

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA.

" GEOLOGIA DE LA PORCION SURESTE DE LA CARTA IXMIQUILPAN F-14-C-79 " .

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA:

1986.

GABRIELA MORA ALVAREZ

200
19



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.



FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección
60-1-702

Señorita MORA ALVAREZ GABRIELA.
P r e s e n t a

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento -
el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. Ing. -
Gilberto Silva Roso, para que lo desarrolle como tesis para su -
Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOLOGO.

"GEOLOGIA DE LA PORCIÓN SURESTE DE LA CANTA IXMIQUILPAN P-14-C-79"

- RESUMEN.
- I INTRODUCCION.
- II GEOLOGIA.
- III GEOMORFOLOGIA.
- IV ESTRATIGRAFIA.
- V GEOLOGIA ESTRUCTURAL.
- VI TECTONICA.
- VII GEOLOGIA ECONOMICA.
- VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento -
con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar -
Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito
indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la
disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el
sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la
tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
cd. Universitaria, D.F., Diciembre 3 de 1965.
EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rasón Chávez

CONTENIDO

RESUMEN

I. INTRODUCCION

- a) Objetivos
- b) Método de trabajo

II. GEOGRAFIA

- a) Ubicación
- b) Fisiografía
- c) Clima y vegetación

III. GEOMORFOLOGIA

IV. ESTRATIGRAFIA

V. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

- a) Anticlinales

- b) Sinclinales
- c) Falla inversa
- d) Fallas normales
- e) Graben de Tlaxcoapan

VI. TECTONICA

VII. GEOLOGIA ECONOMICA

- a) Depósitos minerales producto de procesos sedimentarios.
- b) Geohidrología
- c) Geología petrolera
- c.1) Rocas generadoras
- c.2) Rocas almacenadoras y sello
- c.3) Tipo de trampas

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

R E S U M E N

En el área de estudio se reconocieron siete unidades sedimentarias marinas del Mesozoico, dos volcánicas y una continental del Cenozoico, además se analizó información geológica del subsuelo.

La tendencia general de las unidades expuestas es la de una secuencia transgresiva intercalada con regresiones menores. La subsidencia lenta y contínua favoreció el depósito del grueso paquete de rocas calcáreas de la Formación El Abra en comparación con las demás formaciones.

Las características de las rocas sedimentarias, muestran que en la porción sur de la Plataforma de Actopan existió una isla para el Neocomiano-Aptiano.

La compleja evolución paleogeográfica a la que estuvo sometida la región se evidencia en la distribución de las diferentes unidades litoestratigráficas y las propiedades físicas de cada una de ellas.

La dirección de los esfuerzos compresivos provenientes del oeste provocaron que las estructuras principales tuvieran una orientación general norte-sur, así como la presencia de cabalgaduras, mientras que los esfuerzos distensivos se presentan con fallas normales orientadas generalmente oeste-este incluyendo un graben, que trunca repentinamente la secuencia mesozoica sedimentaria, reapareciendo hacia el sur, en Apaxco y posteriormente en los Estados de Guerrero y Morelos.

Los procesos tectónico-estructurales dieron lugar a la formación de trampas en forma de rampas tectónicas, sin embargo, es probable una migración de los hidrocarburos, dado que las condiciones necesarias (roca sello, almacenadoras y generadoras) existen, pero la información del subsuelo indica registros mínimos.

INTRODUCCION

PETROLEOS MEXICANOS y la FACULTAD DE INGENIERIA de la UNAM han celebrado diversos convenios de colaboración mutua, con base en los cuales los estudiantes de la asignatura Geología de Campo Avanzada realizan trabajos de exploración petrolífera, para profundizar el conocimiento de las características geológicas del país y así lograr el mejor aprovechamiento de nuestros recursos mediante la elaboración de estudios a nivel local, cuyas conclusiones se reafirman con trabajos de gabinete. Al enfrentar los alumnos un problema concreto y real, se crea la necesidad de realizar un trabajo con madurez y objetividad, logrando así, el desarrollo profesional

Es así como la presente tesis surge de uno de tales convenios, el denominado Prospeco Progreso en el área Zimapán-Pachuca. En dicho prospecto participé inicialmente como parte de la asignatura de Geología de Campo Avanzada en la medición de varias secciones geológicas. A partir del trabajo de campo y de la integración del informe final del Prospeco, me surgieron inquietudes respecto a las características geológicas del área, motivo por el cual realicé la cartografía 1:25,000 de la porción sureste de la Hoja Ixmiquilpan.

Con base en lo anterior, se realizó la presente tesis, que incluye el estudio geológico

detallado, que proporciona nuevas aportaciones, como algunas correcciones a la cartografía inicial.

A) OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

1. Elaborar la cartografía geológica escala 1:25,000 del área.

2. Definir la paleogeografía del área.

3. Definir el estilo de deformación.

La región de las inmediaciones del área en cuestión, ha sido objeto de numerosas investigaciones, principalmente por aspectos geoeconómicos, destacándose entre ellos: hidrocarburos, minería, geohidrología (aunque esta última en menor escala).

En el aspecto petrolero, se han hecho estudios detallados encaminados a la búsqueda de las facies equivalentes a la Formación Tamabra que rodea a la Plataforma Faja de Oro, ubicada en la porción este de la República Mexicana, siendo éste un horizonte de gran importancia por ser una de las unidades litológicas con mayor producción de hidrocarburos en México.

