice paleontológico), se le ha asignado una edad correspondiente al Albiano-Cenomaniano; acumulándose en un ambiente de mar abierto.

### Formación Agua Nueva

El nombre de Formación Agua Nueva fue mencionado inicialmente por Stephenson (1921), para referirse a una secuencia calcáreo-arcillosa que aflora en el Cañón de la Borrega, en el flanco oeste de la Sierra de Tamaulipas. Posteriormente Muir (1936), le asignó el rango de formación y la dividió en dos miembros, uno inferior que consiste en capas de estratificación media a gruesa, de calizas arcillosas con laminaciones de lutita; en la parte media más arcillosa contiene impresiones de *Inoceramus labiatus*. El miembro superior consiste en calizas de estratificación media y delgada. El espesor medido en la sección tipo es de 127 m.

En la zona de estudio, aflora en los poblados de Ixtepec, Huehuetla, Xonalpu, Buenos Aires y Tetelillas de Islas; al sur de los poblados Ricardo Flores Magón y Coyutla; y al norte de Zozocolco de Hidalgo y Tepetzintlan.

Consiste principalmente de wackestone fosilífero (láms. COX-13 y COX-14) de color gris oscuro en estratos de 15 a 50 cm de espesor, interestratificadas con calizas arcillosas de 15 a 25 cm de espesor, con bandas de pedernal negro de 4 a 5 cm, con fracturas rellenas de calcita y nódulos de hierro (láms. COX-11, COX-3B, JAS-III, JAS-85 ); ocasionalmente presenta intercalaciones de lutitas negras que intemperizan a gris con tonos de verde.

El espesor mínimo reportado en el subsuelo para esta formación es de 20 m en el Pozo Gachupinate No. 1, y el máximo es de 202 m en el Pozo Tecuantepec No. 1, (Tabla 1.1).

Sobreyace de manera concordante a la Formación Tamaulipas Superior y subyace concordante y transicionalmente a la Formación San Felipe. Se correlaciona con la Formación Soyatal del área de Jalpan, con la Formación Cuautla de la Cuenca

Morelos-Guerrero y con la Formación Maltrata de la Cuenca de Veracruz. Con base en la correlación estratigráfica señalada y en la microfauna observada (Ver apéndice paleontológico), se le asigna una edad correspondiente al Turoniano. Se acumuló en una cuenca abierta de aguas tranquilas con profundidad moderada, en un ambiente reductor con aporte de terrígenos finos.

### **Formación San Felipe**

Jeffreys (1910), define a la Formación San Felipe como una alternancia de calizas y lutitas de color gris verdoso, de estratificación delgada con pequeñas capas de bentonita verde; correspondientes al Coniaciano-Santoniano Inferior. Ubica la localidad tipo al occidente del poblado de San Felipe, en el estado de S.L.P.

Aflora en la porción noroeste de la Hoja, siguiendo el patrón de plegamiento NW-SE y en algunos poblados como Reyes de Vallarta, Tacuapán, al norte de San Antonio Rayón y Coyoltitlán.

Consiste en wackestone a packstone de microfósiles (lams. COX-21, JAS-30, JAS-12, AT-11, AT-16-2) gris verdoso, en estratos de 10 a 50 cm de espesor, con intercalaciones de lutitas bentoníticas gris verdoso y horizontes arcillosos. La caliza presenta líticos de cuarzo (lám. JAS-1) e intercalaciones de tobas finas y bentonita en horizontes de 5 a 10 cm de espesor. En general la unidad se encuentra muy fracturada, algunas de ellas rellenas de gilsonita.

Zozaya-Saynes (1973), midió un espesor promedio de 90 m. En los Pozos Gachupinate No. 1 y Tenampulco No. 1, (Tabla 1.1) se reporta respectivamente un espesor máximo de 200 m y un espesor mínimo de 22 m.

Sobreyace a la Formación Agua Nueva de manera concordante y transicional y de igual forma subyace a la Formación Méndez. La Formación San Felipe se correlaciona con la Formación Guzmantla de la Cuenca de Veracruz. De acuerdo con su posición estratigráfica y con base en la microfauna planctónica encontrada (Ver apéndice paleontológico), se le asigna una edad que va del Coniaciano al Campaniano inferior. La Formación San Felipe se depositó en una cuenca abierta con poca circulación y aguas tranquilas; con aporte volcánico periódico, el cual interrumpía el proceso de sedimentación calcárea.

### **Formación Méndez**

Su localidad tipo se ubica al oriente de la Estación Méndez, en el kilómetro 629 de la ruta de ferrocarril San Luis Potosí - Tampico. Fue propuesta inicialmente por Jeffreys (1910), como Formación Méndez, pero es De Golyer (1916), quien la define formalmente como una secuencia de margas grises y azules estratificadas en capas de distinto espesor, que van desde unos centímetros hasta uno o más metros, observando un fracturamiento concoidal muy particular. Hacia la cima de la unidad se observa un tono rosado, por lo que se le ha denominado "Méndez Rojo"; este miembro presenta algunas intercalaciones de margas

grises y en ocasiones pueden verse capas de areniscas en la parte superior de la formación, cercano a las formaciones Velasco Basal o Chicontepec.

En la parte noroeste de la Hoja, al sur de Coyutla y en Coxquihui, los afloramientos siguen el mismo patrón de las estructuras anticlinales y sinclinales con una dirección preferencial NW-SE. También aflora hacia la parte suroriental del área en las poblaciones de San Antonio Rayón, Paso del Jardín y Ayotoxco de Guerrero.

Está constituida por margas y calizas arcillosas grises con tono verdoso en capas de 20 a 30 cm de espesor que intemperizan a verde claro; hacia la cima presenta margas café rojizo en estratos de 10 a 50 cm. Las calizas arcillosas contienen bioclastos y arcillas se observan medianamente oxidadas (lám. JAS-20).

Zozaya-Saynes (1973) midió un espesor promedio de 90 m. En el pozo Gachupinate No. 1 se reporta un espesor de 150 m, mientras que en el Pozo Tenexcate se ha registrado un espesor máximo de 176 m en el No. 1 y el mínimo es de 140 m en el Pozo Tenampulco No. 1 (Tabla 1).

Sobreyace a la Formación San Felipe de manera concordante y transicional. Se correlaciona con la Formación Cárdenas en el centro y occidente de la Plataforma Valles - San Luis y con la Formación Atoyac de la Cuenca de Veracruz. Estas relaciones estratigráficas y el tipo de fauna encontrada, permiten asignarle una edad del Campaniano medio - Maastrichtiano inferior. Esta unidad se acumuló en un ambiente hemipelágico.

### **Formación Velasco Basal**

Trager (1923), asignó el nombre de Formación Velasco Basal a una secuencia de lutitas bentoníticas de color gris verdoso y rojizas, que sobreyacen a la Formación Méndez, señalando como localidad tipo la Estación Velasco, S.L.P., sobre la vía del ferrocarril Tampico-San Luis Potosí. Aflora principalmente en la porción septentrional del área, en dos zonas; una delimitada aproximadamente por los poblados Lázaro Cárdenas, El Zapotal, Arroyo Zarco y Sabana de Xalostoc, la otra zona se extiende hacia el noreste de Ayotoxco de Guerrero.

La unidad consiste en lutitas calcáreas café rojizo y gris verdoso, ligeramente arenosas, intercaladas con algunas areniscas con marcas de corriente, en capas de 10 a 20 cm de espesor. Una muestra se clasificó como arenita arcósica constituida en su mayoría por feldespatos, cuarzo, líticos y colófano (lam. JAS-33).

Como se puede observar en la Tabla 1.1, el espesor reportado en subsuelo en los diferentes pozos que se localizan en el área, varía entre 39 m en el Pozo Tenexcate, a 85 m en el pozo Tenampulco No. 1.

Tanto su contacto inferior como el superior son concordantes con las Formación Méndez y al miembro Chicontepec Inferior, respectivamente, lo que ha permitido darle una edad de Paleoceno inferior (Hernández de la Fuente, 1990). Se depositó en medios nerfíticos y

batiales, en aguas de baja salinidad y temperatura constante, con aporte de material terrígeno.

## Formación Chicontepec

Dumble (1918), definió como Formación Chicontepec a la secuencia de areniscas arcillosas de grano fino alternadas con limolitas y lutitas, de color gris verdoso, de estratificación rítmica con intercalaciones delgadas de margas arenosas gris oscuro, expuestas a 2.5 km al este de Chicontepec, Ver. Nuttal (1931), con fines prácticos, la subdividió con base en su contenido micropalontológico, en tres miembros, los cuales se describen a continuación:

### Miembro Chicontepec Inferior

La unidad tiene una distribución espacial similar a la que presenta la Formación Velasco Basal. Aflora en dos zonas, una delimitada aproximadamente por los poblados Lázaro Cárdenas, El Zapotal, Arroyo Zarco y Sabana de Xalostoc, la otra zona se extiende entre La Carolina y El Pozo Gachupinate 1.

Se compone de una secuencia rítmica de areniscas calcáreas y lutitas, de color gris claro que intemperiza en gris verdoso. Las areniscas son de grano fino a medio y se presentan en estratos de 3 a 10 cm de espesor con estratificación gradada y marcas de base; las lutitas son laminadas y están dispuestas en estratos de 2 a 5 cm de espesor. En sección delgada se clasifican como grauvacas arcósicas (lams. AT-12 y JAS-7).

El espesor de esta unidad es variable, Hernández de la Fuente (1990) reporta para la región, espesores entre 70 y 200 m. Mientras en el subsuelo del área, se han reportado espesores que oscilan entre los 425 m en el Pozo Tenexcate y los 604 m en el Pozo Xalostoc, como se puede observar en la Tabla 1.1.

Hernández de la Fuente (1990), reporta para el área los microfósiles: *Globorotalia pseudomenardii Bolli* y *Globorotalia compresa Plummer*, con base en los cuales se le asigna una edad Paleoceno tardío.

Sobreyace concordantemente a la Formación Velasco y subyace de igual manera al miembro Chicontepec Medio. Se le ha asignado una edad de Paleoceno superior (Hernández de la Fuente, 1990). Representa una secuencia turbídítica depositada en la periferia de un surco submarino definido entre el Frente de la Sierra Madre Oriental y la Faja de Oro.

### Miembro Chicontepec Medio

El Miembro Chicontepec Medio está expuesto en una franja que se extiende ente los poblados Palenque-Maltrata y San Diego, Ver., en el sector oriental de la Hoja. Equivale a la unidad litoestratigráfica intermedia del Grupo Chicontepec (Dumble, 1918).

Está constituida principalmente por areniscas calcáreas de grano fino a medio, de color gris, que intemperizan en gris verdoso con intercalación de lutitas. Las areniscas tienen

espesores de estratos entre 10 y 20 cm; la de granulometría más gruesa presenta marcas de base y estratificación gradada. Las lutitas son calcáreas, están laminadas y son de color café por intemperismo, al fresco es gris verdosa; los estratos varían de 10 a 20 cm de espesor.

El espesor de la unidad en sus afloramientos varía entre los 195 y 360 m (Parga, 1979), mientras en el subsuelo es del orden de 215 m como se reporta en el Pozo Tenampulco No. 1, (ver Tabla 1.1).

Le corresponde una edad Paleoceno tardío, de acuerdo al contenido de microfósiles reportado por Hernández de la Fuente (1990): *Chilogumbelina critina Glaesner*, *Globigerina velascoensis Cushman*.

Esta unidad es concordante con los miembros Chicontepec Inferior y Chicontepec Superior (Hernández de la Fuente, 1990), y se le ha asignado una edad de Paleoceno superior. Representa una secuencia turbidítica depositada en la periferia de un surco submarino definido entre el Frente de la Sierra Madre Oriental y la Faja de Oro.

### Miembro Chicontepec Superior

Sus afloramientos se encuentran en la porción oriental de la Hoja; en una franja comprendida entre el caserío Mixiate y el C. La Campana, en el estado de Ver.

Representa una secuencia de areniscas calcáreas de grano medio a grueso en estratos de 40 a 80 cm de espesor con estratificación gradada, intercaladas con lutitas arenosas en estratos de 3 a 10 cm de espesor. La unidad tiene color gris oscuro e intemperiza en color ocre, frecuentemente presenta marcas de base e icnofósiles (pistas de litófagos).

Conforme a los trabajos de Parga (1979) la unidad Chicontepec Superior tiene un espesor de 350 m; mientras que, en el subsuelo se reporta en el Pozo Tenampulco No. 1, un espesor de 321 m (Ver tabla 2.1).

De acuerdo a Hernández de la Fuente (1990), le corresponde una edad Eoceno temprano con base en la siguiente microfauna: *Globorotalia rex Martin* y *Globorotalia formosa Bolli*.

Este depósito turbidítico se originó en el marco del relleno del Paleocanal de Chicontepec. Las corrientes de turbiedad que transportaron los clásticos arribaron a un ambiente poco profundo, en donde proliferaban organismos bentónicos.

El miembro Chicontepec Superior sobreyace concordantemente al miembro Chicontepec Medio y subyace en igual forma, mediante un contacto nítido a la Formación Guayabal. Se correlaciona con la Formación Aragón de las cuencas Tampico-Tuxpan y Veracruz (Tabla 3.1). Se le ha asignado una edad de Eoceno inferior (Hernández de la Fuente, 1990). Representa una secuencia turbidítica depositada en la periferia de un surco submarino definido entre el Frente de la Sierra Madre Oriental y la Faja de Oro.

## Formación Guayabal

Cole (1927), designó con este nombre a las lutitas calcáreas deleznales, de color gris expuestas en Guayabal, Municipio de Temateco, Ver., aproximadamente 12 km al oeste de Potrero del Llano.

Dentro del área, la formación aflora en una franja angosta con orientación NW-SE, en donde se ubican los poblados de Tenexcate y La Lima, Ver.

Conformada por una secuencia de lutitas calcáreas ligeramente arenosas de color gris claro que intertemperiza en tonos amarillentos, alterna con areniscas calcáreas de grano fino a medio en estratos delgados.

De acuerdo a Hernández de la Fuente (1990), se le asigna una edad correspondiente al Eoceno medio con base en su contenido de microfósiles: *Globorotalia leheneri* Cushman y Jarvis, *Truncorotaloides rohri* Bronniman y Bermúdez.

El espesor de la unidad varía entre 65 y 310 m (Parga, 1979). En el Pozo Tenampulco No. 1, se reporta un espesor de 149 m (Tabla 1.1).

Sobreyace concordantemente al miembro Chicontepec Superior y subyace de igual manera a la Formación Chapopote; con lo que se le asigna una edad de Eoceno medio (Hernández de la Fuente, 1990). Su depósito se efectuó en mares someros y tranquilos, con aportes cíclicos de terrígenos.

## Formación Chapopote

Cole (1927), utilizó el nombre de Formación Chapopote para referirse a las margas color claro y gris verdoso, que intertemperizan en color crema; expuestas en la margen norte del Río Tuxpan en la población de Chapopote, Ver., en el cruce de la carretera de Alamo a Potrero del Llano, Ver.

Unicamente está expuesta en el noroeste de la Hoja, en las localidades de Saltillo, Arroyo Blanco, Tenampulco y Tenexapa de Allende, Ver.

Se le ha asignado una edad correspondiente al Eoceno tardío con base en el siguiente contenido microfósilífero: *Globorotalia centralis* Cushman y Bermúdez, *Globorotalia linaperta* Finlay, *Globorotalia cocoaensis* Cushman y *Hastigerina micra* Cole (Hernández de la Fuente, 1990).

El espesor máximo expuesto de la Formación Chapopote es de 320 m (Parga, 1979), mientras en el pozo Sultepec No. 1 se reportó un espesor de 86 m (Tabla 1.1).

Sobreyace concordantemente a la Formación Guayabal y subyace de igual manera a la Formación Palma Real Inferior. Se correlaciona con la Formación Tantoyuca de las cuencas de Tampico-Tuxpan y Veracruz. Se le ha asignado una edad de Eoceno superior (Hernández

de la Fuente, 1990). La Formación Chapopote se depositó en un ambiente marino somero de aguas tranquilas, cerca de la línea de costa, como puede inferirse por el predominio de areniscas.

### **Formación Palma Real Inferior**

Villatore (1932), definió con este nombre a una secuencia clástica de características variables en función de su proximidad a la línea de costa; expuesta en el cruce del camino entre Potrero del Llano y Temapache, Ver., en la Hacienda de Palma Real.

La unidad aflora en el sector noreste de la Hoja, entre los poblados El Palmar, Tenampulco Viejo, Santa Lucía y Santa Cruz Buenavista, Ver.

La base de la formación está constituida por areniscas conglomeráticas de color gris, en estratos de 20 a 40 cm de espesor, mientras la cima se caracteriza por presentar una alternancia de lutitas de color café por intemperismo, en estratos de 2 a 4 cm de espesor, con areniscas color gris de grano medio, en estratos de 30 cm de espesor.

Hernández de la Fuente (1990), reporta la presencia de pequeños biohermas con distribución errática; estima un espesor para la formación, entre 30 y 100 m, y le asigna una edad de Oligoceno temprano, con base en la presencia de *Globigerina ampliapertura (Boll)*. Se correlaciona con la Formación Horcones de la Cuenca de Veracruz.

La Formación Palma Real Inferior cubre concordantemente a la Formación Chapopote y subyace de igual manera fuera del área a la Formación Palma Real Superior (Hernández de la Fuente, 1990). Asignándole una edad de Oligoceno inferior. Se depositó en aguas someras cercanas a la costa en una plataforma clástica amplia en donde existieron condiciones favorables para el desarrollo restringido de arrecifes.

### **Depositos Recientes**

Los depósitos recientes cartografiados en el área, son de carácter fluvial y se han acumulado en las áreas bajas de la región estudiada. Los depósitos aluviales se identificaron con base en su emplazamiento y en su morfología.

Se distribuyen a lo largo de los cauces de los ríos, en forma de cintas fluviales sobre todo en los valles de los ríos Tecolutla y Zempoala, formando pequeñas terrazas.

Consisten en bloques, gravas y arenas sin consolidar. Los clastos son de caliza, pedernal, rocas ígneas y algunos de areniscas; dichos líticos se presentan subredondeados y con formas que varían de subesféricas a tabulares. Los clásticos proceden de las distintas unidades litoestratigráficas expuestas en la región.

Por su posición estratigráfica (cubren discordantemente a diferentes formaciones en el área de estudio), y por su reciente y/o actual proceso de formación, se le asigna una edad correspondiente al Cuaternario. La unidad se acumula en virtud del cambio en la capacidad

de carga de las corrientes por la disminución de la pendiente de los talwegs, aguas abajo del área serrana.

### **Basalto**

Se describe de manera informal como Basaltos, a las rocas volcánicas que presentan una morfología de mesas y que de manera discordante cubren en algunas áreas a la secuencia sedimentaria. Se presenta en pequeños afloramientos aislados; al oeste de Zozocolco de Guerrero, así como del pozo Carolina-1.

Consiste en basaltos de color negro en superficies frescas; y gris oscuro a gris claro con algunas zonas con tonalidades verdosas, amarillentas y rojizas en superficies intemperizadas. Se clasificaron petrográficamente como basaltos de olivino, constituidos por labradorita, oligoclasa, olivino con matriz vítrea (lám. NV-33); se presentan la sericita e iddingsita como productos de la alteración de feldespato y olivino, respectivamente. Los basaltos tienen textura microlítica y se caracterizan por contener amígdalas de calcita. Comúnmente se observan estas rocas con intemperismo esferoidal.

Por sus relaciones estratigráficas (sobreyace de manera discordante a varias formaciones), y su morfología, se le asigna una edad Plio-Cuaternaria. Su depósito y emplazamiento ocurrió en condiciones continentales.

### **Tobas**

Se propone denominar de manera informal como Tobas, a las rocas piroclásticas que cubren discordantemente a la secuencia sedimentaria.

Se encuentran aflorando principalmente en varias zonas del extremo oriental de la Hoja, formando una serie de lomeríos. De manera aislada se presentan pequeños afloramientos en el centro y noroeste de la Hoja.

La unidad de tobas consiste en acumulaciones de tefras silíceas, con predominio de los fragmentos de pómez y con líticos vítreos tipo obsidiana como subordinados. Las tobas son de color gris a blanco; corresponden con tobas líticas (lám. JAS-73) compuestas de fragmentos de pómez, obsidiana, cuarzo y feldespatos. Se observan con un intemperismo químico profundo, de tal manera que han desarrollado una morfología típica caracterizada por sus numerosas escorrentías.

Las tobas cubren discordantemente a las unidades del Jurásico y Cretácico Superior al sur y norte de Mazatepec, Pue. Respectivamente; basándose en sus relaciones estratigráficas se le asigna una edad tentativa del Plioceno-Pleistoceno. Su depósito y emplazamiento ocurrió en condiciones continentales.

## V. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El área de estudio se encuentra dentro de las siguientes tres provincias geológicas, de poniente a oriente: Faja Volcánica Transmexicana, Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas y Miogeoclinal del Golfo de México (Ortega-Gutiérrez, *et al.*, 1992). Los rasgos estructurales más significativos corresponden al Cinturón de Pliegues y Fallas; en el área de estudio esta provincia se caracteriza por presentar estructuras plegadas y cabalgaduras que involucran a la secuencia pre-Eoceno medio; dichas estructuras presentan un rumbo general al noroeste. Los pliegues mayores son por lo regular asimétricos con planos axiales inclinados al suroeste. Las estructuras están conformadas principalmente en unidades de rocas calcáreas, algunas en estratos delgados; condición que favoreció el desarrollo de numerosos pliegues disarmónicos de segundo orden, tipo chevrón y kink. Con base en la geometría de las estructuras, la construcción de las secciones geológicas que se presentan en el Anexo 3, se realizaron con un estilo estructural de pliegues angulares tipo kink, con rampas estructurales, estructuras tipo duplex y fallas imbricadas.

El Miogeoclinal, por su parte, está conformado por el resto de la secuencia sedimentaria marina cenozoica expuesta en el noreste de la zona de estudio; ésta se caracteriza por presentar deformación incipiente, que contrasta notablemente con la geometría de las estructuras que se observan en el occidente. Las rocas de la Faja Volcánica se presentan en afloramientos aislados en el sector central y en el sureste del área; en general están representados por derrames basálticos y rocas piroclásticas.

De acuerdo a las características de las estructuras mayores y menores que presenta el área de estudio, ésta se puede subdividir en tres sectores (Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996):

- A) Flanco noreste del Anticlinorio de Villa Juárez.
- B) Culminación Septentrional del Macizo de Teziutlán.
- C) Miogeoclinal del Golfo de México.

En la caracterización de los sectores estructurales se emplearon diagramas estereográficos, utilizando el hemisferio inferior conforme a la Red de Schmidt y que se puede observar en la Carta Estructural elaborada (Anexo 2).

A continuación se describen las características morfológicas, estratigráficas y estructurales de los elementos mayores que se expresan en los Cartas Geológica (Anexo 1) y Estructural (Anexo 2) del área; la descripción se hará siguiendo el orden de los sectores antes mencionados.

### **Flanco Noreste del Anticlinorio de Villa Juárez**

#### **Anticlinal Xuxún-Chilocoyo**

Se ubica en el extremo suroeste de la Hoja. Esta estructura se extiende hacia el noroeste pasando por la ranchería Xuxún (fuera del área), y en su límite sur pasa por la ranchería Chilocoyo, poblados de los cuales toma su nombre.

A lo largo de la estructura dentro del área, corresponde con un cordón serrano, en donde el desnivel varía entre 200 y 450 m. Tiene una longitud total de 18.5 km, aunque en el área de estudio su longitud es de 5.6 km en su extremo sur, con un ancho de 1.7 Km. El anticlinal es ligeramente asimétrico, con vergencia al noreste y buzante hacia el noroeste; su flanco occidental tiene un echado promedio de  $16^\circ$  y el oriental de  $20^\circ$ . Su eje presenta una orientación general  $N34^\circ W$ . En la porción de la zona de estudio sólo aflora la Formación Tamaulipas Inferior.

### **Sinclinal Filomeno Mata**

Se localiza al noroeste del área de estudio y se extiende hacia la Hoja Filomeno Mata (F14-D84); su eje pasa cerca del poblado Filomeno Mata, del cual toma su nombre.

El sinclinal está caracterizado por una morfología de cuevas con pendientes pronunciadas, con alturas de 600 a 700 m. La estructura tiene una longitud total de 17.1 km, pero sólo 9.8 km quedan dentro del área, el sinclinal es más ancho en el sector sur, en donde tiene una amplitud de 2.4 km, mientras que el sector norte mide 1.8 km. Se clasifica como un pliegue ligeramente asimétrico buzante al noroeste. Su flanco oriental tiene una inclinación promedio de  $16^\circ$  y el flanco occidental de  $20^\circ$ . El eje de la estructura presenta una flexión, en el norte tiene una orientación general de  $N50^\circ W$  mientras en el sur su orientación es al  $N33^\circ W$ . En la zona de valle se encuentran las rocas de las formaciones Méndez, San Felipe, Agua Nueva y Tamaulipas Superior.

### **Anticlinal Santo Domingo**

Se localiza entre la zona de estudio y la Hoja Filomeno Mata (F14-D84), la estructura se ubica a lo largo del Río Santo Domingo, nombre que se le asignó al anticlinal.

La estructura tiene una expresión morfológica de un valle anticlinal incipiente, que corresponde con un desnivel que varía entre 550 y 200 m en el que se aloja el Río Santo Domingo. Su longitud total es de 9.0 km, pero sólo 3.4 km se encuentran dentro del área, el ancho promedio de la estructura es de 1.5 km. Anticlinal simétrico que buza ligeramente al noroeste; su flanco poniente tiene echado promedio de  $15^\circ$ , mientras que su flanco oriental es de  $16^\circ$ . Presenta una orientación general  $N51^\circ W$ . En la zona de estudio sólo afloran las formaciones Agua Nueva, San Felipe y Méndez.

### **Sinclinal Mecatlán**

Se ubica al noroeste de la Hoja; el eje de la estructura pasa por el poblado de Mecatlán (fuera del área), del cual toma su nombre.

La estructura corresponde con una sierra alargada con pendientes moderadas, con alturas entre los 720 y 740 m en el Cerro Mecatlán. Dentro del área se observa un tramo de 12.0 km, que se extiende hacia el noroeste; su amplitud máxima en el área es de 2.1 km. Es una estructura asimétrica buzante hacia el noroeste; los echados de su flanco oriental tienen valores aproximados de  $29^\circ$ ; en tanto que su flanco occidental de  $16^\circ$ . El pliegue

tiene una orientación de N48°W. En su núcleo afloran rocas del miembro Chicontepec Inferior y las formaciones Velasco Basal, Méndez, San Felipe y Agua Nueva.

### **Anticlinal Tuipan**

Se ubica entre las hojas Filomeno Mata (F14-D84) y Cuetzalan (F14-D85) aunque la mayor parte de éste se encuentra dentro del área estudiada. Se localiza cerca de los poblados de Coyutla y Rancho Alegre, Ver. El nombre de la estructura fue propuesto por Hernández de la Fuente, (1990).

Su sector noroeste corresponde con una sierra angosta, alargada con pendientes moderadas, mientras que en el sureste, la sierra es más amplia, con pendientes mayores y con una profunda disección, su desnivel varía entre los 650 y 200 m. La extensión dentro del área es de 18 km, siendo su longitud total de 20.0 km. El ancho del pliegue es menor hacia el norte con 1.7 km, a diferencia del sector sur, donde es de 2.4 km. La forma de la estructura es ligeramente asimétrica y buzante al noroeste. Su flanco occidental presenta una inclinación promedio de 16° en el sector norte y en el sector sur el promedio es de 20°, en tanto que el flanco oriental el promedio es de 20°. Su eje tiene una orientación general N28°W. En el núcleo, aflora la Formación Tamaulipas Superior, en algunos sectores, el nivel de erosión es menor y en éstos está expuesta la Formación Agua Nueva.

### **Sinclinal Coyutla**

Este pliegue se ubica al noroeste de la Hoja, su eje pasa por el poblado de Coyutla nombre asignado por Hernández de la Fuente (1990).

En el sector norte, la estructura está expresada por una depresión; y en el sur corresponde con una sierra alargada y angosta con pendientes pronunciadas. La longitud de su eje es de 9.0 km y la estructura es más ancha en el norte con 1.25 km, con respecto al sector sur en donde el ancho es de 0.55 km. Es un sinclinal asimétrico buzante al noroeste; con su flanco oriental de inclinación 27° y el occidental de 20°. Presenta una orientación general al N21°W. En el sector sur afloran las rocas de las formaciones San Felipe, Agua Nueva y Tamaulipas Superior; mientras que en el norte afloran rocas de las formaciones Méndez y Velasco Basal.

### **Anticlinal Chalahuite**

Se localiza en el sector noroeste de la Hoja, al oriente de Rancho Alegre, siguiendo una dirección subparalela al arroyo Chalahuite; de donde toma su nombre (Hernández de la Fuente, 1990).

En la zona noroeste, corresponde con una serie de lomeríos alargados, mientras que la morfología de su parte intermedia ha sido modificada por el trabajo erosivo del arroyo Chalahuite; donde se presentan las pendientes más pronunciadas y un desnivel que va de 400 a 200 m. Su longitud es de 9.5 km y tiene un ancho promedio de 1.0 km. La

estructura es asimétrica, es buzante hacia el noroeste, tiene un eje ligeramente arqueado cóncavo hacia el este. Su flanco occidental tiene un echado promedio de  $29^\circ$ , mientras que el flanco oriental tiene una inclinación de  $21^\circ$ . Presenta una orientación general  $N18^\circ W$ . En su parte sureste afloran rocas de las formaciones Tamaulipas Superior y Agua Nueva, y hacia el noroeste esta abierto en las formaciones San Felipe, Méndez y Velasco Basal.

### **Sinclinal Cuauhtémoc**

Se ubica en la zona noroeste del área, al noroeste de Zozocolco de Hidalgo, en su eje se encuentra el poblado Cuauhtémoc; el nombre de la estructura fue asignado por Hernández de la Fuente (1990).

Está expresado por dos lomeríos alargados con orientación  $N22^\circ W$ , disectados por el Río Tamuco y algunos arroyos intermitentes. La longitud del sinclinal es de aproximadamente 16.5 km; mientras que el ancho es de 2.25 km. Es un sinclinal ligeramente asimétrico y doblemente buzante, siendo la inclinación en el extremo sureste menor. La estructura tiene mayor inclinación en el flanco oriental con  $24^\circ$ ; mientras su flanco occidental esta inclinado  $20^\circ$ . La estructura tiene una traza sinuosa, de tal forma en su sector norte presenta un rumbo  $N08^\circ W$ , en el central su rumbo es al  $N35^\circ W$  y en el extremo sur la orientación es al  $N22^\circ W$ . En el zona noroeste afloran rocas de la Formación Velasco Basal y las formaciones San Felipe y Méndez en la zona sureste.

### **Anticlinal Catxquilín**

Se ubica al noroeste de la área y al suroeste de la rancharía llamada Catxquilín, desde la cual toma su nombre.

El extremo noroeste se ubica en una zona de lomeríos alargados de poca altura y hacia el sureste se define como una sierra alargada por lo que toma altura rápidamente. La longitud de la estructura es de 2.0 km y su extremo norte tiene un ancho de 0.85 km, mientras que en su parte sur es de 0.65 km. Es una estructura asimétrica, con vergencia general al noreste y buzante al noroeste, su eje tiene una traza cóncava hacia el noreste. Su flanco occidental está caracterizado por un echado promedio de  $24^\circ$  y su flanco oriental tiene un valor de  $11^\circ$ . Muestra una orientación en su parte norte de  $N45^\circ W$  y en el extremo sur de  $N23^\circ W$ . Las rocas que afloran en el núcleo pertenecen a las formaciones Agua Nueva, San Felipe y Méndez.

### **Sinclinal Catxquilín**

Se ubica en la porción noroeste del área, al suroeste de la rancharía Catxquilín, su dimensión es reducida por lo que se considera subordinado del anticlinal Chumatlán.

Toma forma a lo largo de la ladera de una sierra alargada y de una serie de lomeríos redondeados. La longitud del eje es de 1.9 km y el ancho es mayor en la porción norte con 0.7 km y menor en el sur con 0.4 km. Es un sinclinal simétrico con  $11^\circ$  de inclinación en ambos flancos y un buzamiento preferencial al noroeste. Presenta una orientación general al

N20°W. En la zona de valle afloran las rocas correspondientes a las formaciones Agua Nueva, San Felipe y Méndez.

### **Anticlinal Cueva del Tigre**

Se ubica al noroeste del área, entre los poblados Ricardo Flores Magón y Chumatlán. La ranchería Cueva del Tigre, de donde toma su nombre, se encuentra en el eje de la estructura.

El extremo noroeste se ubica en una zona de lomeríos alargados de poca altura, y hacia el sureste adopta la forma de una sierra elevada y alargada de pendientes pronunciadas. La longitud de la estructura es de 6.4 km y su ancho es de 0.6 km. Es una estructura asimétrica, con vergencia general al noreste y buzante al noroeste, su eje tiene una traza sinuosa. Su flanco occidental está caracterizado por un echado promedio de 11° y su flanco oriental tiene un valor de 28°; muestra una orientación general al N19°W. Las rocas que afloran en el núcleo pertenecen a la Formación Tamaulipas Superior; en virtud de su carácter buzante, en el noroeste afloran rocas de las formaciones Agua Nueva, San Felipe, Méndez y Velasco Basal.

### **Sinclinal Cueva del Tigre**

Se ubica en la porción noroeste del área de estudio y al noreste del poblado Cueva del Tigre, el nombre de la estructura fue asignado por Hernández de la Fuente (1990).

La estructura tiene una morfología desigual; en la parte norte corresponde con lomeríos de traza redondeada y en la parte central y sur corresponde con dos cordones serranos alargados. La longitud del pliegue es de 6.3 km y el ancho es mayor en la porción norte con 0.75 km y menor en el sur con 0.45 km. Es un sinclinal ligeramente asimétrico y doblemente buzante. Sus flancos tienen inclinaciones promedio de 24° en el oriente y de 28° en el poniente. Presenta una orientación general al N19°W. En la zona de valle afloran las rocas correspondientes a las formaciones Agua Nueva y San Felipe. En el sector noroeste están expuestas las rocas de las formaciones Méndez y Velasco Basal.

### **Anticlinal Chumatlán**

Se localiza en el sector noroeste; entre Zozocolco de Hidalgo, Coxquihui y Chumatlán. Éste último poblado se encuentra en la zona de charnela del pliegue; fue definido por Hernández de la Fuente (1990).

La estructura corresponde con una sierra amplia y alargada con pendientes medianas y pronunciadas, hacia el sureste la sierra tiene mayor amplitud; por lo general la sierra tiene pendientes más acentuadas en la ladera oriental que en la occidental. El pliegue tiene una longitud de 14.3 km; mientras que su ancho varía entre 1.3 y 1.0 km, de norte a sur. El flanco occidental se caracteriza por echados de 24°, mientras su flanco oriental tiene echados de 26°. Estructura ligeramente asimétrica, buzante al noroeste (Anexo 3). Su eje presenta una orientación general de N15°W. Este anticlinal tiene dos culminaciones en

donde se encuentran expuestas las rocas de la Formación Tamaulipas Superior; en el extremo noroeste, donde la estructura tiene un mayor buzamiento, afloran las formaciones Agua Nueva, San Felipe, Méndez y Velasco Basal, mientras que en su extremo sureste, donde presenta una ligera inclinación solo se observan rocas de las formaciones Agua Nueva y San Felipe.

### **Sinclinal Tahuaxni**

Se ubica en la porción noroeste del área de estudio, entre los anticlinales Chumatlán y El Colón; sobre su zona de charnela se encuentra el poblado de Tahuaxni Norte.

La estructura se expresa como una serie de lomeríos con laderas de poca pendiente; disectados en el sector central por el Río Tecacán. El pliegue tiene una longitud de 2.3 km y un ancho de 0.6 km. Se trata de una estructura simétrica y doblemente buzante. El flanco poniente tiene un echado promedio de 20° y el oriente de 21°. Presenta una orientación general N34°W. En la zona de charnela están expuestas rocas de las formaciones Méndez y San Felipe.

### **Anticlinal El Colón**

Se ubica al noreste de Zozocolco de Hidalgo; el nombre del anticlinal se tomó del poblado El Colón, localizado en la zona de charnela de esta pequeña estructura, la cual está subordinada al Anticlinal Chumatlán.

Tiene una expresión morfológica de lomeríos alargados disectados por arroyos perennes. Este pliegue tiene una longitud de 3.9 km y un ancho de 0.5 km. En su flanco occidental se observan echados con un valor promedio de 20°, mientras que en el flanco oriental tiene valores de 22°. Es una estructura ligeramente asimétrica y doblemente buzante. Su eje mayor tiene una orientación general al N38°W. La estructura está abierta en las formaciones San Felipe y Méndez.

### **Sinclinal La Fábrica**

Se ubica en la región noroeste del área, al noreste de Zozocolco de Hidalgo entre los anticlinales El Colón y El Zapotal. El poblado La Fábrica, del cual toma su nombre se localiza al noroeste de la estructura.

Morfológicamente se expresa por una serie de lomeríos de poca pendiente. El pliegue tiene 3.0 km de largo por 1.2 km de ancho. Estructura ligeramente asimétrica buzante al noroeste. Sus flancos se inclinan en promedio, 11° el oriente y 8° el occidente. El sinclinal presenta una orientación general de N45°W. En el núcleo están expuestas las rocas del miembro Chicontepec Inferior.

## **Anticlinal El Zapotal**

Toma su nombre del poblado El Zapotal ubicado al suroeste de la estructura.

Tiene una expresión morfológica de lomeríos. El anticlinal tiene una longitud aproximada de 8.3 km mientras que su ancho es de 1.0 km. Estructura casi simétrica, doblemente buzante, con vergencia al noroeste; en su flanco occidental presenta un echado promedio de  $13^\circ$ , mientras que el flanco oriental tiene una inclinación promedio de  $14^\circ$ . La estructura inicia en su extremo noroeste con una orientación  $N43^\circ W$ , en la zona central tiene una flexión cambiando la orientación a  $N65^\circ W$  para que finalmente el eje retorne la dirección inicial. En el núcleo del anticlinal afloran rocas de la Formación Méndez; siguiendo el eje del pliegue en dirección noroeste, se observan rocas de la Formación Velasco Basal y el miembro Chicontepec Inferior.

## **Sinclinal Tecuantepec**

Se ubica en la zona noroeste del área de estudio; al suroeste del Anticlinal de Tecuantepec.

Su expresión morfológica representa una serie de lomeríos con formas redondeadas. Este sinclinal tiene una longitud de 4.0 km y un ancho de 1.0 km. Estructura ligeramente asimétrica buzante al noroeste, cuyos flancos presentan inclinaciones promedio de  $14^\circ$  en el poniente y de  $16^\circ$  en el oriente, presenta una orientación general de  $N54^\circ W$ . El núcleo de la estructura está conformado por rocas del miembro Chicontepec Inferior.

## **Anticlinal Tecuantepec**

La estructura fue denominada por Hernández de la Fuente (1990) con base en el poblado Tecuantepec; que se ubica al suroeste del anticlinal.

En las zonas norte y centro, la estructura corresponde con un conjunto de lomeríos de pendiente suave, cortados por numerosos arroyos de patrón dendrítico mientras que en el extremo sur da forma a una serranía de pendiente baja con una orientación de  $N45^\circ W$ . El eje tiene una longitud de 18.2 km mientras que su ancho es de 2.2 km. Se trata de una estructura asimétrica de traza sinuosa, con una depresión a la altura del poblado Chapultepec; en su flanco occidental se observa una inclinación promedio de  $16^\circ$  mientras que en el flanco oriental el promedio es de  $22^\circ$ . El eje de la estructura presenta una flexión; en el sector norte tiene un rumbo  $N34^\circ W$  mientras al sur el rumbo es  $N43^\circ W$ . En el extremo sur aflora la Formación San Felipe y en el norte las formaciones Méndez y Velasco Basal.

## **Anticlinal Ayotoxco**

Se ubica en el sector sureste del área de estudio. Ayotoxco de Guerrero poblado del cual toma su nombre, se encuentra en la zona de charnela.

El relieve del pliegue consiste en lomeríos suaves con pendientes menores a  $10^\circ$ , disectados por arroyos intermitentes. La longitud de la estructura es de 5.0 km mientras su ancho es de 1.6 km. Estructura ligeramente asimétrica en cuyo flanco occidental se observan echados con un valor promedio de  $10^\circ$  mientras que en el flanco oriental, los echados tienen un promedio de  $13^\circ$ . La estructura tiene una orientación general de  $N49^\circ W$ . En el núcleo del anticlinal afloran rocas de la Formación Méndez y en su flanco oriental se tienen rocas de la Formación Velasco Basal; los extremos de la estructura han sido cubiertos por rocas volcánicas piroclásticas.

### **Sinclinal Santa Elena**

Se encuentra en el sector oriental del área de estudio, al noreste de Ayotoxco de Guerrero, entre los anticlinales Ayotoxco y Gachupinate, la ranchería Santa Elena está edificada en un punto del eje de la estructura, de la cual toma el nombre.