Entre los estudios geológicos comprendidos en la porción centro meridional del Estado de

Hidalgo y norte del Estado de México, se pueden citar los trabajos de: K. Segerström (1961) quien realizó la Hoja Pachuca 14 Q-a(11) de la serie escala 1:100,000 publicada por el Instituto de Geología de la UNAM, donde se muestra la distribución de una secuencia que incluye rocas desde el Cretácico Inferior al Reciente. Este último trabajo estuvo apoyado básicamente en el trabajo de Segerstrom. Otro trabajo importante es el de B. Carrasco (1971) llamado Litolías de la Formación El Abra en la Plataforma de Actopan, Hgo. en el cual el autor propone un modelo sedimentológico para las diez diferentes litofacies que describe para la Plataforma de Actopan.

En el aspecto tectónico-estructural uno de los trabajos más importantes es el de Sutter (1984) quien define el estilo de deformación de las plataformas Valles-San Luis y el Banco Calcáreo El Doctor.

Entre los trabajos previos realizados por PETROLEOS MEXICANOS figuran:

- El Prospecto Querétaro-Tula IGPR-90 por el Ing. Manuel Zozaya Saynes (1971). Trabajo de reconocimiento geológico regional que presenta una paleogeografía del Albiano-Cenomaniano y la cartografía a escala 1:100,000.

- El Prospecto Ixmiquilpan IGPR-126 por el Ing. Guillermo Tarango (1975) quien realizó un detalle estratigráfico del área en el que se propuso el pozo paramétrico Ixmiquilpan n.1. Con los datos del pozo mencionado se detectó una repetición en la secuencia al nivel del Jurásico Superior.

- Por último, se tienen al Prospecto Progreso IGPR-239 por la Facultad de Ingeniería de la UNAM (1985), que es uno de los trabajos más completos que incluye un estudio detallado de la Plataforma de Actopan en su porción sur.

Es importante remarcar que varios autores engloban a la Plataforma de Actopan dentro del contexto general de la Plataforma Valles-San Luis, por considerarlo uno de los más importantes elementos paleogeográficos que predominó durante el Cretácico en la porción media de México, junto con la Plataforma Faja de Oro. Esta última fue de las fuentes más importantes de hidrocarburos en México por varios años y otro yacimiento similar a este se busca en los alrededores de la Plataforma Valles-San Luis.

Dentro del aspecto geohidrológico el trabajo más reciente es el de Del Arenal (1978) y la importancia de estudios de este tipo en el área, se debe a la presencia de manantiales, algunos

de aguas termales, sobre todo al sur de Ixmiquilpan.

B) METODO DE TRABAJO

La presentación final de este trabajo, incluye una cartografía detallada con base topográfica escala 1:25,000 (amplificada a partir de la hoja original por procesos fotográficos) así como algunos perfiles elegidos por ser los más interesantes y representativos tanto para conocer el comportamiento de las estructuras, como para hacer interpretaciones paleoambientales. La información de estos documentos está apoyada en datos bibliográficos y litológicos, petrográficos y fotogeológicos, tanto de estudios previos como de campo.

A continuación se describen las actividades fundamentales que se desarrollaron para la realización del presente estudio:

a) Investigación bibliográfica. Dentro de esta actividad, se consultaron los trabajos previos efectuados dentro del área, los cuales están referidos en los antecedentes.

b) Estudio fotogeológico. Con las fotografías aéreas verticales se delimitaron las unidades litológicas expuestas en el área, además de marcar las principales estructuras formadas por

las rocas sedimentarias, lo que dió como resultado un mapa fotogeológico premilímar.

c) Levantamiento topográfico-geológico de la sección El Palmar-Patria Nueva. Este levantamiento se realizó con equipo del Gabinete de Geología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, el cual consistió principalmente, de una plancheta con alidada autoreductora y estadales de cuatro metros de longitud.

La información obtenida en los caminamientos realizados se encuentra incluida dentro de la cartografía de la zona de estudio.

d) Medición de la sección expuesta en la Sierra Peña Colorada. Esta sección fue medida sobre calizas de la Formación el Abra, utilizando para ello brújula y Báculo de Jacob siguiendo la dirección de máxima inclinación.

Para obtener un control sistemático en el campo, se tomaron muestras cada 30 m. y se tomó nota de las observaciones de las características de la secuencia entre las que se incluyó: tipo de roca (litología), color al intemperismo, color a la fractura, tipo de estratificación, estructuras sedimentarias primarias, textura, contenido fósil, rumbo y echado, así como de otros

datos dependiendo del caso.

Todas las texturas se expresaron de acuerdo a la clasificación de Dunham (con base en la textura original).

e) Estudios petrográficos y paleontológicos. Las muestras elegidas en campo para estudios se procuró que fueran lo más representativas posible para cada afloramiento y unidad estratigráfica aunque posteriormente se seleccionaron solamente algunas consideradas de mayor interés para el estudio petrográfico o paleontológico. Además el criterio de selección se basó en la frecuencia de repetición de la misma litología en una distancia próxima.

La realización de las láminas delgadas de las muestras consideradas de interés estuvo a cargo del personal del laboratorio de petrología de la Facultad de Ingeniería.