Corresponde con una morfología de lomeríos con pendientes suaves disectados por arroyos intermitentes. La longitud del tramo expuesto de la estructura es de aproximadamente 5.7 km; ya que se encuentra cubierta en sus extremos por rocas piroclásticas. El pliegue tiene un ancho promedio de 1.3 km. Estructura ligeramente asimétrica. Su flanco occidental tiene un echado promedio de  $13^\circ$  y el oriental de  $17^\circ$ . Presenta una orientación general al  $N49^\circ W$ . La Formación Velasco Basal está expuesta en la zona de charnela.

### **Anticlinal Gachupinate**

Ubicado en el sector sureste del área de estudio, en la zona de charnela fue perforado el Pozo Gachupinate No. 1, de donde toma su nombre.

La estructura tiene una expresión morfológica de lomeríos suaves y una longitud de aproximadamente 6.2 km mientras que su ancho es 1.2 km. Es ligeramente asimétrica, con su flanco occidental inclinado aproximadamente  $17^\circ$  mientras que el flanco oriental tiene un valor promedio de  $14^\circ$ . La estructura tiene dirección general al  $N45^\circ W$ . En el núcleo de la estructura afloran rocas de la Formación Méndez, rodeadas de rocas de la Formación Velasco Basal; el anticlinal se encuentra parcialmente cubierto por rocas volcánicas, en la parte norte de la estructura.

### **Características de las estructuras menores en el sector.**

Las estructuras de segundo orden que se encuentran dentro de este sector siguen la tendencia general de los pliegues mayores, la amplitud varía de abierto a suave ( $82^\circ$  a  $154^\circ$ ) predominando la primera, y se clasifican en dos grupos: horizontal inclinado y buzante inclinado (Fig. 5.1).<sup>1</sup>

### **Falla Ixtepec**

Se reconoció una falla de tipo inversa. Se localiza en el extremo suroeste del área de estudio, cruzando por la localidad de Ixtepec, de donde toma su nombre.

Presenta un relieve abrupto con cordones serranos sin orientación preferencial. Su traza presenta una longitud aproximada dentro del área de 15 km. La estructura se extiende hacia el sur.

Corresponde con una cabalgadura, con bloque de techo al poniente. Presenta una traza con varias flexiones, con una orientación general de N14°E, con echados que varían desde subhorizontales, de hasta 30° al noroeste. Asociados a la cabalgadura se observaron libros rotados (pods), según Simpson y Schmid 1983, estructuras que indican su vergencia al NE. El estilo estructural de la cabalgadura se ejemplifica con fallas inversas, con rampas estructurales, boudinage y pliegues de segundo orden a escala de afloramiento.

Los pliegues de segundo orden asociados a la Cabalgadura (Tabla 5.3), presentan planos axiales generalmente verticales con una orientación SW y SE, las charnelas no presentan una tendencia general y su amplitud varía de apretado a abierto, predominando los cerrados (16° a 100°); se clasifican como horizontales: normal, moderadamente inclinado y ligeramente buzantes (Fig. 5.1).<sup>1</sup>

En el bloque de techo afloran las formaciones Tamaulipas Inferior y Pimienta, las cuales cabalgan a rocas de las formaciones Tamaulipas Superior y Agua Nueva, como se observa en la sección 1 (Anexo 3).

### **Culminación Septentrional del Macizo de Teziutlán**

En el límite de este sector con el Flanco noreste del Anticlinorio, cerca de Jonotla, Pue., existen pliegues de segundo orden (Tabla 5.4), en la Formación Tamaulipas Superior, con planos axiales casi verticales con una orientación NW-SE, con charnelas con tendencia horizontal, con una amplitud de 115° en promedio, con lo que se clasifican como pliegues subhorizontales abiertos y algunos de ligeramente inclinados a moderadamente buzantes (Fig. 5.1).<sup>1</sup>

### **Miogeoclinal del Golfo de México**

Este sector se puede caracterizar como un monoclinal con una suave inclinación al N56°W, que se encuentra parcialmente cubierto por rocas piroclásticas y sedimentos aluviales.

<sup>1</sup> El análisis de deformación, se tratará en el capítulo siguiente.

FORMACION	UBICACION	FLANCOS	PLANO AXIAL	CHARNELA	AMPLITUD	CLASIFICACION
Agua Nueva JAS-61	641 790 E 2 223 794 N	S12°W, 23°NW N20°W, 73°NE	S12°E, 64°SW	11°, N17°W	88°	Buzante inclinado, abierto
		S15°E, 85°SW S18°E, 35°SW	S16°E, 60SW	02°, S15°E	52°	Horizontal inclinado, cerrado
		S30°W, 03°NW N16°W, 81°NE	S14°E, 50°SW	02°, N16°W	98°	Horizontal inclinado, abierto
Chicontepec 08-09	650 002 E 2 223 663 N	N15°W, 04°NE N50°W, 85°NE	S53°E, 44°SW	03°, S51°E	Anticlinal:98°	Horizontal inclinado, abierto
		N25°E, 05°SE N50°W, 85°NE	S56°E, 47°SW	05°, S52°E	Sinclinal:97°	Horizontal inclinado, abierto
San Felipe 08-12	648 227 E 2 232 180 N	S45°E, 41°SW N09°W, 70°NE	S23°E, 74°SW	22°, S17°E	Anticlinal:76°	Buzante inclinado, abierto
		N09°W, 70°NE S50°E, 28°SW	S22°E, 78°SW	16°, S15°E	Sinclinal:89°	Buzante inclinado, abierto
Agua Nueva 08-77	647 385 E 2 233 059 N	S48°E, 22°SW S52°E, 26°SW	S49°E, 42°SW	02°, S47°E	Sinclinal: 34°	Horizontal inclinado, cerrado
		S52°E, 26°SW S40°E, 44°SW	S46°E, 35°SW	10°, S29°E	Anticlinal: 20°	Horizontal inclinado, apretado
Agua Nueva 08-78	647 500 E 2 232 580 N	S42°E, 22°SW N54°W, 16°NE	N46°W, 48°NE	02°, N46°W	Anticlinal:142°	Horizontal normal, suave
		N54°W, 16°NE S50°E, 26°SW	N52°W, 89°NE	01°, N51°W	Sinclinal:138°	Horizontal normal, suave

Tabla 5.1 Pliegues menores del área sur de Coyutla.

FORMACION	UBICACION	FLANCOS	PLANO AXIAL	CHARNELA	AMPLITUD	CLASIFICACION
Tamaulipas Sup. 08-67	642 564 E 2 221 921 N	S25°W, 34NW S30°W, 42°NW	S28°W, 38°NW	10°, S42°W	Anticlinal:170°	Horizontal inclinado, suave
		S30°W, 42°NW N20°E, 30°SE	N26°E, 85°SE	04°, N27°E	Sinclinal:108°	Horizontal normal, abierto
		N20°E, 30°SE N03°W, 48°NE	S38°E, 60°SW	23°, S25°E	Anticlinal:157°	Buzante inclinado, suave
San Felipe 08-03	650 299 E 2 225 923 N	S24°W, 23°NW S46°W, 18°NW	N20°W, 80NE	16°, N17°W	Sinclinal:171°	Buzante inclinado, suave
San Felipe 08-29	650 117 E 2 228 565 N	S30°E, 36°SW S86°W, 35°NW	N51°W, 89°NE	20°, N51°W	Sinclinal:122°	Buzante normal, suave
		S86°W, 35°NW N40°W, 20°NE	N50°E, 75°SE	18°, N56°E	Anticlinal:154°	Buzante inclinado, suave
		N04°E, 16°SE S30°E, 16°SW	N19°W, 80°NE	08°, S21°E	Sinclinal:130°	Horizontal normal, suave
San Felipe 08-44	647 462 E 2 226 552 N	N63°W, 20°NE S32°E, 09°SW	S55°E, 84SW	03°, N54°W	Sinclinal:152°	Horizontal normal, suave
Agua Nueva 08-32	649 147 E 2 227 844 N	N21°E, 65°SE S17°W, 20°NW	S12°W, 68NW	02°, N12°E	Anticlinal:96°	Horizontal inclinado, abierto
		N06°E, 85°SE S40°W, 18°NW	S14°W, 54°NW	10°, N17°E	Sinclinal:82°	Horizontal inclinado, abierto
Agua Nueva 08-50	645 500 E 2 225 541N	N30°W, 32NE S08°E, 55SW	N16°W, 78°NE	10°, N15°W	Anticlinal:95°	Horizontal inclinado, abierto
Agua Nueva 08-51	645 342 E 2 225 787 N	S34°W, 22NW N35°E, 10SE	N34°E, 86°SE	0°, S35°W	Anticlinal:150°	Horizontal normal, suave
		N35°E, 10°SE S08°E, 66°SW	N02°W, 60NE	06°, S05°E	Sinclinal:108°	Horizontal inclinado, abierto

Tabla 5.2 Pliegues menores del área de Zozocolco de Hidalgo.

FORMACION	UBICACION	FLANCOS	PLANO AXIAL	CHARNELA	AMPLITUD	CLASIFICACION
Tamaulipas Sup. 08-59	643 592 E 2 224 300 N	S36°W, 18°NW N06°E, 85°SE	S13°W, 55°NW	09°, N07°E	Anticlinal: 80°	Horizontal inclinado, abierto
Tamaulipas Sup JAS-42	642 932 E 2 223 794 N	N12°W, 79°NE N09°W, 70°NE	N10°W, 75°NE	21°, S16°E	10°	Buzante inclinado, apretado
Tamaulipas Sup JAS-41	643 227 E 2 223 160 N	S19°E, 51°SW N09°W, 16°NE	S24°E, 18°SW	02, S18°E	66°	Horizontal inclinado, cerrado
Tamaulipas sup. JAS-38	643 275 E 2 224 380 N	N10°E, 50°SE S40°W, 37°NW	S24°W, 77°NW	12°, N20°E	99°	Reclinado, abierto
		N07°W, 66°NE S15°E, 56°SW	S11°E, 85°SW	07°, S06°E	59°	Horizontal normal, cerrado
		S05°W, 40°NW S17°E, 28°SW	S04°E, 33°SW	22°, S34°W	16°	Buzante inclinado, apretado
		N04°W, 61°NE S12°W, 46°NW	S02°W, 82°NW	10°, N02°E	74°	Horizontal normal, abierto
		S01°W, 34°NW S14°E, 50°SW	S08°E, 42°SW	18°, N30°W	20°	Buzante inclinado, apretado
		N05°W, 79°NE S08°W, 58°NW	S02°W, 79°NW	16°, N02°W	46°	Buzante inclinado, cerrado
		S10°W, 79°NW S05°W, 21°NW	S08°W, 50°NW	02°, S10°W	58°	Horizontal inclinado, cerrado
Tamaulipas Sup. JAS-37	643 592 E 2 224 300 N	S32°W, 14°NW N01°E, 83°SE	S08°W, 55°NW	07°, N02°E	86°	Horizontal inclinado, abierto

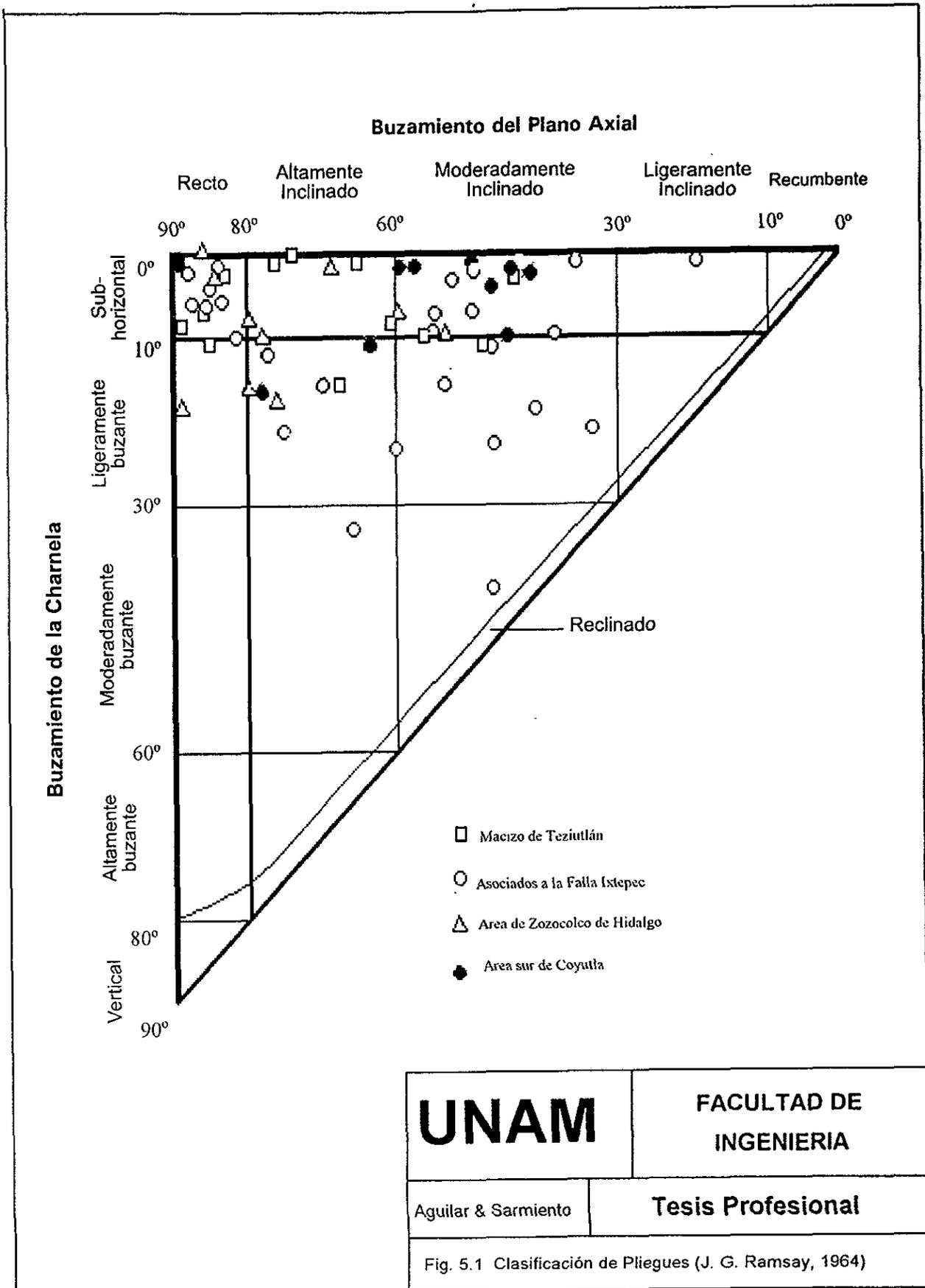
Tabla 5.3 Pliegues menores asociados a la Cabalgadura Ixtepec.

FORMACION	UBICACION	FLANCOS	PLANO AXIAL	CHARNELA	AMPLITUD	CLASIFICACION		
Tamaulipas Sup. JAS-43	643 096 E 2 223 610 N	S05°E, 28°SW S02°E, 76°SW	S04°E, 53°SW	03°, S01°E	48°	Horizontal inclinado, cerrado		
		S11°W, 68°NW S07°E, 28°SW	S04°W, 47°NW	12°, S16°W	42°	Buzante inclinado, cerrado		
		N52°W, 35°NE S47°W, 27°NW	S12°W, 47°NW	23°, N13°W	140°	Buzante inclinado, suave		
		N05°E, 64SE N32°W, 22°NE	S24°W, 54°NW	15°, N12°E	132°	Buzante inclinado, suave		
		N24°W, 40°NE S12°E, 54°SW	N17°W, 83NE	06°, N16°W	86°	Horizontal normal, abierto		
		Tamaulipas Sup. JAS-47	641 514 E 2 218 392 N	S09°W, 49°NW S12°E, 47°SW	S01°W, 47°NW	47°, S80°W	22°	Buzante inclinado, apretado
				S29°W, 83°NW S02°W, 51°NW	S17°W, 66°NW	32°, S33°W	40°	Buzante inclinado, cerrado
				S19°W, 60°NW S12°W, 10°NW	S19°W, 35°NW	01°, S19°W	52°	Horizontal inclinado, cerrado
				S16°W, 24NW N12°W, 26NE	S01°W, 87°NW	06°, N01°E	134°	Horizontal normal, suave
				S66°W, 08°NW N14°W, 81°NE	S08°E, 50°SW	07°, N12°W	98°	Horizontal inclinado, abierto
N25°W, 38°NE S19°E, 35°SW	S23°E, 88°SW	02°, N23°W	108°	Horizontal normal, abierto				
S12°W, 31°NW N05°E, 21°SE	N10°E, 84°SE	01°, N10°E	130°	Horizontal normal, suave				

Tabla 5.3 Pliegues menores asociados a la Cabalgadura Ixtepec.

FORMACION	UBICACION	FLANCOS	PLANO AXIAL	CHARNELA	AMPLITUD	CLASIFICACION
Agua Nueva AS-111	660 500 E 2 218 300 N	S53°E, 20°SW S59°E, 67°SW	S58°E, 44°SW	03°, N60°W	47°	Horizontal inclinado, cerrado
San Felipe AT-14	657 200 E 2 221 225 N	N70°W, 80°NE S27°E, 17°SW S55°E, 50°SW N54°W, 28°NE	S60°E, 56°SW N54°W, 74°NE	10°, N66°W 0°, N54°W	87° 102°	Horizontal inclinado, abierto Horizontal inclinado, abierto
San Felipe COX-29	659 242 E 2 219 171 N	N54°W, 28°NE S15°E, 36°SW N56°W, 39°NE S80°E, 42°SW	N32°W, 85°NE N67°W, 89°NE	11°, N30°W 09, S67°E	120° 101°	Buzante inclinado, abierto Horizontal normal, abierto
San Felipe 02-22	657 732 E 2 223 384 N	N73°W, 18°NE N07°W, 48NE	S15°W, 67NW	16°, N09°E	Anticlinal:138°	Buzante inclinado, suave
Méndez 02-16	658 463 E 2 224 349 N	N58°W, 15°NE S36°E, 28SW	N42°W, 83°NW	03°, N41°W	Anticlinal:138°	Horizontal normal, suave
Méndez 02-19	658-074 E 2 223 710 N	S22°E, 41°SW N30°W, 13°NE	N24°W, 76°NE	01°, N24°W	Anticlinal:127°	Horizontal inclinado, suave
Méndez 02-25	657 365 E 2 223 272 N	N69°W, 12°NE S84°W, 09°NW	S25°E, 86°SW	07°, N25°W	Anticlinal:175°	Horizontal normal, suave
Tamaulipas Sup. JAS-29	649 135 E 2 217 226 N	N02°W, 74°NE N28°W, 19°SE	S19°E, 48°SW	11°, S06°E	Anticlinal:121°	Reclinado suave
		N40°W, 55°NE S30°E, 05°SW	S40°E, 65°SW	01°, N40°W	Sincinal:120°	Horizontal inclinado, suave
		N40°W, 55°NE S82°W, 10°NW	S30°E, 61°SW	08°, N34°W	Anticlinal:130°	Horizontal inclinado, suave

Tabla 5.4 Pliegues menores del área del Macizo de Teziutlán.



## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El área que nos ocupa ha sido en múltiples ocasiones motivo de estudios de exploración petrolera, ya que se encuentra ubicado en los límites de dos importantes Sistemas Petroleros: Tampico-Misantla y Sierra Madre Oriental.

Cabe mencionar que la mayoría de estos trabajos son de carácter regional y algunos otros llegan solamente a describir parcialmente la columna geológica que nos atañe.

En este capítulo precisamos algunas ideas que consideramos importantes en la caracterización estructural del área, comparándola con los trabajos previos de la región.

### 6.1 ESTRATIGRÁFICOS

#### Formación Tenexcate

Se acumuló en un ambiente continental en el que ocurrió actividad volcánica efusiva y explosiva, de tal forma que se edificaron domos riolíticos y se acumularon flujos piroclásticos y lahares, el retrabajo de las rocas volcánicas produjo conglomerados con matriz piroclástica acumulados como abanicos aluviales y depósitos de talud. Los clásticos tuvieron muy poco transporte como se puede inferir del contenido de fragmentos de pómez que presentan los conglomerados. Algunos autores la han cartografiado en la región como Formación Cahuasas; nosotros decidimos denominar Formación Tenexcate, a la secuencia sedimentaria con gran contenido de componentes volcánicos, de acuerdo con lo descrito por Olivella-Ledezma en 1986.