En la descripción petrográfica y clasificación de las muestras se incluyó el reporte del contenido fosilífero, siendo éste último de suma importancia para interpretar y delimitar los ambientes de depósito existentes, así como para detectar la presencia de horizontes fosilíferos,

útiles como marcadores estratigráficos.

f) Recorrido de campo en áreas de interés. Se utilizó la información obtenida, tanto en recorridos de campo realizados desde la primera visita para cubrir la asignatura de geología de campo, como de los recorridos posteriores con el fin de realizar el presente trabajo.

De esta manera, algunas áreas se estudiaron por segunda vez para confirmar la presencia de las características litológicas y estructuras obtenidas con la fotogeología y los levantamientos previos, mientras que otras se visitaron por primera vez, con las que se obtuvieron evidencias adicionales para definir estructuras (fallas, anticlinales y sinclinales) e interpretar paleoambientes (cambios de facies).

g) Corrección del mapa fotogeológico. Con toda la información recopilada se procedió a la elaboración de la cartografía geológica final, basada en el mapa fotogeológico preliminar y con el apoyo de la cartografía geológica de la Hoja Ixmiquilpan del Prospecto Progreso escala 1:50,000. Ambas cartografías finalmente corregidas por las evidencias encontradas en los últimos recorridos a varias áreas de interés, dieron pauta a la elaboración del presente trabajo.

El uso de fotografías aéreas y las cartas topográficas de la D.G.G. escala 1:50,000 fueron de mucha utilidad no sólo para hacer las interpretaciones geológicas mencionadas, sino también para encontrar el mejor acceso al área de estudio.

h) Redacción del texto y elaboración de ilustraciones. Una vez obtenida la cartografía final se inició la redacción del presente texto, en donde se detallan las características físicas tanto de las unidades litológicas como de las estructuras que están incluidas en dicha cartografía.

En algunos casos, fueron necesarias las ilustraciones para hacer más claras las ideas propuestas.

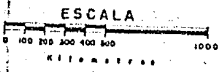
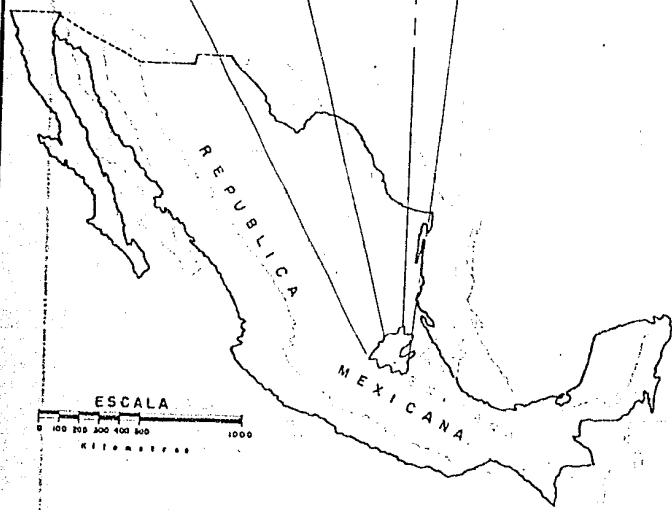
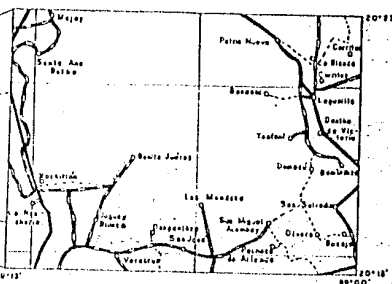
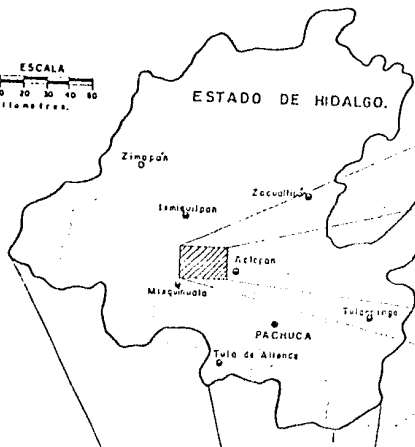
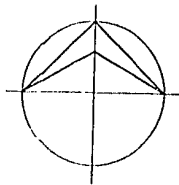
II. GEOGRAFIA

A) UBICACION

El área de estudio se encuentra localizada en la porción central del Estado de Hidalgo y está limitada por las coordenadas geográficas siguientes: 20°15'- 20°23' de Latitud norte y los 99°00'- 99°13' de Longitud oeste. De acuerdo a la cartografía 1:50,000 de la Dirección General de Geografía, aparece en la porción sureste de la Carta Ixmiquilpan F14-C-79. (Fig. 2.1),

Las poblaciones más importantes son: Progreso de Obregón, Veracruz, Jagüey Blanco, Pacheco de Allende, Mejay, Boxasni y Xochitlán; las cuales se encuentran comunicadas por vías de primer orden como son la carretera federal no. 85 que va de Pachuca a Ixmiquilpan y la estatal Apaxco-El Tephé que conecta a Progreso con Xochitlán y Mejay. Además hay una extensa red de caminos vecinales y de terracería, con lo que los más pequeños poblados quedan comunicados.

Aproximadamente a 20 km. al suroeste de Progreso de Obregón pasa una vía férrea que va de la Ciudad de México a Ciudad Juárez.