No se encontraron fósiles que permitan asignarle edad a la unidad. Con base en sus relaciones estratigráficas se le considera una edad Jurásico medio, ya que su posición estratigráfica es post-Liásica y pre-Kimmeridgiana. Se correlaciona con la Formación Cahuasas que aflora al poniente del área, con la que cambia lateralmente de facies.

#### Formación San Andrés

El espesor reportado por Bartolo-Sánchez (1992) en la sección Jonotla es de 25 m; mientras que en los pozos, los espesores reportados varían de 34 m en el Ayotoxco No. 1 y un máximo de 108 m en el Tenexcate No. 1 (Tabla 1.1). Esta diferencia de espesores se debe a ligeros cambios de facies a otras formaciones (Chipoco, San Pedro), que no son cartografiables y que representan irregularidades en la plataforma, como lo atestigua la presencia de calizas boundstone localmente.

De acuerdo a Cantú (1971), el Miembro San Andrés ocupa una posición estratigráfica diferente en distintas localidades al sur, fuera del área: en el Río Apulco y en Texaxacach, Pue, subyace a la Formación Tamán que contiene *Idoceras sp.* En el Río Tezcapa (al occidente del área), el miembro San Andrés se observa intercalado entre las rocas de la Formación Tamán, arriba de la zona con *Idoceras, sp.* y abajo de la zona con *Virgatosphinctes mexicanus* y *Aulacomyella sp.* Al oriente de Cuetzalan del Progreso, Pue.

Se colectaron ejemplares de *Idoceras sp.*, *Idoceras humboldti* y *Aspidoceras sp.* En Ecatlán, se colectaron ejemplares de *Idoceras humboldti* en la cima de la unidad (Ver Apéndice Paleontológico), que corresponden al Kimmeridgiano temprano. Se correlaciona con las formaciones San Pedro y Chipoco de la región Tampico-Misantla. La Formación es correlacionable con la Formación Tamán expuesta al occidente fuera del área. A partir de los fósiles colectados y clasificados se le asigna una edad de Kimmeridgiano.

La base de esta unidad se acumuló en un ambiente costero expresado por la presencia de areniscas; en tanto que el resto se depositó en una plataforma somera de aguas cálidas y bien oxigenadas con zonas de alta energía, evidenciado por depósitos oolíticos y áreas aisladas de bancos de corales y algas, interdigitados con calizas impermeables en forma de lentes discontinuos. Stabler (1970), menciona las mismas características de ambiente de depósito para esta formación, en la Faja de Oro al norte del área.

Debido a las condiciones tan especiales que se requirieron para la formación de ésta secuencia, su distribución es bastante restringida, dando lugar a que en ocasiones se confunda con otros depósitos o que esta falta de precisión sea debida a una transición por cambio de facies, como sucede con las formaciones Tamán (plataforma), San Pedro (laguna) o Chipoco (talud), como lo propone Bartolo-Sánchez (1992).

## Formación Pimienta

Los espesores registrados en los pozos (Tabla 1.1), varían al igual que los reportados por Balam y Canché (1992), éste cambio de espesores, es posible que sean producto de variaciones en el relieve en que se acumuló la secuencia.

Se colectaron numerosos ejemplares de amonoides en Jonotla (extremo suroeste de la Hoja), ejemplares de los géneros *Spiticeras sp.*, *Olcostephanus sp.* y *Thurmanites sp.*, de edad Berriasiano. En Las Amalias (Las Hamacas), al noroeste de Mazatepec, Pue., se colectaron ejemplares de *Suarites bituberculatum*, *Suarites velardense*, *Wichmanniceras hernandense* y *Acevedites acevedense*, del Tithoniano tardío; también se colectaron ejemplares de *Inoceramus bassei* de edad Tithoniano medio; lo mismo se infiere con la siguiente microfauna: *Tintinnopsella carpathica*, *Tintinnopsella longa*, *Calpionella alpina*, *Calpionella elliptica*, *Lorenziella hungarica*, *Caliponellopsis simplex*, *Caliponellopsis oblonga*, *Lorenziella plicata*, *Remaniella cadischiana* y escasos ejemplares de *R. dadayi* (Ver Apéndice Paleontológico).

La edad de esta secuencia determinada por la fauna encontrada podría tener su límite superior entre el Berriasiano y el Valanginiano, pero debido a que este género puede encontrarse desde una edad del Tithoniano se ha convenido restringir su edad a este último rango.

Con base en la asociación faunística y a las características litológicas, podemos inferir que la parte basal de esta secuencia se depositó en un ambiente reductor con aporte de material volcánico (bentonita) y materia orgánica, en una plataforma con amplia comunicación al mar abierto, expresada por la abundancia de amonoides; hacia la cima se tienen

condiciones de plataforma que se infieren de las características batimétricas someras y de baja energía, como lo indica la presencia de equinodermos y pelecípodos, con una menor comunicación al mar abierto y aporte de terrígenos finos.

### Formación Tamaulipas Inferior

El espesor mínimo reportado para el área es de 129 m, cortado en el Pozo Xalostoc No. 1, mientras el máximo es de 400 m, en el Pozo Tecuantepec No. 1. (Tabla 1.1). Esta diferencia de espesores se debe a variaciones en el relieve de la cuenca de depósito, ya que en la parte noreste donde se encuentran dichos pozos, se tiene una deformación incipiente, por lo que no existe repetición de la secuencia.

Entre la microfauna determinada en el área se encuentran abundantes ejemplares de *Tintínidos* y *Calpionélidos* (lám. JAS-80) (Ver Apéndice Paleontológico), con base en los microfósiles, se le asigna a la Formación una edad probable, correspondiente al Neocomiano-Barremiano; aunque en el área de Mazatepec, Pue., Cantú (1967) reporta *Calpionella alpina* (Lorenz) y *Calpionella elíptica*, entre otras, correspondientes al Berriasiano. Así que la edad que se le asigna va desde el Berriasiano al Aptiano.

Se depositó en un ambiente marino profundo de cuenca; prevaleciendo durante el depósito de la parte inferior de la columna, aporte de terrígenos e influencia volcánica.

### Formación Tamaulipas Superior

Los espesores reportados para esta formación varían en el área; desde 143 m en el pozo Tenampulco No. 1 a 316 m en el pozo Xalostoc No. 1, (Tabla 1.1). Cabe señalar que ésta diferencia de espesores están dados a partir del relieve del piso de la cuenca de depósito y no de la repetición de la secuencia, ya que hacia el noreste la deformación es incipiente.

En el área de estudio se determinaron numerosos microfósiles: *Globogerinelloides sp*, *Hedbergella sp*, *Ticinella (?)*, *Calciferúlidos*; *Pithonella ovalalis*, *Pithonella cf trejoi*, *Calciferula innominata*, *Præglobotruncana sp*, *Præglobotruncana stephani*, *Rotalipora sp*, *Rotalipora cf cushmani*, *Thalmaninella grenhornensis*, *Globigerinelloides sp*, *Thalmaninella sp*, *Clavihedbergella simplex*, , *Clavihedbergella sp*, que indican una edad correspondiente al lapso Albiano-Cenomaniano (Ver Apéndice Paleontológico).

Se acumuló en un ambiente de mar abierto, como lo atestigua los estratos de mudstone y wackestone gris claro de hasta un metro de espesor, con nódulos y bandas de pedernal.

### Formación Agua Nueva

El espesor mínimo reportado en el subsuelo para esta formación es de 20 m en el Pozo Gachupinate No. 1, y el máximo es de 202 m en el Pozo Tecuantepec No. 1, (Tabla 1.1). Como ya se ha mencionado, esta diferencia de espesores están dados a partir del relieve del piso de la cuenca de depósito y no de la repetición de la secuencia.

Con base en el contenido de microfósiles determinados en el área, que corresponden con *Whiteinella archaeocretacea*, *Whiteinella sp.*, *Whiteinella baltica*, *Whiteinella borbholmensis*, *Whiteinella brillonensis*, *Whiteinella hozli*, *Hedbergella planispira*, *Helvetoglobotruncana (?)*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Pessagnielliella coarctata*, *Pessagnielliella ovifera*, *Praeglobotruncana sp.*, *P. stephani*, *Rotalipora sp.*, *R. cf cushmani*, *Dicarinella sp.*, *Dicarinella imbricata*, *Dicarinella canaliculata*, *Hedbergella planispira*, *Heterohelix sp.*, *Clavihedbergella simplex*, *Marginotruncana Sigali* y *Heterohelix moremani*, *Thalmaninella grenhornsensis* (Ver Apéndice Paleontológico), se le asigna una edad correspondiente al Turoniano.

Se acumuló en una cuenca abierta de aguas tranquilas con profundidad moderada, en un ambiente reductor con aporte de terrígenos finos. El contenido fosilífero nos indica niveles de salinidad marina normal (Fac. Ing., 1996).

### Formación San Felipe

Zozaya-Saynes (1973), midió un espesor promedio de 90 m. En los Pozos Gachupinate No. 1 y Tenampulco No. 1, (Tabla 1.1) se reporta respectivamente un espesor máximo de 200 m y un espesor mínimo de 22 m. La diferencia de espesores están dados a partir del relieve del piso de la cuenca de depósito y del aporte del material volcánico en el área; y no de la repetición de la secuencia.

Se le asigna una edad de Coniaciano - Campaniano temprano con base en su contenido de microfósiles planctónicos: *Marginotruncana sp.*, *Marginotruncana undulata*, *Marginotruncana marginata*, *Marginotruncana pseudolinneiana*, *Dicarinella hagni*, *Dicarinella cf canaliculata*, *Sigalla sp.*, *Globotruncana sp.*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana lapparenti*, *Globotruncanita sp.*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globigerinelloides sp.*, *Globigerinelloides prairiehillensis*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Archaeoglobigerina blowi\**, *Archaeoglobigerina cretacea\**, *Contusotruncana fornicata*, *Contusotruncana plummerae*, *Ventilabrella sp.*, *Concavototruncana carinata* (Ver Apéndice Paleontológico).

La Formación San Felipe se depositó en una cuenca abierta con poca circulación y aguas tranquilas; con aporte volcánico periódico, el cual interrumpía el proceso de sedimentación calcárea.

### Formación Méndez

Zozaya-Saynes (1973) midió un espesor promedio de 90 m. En el pozo Gachupinate No. 1 se reporta un espesor de 150 m, mientras que en el Pozo Tenexcate No. 1 se ha registrado un espesor máximo de 176 m y el mínimo es de 140 m cortados en el Pozo Tenampulco No. 1 (Tabla 1.1). La diferencia de espesores puede ser debida a las facies proximales al noreste (fuera del área) y facies distales dentro del área, de un ambiente sedimentario turbidítico.

Se identificó abundante fauna planctónica: *Globotruncanita elevata*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Pseudotextularia elegans*, *Globotruncana linneiana*, *Globotruncana lapparanti*, *Globotruncana arca*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana stephensoni*, *Heterohelix globulosa*, *Heterohelix cf clemenciae*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Rugoglobigerina sp*, *Globigerinelloides sp*, *Globigerinelloides prairiehillensis* (Ver Apéndice Paleontológico), la cual nos permite asignarle una edad del Campaniano medio-Maastrichtiano.

Con base en sus características litológicas, esta unidad se acumuló en un ambiente hemipelágico (Scholle *et al.*, 1983).

### Formación Velasco Basal

Como se puede observar en la Tabla 1.1, el espesor reportado en subsuelo en los diferentes pozos que se localizan en el área varía entre 39 m en el Pozo Tenexcate, a 85 m en el pozo Tenampulco No. 1. Este cambio de espesores reportado en los pozos dentro del área, es posible que sean producto de variaciones en el relieve de la cuenca de depósito o también puede deberse a que en algunas regiones se trate de la parte proximal del depósito, de abundante sedimentación.

De acuerdo a Hernández de la Fuente (1990), la formación tiene una edad correspondiente al Paleoceno temprano en virtud de su contenido microfauístico: *Planomalina velascoensis* White, *Globorotalia velascoensis* Cushman, *Globorotalia trinidadensis* Bolli y *Globorotalia compresa plummer*.

Se depositó en medios nerfíticos y batiales, de aguas de baja salinidad y temperatura constante, con aporte de material terrígeno (Hernández de la Fuente, 1990).

### Formación Chicontepec

Esta formación representa una secuencia turbidítica depositada en la periferia de un surco submarino definido entre el actual Frente de la Sierra Madre Oriental y la Faja de Oro, que se conoce como Paleocanal de Chicontepec. Como ya mencionamos en el Capítulo III, la subdivisión en miembros de esta formación la hizo Nuttal (1931), con base al contenido fosilífero; la separación de los tres miembros en la Carta Geológica (Anexo 1), se hizo tomando en cuenta: puntos de control, contactos de trabajos previos y rasgos geomorfológicos. La variación en los espesores se debe al ambiente turbidítico en el que se formó.

### Formación Guayabal

El espesor de la unidad varía entre 65 y 310 m (Parga, 1979). En el Pozo Tenampulco No. 1, se reporta un espesor de 149 m (Tabla 1.1). Los espesores varían haciéndose más gruesos hacia el noreste, ya que su marco general de sedimentación se realizó en una regresión marina.

## Formación Chapopote

El espesor máximo expuesto de la Formación Chapopote es de 320 m (Parga, 1979), mientras en el pozo Sultepec No. 1 se reportó un espesor de 86 m (Tabla 1.1). Las variaciones de espesores son debidas a cambios en el relieve de la cuenca de depósito, a la posición (proximal o distal) y al marco general de regresión.

## Formación Palma Real Inferior

Hernández de la Fuente (1990), reporta la presencia frecuente de pequeños biohermas con distribución errática; estima un espesor para la formación, entre 30 y 100 m. La reducción de espesores es debida a la progresión de la regresión, en el marco de un continuo aporte de terrígenos del poniente.

## 6.2 ESTRUCTURALES

### Flanco Noreste del Anticlinorio de Villa Juárez

Este sector está conformado por veintidós pliegues mayores, con rumbo general de N15°W, presentando gran parte de ellos una traza sinuosa, de los cuales doce son anticlinales (Tabla 6.1) y diez sinclinales (Tabla 6.2), en su mayoría son asimétricos con vergencia al noreste; también se identificó una cabalgadura en la parte suroeste del área con corrimiento al noreste, lo que corresponde con lo descrito por Zozaya-Saynes (1973).

Suter (1984), caracteriza el estilo de deformación del borde de la plataforma Valles- San Luis, como un cinturón plegado de dirección NW-SE, con rampas estructurales a nivel Cretácico Inferior. El área de estudio queda comprendida en la parte sureste de este cinturón, de tal modo que la cabalgadura identificada corresponde con dicho estilo de deformación.

Las estructuras afectan la secuencia jurásica-cretácica-terciaria; en donde los pliegues, involucran a las formaciones San Andrés, Pimienta, Tamaulipas Inferior Tamaulipas Superior, Agua Nueva, San Felipe, Méndez, Velasco Basal y Chicontepec. Los pliegues menores (Fig. 5.1), se caracterizan por tener charnelas suavemente inclinadas hacia el noroeste, con rumbos similares a la tendencia general de los pliegues mayores (Anexo 2). Se reconocen dos familias de pliegues :

A) Un conjunto de pliegues horizontales desde apretados a abierto con ángulos interflancos entre 16° y 100° (Tabla 5.3); cuya vergencia es al noreste y que están asociados a la cabalgadura Ixtepec, ubicada al suroeste del área.

B) Pliegues angulares de abiertos (con ángulos interflancos entre 80° y 100°) y algunos suaves (con ángulos comprendidos entre 130° y 160°); se clasifican en dos grupos: horizontal inclinado y buzante inclinado (Fig. 5.1)

Se cartografió una falla inversa, la cual, con base en sus características definimos como cabalgadura; asociados ésta se observaron libros rotados (Simpson y Schmid, 1983) o pods, estructuras que indican la dirección de deslizamiento, siendo esta al noreste. También se observaron pequeñas rampas estructurales a nivel afloramiento que representan fallas inversas con boudinage y pliegues de segundo orden.

El flanco del anticlinorio caracterizado en este trabajo, corresponde con lo descrito por López- Rubio (1967) como El Anticlinorio de Villa Juárez, el cual queda comprendido dentro del Geoanticlinorio de la Sierra Madre Oriental.

### **Culminación Septentrional del Macizo de Teziutlán**

Este sector estructural se ubica en el sector sur del área; en las cercanías de Cuetzalan y Jonotla, Pue.; se caracteriza por ser una estructura braquianticlinal profundamente disectada con una inclinación general hacia el noreste, como se observa en la Sección 2 (Anexo 3); la cual está abierta en la Formación Tenexcate.

El límite noreste de la estructura se caracteriza por el desarrollo de pliegues menores en la secuencia jurásica superior-cretácica, los cuales son angulares, abiertos y con vergencia al noreste con charnelas subhorizontales (Anexo 2 y Tabla 5.4).

### **Miogeoclinal del Golfo**

Este sector estructural se restringe a la porción noreste del área; su límite con el Flanco Noreste del Anticlinorio de Villa Juárez, corresponde aproximadamente con una línea imaginaria que une a los pozos Comalteco No.101 y Tenexcate No 1.

El sector presenta un relieve caracterizado por lomeríos redondeados; con rangos de elevación entre 50 y 200 m. Se trata de un monoclin al suavemente inclinado (aprox. 9°) al noreste con rumbo general N56°W. La estructura está representada por la secuencia sedimentaria terciaria: Guayabal, Chapopote y Palma Real Inferior; las cuales están cubiertas discordantemente por depósitos de rocas piroclásticas poco consolidadas, como se observa en las Secciones 2 y 4 (Anexo 3).

NOMBRE	LONG. TOTAL (m)	LONG.(m) DENTRO DEL ÁREA	ANCHO (m)	ORIENTACIÓN	FLANCO OCCIDENTAL	FLANCO ORIENTAL	CLASIFICACIÓN
Xuxún - Chilocoyo	18.5	5.6	1.7	N34°W	16°	20°	Asimétrico con vergencia al noreste buzante al noroeste.
Santo Domingo	9.0	3.4	1.5	N51°W	15°	16°	Simétrico buzante al noroeste.
Tuipán	20	18	1.7 a 2.4	N28°W	16°	20°	Asimétrico buzante al noroeste.
Chalahuite	9.5	9.5	1.0	N18°W	29°	21°	Asimétrico inclinado al norte.
Catzquilín	2.0	2.0	0.85	Norte N45°W Sur N23°W	24°	11°	Asimétrico vergente al noreste y buzante al noroeste.
Cueva del Tigre	6.4	6.4	0.6	N19°W	11°	28°	Asimétrico vergente al noreste y buzante al noroeste.
Chumatlán	14.3	14.3	1.3 a 1.0	N15°W	24°	26°	Ligeramente asimétrico y buzante al noroeste.
El Colón	3.8	3.9	0.5	N38°W	20°	22°	Ligeramente asimétrico y doblemente buzante.
El Zapotal	8.3	8.3	1.0	Norte N43°W Sur N65°W	13°	14°	Casi simétrico ligeramente buzante.
Tecuntepec	18.2	18.2	2.2	Norte N34°W Sur N43°W	16°	22°	Asimétrico.
Ayotoxco	5.0	5.0	1.6	N49°W	10°	13°	Ligeramente asimétrico.
Gachupinate	6.2	6.2	1.2	N45°W	17°	14°	Ligeramente asimétrico.

TABLA 6.1 ANTICLINALES

NOMBRE	LONG. TOTAL (m)	LONGITUD DENTRO DEL ÁREA (m)	ANCHO (m)	ORIENTACIÓN	FLANCO OCCIDENTAL	FLANCO ORIENTAL	CLASIFICACIÓN
Filomeno Mata	17.1	9.8	2.4 a 1.8	Norte N50°W Sur N33°W	20°	16°	Ligeramente asimétrico.
Mecatán	12.0	12.0	2.1	N48°W	16°	29°	Asimétrica y buzante al noroeste.
Coyutla	9.0	9.0	1.25 a 0.55	N21°W	20°	27°	Asimétrico y buzante al noroeste.
Cuahtémoc	16.5	16.5	2.25	Norte N08°W Centro N35°W Sur N22°W	20°	24°	Ligeramente asimétrico y doblemente buzante.
Catxquilín	1.9	1.9	0.70 a 0.40	N20°W	11°	11°	Simétrico con buzamiento al noroeste.
Cueva del Tigre	6.3	6.3	0.75 a 0.45	N19°W	28°	24°	Ligeramente asimétrico y doblemente buzante.
Tahuaxni	2.3	2.3	0.6	N34°W	20°	21°	Simétrica y doblemente buzante.
La Fábrica	3.0	3.0	1.2	N45°W	8°	11°	Ligeramente buzante al noroeste.
Tecuantepec	4.0	4.0	1.0	N54°W	14°	16°	Ligeramente asimétrica buzante al noroeste.
Santa Elena	5.7	5.7	1.3	N49°W	13°	17°	Ligeramente asimétrica.