SIMBOLOGIA:

- CARRERA
- TERRACERIA
- BRECHA
- CAPITAL
- CIUDADES IMPORTANTES
- POBLADO

AREA DE ESTUDIO

FIG. No. 1 PLANO DE LOCALIZACION

UNIVERSIDAD
DE
INGENIERIA MEXICANA

GABRIELA MORA ALVAREZ

TESIS PROFESIONAL

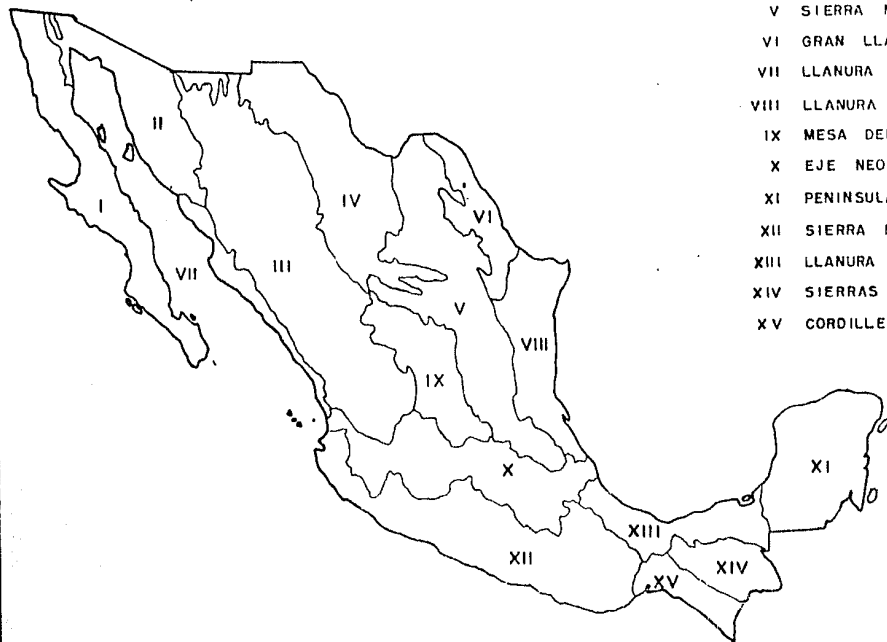
La aeropista más cercana se localiza en Ixmiquilpan (Fig. 2.1).

B) FISIOGRAFIA

La extensión geográfica de la zona cubre un área aproximada de 327 km.². Fisiográficamente se ubica en el límite entre las provincias de la Mesa Central y el Eje Neovolcánico, según la clasificación de Raisz (1964) y dentro de la sub-provincia Llanuras y Sierras de Querétaro según la clasificación de la D.C.G. (1981). (Fig. 2.2).

Dicha área " pertenece a la provincia denominada Mesa Neovolcánica, que forma un amplio valle dividido por serranías y cerros separados y aislados. La mayor parte de estas elevaciones están constituidas principalmente por rocas volcánicas, pero existen otras, sobre todo en la parte central del área formadas por rocas sedimentarias marinas. En general la topografía es uniforme con un relieve entre el punto más alto al más bajo del orden de 500 m." (Raisz, 1964).

El área se caracteriza por la presencia de un conjunto serrano central bordeado por planicies, sobre todo en las porciones oriental y meridional. En la parte norte del conjunto serrano, se observan sierras alargadas tanto de orientación norte-sur como suroeste-noreste, los cerros La Pal-



- I PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA.
- II DESIERTO SONORENSE.
- III SIERRA MADRE OCCIDENTAL.
- IV SIERRAS Y LLANOS DEL NORTE.
- V SIERRA MADRE ORIENTAL.
- VI GRAN LLANURA DE NORTEAMERICA.
- 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.
- XV CORDILLERA CENTROAMERICANA.



FIG. 2.2 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS.

U FACULTAD A
DE
N INGENIERIA. M

GABRIELA MORA ALVAREZ.

TESIS PROFESIONAL.

ma y La Mesa son la excepción. En esta porción las cimas más sobresalientes son las del Cerro Corazón (2,480 m.s.n.m.) y el C. La Cruz (2,440 m.s.n.m.), mientras que las partes más bajas están al nivel de los 1,900 m.s.n.m., que corresponden a la base de las barrancas que se ubican al sur-sureste de Xuchitlán. El desnivel mayor alcanza cerca de los 600 m.

La topografía de la región meridional difiere considerablemente de la septentrional. Las sierras principales son amplias, no tienen una orientación preferencial y están disectadas por cañadas tales como las barrancas La Sierrita y El Condo. Las cimas más sobresalientes pertenecen a: C. Dorodejé (2,580 m.s.n.m.), C. Peña Colorada (2,740 m.s.n.m.) y C. San Miguel (2,780 m.s.n.m.). Las partes más bajas tienen cotas de alrededor de los 2,000 m.s.n.m. que es donde se encuentra el talud y la mayoría de los poblados.

Las sierras presentan una altitud mayor que en la porción norte, el desnivel observado llega a ser casi de 800 m.

En la periferia del conjunto serrano se presentan algunos cerros aislados tales como: Moreno, Tordillo, Cerritos y Boxthé.

El patrón de drenaje es subparalelo- paralelo en los flancos de los cerros. En términos generales la red de drenaje es de baja intensidad y desintegrada.

Algunos trazos rectos en los arroyos evidencian el control estructural de la red hidrográfica.

Existe una zona de manantiales al noroeste del poblado Los Mendoza; al norte del poblado Benito Juárez se observa un pequeño manantial en la Barranca La Sierrita y al sur de Yolotepec se detectó otro manantial que está relacionado a una pequeña falla normal.