TABLA 6.2 SINCLINALES

## VII. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

La evolución geológica regional está atestiguada por una secuencia sedimentaria muy variada y rica en rasgos estratigráficos y estructurales, que comprende desde el Jurásico medio hasta el Reciente.

Durante los millones de años en que ocurrieron los procesos sedimentarios en la región, se acumularon unidades de carácter continental y marino con un espesor de rocas de más de 2,400 m. La sedimentación en el área de estudio comienza en el Jurásico medio, en condiciones continentales con influencia volcánica (Formación Tenexcate), la cual cubre a las rocas del basamento que están expuestas pocos kilómetros al sur del área. Todas las unidades pre-Eoceno tardío fueron plegadas durante una fase de deformación compresiva. En la región se reconoce una fase de deformación con extensión cenozoica, expresada por el truncamiento hacia el sur del Anticlinorio de Villa Juárez (al occidente, fuera de la zona de estudio) y en la edificación de la Faja Volcánica Transmexicana.

### TRIÁSICO TARDÍO-JURÁSICO TEMPRANO

Hacia finales del Triásico, cuando la región estudiada formaba parte de la vertiente occidental de la Pangea, se inició un proceso de "rift", en un marco tectónico extensional; de tal manera que en la región se definió un relieve modelado a partir de estructuras como "horsts" y "grabens". La fase terminal del proceso "rifting", derivó en el desarrollo de un ámbito marino en el cual no se formó corteza oceánica, de tal forma se generó el Aulacógeno de Huayacocotla (Schmidt-Effing, R., 1980). Este fenómeno origina la formación del Golfo de México y la apertura del Océano Atlántico, que ocurrieron en el Jurásico tardío, al separarse el Cratón de Norteamérica de la masa continental constituida por Sudamérica y África.

### JURÁSICO MEDIO-JURÁSICO TARDÍO

En el área de estudio, prevalecía un ambiente continental con vulcanismo silíceo, expresado por el carácter de los fragmentos incluidos en los conglomerados y cuerpos vítreos de la Formación Tenexcate; la actividad volcánica expresa un rompimiento cortical que modificó el entorno geográfico. La región experimentó una transgresión hacia el Jurásico tardío que avanzó hacia el oriente, la invasión marina en esta área fue sin aporte de terrígenos como se observa en la margen izquierda del Río Tozan, al sur de Jonotla, donde los desarrollos coralinos de la Formación San Andrés aparecen a pocos decímetros sobre las rocas volcanoclásticas de la Formación Tenexcate; esta vez la invasión marina se generalizó hacia la zona del Golfo de México, en donde se estableció un proceso de generación de corteza oceánica entre el Jurásico tardío - Cretácico temprano. La plataforma en que se acumuló la Formación San Andrés tenía comunicación al mar abierto, condición que se infiere con base en los amonoideos encontrados. Posteriormente, el aporte de terrígenos se generalizó, con lo cual, la sedimentación calcárea disminuyó, y se acumularon las rocas calcáreo-arcillosas de la Formación Pimienta depositadas en un ambiente de profundidad creciente de mar abierto, lo que permitió el ingreso de amonoideos. En la región, la secuencia de la

Formación Pimienta incluye horizontes bentoníticos que atestiguan un evento volcánico en los alrededores.

### NEOCOMIANO-CENOMANIANO

El aporte de material arcilloso y volcánico disminuyen hacia el Berrasiano; aunque se tienen algunos horizontes bentoníticos en la base de la Formación Tamaulipas Inferior, unidad que se caracteriza por depósitos principalmente calcáreos, característicos de un ambiente de mar abierto en subsidencia; estas condiciones sedimentológicas estuvieron vigentes hasta finales del Aptiano. En el área no se reconoció el Horizonte Otates, tal como ocurre en otros sectores de la Sierra Madre Oriental (Fac. Ingeniería, 1990). Durante el Albiano-Cenomaniano, el ambiente de depósito corresponde con una cuenca sedimentaria donde se depositaron capas delgadas de la Formación Tamaulipas Superior.

### TURONIANO-SANTONIANO

Durante el Turoniano, el ámbito marino de la región recibió aporte de material clástico fino proveniente de los terrenos volcánicos situados al occidente; se uniformizó la sedimentación calcáreo-arcillosa en un ambiente de mar abierto representados por la Formación Agua Nueva. Las características de la secuencia depositada en el Coniaciano y Santoniano pertenecientes a la Formación San Felipe, indican una influencia volcánica directa, ya que *contiene estratos delgados de caliza con líticos volcánicos e intercalaciones numerosas de horizontes bentoníticos*; por lo que la sedimentación ocurrió en un ambiente marino de aguas profundas y tranquilas.

### CAMPANIANO-MAASTRICHTIANO

Para este lapso se interpreta que ocurrió una continua subsidencia regional, con abundante aporte de clastos finos de origen volcánico procedentes del occidente, de tal manera, que el relieve submarino se fue azolvando; así se generalizó un ambiente con sedimentación turbidítica, con facies proximales al noreste fuera del área y facies distales dentro del área; condiciones que se infieren a partir de la secuencia calcáreo-arcillosa de la Formación Méndez. El cambio de régimen sedimentológico en el Maastrichtiano, se asocia con la dinámica de placas, ya que los esfuerzos compresivos ejercidos por la Placa Paleopacífica en la placa Norteamericana, originaron que se iniciara hacia el poniente, la deformación compresiva que generó pliegues y cabalgaduras, *proceso orogénico que edificó montañas*.

### PALEOCENO-EOCENO TEMPRANO

Durante este lapso se acumularon las secuencias marinas clásticas correspondientes a la formaciones Velasco Basal y Chicontepec, la primera arcillosa con algunos horizontes arenosos y la segunda de carácter turbidítico cuyo depósito ocurrió en el cañón submarino denominado Paleocanal de Chicontepec; el depósito de dichas unidades se efectuó de manera penecontemporánea a la fase de deformación compresiva denominada Orogenia Laramide, la que inició desde el Maastrichtiano; con esta fase culmina el desarrollo del cinturón de pliegues y cabalgaduras con orientación general NW-SE, que caracterizan el

frente de la Sierra Madre Oriental. La acción de la Placa Paleopacífica en la Placa Norteamericana culminó hacia el Eoceno medio, tiempo de acumulación del miembro superior de la Formación Chicontepec. La deformación quedó registrada en las estructuras con vergencia general al noreste, como se puede inferir a partir de la asimetría de la estructuras plegadas de primer y segundo orden.

### **EOCENO TARDIO-OLIGOCENO MEDIO**

A partir del Eoceno Superior, la sedimentación marina ocurrió en el marco general de una regresión, de tal forma que las formaciones Guayabal, Chapopote y Palma Real Inferior presentan una suave inclinación hacia el Golfo de México, cuenca que experimenta una reducción en su extensión conforme progresó la regresión, en el marco de un continuo aporte de sedimentos terrígenos provenientes del poniente, a través de distintas corrientes fluviales.

### **PLIOCENO-PLEISTOCENO**

Durante el Plioceno la región evolucionó bajo condiciones continentales, donde se desarrolló un drenaje con patrón subparalelo y perpendicular a la tendencia regional de las estructuras plegadas.

Hace aproximadamente 2 millones de años, la región fue escenario de intensa actividad volcánica asociada a la edificación de la Faja Volcánica Transmexicana (Morán, 1984), donde fue expulsado magma basáltico que ascendió a la superficie por fracturas profundas, acumulándose en algunas zonas en forma de mesas, al noroeste de Ayotoxco de Gro. y al sur de Zozocolco de Hgo.; al sureste del área de estudio se acumularon los productos volcánicos más recientes, que son acumulaciones piroclásticas silíceas emitidos por los estratovolcanes cercanos; estas rocas han sido afectadas por un profundo intemperismo químico.

### **RECIENTE**

Las corrientes fluviales han disectado la región, las cuales han desarrollado un drenaje de mediana densidad, con depósitos fluviales de escaso espesor en la región serrana, el cual se incrementa hacia el oriente, en donde la pendiente de los ríos decrece y presentan terrazas fluviales y planicies de inundación.

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIONES ESTRATIGRÁFICAS

Las rocas expuestas en el área, representan un lapso que comprende del Jurásico medio al Reciente, con una espesor de la columna mayor a los 2,400 m. Se identificaron trece unidades litoestratigráficas con rango de formación, de las cuales tres pertenecen al Jurásico, cinco al Cretácico y cinco al Terciario. El registro estratigráfico se extiende hasta el Permo-Triásico, si consideramos al Esquisto Chililis (Tabla 1.1). Las características generales de las unidades expuestas son:

#### JURÁSICO

**Formación Tenexcate.** Se compone de rocas volcánicas silíceas y andesíticas, cubiertas por conglomerados polimícticos bien cementados y por grauvacas líticas, cuyos componentes son de rocas volcánicas con mala clasificación. Espesor mayor a 700 m.

**Formación San Andrés.** Su base se compone de areniscas con cementante calcáreo con algunos paquetes de boundstone de corales. Su parte media es de grainstone de oolitos y pellets con nerineas, pelecípodos y corales. La cima está caracterizada por wackestone de intraclastos o de oolitos. Espesor 120 m.

**Formación Pimienta.** Constituida por wackestone y calizas arcillosas de color gris oscuro, con interestratificación de lutitas carbonosas calcáreas y bandas de pedernal. Presenta vetillas rellenas de gilsonita, abundantes microfósiles y amonoideos. Espesor 150 m.

#### CRETÁCICO

**Formación Tamaulipas Inferior.** Mudstone y wackestone fosilífero de color gris claro en estratos de 30 a 50 cm de espesor. En la base, la formación presenta algunos horizontes de bentonita. Presenta vetillas de gilsonita. Espesor 215 m.

**Formación Tamaulipas Superior.** Wackestone fosilífero y wackestone de pellets de color gris claro, con nódulos y bandas de pedernal negro. Hacia la cima contiene algunos estratos de caliza arcillosa. Espesor 150 m.

**Formación Agua Nueva.** Calizas arcillosas y wackestone en estratos de 15 a 25 cm de espesor, con intercalación de lutitas de color gris oscuro, nódulos de piritita oxidada y bandas de pedernal. Espesor 148 m.

**Formación San Felipe.** Wackestone de color gris verdoso con algunos fragmentos de cuarzo, en estratos de 10 a 50 cm de espesor; presenta intercalaciones de bentonita y tobas finas en capas con espesores entre 3 y 10 cm. Espesor 200 m.

**Formación Méndez.** Margas de color gris y calizas arcillosas de color gris verdoso, en estratos con espesores entre 15 y 50 cm. Espesor 111 m.

## TERCIARIO

**Formación Velasco Basal.** Lutitas calcáreas de color café rojizo y gris verdoso, ligeramente arenosas en estratos de 10 a 20 cm de espesor. Contiene algunas intercalaciones de areniscas con marcas de corriente. Espesor 85 m.

**Formación Chicontepec.** Secuencia rítmica de areniscas calcáreas y lutitas de color gris oscuro en estratos entre 3 y 20 cm de espesor. Las areniscas presentan marcas de base y gradación. El miembro inferior tiene un espesor de 200 m, el medio de 230 m y el superior de 321 m.

**Formación Guayabal.** Lutitas calcáreas ligeramente arenosas de color gris claro que alternan con areniscas calcáreas de grano fino a medio en estratos delgados. Espesor 323 m.

**Formación Chapopote.** Grauvacas líticas de color gris en estratos de 30 cm de espesor, con algunos estratos de areniscas conglomeráticas. Espesor 86 m.

**Formación Palma Real Inferior.** La base se compone de areniscas conglomeráticas en estratos de 20 a 40 cm de espesor y la cima se caracteriza por una alternancia de lutitas con areniscas en capas de espesores entre 2 y 30 cm. Espesor 100 m.

## CONCLUSIONES ESTRUCTURALES

El área de estudio se encuentra dentro de tres provincias geológicas: Faja Volcánica Transmexicana, Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas y Miogeoclinal del Golfo de México. Los rasgos estructurales más significativos corresponden al Cinturón de Pliegues y Fallas el cual se caracteriza por presentar estructuras plegadas y cabalgaduras que involucran a la secuencia pre-Eoceno medio, dichas estructuras presentan un rumbo general al noroeste.

En la parte occidental del área, la deformación regional se caracteriza por estructuras con vergencia general al noreste, la cual se asocia con la Orogenia Laramídica, evento que se inició en el Maastrichtiano y culminó en el Eoceno temprano.

En el área de estudio se reconocieron tres sectores estructurales cuyas características se sintetizan en seguida:

### A) FLANCO NORESTE DEL ANTICLINORIO DE VILLA JUÁREZ

En el se reconocieron diecinueve pliegues mayores definidos por la secuencia Cretácico-Eoceno, los pliegues son, en general, asimétricos con planos axiales inclinados al suroeste; en las secuencias calcáreas y calcáreo-arcillosas se observan numerosos pliegues menores angulares, disarmónicos, chevrón y kink. Las estructuras menores del sector son por lo general abiertas, excepto en las cercanías de la cabalgadura; como en el límite con el sector Culminación Septentrional del Macizo de Teziutlán.

## **B) CULMINACIÓN SEPTENTRIONAL DEL MACIZO DE TEZIUTLÁN**

Estructura braquianticlinal profundamente disectada con inclinación general hacia el noreste, definida por la secuencia Jurásica-Cretácica.

## **C) MIOGEOCLINAL DEL GOLFO DE MÉXICO**

Monoclinal inclinado suavemente al noreste con un rumbo general N56°W, estructura conformada por las formaciones Guayabal, Chapopote y Palma Real Inferior.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Con respecto a los objetivos planteados al inicio de la investigación y por las conclusiones anteriores, podemos decir que los resultados son satisfactorios.

El presente trabajo es importante, pues la caracterización estratigráfica y estructural que se plantea en éste, contribuye al conocimiento geológico de la región y así mismo sirve como base para trabajos posteriores referentes a la exploración de recursos naturales y geotécnica.

## BIBLIOGRAFÍA

ESTA TERCERA NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Balam y Canché, J. L., 1992. **Informe Geológico Final Estudio San Carlos IGRP-004.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Bartolo-Sánchez, C., 1992. **Informe Geológico Final Estudio San Miguel IGRP-003.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Burckhardt, C. 1930. **Etude Synthetique Sur le Mesozoique Mexicain Mem. Soc. Paleont. Suisse Vol. p. 49-50.**
- Busch D., A. and Goveia, S. A., 1978. **Stratigraphy and Structures of Chicontepec, turbidites, southeastern Tampico-Misantla Basin. Mexico.** Amer. Assoc. Petroleum Geologists Bulletin. Vol. 62, No. 2. pp. 235-246, 9 figs.
- Cantú-Chapa, A., 1967. **El Límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Puebla (México).** Instituto Mexicano del Petróleo, Sección Geológica, monografía núm. 1. pp. 3-24.
- Cantú-Chapa, A., 1971. **La Serie Huasteca (Jurásico Medio-Superior) del centro este de México.** Instituto Mexicano del Petróleo (abril de 1971). Vol. 3, No. 2, pp. 17-40, 4 láminas.
- Carrillo-Martínez, O., 1980. **Distribución e importancia económica de los bancos oolíticos del Kimmeridgiano Inferior en el Distrito de Poza Rica, Ver. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. Vol. 32, No. 2, pp. 3-13.**
- Cole, W. S., 1927. **A foraminiferal fauna from the Guayabal Formation in Mexico: Bull. Amer. Paleont. Vol. 14, No. 51, pp. 5-16.**
- Concha-Dimas, A. y Silva-Romo, G., 1996. **Análisis Morfológico de la Carta Cuetzalan (F14-D85).** 4ª Reunión Nacional de Geomorfología, Michoacán.
- Contreras-Barrera, A. D. y Gío-Argáez, R., 1985. **Consideraciones Paleogeográficas de los Icnofósiles de la Formación Chicontepec en el Estado de Puebla.** Univ. Nat. Auton. México, Inst. Geol. Revista, Vol. 6., No. 1, pp. 73-85.
- Davis, George H., 1984. **Structural Geology of Rocks and Regions.** Ed. Jonh Wiley & Sons. Singapore. pp. 365.
- De Golyer, 1976. Original no consultado, citado por Hernández de la Fuente, 1990.
- Dirección General de Geografía, 1993. **Carta Topográfica Cuetzalan F14-D85.** Tercera impresión. Esc. 1:50,000.
- , 1981. **Carta de Climas Ciudad de México.** Primera Edición. Esc. 1:1'000,000.
- , 1981. **Carta de Uso del suelo y Vegetación.** Primera Edición. Esc. 1:1'000,000.

- , 1984. **Carta Fisiográfica Ciudad de México**. Primera Edición. Esc. 1:1'000,000.
- Dumble, 1918. Original no consultado, tomado de Hernández de la Fuente, 1990.
- Espinasa-Pereña, 1994, **El Karst de Cuetzalán Pue.** Tercera Reunión Nacional de Geomorfología.
- Facultad de Ingeniería, UNAM, 1984. **Informe Geológico Final del Prospecto Progreso IGPR-239.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996. **Estudio Geológico Coxquihuí IG-RVER-96/04-1.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Heim, A., 1926. **Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, México)** Ed. Geol Helvetiae Vol. 20, pp. 84-89.
- Hernández de la Fuente, R., 1990. **Informe Final Prospecto Tecuantepec. IGPR-285.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Jenny, F., 1931a. **Geological Reconnaissance of the states of Veracruz and Puebla between the towns of Papantla y Teziutlan.** Geological Report No. 394. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Jenny, F., 1931b. **Geological Report No. 413 On the area between Entabladero and Tecoantepec states of Veracruz and Puebla.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Jeffreys, 1910. **Geology of the Tampico Region, Mexico.** Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. Vol. 29, 280 p. Reporte inédito. Original no consultado citado por Muir, J. 1936.
- Lin-Hernández, L. y Quezada-Dimas, M., 1990. **Estudio estratigrafico-sedimentológico del área de la Sierra Madre Oriental, porción centro PRES-004-90.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- López-Rubio, J.L. y Meneses-López, S., 1967. **Informe Final de Geología del área Río Laxaxalpa-Teziutlán-Misantla, estados de Puebla y Veracruz; PRGC-3201.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Morales de la G., J. y Garduño, M. V. H., 1984. **Prospecto Huauchinango Proyecto C-400-IMP.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Morán Z., D., 1984. **Geología de la República Mexicana.** Facultad de Ingeniería. UNAM e INEGI. México.
- Muir, J., 1936. **Geology of the Tampico Región. Mexico.** Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. Vol. 20. 280 pp.

- Nuttal, 1931. Original no consultado, citado por Hernández de la Fuente, 1990.
- Olivella-Ledezma, M., 1986. **Informe Geológico Final del Prospecto Aquixtla IGPR-252.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Ortega-Gutiérrez, 1992. Original no consultado, citado por Hernández de la Fuente, 1990.
- Parga, 1979. Original no consultado, citado por Hernández de la Fuente, 1990.
- Reyes-Domínguez, E., 1975. **Características generales de la zona de Poza Rica.** II Simposium de Geología del Subsuelo. Superintendencia General de Exploración, Poza Rica, Ver. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Ruiz, S. P., 1978. **Estudio radiométrico de las rocas ígneas y metamórficas del Prospecto Villa Juárez-Tlapacoyan, Ver. Proyecto C-1067-IMP-1978.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Sánchez-Martínez, C., 1995. **Geología Aplicada al Proyecto Hidroeléctrico Atexcaco Puebla 2da. Etapa.** Tesis profesional. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Sánchez-Martínez, R., 1990. **Estudio tectónico estructural Prospecto Tlaxco, PRES-009-90.** Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Schmidt-Effing, R., 1980. **The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico.** Proceeding of a Simposium. The Origin of the Gulf of Mexico in the Early Opening of the Central North Atlantic Ocean. pp. 79-86.
- Scholle, P. A., Arthur, M. A. and Ekdale, A. A. 1983. **Pelagic Environment.** Carbonate Depositional Environments. Edited by Peter A. Scholle, Don G. Bebout, Clyde H. Moore. American Association of Petroleum Geologist. Memoir 33, chapter 12, pp. 619-692.
- Simpson, C. y Schmid, S., 1983. Original no consultado citado por Tolson, G. 19xx
- Stabler, L. C., 1970. **Aplicación del análisis de ambiente de la caliza San Andrés en el área de La Soledad, Poza Rica.** Rev. de Ing. Petrolera. Vol. 10, No. 6, pp. 5-16.
- Stephenson, 1921. **Geology of the Tampico Region Mexico.** Amer. Asoc. Petrol. Geol. Bull. Vol. 20. Original no consultado citado en Muir, J., 1936.
- Suter, M., 1984. **Cordilleran Deformation Along The Eastern Edge of the Valles-San Luis Potosi Carbonate Plataform, Sierra Madre Oriental Fold-Thrust Belt, East-Central Mexico.** Geol. Soc. of Am. Bull, Vol. 95, No. 12, pp. 1387-1397.

**Tolson, G., 19xx. Un Catálogo de Indicadores Cinemáticos en Rocas Cizalladas. Inst. Geofísica, UNAM.**

**Trager, 1979. Original no consultado, citado por Hernández de la Fuente, 1990.**

**Villatore, 1932. Original no consultado, citado por Hernández de la Fuente, 1990.**

**Zozaya-Saynes, M., 1973. Informe Geológico Final del Prospecto Chalahuite Arroyo Grande. IGPR-103. Petróleos Mexicanos. Inédito.**

---

## **APÉNDICE PETROGRÁFICO**

MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	CLASIFICACIÓN	FÓSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
	COORDENADAS U.T.M. HUSO 14			1.-ALOUJIMICOS 2.-TERRIGENOS 3.-MATRIZCEMENT...%	1-DUNHAM 2-FOLK 3-PETTIOHNN Toba cristalina			Contiene un porcentaje menor al 1% de óxidos.
VEN-9B	6 61 000 E 22 14 650 N	TENEXCATE	Roca ígnea extrusiva de color rosa con abundante vidrio.	Cuarzo y feldespatos Líticos Vidrio	30 10 60		Continental volcánico	
VEN-11	6 61 675 E 22 13 950 N	TENEXCATE	Roca ígnea extrusiva de color rosa con abundante vidrio	Cuarzo y feldespatos Vidrio	35 65		Continental volcánico	Se observa un porcentaje menor al 1% de óxidos.
VEN-21	6 60 980 E 22 14 810 N	TENEXCATE	Roca ígnea extrusiva, color rosa con cristales de cuarzo y vetillas de sílice.	Cuarzo Matriz feldespática Vidrio	30 60 10		Continental volcánico	Se observa intercrecimiento de cuarzo. Presenta impregnaciones de aceite en las fracturas.
VEN-26	6 62 350 E 22 16 250 N	TENEXCATE	Roca ígnea de color rojo por intemperismo, con cristales de cuarzo.	Cuarzo Matriz feldespática Vidrio	30 60 10		Continental volcánico	Se observa abundantes óxidos y algunos minerales máficos.
VEN-42	6 62 000 E 22 15 250 N	TENEXCATE	Roca ígnea extrusiva, de color gris, con textura porfídica.	Feldespatos K Plagioclasas Ferromagnesianos Micas.	30 40 25 05		Continental volcánico	Presenta textura de inter-crecimiento; se observa vidrio en bajo porcentaje.
VEN-47	6 64 600 E 22 13 588 N	TENEXCATE	Roca ígnea de color rojo por intemperismo, con textura porfídica.	Feldespatos K Plagioclasas Ferromagnesianos Micas.	30 35 30 05		Continental volcánico	Presenta clorización y oxidación.
AT-1-A	20°00'42" N 97°27'09" W Coord. Geog.	TENEXCATE	Arenisca de grano fino, de color café claro, con espesores de estratos que van de 20 a 30 cm. Se observan fragmentos de obsidiana y las fracturas contienen gilsonita.	2.-Feldespatos Cuarzo Líticos 3.-Matriz	20 30 25 25		Continental fluvial	
AT-1	20°00'42" N 97°27'09" W Coord. Geog.	TENEXCATE	Arenisca de grano fino, de color café claro, en estratos de 24 a 40 cm de espesor. Roca muy alterada, con superficies de oxidación, esporádicos fragmentos de obsidiana y gilsonita rellenando fracturas.	2.-Feldespatos Cuarzo Líticos 3.-Grauvaca lítica Cementante	05 15 40 20 20		Continental fluvial	Presenta laminaciones, clorización, oxidación y recristalización parcial.
AT-2	20°01'27" N 97°27'48" W Coord. Geog.	TENEXCATE	Conglomerado color café obscuro por intemperismo y blanco amarillento al fresco. Presenta fragmentos de rocas metamórficas y sedimentarias.	2.-Líticos 3.-Matriz arenosa	85 15		Continental fluvial	Presenta laminaciones, cuarzo secundario y algunos óxidos. Contiene algunas vetillas con gilsonita.
AT-5	20°02'06" N 97°27'04" W Coord. Geog.	TENEXCATE	Toba de color gris rojizo por intemperismo. Se presenta intercalada con limolitas. Presenta gilsonita rellenando fracturas.	Líticos Cuarzo Feldespatos Matriz	50 15 10 25		Continental volcánico	
AT-6	20°02'06" N 97°27'14" W Coord. Geog.	TENEXCATE	Tobas de color gris claro, intercalada con areniscas de grano fino. La secuencia se encuentra muy fracturada.	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas Matriz	45 27 18 10		Continental volcánico	Presenta oxidación y algunos pequeños cristales de estena y augita.
AT-7-1	20°02'30" N 97°27'36" W Coord. Geog.	TENEXCATE	Toba de color gris, intercalada con estratos de areniscas de grano fino de color gris verdoso.	Líticos Cuarzo Feldespatos K	50 35 15		Continental volcánico	Presenta fuerte oxidación y contiene calclita secundaria y óxidos
AT-7-2	20°02'30" N 97°27'38" W Coord. Geog.	TENEXCATE	Toba de color gris, con intercalaciones de areniscas de grano fino de color gris verdoso.	Líticos Cuarzo Feldespatos k	55 35 10		Continental volcánico	Presenta oxidación y fracturas rellenas de calclita.
COX-7A	6 48 473 E 22 13 296 N	TENEXCATE	Secuencia clástica (conglomerado), con líticos de origen ígneo, de aproximadamente 25 cm de diámetro, bien redondeadas.	Líticos Opacos Feldespatos Matriz vítrea	30 03 10 67		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Presenta oxidación.

MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION MICROSCOPICA	DESCRIPCION MICROSCOPICA	CLASIFICACION	POSIBLES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
COX-7B	6 48 473 E 22 13 296 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado), con litcos de origen ígneo, de aprox. 25 cm de diámetro.	1.-ALODUMICOS 2.-TERRIGENOS 3.-MATRIZCEMENT... % Arfboles Litcos Matriz vítreas	1.-DUNHAM 2.-FOLK 3.-PETTIDOH Toba ígnea (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Presenta devitrificación, calcadona y aserulitas. Los clastos ígneos son de composición ácida.
COX-7D	6 48 473 E 22 13 296 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado), con litcos de aproximadamente 25 cm de diámetro, bien redondeados; de origen ígneo, de composición intermedia.	Feldespatos K (sanidino) Plagioclasas Cuarzo Ferroanmagésianos	Toba cristalina (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Contiene cuarzo secundario rellenado fracturas. Las plagioclasas de los clastos son oligoclasa-andésina)
COX-7E	6 48 473 E 22 13 296 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado), con litcos de origen ígneo, de composición intermedia, aproximadamente de 25 cm de diámetro, bien redondeados.	Feldespatos K (sanidino) Plagioclasas Cuarzo Opacos	Toba cristalina (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Se observa cuarzo secundario rellenando fracturas; arfboles alterados y algunas zonas con oxidación.
COX-22A	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia de rocas ígneas extrusivas, en su mayoría lavas de composición intermedia. Se observa vidrio con estructura de flujo.	Litcos Vidrio Plagioclasas	Toba cristalina		Continental volcánico	Matriz de vidrio con algunos pequeños cristales de plagioclasas.
COX-22B	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia de rocas ígneas, en su mayoría lavas de composición intermedia. Se observa algo de vidrio de color verde.	Litcos Vidrio Opacos Plagioclasas	Toba ígnea (clasto de conglomerado).		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Los clastos presentan microcristales en una textura microlítica orientada; se observa alteración de los ferromagésianos a linfocita.
COX-22C	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado), cuyos litcos son principalmente de origen ígneo. Las muestras para lámina delgada son de los clastos.	Litcos Cuarzo Plagioclasas Vidrio	Toba ígnea (clasto de conglomerado).		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Los clastos presentan cristales anhédricos de cuarzo y plagioclasas, incluidos en una matriz vidrio-feldespatica.
COX-22D	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado), cuyos litcos son principalmente de origen ígneo. La muestra para lámina delgada son de los clastos.	Cuarzo Plagioclasas Litcos Matriz	Toba ígnea (clasto de conglomerado).		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Se observa una textura microlítica (vidrio y feldespatos), y alteraciones por seritización y oxidación.
COX-23B	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica, en donde se observan principalmente fragmentos de rocas volcánicas de color verde.	Cuarzo Feldespatos Matriz	Toba cristalina (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Roca con devitrificación, contiene arcillas y cuarzo secundario rellenando fracturas. La matriz esta compuesta por vidrio.
COX-23A	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado), cuyos litcos son principalmente de origen ígneo. La muestra para lámina delgada son de los clastos.	Litcos Cuarzo, Plagioclasas Vidrio	Toba cristalina (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Se observa una textura microlítica (vidrio y feldespatos), y alteraciones por seritización y oxidación.
COX-23B	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica, en donde se observan principalmente fragmentos de rocas volcánicas de color verde.	Cuarzo Feldespatos Matriz	Toba cristalina (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Se observa una textura microlítica (vidrio y feldespatos), y alteraciones por seritización y oxidación.
COX-23C	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado), cuyos litcos son principalmente de origen ígneo. La muestra para lámina delgada es de los clastos.	Litcos Plagioclasa Cuarzo Matriz	Toba cristalina (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Roca con devitrificación, matriz vítreas, aserulitas, textura es amigdaloidal.
COX-23D	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado) con litcos volcánicos de color blanco, con argilitización.	Plagioclasas Opacos Vidrio	Toba cristalina (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Se observa una textura microlítica con presencia de vidrio; presenta oxidación.
COX-23E	6 54 930 E 22 09 410 N	TENEXCATE	Secuencia clásica (conglomerado) con clastos de vidrio volcánico. La muestra es del vidrio.	Plagioclasas Opacos Vidrio	Toba vítreas (clasto de conglomerado)		Continental fluvial con erosión de rocas volcánicas	Presenta cuarzo secundario rellenando fracturas. La textura es amigdaloidal.
COX-24	6 45 500 E 20 10 500 N	TENEXCATE	Secuencia de conglomerados color verde, con litcos de origen ígneo. La secuencia se observa afibada.	Litcos Matriz arenosa	Conglomerado polimítico		Continental fluvial	La matriz de los litcos es con vidrio, la del conglomerado es arenosa.

MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	CLASIFICACIÓN	FÓSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
	COORDENADAS U.T.M							
VEN-2	6 58 725 E 22 14 205 N	SAN ANDRÉS	Caliza color negro de estratificación gruesa con vetillas de calcita.	1.-ALOCUMICOS 2.-TERRIGENOS 3.-MATRIZ/CEMENT...% 3.-Micrita	1.-DUNHAM 2.-FOLK 3.-PETTJOHN		Plataforma somera	Laminaciones
VEN-3	6 58 875 E 22 14 360 N	SAN ANDRÉS	Caliza color negro de estratificación gruesa.	1.-Opilitos 2.-Líticos 3.-Micrita	85 05 10		Plataforma somera	Con óxidos.
VEN-6	6 59 775 E 22 14 675 N	SAN ANDRÉS	Caliza color negro de estratificación gruesa.	1.-Opilitos Intraclastos 3.-Arcillas	30 15 55		Plataforma somera	
VEN-12	6 58 225 E 22 14 425 N	SAN ANDRÉS	Caliza color gris obscuro de estratificación media a gruesa con algunas bandas de pedernal.	1.-Microfósiles Pellets 3.-Micrita	15 75 10		Plataforma somera	
VEN-14	6 59 075 E 22 15 300 N	SAN ANDRÉS	Caliza color negro con estratificación media.	1.-Pellets 2.-Líticos 3.-Micrita	80 10 10		Plataforma somera	
VEN-28	6 62 525 E 22 16 250 N	SAN ANDRÉS	Calizas de estratificación media, intercaladas con lutitas.	1.-Pellets 3.-Micrita	85 15		Plataforma Somera	Presenta nódulos de hierro
AT-3A	20°01'36" N 97°28'02" W Coord. Geog	SAN ANDRÉS	Caliza color gris al fresco, que intemperiza a gris cenizo. Con fragmentos de rocas de 1 a 2 mm de diámetro.	1.-Intraclastos Fósiles 2.-Feldespatos Líticos 3.-Micrita	25 12 13 11 39		Plataforma somera	Feldespatos alterados y gilsonita.
AT 3-1	20°01'36" N 97°28'02" W Coord. Geog.	SAN ANDRÉS	Caliza color gris al fresco, que intemperiza a gris cenizo.	1.-Intraclastos 2.-Líticos 3.-Micrita	70 13 17		Plataforma somera	
AT 3-2	20°01'36" N 97°28'02" W Coord. Geog.	SAN ANDRÉS	Caliza de color gris al fresco, que intemperiza a gris cenizo.	1.-Intraclastos 2.-Líticos 3.-Micrita	70 03 27		Plataforma somera	Se observan feldespatos alterados a sericita y a calcita, cuarzo secundario y recristalización parcial.
AT-8	20°02'25" N 97°27'48" W Coord. Geog.	SAN ANDRÉS	Caliza color gris con intraclastos y fuerte disolución.	1.- Intraclastos 2.- Líticos 3.- Micrita	50 30 20		Plataforma somera	Calcita rellenando fracturas.
COX-5	6 51 842 E 22 09 534 N	SAN ANDRÉS	Caliza gris obscuro que intemperiza a gris claro, con corales, conchas y microfauna.	1.-Fósiles Pellets Intraclastos 3.-Micrita	05 15 05 75		Plataforma somera	Se observan algunas concentraciones de gilsonita, recristalización parcial y oxidación.
COX-17	6 60 450 E 22 17 400 N	SAN ANDRÉS	Caliza gris claro, en estratos de 40 a 50 cm de espesor.	1.-Intraclastos Pellets 3.-Micrita	36 38 27		Plataforma somera	Presenta gilsonita y óxidos.
COX-19	6 60 302 E 22 17 663 N	SAN ANDRÉS	Caliza arcillosa gris claro al fresco y gris oscura por intemperismo, laminada, en estratos de 10 a 30 cm de espesor, con abundantes nódulos calcáreos. Se observan paleocorales y ammonitos, los primeros se encuentran en ocasionales formando nódulos.	1.-Fósiles Pellets 2.-Líticos 3.-Micrita Arcillas	20 09 05 16 50		Plataforma somera	Oxidos
COX-20	6 60 143 E 22 17 383 N	SAN ANDRÉS	Caliza gris claro, en estratos de 40 a 50 cm de espesor, con abundantes fragmentos fósiles.	1.-Intraclastos Fragmentos fósiles 2.-Cuerzo 3.-Micrita	15 20 05 60		Plataforma somera	Recristalización parcial y gilsonita.

MOUESTRA N°	LOCALIDAD COORDENADAS U.T.M.	FORMACION	DESCRIPCION MEGASCOPICA	DESCRIPCION MICROSCOPICA	CLASIFICACION	FOSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
COX-20A	6 60 143 E 22 17 383 N	SAN ANDRÉS	Caliza gris claro, en estratos de 40 a 50 cm de espesor, con abundantes fragmentos fósiles.	1.-ALGOLIAMCOS 2.-TERRIGENOS 3.-MATER/CEMENT... % 1.-Intraclastos Pellets Oolitos 3.-Mictria	1.-DUNHAM 2.-FOLK 3.-PETLIJOHN 1.-Wackestone de intraclastos 07 2.-Intramictria 70		Plataforma somera	Presenta horizontes de gisonita a todo lo largo de la lamina, guardando la orientación de las capas y estibadas rellenas de gisonita además de oxidación.
COX-20N	6 60 143 E 22 17 383 N	SAN ANDRÉS	Caliza gris claro, en estratos de 40 a 50 cm de espesor, con abundantes fragmentos fósiles.	1.-Fósiles Pellets Intraclastos 3.-Mictria 1.-Microfósiles Pellets Intraclastos 3.-Mictria	1.-Packstone de pellets 2.-Pinitortia 1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomictria 1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomictria	Microfauna planorbica representada por cámaras de globigerinidos	Plataforma somera	Presenta abundante gisonita y rasgos de oxidación.
VEN-29	6 62 675 E 22 16 100 N	PIMIENTA	Caliza color negro con estratificación media a delgada.	1.-Microfósiles Pellets 3.-Mictria	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomictria		Mar abierto	Presenta nódulos de hierro
VEN-30	6 62 575 E 22 16 400 N	PIMIENTA	Caliza color negro con estratificación media a delgada.	1.-Microfósiles Pellets 3.-Mictria	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomictria		Mar abierto	
VEN-32	6 62 725 E 22 16 750 N	PIMIENTA	Calizas negras con intercalaciones de lutitas color rojo óxido.	1.-Intraclastos 3.-Arcillas Mictria 2.-Cururo 3.-Arcillas Mictria	Caliza arcillosa Caliza arcillosa		Mar abierto	Laminaciones.
VEN-48	6 65 075 E 22 14 000 N	PIMIENTA	Caliza color negro con estratificación media a gruesa e intercalaciones de calizas arcillosas.	1.-Intraclastos Fósiles 3.-Mictria 1.-Intraclastos Fósiles 3.-Mictria	1.-Wackestone de intraclastos 2.-Intramictria 1.-Packstone fosilífero 2.-Biomictria	Fragmentos fósiles.	Mar abierto	Intraclastos subredondeados. Reestratización parcial. Caliza secundaria.
AT-9-1	20°01'56" N 97°28'22" W Coord. Geog.	PIMIENTA	Caliza arcillosa color gris oscuro, con laminaciones. Se observan horizontes con fauna.	1.-Fósiles Intraclastos 3.-Mictria	1.-Packstone fosilífero 2.-Biomictria	Fragmentos de conchas y espinas.	Mar abierto	Caliza secundaria.
AT-9-2	20°01'56" N 97°28'22" W Coord. Geog.	PIMIENTA	Caliza arcillosa color gris obscuro, con laminaciones. Se observan horizontes con fauna.	1.-Fósiles Intraclastos 3.-Mictria	1.-Packstone fosilífero 2.-Biomictria	Fragmentos de conchas y espinas.	Mar abierto	Caliza secundaria.
JO-01	6 49 186 E 22 15 270 N	PIMIENTA	Caliza arcillosa negra, que interperiza a amarillo ocre y gris claro, en estratos de 10 a 48 cm. Presenta algunos amonitoides y delcuidos.	1.-Fósiles Pellets 3.-Mictria 2.-Pederma 3.-Mictria	Caliza arcillosa		Mar abierto	
JO-03	6 49 186 E 22 15 270 N	PIMIENTA	Caliza arcillosa negra, con un espesor de 15 a 26 cm, con cuerpos lentoidales de lutitas calcáreas de 2 a 7 cm de espesor. Presenta lentes de pederma negro de 7 por 40 cm.	1.-Fósiles Pellets 3.-Mictria Arcillas	Caliza arcillosa		Mar abierto	
JO-04	6 49 186 E 22 15 270 N	PIMIENTA	Caliza arcillosa negra, en estratos de 8 a 15 cm de espesor. Presenta laminaciones.	1.-Fósiles Pellets 3.-Mictria	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomictria		Mar abierto	
JO-06	6 60 668 E 21 70 390 N	PIMIENTA	Calizas de color gris claro por interperitismo, en estratos de 24 a 40 cm de espesor. Presenta nódulos de pederma.	1.-Fósiles Pellets Intraclastos 3.-Mictria	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomictria		Mar abierto	Fracturas rellenas de gisonita.
JO-07	6 60 668 E 21 70 390 N	PIMIENTA	Calizas arcillosas color gris claro por interperitismo, en estratos de 4 a 40 cm de espesor. Presenta nódulos de pederma.	1.-Intraclastos Pellets 3.-Mictria Arcillas	Caliza arcillosa		Mar abierto	Fracturas rellenas de gisonita. Oxidación.
JO-10	6 60 668 E 21 70 390 N	PIMIENTA	Caliza negras con laminaciones y estratos de 8 a 9 cm de espesor.	1.-Fósiles Pellets 2.-Líticos 3.-Mictria	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomictria		Mar abierto	Fracturas rellenas de caliza.

MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	CLASIFICACIÓN	FÓSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
	COORDENADAS U.T.M.			1.-ALOCUÍMICOS 2.-TERRÍGENOS 3.-MATRIZ/CEMENT.,...%	1.-DUNHAM 2.-FOLK 3.-PETTJOHN			
JO-12	6 60 668 E 21 70 390 N	PIMIENTA	Caliza gris oscuro parcialmente recristalizada e intercalaciones de arcillas de 7 a 9 cm de espesor.	1.-Fósiles Pellets Intraclastos 3.-Micrita 74	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomicrita		Mar abierto	Se observa fracturamiento en dos direcciones y relleno de calcita. Presenta gisónita y óxidos.
JO-17	6 60 668 E 21 70 390 N	PIMIENTA	Calizas arcillosas intercaladas por limolitas color pardo amarillento. Presenta algo de oxidación.	1.-Fósiles Pellets 3.-Micrita Dolomita 40	Caliza dolomitizada		Mar abierto	Presenta dolomitización y fracturamiento relleno de calcita.
JO-19	6 60 668 E 21 70 390 N	PIMIENTA	Calizas arcillosas intercaladas con limolitas color pardo amarillento. Presenta algo de oxidación con lentes y nódulos de pedernal.	1.-Fósiles Pellets Intraclastos 2.-Líticos 3.-Micrita Arcillas 20	Caliza arcillosa		Mar abierto	Fracturas rellenas de gisónita y óxidos. Presenta laminaciones y algunos cristales de cuarzo.
JO-100A	6 60 668 E 21 70 390 N	PIMIENTA	Calizas arcillosas gris oscuro que interperizan a pardo amarillento, intercaladas por limolitas y horizontes arcillosos de 4 a 5 cm de espesor. Presenta nódulos y lentes de pedernal.	1.-Fósiles 3.- Micrita Arcillas 30 47	Caliza arcillosa		Mar abierto	Dolomitización parcial, fracturas rellenas de gisónita y algunas zonas de oxidación.
COX-6	6 51 374 E 22 09 159 N	PIMIENTA	Caliza arcillosa gris oscuro, laminada con abundante gisónita, en estratos de 18 a 30 cm de espesor. Se observan fragmentos de bivalvos y ammonolitos.	1.-Fósiles Intraclastos Pellets 3.-Micrita 45	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomicrita		Mar abierto	Los pellets se encuentran orientados con respecto a su eje mayor.
COX-15	6 60 454 E 22 17 552 N	PIMIENTA.	Caliza pardo rojizo, en estratos de 3 a 10 cm de espesor, con amonolitos y algunos pelecipodos; existe fuerte oxidación	1.-Fósiles Pellets 2.-Líticos 3.-Micrita 53 06 01 41	1.-Pachstone fosilífero 2.-Biomicrita		Mar abierto	La roca se encuentra brechada.
COX-18	6 60 350 E 22 17 659 N	PIMIENTA	Caliza gris oscuro, que interperiza a gris claro con tonalidades rojizas. Abundante pirite de hasta 2 cm de diámetro.	1.-Fósiles Pellets Intraclastos 3.-Micrita 81	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomicrita.		Mar abierto	Presenta caliza secundaria, oxidación y gisónita.
COX-O-18	6 60 350 E 22 17 659 N	PIMIENTA	Caliza gris oscuro, que interperiza a gris claro con tonalidades rojizas. Abundante pirite de hasta 2 cm de diámetro.	1.-Fósiles Pellets 3.-Micrita 85 15	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomicrita		Mar abierto	Se observan fracturas rellenas de gisónita.
VEN-34	6 63 100 E 22 16 660 N	TAMALUPAS INFERIOR	Caliza blanco amarillento de estratificación media a gruesa	1.-Microfósiles 3.-Micrita	Abundante microfauña representada por Trifonidos y Calponilidos.	Cuenca		
VEN-37	6 63 000 E 22 17 000 N	TAMALUPAS INFERIOR	Caliza color gris, de estratificación media a gruesa, deformada, con intercalaciones de calizas arcillosas y bandas de pedernal.	1.-Intraclastos 3.-Micrita 90	1.-Mudstone 2.-Micrita	Cuenca		
COX-3	6 53 920 E 22 14 759 N	TAMALUPAS INFERIOR	Caliza color gris claro a gris pardo en estratos de 1 m de espesor, presenta estibititas, nódulos de pedernal gris claro y venillas de calcita.	1.-Fósiles Pellets 3.-Micrita 37 06 58	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomicrita	Fragmentos de conchas y espinas.	Cuenca	Presenta gisónita dispersa y en pequeños agregados, calcita y óxidos. Probable presencia de nanocónidos.

MUESTRA Nº	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION MAGNOSCOPICA	DESCRIPCION MICOSCOPICA	CLASIFICACION	FOSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
	COMONDUAS U.T.M.			1.-ALQUINICOS 2.-TERREGENOS 3.-MATRIZ/CEMENT., %	1.-DUNHAM 2.-FOLK 3.-PETTIDON			
AT-15-1	20°03'39" N 97°28'14" W Coord. Geog.	TAMAUULPAS SUPERIOR	Caliza color gris claro en estratos de 40 cm de espesor, con bandas de pedernal negro.	1.-Fósiles 3.-Mictria	25 75	1.-Wackestone fosilífero 2.-Bionictia	Cuencas	Calizas rellenas de fracturas.
AT-15-2	20°03'39" N 97°28'14" W Coord. Geog.	TAMAUULPAS SUPERIOR	Caliza color gris claro en estratos de 40 cm de espesor, con bandas de pedernal negro	1.-Fósiles 3.- Mictria	10 90	1.- Mudstone 2.- Mictria	Cuencas	Caliza rellena de fracturas. Se observa recristalización parcial.
COX-1B	6 53 057 E 22 20 002 N	TAMAUULPAS SUPERIOR	Caliza con pedernal negro laminado, e intercalada inholitas calcáreas.	1.-Pedernal 3.-Mictria	30 70	1.-Mudstone con pedernal	Cuencas	Se observan acumulaciones de óxidos.
COX-1	6 53 057 E 22 20 002 N	TAMAUULPAS SUPERIOR	Caliza gris claro, que interperiza a gris amarillento, en estratos de 10 a 33 cm de espesor y con lentes de pedernal negro.	1.-Fósiles Intraclastos Pellets 3.-Mictria	25 03 03 69	1.-Wackestone fosilífero 2.-Bionictia	Cuencas	Fracturas rellenas de caliza, algunas zonas de oxidación, minerales opacos y grisosos.
COX-3B	6 53 920 E 22 14 759 N	TAMAUULPAS SUPERIOR	Caliza color gris claro a gris pardo, en estratos de 1 m de espesor, presenta estiolitas, nódulos de pedernal color gris claro y vetillas de caliza.	1.-Intraclastos Fósiles 3.-Mictria Esparrta Arcillas	13 05 25 17 40	Caliza arcillosa	Cuencas	Matriz arcillosa con óxidos. Se observa glosarita y laminación.
JAS-4	6 54 967 E 22 15 237 N	TAMAUULPAS SUPERIOR	Caliza gris claro a blanco amarillento al fresco, en estratos de 20 a 100 cm de espesor, con nódulos de pedernal gris.	1.-Fósiles Intraclastos 2.-Lenticas 3.-Mictria Esparrta	06 72 04 13 05	1.-Packstone de intraclastos 2.-Intramictria	Cuencas	Se observa una textura lúdica y alteración por sercitización.
JAS-54	6 44 653 E 22 25 447 N	TAMAUULPAS SUPERIOR	Caliza color gris claro, con abundante microtaurina, en estratos de 10 a 25 cm de espesor. Presenta estiolitas, nódulos de pedernal negro y baja disolución.	1.-Intraclastos Fósiles 3.-Mictria	05 25 70	1.-Wackestone fosilífero 2.-Bionictia	Cuencas	Presenta un fracturamiento con dos direcciones preferenciales y relleno de caliza. Se observan algunas zonas de oxidación.

APÉNDICE PETROGRÁFICO

MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	CLASIFICACIÓN	FÓSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
JAS-65	COORDENADAS U.T.M. 6 42 940 E 22 22 286 N	TAMAULIPAS SUPERIOR	Caliza color gris claro, en estratos de 25 a 30 cm de espesor, con algunos nódulos de pedernal color negro y un fracturamiento relleno de gilsonita.	1.-ALOCUIMICOS 2.-TERRIGENOS 3.-MATRIZ/CEMENT...% 1.-Fósiles Intraclastos 3.-Micrita	1.-DUNHAM 2.-FOLK 3.-PETTJOHN 1.-Wackestone fosilifero 2.-Biomicrita		Cuenca	Presenta fracturas rellenas de calcita, con orientación preferencial en dos direcciones. Se observa algunas zonas de oxidación.
JAS 80	6 41 180 E 22 19 282 N	TAMAULIPAS SUPERIOR	Caliza gris claro, en estratos de 30 a 50 cm de espesor, con abundante microfauna.	1.-Fósiles 2.-Arcillas 3.-Micrita	1.-Wackestone fosilifero 2.-Biomicrita	Tintados y Calciondidos	Cuenca	Fracturas rellenas de calcita.
JAS-76	6 47 000 E 22 33 504 N	AGUA NUEVA	Caliza color gris claro en estratos de 20 cm a 1 m de espesor, con bandas y nódulos de pedernal.	1.-Fósiles Intraclastos 3.-Micrita	1.- Wackestone fosilifero 2.- Biomicrita	Abundante microfauna planctónica representada por: <i>Schackoina multispina</i> , <i>Clavohedbergella</i> sp., <i>C. simplex</i> , <i>Dicerinella imbricata</i> , <i>D. difformis</i> , <i>D. canaliculata</i> , <i>Whiteinella aprica</i> (?), <i>W. bittonensis</i> , <i>Marginitronacans</i> sp., <i>M. angusticarinata</i> , <i>Hedbergella planispire</i> .	Cuenca	Altas concentraciones de bioclastos, los cuales parecen tener imbricación, presencia de óxidos.
AT-17-1	20°08'03" N 97°33'42" W Coord. Geog.	AGUA NUEVA	Secuencia de calizas arcillosas color gris oscuro al fresco y rojo óxido por intemperismo, en estratos de 30 a 50 cm de espesor y bandas delgadas de pedernal.	1.-Fósiles 3.-Micrita	1.- Packstone fosilifero 2.- Biomicrita	Microfauna planctónica mal conservada representada por: <i>Whiteinella</i> (?), <i>Hedbergella planispire</i> .	Cuenca	Altas concentraciones de bioclastos, los cuales parecen tener imbricación.
AT-17-2	20°08'03" N 97°33'42" W Coord. Geog.	AGUA NUEVA	Secuencia de calizas arcillosas color gris oscuro al fresco y rojo óxido por intemperismo, en estratos de 30 a 50 cm de espesor y bandas delgadas de pedernal.	1.-Fósiles 3.-Micrita	1.- Packstone fosilifero 2.- Biomicrita		Cuenca	Altas concentraciones de bioclastos, los cuales parecen tener imbricación.
JAS-31	6 49 175 E 22 27 889 N	AGUA NUEVA	Caliza arcillosa gris oscuro, en estratos de 6 a 12 cm de espesor. Presenta intercalaciones de arcilla y abundante materia orgánica.	1.-Fósiles 2.-Arcillas 3.-Micrita	Caliza arcillosa	Fragmentos fósiles	Cuenca	Se observan laminaciones.
JAS-45	6 47 776 E 22 28 532 N	AGUA NUEVA	Caliza color gris oscuro, en espesores de 13 a 25 cm, con bandas de pedernal y abundante materia orgánica.	1.-Fósiles 2.-Arcillas 3.-Micrita	1.-Wackestone fosilifero 15 2.-Biomicrita 65	Abundante microfauna: <i>Helvetoglobobulunculana</i> sp. <i>H. helvetica</i> , <i>Dicerinella</i> sp. <i>D. imbricata</i> , <i>Whiteinella</i> sp. <i>W. archaeocretacea</i> , <i>Clavohedbergella simplex</i> , <i>Heterohelia morenani</i>	Cuenca	Fracturas rellenas de calcita.

MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION MEGASCOPICA	DESCRIPCION MICROSCOPICA	CLASIFICACION	FOSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
JAS-95	COOPERADAS U.T.M.		Caliza arcillosa gris claro, en estratos de 10 a 15 cm de espesor, con intercalaciones de horizontes de arcillas color ocre de 3 cm de espesor.	1.-Fósiles Intraclastos 3.-Micrita Arcillas	1.-DUNHAM 2.-FOJK 3.-PETTLIÖHN		Cuenca	Laminaciones.
JAS-95	6 43 456 E 22 22 486 N	AGUA NUEVA		75 10 15 60	Caliza arcillosa		Cuenca	Presenta laminación, pedernal y algunas concentraciones de óxidos.
JAS-III	6 50 299 E 22 26 923 N	AGUA NUEVA	Caliza arcillosa gris oscuro, en estratos de 15 a 25 cm de espesor; contiene nódulos y bandas de pedernal	1.-Fósiles 2.-Pedernal 3.-Micrita Arcillas	Caliza arcillosa		Cuenca	Se observan algunas concentraciones de óxidos.
AS-1	6 55 657 E 22 15 966 N	AGUA NUEVA	Caliza color gris claro, en estratos de 10 a 50 cm de espesor, con nódulos de pedernal de 4 a 10 cm e intercalaciones de lutitas carbonosas y de bentonita en capas de 4 cm de espesor.	1.-Fósiles 3.-Micrita	1.-Mudstone 2.-Micrita		Cuenca	Se observan laminaciones, óxidos y fracturas rellenas de caliza.
COX-11	6 61 634 E 22 19 840 N	AGUA NUEVA	Caliza color gris oscuro al fresco, intertempizando a gris claro, en estratos de 25 a 30 cm de espesor y con nódulos de pedernal negro.	1.-Fósiles 2.-Arcillas 3.-Micrita	Caliza arcillosa		Cuenca	
COX-13	6 60 802 E 22 19 237 N	AGUA NUEVA	Caliza color gris oscuro a negro que intemperta a gris medio, en estratos de 50 cm de espesor.	1.-Fósiles 3.-Micrita	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomocrita		Cuenca	Se observan zonas de concentración de fósiles y óxidos.
COX-14	6 60 668 E 22 19 039 N	AGUA NUEVA	Caliza de color gris oscuro al fresco y gris amarillento por intemperismo, en estratos de 15 a 20 cm, con pedernal gris oscuro de 5 a 6 cm de espesor y horizontes arcillosos de 2 a 4 cm.	1.-Fósiles 2.-Arcillas 3.-Micrita	1.-Wackestone fosilífero 2.-Biomocrita		Cuenca	
AT-11	20°07'31" N 97°27'40" W Coord. Geog.	SAN FELIPE	Caliza color gris verdoso y en algunas zonas presenta un color rojizo por intemperismo, con estratos de 15 a 20 cm de espesor.	1.-Fósiles 3.-Micrita	1.-Packstone fosilífero 2.-Biomocrita		Cuenca con influencia volcánica	



MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION MISCOSCOPICA	DESCRIPCION MICOSCOPICA	CLASIFICACION	FOSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
	COORDEADAS U.T.M.			1.-ALOUQUIMICOS 2.-FERRUGENOS 3.-MANTRIZ/CEMENT... %	1.-DUNHAM 2.-FOK 3.-PETTICORN			
JAS-36	6 48 105 E 22 25 655 N	SAN FELIPE	Caliza color verde, en estratos de 20 a 36 cm de espesor, intercaladas por horizontes de bentonita en estratos que varían de 3 a 6 cm de espesor.	1.-Fósiles Intraclastos 3.-Mierita	1.-Vackestone fossilifero 2.-Bionictia		Cuenca con influencia volcánica	Se observan fracturas rellenas de caliza.
JAS-29	6 50 117 E 22 28 565 N	SAN FELIPE	Caliza de color gris claro a medio, con estratos de 15 a 25 cm, intercalada con horizontes bentoníticos de 5 cm de espesor.	1.-Fósiles 2.-Litos Opacos 3.-Mierita	1.-Packestone de fósiles 2.-Bionictia		Cuenca con influencia volcánica	
JAS-30	6 49 463 E 22 28 487 N	SAN FELIPE	Caliza de color gris claro a gris verdoso, en estratos de 4, 8 y 12 cm de espesor, con intercalaciones de bentonita de 4 a 6 cm de espesor.	1.-Fósiles Intraclastos 2.-Arcillas 3.-Mierita	1.-Vackestone fossilifero 2.-Bionictia	Abundante micro- fauna planctónica representada por : <i>Concavotruncaea conceavata, Margino- truncana sp, M unda- ata, M. marginata, M. pseudotritomanana, Dicarinella hagni, D cf caliculata, Ar- cheoglobobigehna blowi, A. cretacea, Sigalia (?)</i>	Cuenca con influencia volcánica	Fracturas rellenas de caliza, y algunas zonas de oxidación.
COX-21	6 59 143 E 22 19 165 N	SAN FELIPE	Caliza color gris medio que interperiza a gris claro, en estratos de 15 a 18 cm de espesor, intercalada con horizontes de lutitas negras al fresco y pardo ocre por intemperismo, de 3 a 5 cm de espesor. Presenta horizontes bentoníticos de 2 cm de espesor, bandas de pedernal negro de 5 cm, fósiles y horizontes de piritá oxidada.	1.-Fósiles Pellets 3.-Mierita	1.-Vackestone fossilifero 2.-Bionictia	Abundante microfauna planctónica representada por : <i>Whittemella archa- eocretacea, W. Bailia, W. Borholensis, Whozli, Hebertoglobotruncana (?) P. Fessagnella coarctata, P. ovifera, Dicarinella sp, D. cf imbricata, D. canaliculata, Hebertogel panspita, heterohelk sp.</i>	Cuenca con influencia volcánica	Presenta fracturas rellenas de caliza y oxidación.

APÉNDICE PETROGRÁFICO

MUESTRA N°	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION MEGASCOPICA	DESCRIPCION MICROSCOPICA	CLASIFICACION	FOSILES	AMBIENTE	OBSERVACIONES
	COORDENADAS U.T.M.			1.-ALGOLINICOS 2.-TERRIGENOS 3.-MATRIZCEMENT...%	1.-DUNHAM 2.-FOLK 3.-PETTLOHN			
JAS-20	6 49 338 E 22 30 334 N	MÉNDEZ	Caliza arcillosa de verde claro al fresco y café amarillento por intemperismo, en estratos de 10 a 25 cm de espesor.	1.-Fósiles 3.-Micrita Arcillas	35 25 40	Abundante microfauuna planctónica representada por: <i>Gibbtroncarita elevata</i> , <i>G. statiformis</i> , <i>Pseudotextularia elegans</i> , <i>Gibbarruncana linneiana</i> , <i>G. lepparenti</i> , <i>G. arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. stephensoni</i> , <i>Heteronelix globulosa</i> , <i>H cf clemenciae</i> , <i>Archaeoglobigerina cretacea</i> , <i>Rugoglobigerina sp.</i> , <i>Globigonaloides sp.</i> , <i>G. praetribilitensis</i> .	Hemipelágico	Se observan algunas zonas con oxidación.
JAS-22	6 51 707 E 22 36 360 N	VELASCO	Areniscas con intercalaciones de lutitas de estratificación delgada y marcas de base.	2.-Feldespatos Cuauzo Líticos Colofano 3.-Matriz	45 20 15 05 15		Marfítico basal	
AT-12	20° 09' 07" N 97° 28' 02" W Coord. Geog.	CHICONTEPEC	Areniscas de grano medio, color gris claro con tonos verdes, intercaladas por lutitas color gris verdoso, en estratos de 2 a 10 cm de espesor.	2.-Feldespatos Cuauzo Líticos 3.-Matriz	40 32 08 20		Cañón submarino	Se aprecian laminaciones de todo y gradación normal. Los granos son subangulosos a subredondeados.
JAS-7	6 50 749 E 22 34 015 N	CHICONTEPEC	Arenisca de grano fino color gris verdoso, en estratos de 6 a 10 cm de espesor. Presenta gradación normal, marcas de base y cementante calcáreo.	2.-Feldespatos Cuauzo Líticos Opacos 3.-Matriz	25 18 12 05 40		Cañón submarino	Las partículas son angulosas y bien clasificadas. La matriz es calcáreo-arcillosa y presenta algunas zonas con oxidación.
JAS-80	6 47 850 E 22 24 304 N	BASALTO	Bloques de roca ígnea color negro al fresco y gris a la intemperie, de aspecto masivo.	Labradorita Olivino Opacos Matriz	25 04 01 70		Continental en campo volcánico	Texture microlítica
JAS-73	6 54 160 E 22 38 714 N	TOBA	Tobas con fragmentos líticos (pómez).	Vidrio Líticos Minerales opacos Cenizas	10 30 05 55		Continental en campo volcánico	Las partículas están redondeadas.