El Río Tula es la única corriente perenne del área y drena en la porción suroeste. El Tula es afluente del Río Moctezuma, que a su vez vierte sus aguas al Río Pánuco; de tal forma, el área se encuentra en la vertiente del Golfo de México.

C) CLIMA Y VEGETACION

De acuerdo con la carta de climas de Köppen, (D.G.G., 1981) el área está dentro del grupo de climas secos en el subtipo semiseco-templado con lluvias de verano con un porcentaje de precipitación invernal menor del 5%.

De acuerdo a las condiciones topográficas y climatológicas a las que pertenece la región del presente estudio, la flora que impera es de diversas especies: se tienen bosques naturales de encino en las partes montañosas de altitudes mayores a 2,500 m.. A alturas menores, se encuentran asociaciones especiales de vegetación, en las cuales con frecuencia hay biznaga, cardón, huizache y nopal. En las partes más planas se encuentran zonas de agricultura, sobre todo en partes cercanas a ríos, presas y bordos.

El área cuenta con una red de distribución de aguas negras mediante canales para riego. En las zonas planas se cultivan plantas forrajeras como la alfalfa, que es la base económica de los habitantes de la región.

III. GEOMORFOLOGIA.

Dentro del área de estudio se observaron formas del relieve que expresan, tanto los procesos que las originaron, como las características de las litologías expuestas en el terreno. Se identificaron formas de relieve de rocas sedimentarias plegadas, formas de relieve de rocas volcánicas y formas asociadas a una acumulación fluvio-lacustre. Estas formas indican una evolución morfológica para el área que se inicia con la conformación de las montañas plegadas dislocadas por una falla inversa; posteriormente, ocurrió la superposición del relieve volcánico. Después, este conjunto fue dislocado según fallas normales; esta dislocación propició la acumulación fluvio-lacustre al generar una cuenca endorreica. Finalmente, la integración de la red de drenaje estuvo acompañada de volcanismo basáltico, los derrames se alojaron en el antiguo cauce del Río Tula y ahora conforman terrazas.

Las formas de relieve de rocas sedimentarias corresponden a estructuras conformadas en una secuencia principalmente calcárea del Cretácico. Las estructuras tienen una expresión directa: las prominencias orográficas coinciden con anticlinales, en tanto que los valles intermontanos corresponden con sinclinales; excepto el Sinclinal Yolotepec que presenta topografía invertida.

La morfología de las montañas plegadas está matizada por la diferente respuesta de las rocas ante los agentes modeladores. Los restringidos afloramientos de rocas calcáreo-arcillosas o arcillo-arenosas se manifiestan morfológicamente como puertos de erosión o como lomeríos; las rocas calcáreas definen las sierras más escarpadas cuanto mayor sea el espesor de los estratos y más dolomitizada se presenten las calizas.

Las montañas plegadas están truncadas en la porción meridional por una dislocación normal que se expresa como un escarpe de línea de falla a cuyo pie se observa el desarrollo de abanicos aluviales.

Las formas de relieve volcánico se generaron en dos épocas: las más antiguas aparecen sobrepuestas al relieve sedimentario plegado. Están constituidas por rocas de composición silícica considerada como derrames de tipo fisural que tienen una forma irregular y que no expresan una estructura volcánica definida. Se considera que estas formas de relieve son producto de procesos posteriores al plegamiento. Las rocas volcánicas que conforman el Cerro Peña Colorada definen un relieve tabular inclinado hacia el noroeste. El relieve volcánico más reciente se presenta en la porción suroeste del área, consiste de terrazas de basalto en posición horizontal sobrepuestas a la acumulación fluvio-lacustre que bordea a las montañas plega

das, los basaltos fluyeron siguiendo el antiguo cauce del Río Tula; la posterior disección del río modeló a los derrames como terrazas como se observan en la actualidad.

Los depósitos fluvio-lacustres se acumularon como consecuencia de la desintegración del drenaje que ocurrió debido a un fallamiento normal regional de rumbo general este-oeste. Esta acumulación continental sepultó parcialmente las montañas plegadas y conformó una extensa planicie. En las porciones meridional y oriental del área, los depósitos fluvio-lacustres conservan la morfología de planicie, que aparece modificada en su límite con las montañas plegadas por una franja de abanicos aluviales. En tanto que, en las porciones septentrional y occidental, los depósitos presentan una profunda disección vertical expresada en las profundas barrancas como la Barranca Xiotho, al norte del Cerro Peña Colorada y algunas cañadas, debido a la poca compactación de los materiales; así como a los procesos erosivos remontantes, que han actuado a partir de la relativamente reciente integración del área a la vertiente del Golfo de México.

La figura 3.1 ilustra la distribución de las diferentes formas de relieve que se observan en el área.

IV. ESTRATIGRAFIA

Con base en el trabajo de campo y estudios petrográficos, en el área de estudio se reconocieron nueve unidades litoestratigráficas de origen sedimentario y dos unidades de depósitos recientes, así como dos unidades volcánicas.

De las unidades sedimentarias, siete son de origen marino, depositadas a partir del Cretácico Temprano hasta el Cretácico Tardío, las cuales tienen variaciones de facies importantes, producto de una compleja evolución paleogeográfica que ocurrió en la región. Contrastantemente, las dos unidades sedimentarias restantes se depositaron en un ambiente continental durante el Terciario Inferior y Superior separadas por un período de volcanismo de composición silícica en el Terciario Medio. Un nuevo evento volcánico ocurrió en el Cuaternario Temprano con algunos derrames de composición basáltica.