APÉNDICE PETROGRÁFICO

---

**APÉNDICE PALEONTOLÓGICO**

Informe macropaleontológico que rinde la Biól. Elly Nieto Bender sobre las muestras colectadas en el área de Cuetzalán, Puebla-Filomeno Mata, Ver., correspondientes al Estudio Geológico Coxquihui (Convenio U.N.A.M.-PEMEX), del la División de Ingeniería de Ciencias de la Tierra De la Facultad de Ingeniería, UNAM.

**Localidad: Jonotla**

- Ejemplar: Familia: *Olcostephanidae* Haug, 1910  
Subfamilia: *Spiticeratinae* Spath, 1924  
Género: *Spiticerus* Uhlig, 1903

*Spiticerus* sp.

Muestra: 52 cm arriba del báculo 14.

Descripción: Molde evolutivo; las costillas de la vuelta interna son rectirradiadas, densas; hacia la vuelta externa, las costillas son prosirradiadas gruesas y se ramifican en 4 o 5 (virgotónicas). Presenta constricciones (4); el tipo de enrollamiento es serpentiforme evolutivo: comprimido, la región umbilical es amplia. El diámetro mayor del ejemplar mide 78.4 mm, ombligo 34.2 mm.

Distribución: Berriasiano.

- Ejemplar: Familia: *Olcostephanidae* Haug, 1910  
Subfamilia: *Olcostephaninae* Haug, 1910  
Género: *Olcostephanus* Neumayr, 1875

*Olcostephanus* sp.

Muestra: 93 cm arriba del báculo 14

Descripción: Molde con enrollamiento involuto, costillas prosirradiadas, distantes; presentan costillas primarias que se bifurcan en dos a diferente nivel en los flancos. La región umbilical profunda.

Distribución: Berriasiano

- Ejemplar: *Olcostephanus* sp.

Muestra : 93 cm arriba del báculo 14

Descripción: Molde con enrollamiento muy involuto, costillas prosirradiadas; las costillas son prominentes (con nodos?) distantes. Hacia la región umbilical las costillas son bastante evidentes mientras que hacia la periferia desaparecen.

Distribución: Berriasiano.

- Ejemplar: Familia: *Berriasellidae* Spath, 1922  
Subfamilia: *Neocomitipae* Spath, 1924  
Género: *Thurmanites* Kilian and Reboul, 1914

*Thurmanites* sp

Muestra: 93 m arriba del báculo 14

Descripción: Impresión de un fragmento de la última vuelta. Las costillas son rectirradiadas densas. La costilla primaria se bifurca en dos.

Distribución: Berriasiano

- Ejemplar: *Thurmanites* sp.

Muestra: 93 m arriba del báculo 14

Descripción: Molde de un ejemplar con enrollamiento evolutivo. Las costillas en las vueltas internas son densas, prosirradiadas; en la vuelta externa las costillas primarias se bifurcan, son distantes. La región umbilical es amplia.

Distribución: Berriasiano

- Ejemplar: Familia: *Olcostephanidae* Haug, 1910  
Subfamilia: *Olcostephaninae* Haug, 1910  
Género: *Olcostephanus* Neumayr, 1875

*Olcostephanus* sp

Muestra: 328 m. arriba del báculo 14

Descripción: Fragmento de la última vuelta. Las costillas con consecuentes, proyectadas hacia el exterior cruzando la región ventral; las costillas primarias se bifurcan en dos, con intercalación de una sencilla; presenta constricción.

Distribución: Berriasiano

Localidad: Ecatlán

- Ejemplar: Familia: *Perisphinctidae* Steinmann, 1890  
Subfamilia: *Ataxioceratinae* Buckman, 1921  
Género: *Idoceras* Burckhardt, 1906

*Idoceras humboldti*

Muestra: Cima de la Formación San Andrés

Descripción: Molde de un ejemplar evolutivo con costillas finas y densas prosirradiadas. La región umbilical es amplia. En la última vuelta se presentan 3 constricciones poco profundas. La sección de la última vuelta es oval.

Distribución: Kimmeridgiano.

**Localidad: Microondas Xocoyolo**

- Ejemplar: *Karakaschiceras biassalense*

Muestra: 136 cm abajo del contacto con Tamaulipas

Descripción: Molde, completo de un ejemplar involuto. Ornamentación constituida por costillas gruesas flexuosas que se bifurcan aproximadamente a la mitad del flanco, espaciadas; se ensanchan hacia la parte externa del flanco.

Distribución: Valangianiano Sup.

**Localidad: Entronque carretera Xicontepe Mezocoatlán**

- Ejemplar: Familia *Reinekeiidae* Hyatt, 1900  
Género *Reineckeia* Bayle, 1878

*Reineckeia* sp

Muestra: Formación Santiago

Descripción: Fragmento evolutivo con ornamentación constituida por costillas primarias finas, prominentes y distantes, rectirradiales. En la última vuelta presenta tubérculos muy cerca a la región umbilical.

Distribución: Calloviano.

- Ejemplar: Familia: *Macrocephalitidae* Buckmann, 1922  
Género: *Macrocephalites* Zittel, 1884

*Macrocephalites* sp

Muestra: Fac. 26

Descripción: Impresión de un ejemplar involuto, con ombligo estrecho. Las costillas son simples, finas proximales rectirradiadas.

Distribución: Calloviano

- Ejemplar: Familia *Stephanoceratidae* Neumayr, 1875  
Género: *Stephanoceras* Waage, 1869  
*Stephanoceras* sp

Muestra: FAC-26-A

Descripción: Fragmento de un ejemplar evolutivo, con sección transversal redondeada, costillas rectirradiadas. Región umbilical amplia.

Distribución: Calloviano

Localidad: Cerro de la Campanita, Cuetzalan

- Ejemplar                      Familia *Perisphinctidae* Steinmann, 1890  
   Subfamilia *Ataxioceratinae* Buckman, 1921  
   Género *Idoceras* Burckhardt, 1906

*Idoceras* sp

Muestra: 7

Tamaño: Grande

Forma: Evolutiva

Costillas:

V.I. Rectirradiales

V.E. Rectas, bifurcadas

Observaciones: Material fragmentado (5 ejemplares) de la V.I. F. San Andrés-Chipoco recristalizado, en algunos se aprecian las vueltas internas, material mal preservado.

Distribución: Kimerigiano

- Ejemplar:                      Familia *Aspidoceratidae* Zittel, 1895  
   Subfamilia *Aspidoceratinae* Zittel, 1895  
   Género *Aspidoceras* Zittel, 1868

*Aspidoceras* sp

Muestra: 6

Tamaño: Grande

Forma: Involuta

V.E. Con espinas en posición lateral, dirigidas hacia el ombligo.

Observaciones: Material fragmentado (3 ejemplares) de la V.I. (Formación San Andrés-Chipoco), las espinas son espaciadas. Uno de los ejemplares presenta línea de sutura incompleta. El material se encuentra recristalizado. En uno de ellos se observa ligeras costillas en la región ventral.

Distribución: Kimmeridgiano

**Localidad: Hamacas (Amalias)**

- Ejemplar: *Suarites velardense*

Muestra: 1

Tipo de muestra: Impresión

Tamaño: Grande

Forma: Evoluta

Costillas:

V.I. Rectiradiales espaciadas.

V.E. Flexuosas (sigmoidal) se les forman en un tubérculo aplastado volviéndose a unir (forma de ojal), las costillas se dirigen hacia adelante.

Observaciones: Impresión de 1 ejemplar casi completo. En el mismo fragmento de roca se encuentra un ejemplar completo de *Acevedite*. También se encontró un molde, muy mal preservado probablemente de *S. bituberculatum*.

Distribución: Tithoniano Superior.

- Ejemplar: *Acevedites arevedense*

Muestra: 1

Tipo de muestra: Impresión

Tamaño: Grande

Forma: Evoluta

Costillas:

V.I. Rectiradiales, simples, espaciadas

V.E. Con tubérculo en el tercio externo y terminan en otro tubérculo

Observaciones: Impresión de 1 ejemplar completo. En el mismo fragmento de roca, se encuentra un ejemplar casi completo de *Suarites bituberculatum*.

Distribución Tithoniano Superior

- Ejemplar: *Wichmanniceras hernandense*

Muestra: 2

Tipo de muestra: Impresión

Tamaño: Grande

Forma: Evoluta

Costillas:

V.I. Simples, radiales

V.E. Finas y densas ligeramente prosiradiales terminan en tubérculos.

Observaciones: Impresiones de algunos ejemplares (aprox. 6) incompletos. En pedernal algunos son vueltas internas.

Distribución: Tithoniano Superior

**Localidad: Norte de Tepatlán**

- Ejemplar: *Idoceras sp*

Muestra: 1

Tipo de muestra: Fragmentos de moldes e impresiones

Tamaño: Grande

Forma: Evoluta

Costillas:

V.I. Rectiradiales.

V.E. Rectas, bifurcadas.

Observaciones: Material fragmentado (3 ejemplares) de la Formación Tamán, en general bien preservados.

Distribución: Kimmeridgiano.

- Ejemplar: *Aspidoceras sp.*

Muestra: 2

Tipo de muestra: Impresiones

Tamaño: Grande

Forma: Involuta

Costillas:

V.E. Con espinas en posición lateral, dirigidas hacia el ombligo.

Observaciones: Impresiones de 2 ejemplares incompletos de la Formación Tamán. Presenta líneas de sutura incompletas y espinas espaciosas.

Distribución: Probable Kimmeridgiano-Tithoniano Inferior.

**Determinó: Biól. Elly Nieto Bender**  
México, D.F., a 14 de mayo de 1996.

# INSTITUTO DE GEOLOGIA

APARTADO POSTAL 70-296 CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.

6 de mayo de 1996

Ing. Javier Arellano  
Profesor,  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
Presente

Por este conducto me permito informar a usted, el resultado del estudio paleontológico efectuado en dos muestras con macroinvertebrados procedentes de Jonotla, Pue.,

1) Muestra JON 2b III

## Determinación Paleontológica

Mollusca-Bivalvia  
*Inoceramus bassei* Lecolle

Edad: Tithoniano medio

Observaciones. Lecolle describió a *Inoceramus bassei* de la Formación Pimienta (Tithoniano medio) cuyos afloramientos se localizan en Mazatepec, Edo. de Pue. (A. Cantú-Chapa, R. Flores y F. Lecolle, 1967, Estratigrafía del Jurásico de Mazatepec, Pue. (México), Inst. Mexicano del Petróleo, Publicación No. 7AI-II). Lecolle anota que el inocerámido se encontró asociado con *Kosmattia victoris* y *Pseudolissoceras sitteli*.

2) Muestra JON-16

## Determinación Paleontológica Echinodermata-Echinoidea

*Holaster sp.*

Edad: Berrasiano superior-Valanginiano inferior

Observaciones. Las paleontólogas M- en C. Carmen Rosales y Biól. Sonia Franco, del Instituto Mexicano del Petróleo realizaron el estudio macropaleontológico de la roca donde están incluidos dos ejemplares de *Holaster sp.* y encontraron una fauna formada por calpionélidos, foraminíferos y equinodermos determinando una edad comprendida entre el Berrasiano superior y el Valanginiano inferior.

Sin otro particular quedo de usted,

Atentamente

Dra. Blanca Estela Buitrón S.  
Investigador Titular C de T.C.

c.c.p. Ing. Emiliano Campos Madrigal  
Jefe del Departamento de Geología y Geohidrología

México, D.F., abril 30 de 1996

**DRA. BLANCA ESTELA BUITRON**  
**INSTITUTO DE GEOLOGIA**  
**UNIV. NAL. AUTONOMA DE MEXICO**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA**  
**P R E S E N T E**

A continuación nos permitiremos detallar el reporte microfaunístico de la muestra de la Sección Jonotla, al W de Mazatepec. Pue.

Se trata de una biomicrita con abundantes calpionélidos, dentro de los cuales se puede mencionar los siguientes: *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *Lorenziella hungaria*, *L. plicata*, *Calpionellopsis simplex*, *C. oblonga*, *Remaniella cadischiana* y escasos ejemplares de *R. dadayi*. Además se determinaron *Saccocoma sp.*, *Globochaete alpina*, *Nodosaria sp.*, *Lenticulina sp.* y fragmentos de equinodermos.

La asociación microfaunística descrita anteriormente ha sido reportada para el Berrasiano Superior-Valanginiano Inferior (Cretácico Inferior) y corresponde a un ambiente de depósito de cuenca (Remane, 1985).

Esperamos que la información aquí vertida les sea de utilidad.

A t e n t a m e n t e, .

Biól. Sonia Franco Navarrete y M. en C. Ma. del Carmen Rosales Domínguez

México, D.F. a 5 de julio de 1996

Informe que rinde la Biól. Victoria González Casildo sobre 30 muestras colectadas en el área de Cuetzalan-Mazatepec y Cuetzalan-Filomeno Mata, Pue., correspondientes al proyecto "Coxquihui" (Convenio UNAM-PEMEX), del Departamento de Geología y Geotécnia, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

#### RESUMEN:

La microfauna planctónica presente en las muestras permitió establecer las siguientes edades:

#### AREA CUETZALAN - MAZATEPEC

FI-NV-1	Santoniano
FI-NV-6	Santoniano
FI-NV-18	Santoniano
FI-NV-20	Santoniano
FI-NV-21	Santoniano

#### AREA CUETZALAN - FILOMENO MATA

FI-VEN-29	Probable Cretácico
FI-VEN-34	Tithoniano-Valanginiano
FI-VEN-35	Turoniano tardío-Coniaciano medio
COX-1	Probable Albiano superior-Cenomaniano
COX-3	Probable Necomiano-Barremiano
COX-11	Cenomaniano
COX-14	Turoniano medio-Coniaciano
COX-19	Probable Albiano superior-Maastrichtiano
COX-21	Turoniano
FI-JAS-1	Santoniano tardío-Campaniano temprano
FI-JAS-12	Santoniano
FI-JAS-20	Campaniano-Maastrichtiano inferior
FI-JAS-30	Coniaciano tardío-Santoniano temprano
FI-JAS-45	Turoniano medio
FI-JAS-54	Cenomaniano
FI-JAS-76	Turoniano medio- Coniaciano
FI-JAS-80	Tithoniano-Valanginiano
FI-JAS-100	Albiano

AT- 11	Santoniano tardío-Campaniano temprano
AT-15-1	Probable Aptiano superior-Albiano
AT-16-2	Aptiano
AT-17-1	Probable Turoniano
AT-17-2	Probable Turoniano
AT-9-1	No diagnóstica edad
AT-9-2	No diagnóstica edad

#### DATOS:

**FI-NV-1 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Heterohelix sp.*, *Sigalia sp.*, *Globotruncana bulloides*, *G. lapparenti*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *A. blowi*, *Contusotruncana fornicata*, *C. plummerae*, *Shackonia multispina*, *Ventilabrella sp.*, *Concavototruncana carinata*.

**FI-NV-6 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica: *Concavototruncana carinata*, *Globotruncana bulloides*, *G. lapparenti*, *Ventilabrella sp.*, *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.*

**FI-NV-18 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica mal conservada representada por: *Ventilabrella sp.*, *Concavototruncana (?)*, *Archaeoglobigerina sp.*

**FI-NV-20 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica escasa y mal conservada representada por: *Contusotruncana sp.*, *C. fornicata*, *C. cf plummerae*, *Globotruncana lapparenti*, *Globotruncanita stratiformis*.

**FI-NV-21 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Sigalia sp.*, *Ventilabrella sp.*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Contusotruncana fornicata*, *C. plummerae*, *Concavototruncana concavata*, *Globotruncana austinesis*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *Globotruncanita sp.*, *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides prairiehillensis*.

**FI-VEN-29 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica representada por cámaras de "globigerínidos".

**FI-VEN-34 (1 Lámina).**- Abundante microfauna representada por Tintínidos y Calpionélidos.

**FI-VEN-35 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Marginotruncana undulata*, *M. renzi*, *M. pseudolinneina*, *M. shneegansi*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Dicarinella hagni*, *Sigalia (?)*.

**COX-1 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica mal conservada representada por: *Globigerinelloides sp.*, *Hedbergella sp.*, *Ticinella (?)*, calcisferúlido; *Pithonella ovalalis*, *P cf trejoi*, *Calcisferula innominata*.

**COX-3 (1 Lámina).**- Probable presencia de nanocónidos.

**COX-11 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica representada por: *Praeglobotruncana sp*, *P. stephani*, *Rotalipora sp*, *R. cf cushmani*, *Thalmanninella grenhornensis*, *Pessagiella sp*, *Globigerinelloides sp*.

**COX-14 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica representada por: *Clavihedbergella simplex* *Hedbergella delrioensis*, *H. planispira*, *Dicarinella canaliculata*, *Marginotruncana sp*, *M. angusticarinata*.

**COX-19 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica muy mal conservada: *Heterohelix (?)*.

**COX-21 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica representada por: *Whiteinella archaeocretacea*, *W. baltica*, *W. borholmensis*, *W. brittonensis*, *W. hozli*, *Helvetoglobotruncana (?)*, *Pessagnielli coarctata*, *P. ovifera*, *Dicarinella sp*, *D. cf imbricata*, *D. canaliculata*, *Hedbergell planispira*, *Heterohelix sp*.

**FI-JAS-1 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Concavototrancana carinata*, *Globotruncanita sp*, *Ventilabrella sp*, *Archeoglobigerina cretacea*, *Globotruncana lapparenti*, *G. bulloides*, *Contusotruncana sp*, *C. fornicata*, *Heterohelix sp*.

**FI-JAS-12 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Globotruncanita sp*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Concavototrancana carinata*, *Ventilabrella sp*, *Globigerinelloides sp*, *G. pairiehillensis*, *G. bulloides*, *Contusotruncana sp*, *C. plummerae*, *Globotruncana sp*, *G. bulloides*.

**FI-JAS-20 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Globotruncanita elevata*, *G. stuartiformis*, *Pseudotextularia elegans*, *Globotruncana linneiana*, *G. lapparenti*, *G. arca*, *G. bulloides*, *G. stephensoni*, *Heterohelix globulosa*, *H. cf clemenciae*, *Archeoglobigerina cretacea*, *Rugoglobigerina sp*, *Globigerinelloides sp*, *G. pairiehillensis*.

**FI-JAS-30 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Concavototrancana concavata*, *Marginotruncana sp*, *M. undulata*, *M. marginata*, *M. pseudolinneiana*, *Dicarinella hagni*, *D. cf canaliculata*, *Archeoglobigerina blowi*, *A. cretacea*, *Sigalia (?)*.

**FI-JAS-45 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Helvetoglobotruncana sp*, *H. helvetica*, *Dicarinella sp*, *D. imbricata*, *Whiteinella sp*, *W. archaeocretacea*, *Clavihedbergella simplex*, *Heterohelix moremani*.

**FI-JAS-54 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Preeoglobotruncana stephani*, *Thalmanninella sp*, *Rotalipora sp*, *Clavihedbergella simplex*, *Hedbergella sp*, *Globigerinelloides sp*.

**FI-JAS-76 (1 Lámina).**- Abundante microfauna planctónica representada por: *Schackoina multispina*, *Clavihedbergella sp*, *C. simplex*, *Dicarinella imbricata*, *D. difformis*, *D. canaliculata*, *Whiteinella aprica*, *W. brittonensis*, *Marginotruncana sp*, *M. angusticarinata*, *Hedbergella planispira*.

**FI-JAS-80 (1 Lámina).**- Abundante microfauna representada por :Tintínidos y Calpionélidos.

**FI-JAS-100 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica representada por: *Favusella sp*, *F. orbiculata*, *F. hedbergellaeformis*, *F. cf hiltermani*, *F. cf washitensis*.

**AT-11 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica representada por: *Sigali (?)*, *Ventilabrella sp*, *Globotruncana sp*, *G. bulloides*, *Contusotruncana sp*, *C. fornicata*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Heterohelix sp*, *Archeoglobigerina cretacea*.

**AT-15-1 (1 Lámina).**- Escasa y mal conservada microfauna planctónica representada por: *Ticinella (?)*, *Hedbergella (?)*, *Globigerinelloides sp*, calcisferúlidos; *Pithonella ovalis*, *Calcisphaerula innominata*.

**AT-16-2 (1 Lámina).**- Abundante microfauna representada por : *Planomalina cheniourensis*, *Globigerinelloides sp*, *G. ferrolensis*, *Hedbergella sp*, *H. occulta*, *H. aff trocoidea*.

**AT- 17-1 (1 Lámina).**- Microfauna planctónica mal conservada representada por : *Whiteinella (?)*, *Hedbergella planispira*.

**AT-9-1 (1 Lámina).**- Sin microfauna diagnóstica de edad.

**AT-9-2 (1 Lámina).**- Sin microfauna diagnóstica de edad.