A continuación se describen las unidades litoestratigráficas comprendidas en la región de estudio, en las cuales quedan incluidas cuatro formaciones que a pesar de que no afloran, fueron identificadas con el pozo paramétrico Ixmiquilpan n.l, localizado en el poblado Los Mendoza, al pie del Cerro Peña Colorada, así como las características principales de los depósitos recientes.

Las descripciones de las unidades litoestratigráficas que se muestran a continuación, se agruparon por sistemas, en donde están ordenadas de la unidad más antigua a la más reciente.

SISTEMA TRIASICO

FORMACION HUIZACHAL

Definición. El nombre Huizachal lo aplicó Imlay, R. et.al. (1948), para designar una secuencia de areniscas cuarcíticas de grano fino de color rojizo, lutitas arenosas y conglomerados con abundantes fragmentos de cuarzo lechoso. La localidad tipo se encuentra en el Cañón de Huizachal, a 20 km. aproximadamente al sureste de Cd. Victoria, donde está expuesto un espesor de 1,300 m.

Distribución. En el área de estudio no aflora, sin embargo fue atravesada en el pozo Ixmiquilpan n.1 a una profundidad ente 3121 y 3137 mbmr.

La Formación Huizachal está expuesta en el anticlinorio de Huayacocotla y Villa Juárez, en el Cañón del Río Totolapa a 70 km. al oriente de la zona de trabajo.

Litología y espesor. Su litología consiste de areniscas de color gris claro a gris verdoso de grano grueso a medio, compacta, con presencia diseminada de sulfuros de hierro (pirita) y limolitas compactas de color pardo rojizo.

El espesor cortado es de 16 m.

Relaciones estratigráficas. Como no se cortó todo su espesor, se desconocen las relaciones estratigráficas que guarda con la unidad infrayacente, aunque se supone que podrían ser discordantes con rocas paleozoicas (?). El contacto superior con la Formación Huayacocotla es discordante.

Edad y Correlación. De acuerdo a su posición estratigráfica en el pozo Ixmiquilpan n.1 se le asignó una edad correspondiente al Triásico (?), ya que no presenta evidencias paleontológicas.

En la Cuchilla del Burro, cerca del nacimiento del Cañón del Novillo, (área de Cd. Victoria), la Formación Huizachal contiene la siguiente flora fósil: Pterophyllum fragile Newberry, Pterophyllum inaequate Fontaine, Cephalotaxopsis carolinensis Fontaine y fragmentos de Podozamites sp que la ubican en el Rético (López R. 1982 p. 308).

Se correlaciona con la Formación Todos Santos del sureste de México y con las lutitas y areniscas de la Formación Zacatecas de la Cuenca Mesozoica del centro de México.

Ambiente de depósito. La unidad se depositó en un ambiente continental, como relleno de fosas tectónicas.

SISTEMA JURASICO

FORMACION HUAYACOCOTLA

Definición. Este término fue utilizado por Imlay R., et.al. (op. cit.) para nombrar una secuencia de areniscas y lutitas de color gris oscuro en la base; hacia la cima su litología está constituida por calizas arenosas con pelecípodos y lutitas de color gris oscuro que afloran en el Río Vinazco en las cercanías del poblado de Huayacocotla, Ver. donde está expuesto un espesor de 400 m.

Distribución. Esta formación no aflora en la zona de trabajo, pero fue identificada en el pozo Ixmiquilpan n.1 desde la profundidad de 2875 mbmr hasta la de 3121 mbmr.

Sus mejores afloramientos se localizan en el Anticlinorio de Huayacocotla y Villa Juárez como a 70 km. al oriente del área.

Litología y espesor. Consiste de areniscas de color gris claro a gris oscuro y gris verdoso de grano fino a grueso.

Es una arenisca compacta, con pirita diseminada y fracturas rellenas por calcita. Presenta intercalaciones de mudstones de color gris oscuro y negro, con líneas estilolíticas y calcita como relleno de fracturas, así como escasos fragmentos de algas y conchas.

El espesor cortado en el pozo Ixmiquilpan n.1 para esta formación fue de 246 m.

Relaciones estratigráficas. Sobreyace mediante una discordancia erosional a los sedimentos continentales de la Formación Huizachal e infrayace de igual manera a sedimentos del Jurásico Superior de la Formación San Pedro.

Edad y Correlación. Con base en estudios paleontológicos de macrofauna amonoidea en el Arroyo Camarones y en el Río Chiflón, se le asignó una edad correspondiente al Sinemuriano. Por semejanza litológica de los sedimentos cortados en el pozo y por posición estratigráfica, ya que no se encontró fauna determinativa, se le asignó una edad Liásica.

Ambiente de depósito. Con base en sus características litológicas, coloración de los sedimentos y presencia de pirita, se considera que su depósito ocurrió en un medio reductor mixto.

FORMACION SAN PEDRO

Definición. La Formación San Pedro fue definida informalmente por Reyes, E. (1959) para definir una de las tres unidades A, B y C en que dividió a la Formación Tamán. Reyes (op. cit.) considera cambiar a la Formación Tamán al rango de grupo, ya que cada una de sus unidades presenta características litológicas bien definidas. La unidad B denominada como Formación San Pedro, tiene

su localidad tipo en el río del mismo nombre a 5 km. al sur del poblado de Almanza. Consiste de calizas de color gris claro y café, de textura criptocristalina, densas y compactas. Los estratos varían de 50 cm. a masivos, sobre todo en su parte superior, en la porción media presenta caliza de estratificación delgada de 10 a 40 cm. con un espesor de 20 m.

Distribución. Al igual que las unidades anteriores, esta formación no aflora en el área, pero fue cortada en el pozo Ixmiquilpan n.1 en dos intervalos (1440-1650 mbmr y 1952-2857 mbmr) por el efecto de una falla inversa.

Se le encuentra aflorando en su localidad tipo en el Río San Pedro, Reyes (op. cit.). En el Distrito de Poza Rica se le ha cortado en los pozos San Marcos nn. 2 y 3; en el área de Huiltepec- Magdalena, se identificó en los pozos Tlaloc n. 1 y Coronado n. 1 al suroeste de la Plataforma Tuxpan.

Litología y espesor. A la profundidad entre 1952 y 2500 m. se cortaron mudstones parcialmente dolomitizados, gris oscuro, compactos, con abundante pirita diseminada y fracturas selladas por calcita, presenta líneas estilolíticas, fragmentos de algas, corales, moluscos y placas de equinodermos.

Estas rocas alternan con mudstone arcilloso gris oscuro a negro, compacto y fracturado.

De los 2500 a los 2875 m. de profundidad se presentan mudstones parcialmente dolomitizados de color gris claro a oscuro, con pirita diseminada y fracturas rellenas de calcita. Estas rocas se presentan intercaladas con mudstones arcillosos gris claro a oscuro compactos.

El espesor atravesado fue de 923 m.

Relaciones estratigráficas. Su contacto inferior es discordante con la Formación Huayacóctla. El contacto superior se presenta concordante con los sedimentos de la Formación Trancas que le sobreyace.

Edad y correlación. En el pozo Ixmiquilpan n.1 se identificaron fragmentos de moluscos, algas, corales y placas de equinodermos no determinantes para establecer su edad, sin embargo, por su posición estratigráfica se le asignó una edad correspondiente al Kimmeridgiano Temprano.

Se correlaciona con las formaciones San Andrés, Tamán, Chipoco del Distrito de Poza Rica.

Ambiente de depósito. Por su litología, coloración y contenido de pirita la unidad expresa un ambiente reductor de baja energía.

FORMACION LAS TRANCAS

Definición. El nombre de Formación Las Trancas lo propuso Segerstrom (1962) para designar una secuencia de lutitas, areniscas y calizas impuras con partes piritosas que afloran en el Puerto Las Trancas, en el km. 217 de la carretera México-Laredo, aproximadamente a 18 km. al norte de Zimapán.

El espesor expuesto es de 350 m. sin que aflore la base.

Distribución. La formación Las Trancas aflora en las inmediaciones del área del prospecto hacia el norte; entre los poblados de la Lagunita y la Pechuga y entre la Unión y Taxhá. En el pozo Ixmiquilpan se identificó en los intervalos 561-1440 y 1650-1952 mbmr; el segundo intervalo representa bloque de piso de una falla inversa.

Litología y espesor. En el Pozo Ixmiquilpan n.º se identificaron 7 miembros que de la base a la cima presentan las siguientes características litológicas generales y espesor: Unidad 1, mudstone y lutitas, 492 m.; unidad 2, lutitas, 17m.; unidad 3, areniscas, 24m.; unidad 4, mudstones y areniscas, 205 m.; unidad 5, lutitas, 21m.; unidad 6, mudstone arcilloso, 98 m.; unidad 7, areniscas, 22m. De tal manera que el espesor total es de 879 m.

Carrillo y Suter (1982) reportan el marcado contraste litológico que presenta la Formación Las Trancas en el área del banco calcáreo de El Doctor; areniscas al poniente del banco y rocas arcillo-calcáreas al oriente.

Relaciones estratigráficas. En el pozo Ixmiquilpan n.1 sobreyace concordantemente a la Formación San Pedro y subyace en igual forma a la Formación Santuario.

Edad y correlación. En el pozo Ixmiquilpan n.1 la Formación Las Trancas no presenta fósiles determinativos, por lo que consideran por posición estratigráfica, de una edad del Jurásico Superior (Tithoniano).

Segerstrom (op. cit.) reporta contenido fosilífero de Paradontoceras sp. al oriente del Puerto de Las Trancas y de Mazapilites sp. en la parte inferior de la Barranca de Tolimán, que ubica a la formación entre el Portlandiano Medio y el Tithoniano.

Se correlaciona con las formaciones Tepexilotlay Pimienta de los distritos de Córdoba y Poza Rica, Ver., respectivamente.

Ambiente de depósito. La unidad se acumuló en un ambiente reductor de aguas poco profundas de circulación restringida, con gran aporte de sedimentos terrígenos. En tanto que hacia el ponien-

te del Banco El Doctor, las rocas clásticas equivalentes se acumularon en cuenca post-arco.

SISTEMA CRETACICO

FORMACION SANTUARIO

Definición. El nombre de Formación Santuario lo propuso inicialmente Segerstrom (1962) para definir una secuencia de 280 m. de espesor formada por calizas gris oscuro, calcarenitas, lutitas filíticas y grauvacas con algunas concreciones calcáreas. La localidad tipo está situada a 22 km. al noreste de Ixmiquilán en el poblado de Santuario.

Distribución. Los afloramientos en el área se encuentran bastante restringidos, ya que solamente se identificó en dos zonas, donde ambas corresponden a núcleos de anticlinales.

En la porción noreste, dicha formación aflora en el núcleo del Anticlinal Xuchitlán al este del Cerro La Mesa. Mientras que hacia el sur, aflora en el núcleo del Anticlinal San Miguel de La Cal, al norte del poblado Los Mendoza, al pie del Cerro Peña Colorada.

Litología y espesor. En el Anticlinal Xuchitlán afloran calizas de textura mudstone-wackestone de color gris oscuro con laminaciones, nodulares que presentan estratos con variaciones entre

10 cm. y 1 m. Esta secuencia alterna rítmicamente con lutitas calcáreas de color pardo verdoso. La base de los estratos calcáreos muestra bioturbación ocasionalmente.

Se estimó un espesor de 250 m. para la Formación Santuario en esta exposición, sin embargo, es posible que sea menor en virtud de que se encuentra muy plegada.

Al norte de Los Mendoza, en el núcleo del Anticlinal de San Miguel de la Cal, aflora una secuencia con un espesor aproximado de 120 m. de areniscas de color marrón que intemperizan en color ocre, de grano medio a grueso, que se clasificaron como subarcosas y presentan una redondez que varía de subangulosa a subredondeada y algunos nódulos de hematita. La otra unidad es de areniscas color verde pistache de grano medio que fueron clasificadas como grauvacas por su contenido de fragmentos de rocas ígneas y metamórficas, en los cuales su redondez varía de subangulosos a subredondeados. Ambas unidades presentan algunos horizontes arcillosos y otros conglomeráticos sobre todo éstos últimos, que son más frecuentes.

Relaciones estratigráficas. Su contacto inferior no se encuentra expuesto; sin embargo, en el pozo Ixmiquilpan n.1 sobreyace concordantemente a la Formación Las Trancas. Infrayace en forma concordante y transicional a las rocas carbonatadas de la formación Cuesta del Cura en el Anticlinal Xuchitlán, mientras que en el Anticlinal San Miguel de la Cal, subyace concordantemente a la Formación El Abra. La cima de la Formación Santuario se correlaciona con las formaciones Tamau-

lipas Inferior y Otates.

Edad y correlación. En el área de estudio no se encontraron fósiles determinativos. En el reporte del pozo Ixmiquilpan n.1 asignan para la formación una edad correspondiente al Barremiano-Aptiano por posición estratigráfica.

Fuera del área, la unidad es correlacionable con las formaciones Otates y Tamaulipas Inferior de la cuenca Tampico-Misantla, Tlacoyalco y Zotlá de la cuenca Morelos, con la Formación Guaxcamá de las porciones central y occidental de la Plataforma Valles-San Luis y con las formaciones Acuitlapán, Xochicalco y Conglomerados Rojos Nexapa.

Ambiente de depósito. La formación se acumuló en un ambiente marino cercano a costa, sus sedimentos provenían de una isla situada hacia el oriente, ya que en esa dirección se observan clásticos cada vez más gruesos. En tanto que hacia la porción occidental (en el Anticlinal Xuchitlán) la naturaleza de los sedimentos indica que son característicos de aguas profundas.

FORMACION TAMAULIPAS INFERIOR

Definición. Muir, J.M. (1936) propuso el nombre de Tamaulipas Inferior para una secuencia de

calizas densas, de grano fino, ligeramente cretosas, de color crema amarillento de estratos ondulados con espesores de 20 a 25 cm. hasta más de 50 cm. que contienen nódulos esferoidales y elongados de pedernal amarillento. La localidad tipo se encuentra en el Cañón de la Borrega de la Sierra de Tamaulipas, donde está expuesto un espesor de 400 m.

Distribución. La única localidad donde aflora es en el Anticlinal Xuchitlán.

También está expuesta en el Cerro Venú (aproximadamente 6 km. al norte del afloramiento en el Anticlinal Xuchitlán), en el Anticlinorio de Huayacocotla y en las sierras Madre Oriental, de Tamaulipas y de San Carlos Cruillas.

Litología y espesor. En la base esta formación consiste de calizas nodulares de textura mudstone, color gris oscuro en estratos medianos a gruesos con estilolitas, vetillas de calcita y lentes y nódulos de pedernal negro. Presenta algunos horizontes de lutitas de color blanquecino, porque se encuentran muy alterados. Hacia la cima afloran calizas wackestones de color gris crema que intemperizan en gris claro.

El espesor expuesto es de aproximadamente 100 m.

Relaciones estratigráficas. Las relaciones estratigráficas de la formación son concordantes;

sobreyace a la Formación Santuario y subyace a la Formación Otates.

Edad y correlación. Las características litológicas observadas por la unidad sugieren que incluye al "Miembro de calizas cremas" de edad Barremiano Superior (IGPR-70 Prospección Tula), por lo cual se le asigna una edad Hauteriviense-Barremiano. La Formación Tamaulipas Inferior se correlaciona con la parte media de la Formación Santuario expuesta en Los Mendoza.

La unidad es equivalente a la Formación Cupido, Taraises, Las Vigas, San Marcos, Barril Viejo, Patula y La Mula, del noreste de México.

También se correlaciona con la Formación Guaxcamá de la Plataforma Valles-San Luis y con las Formaciones Xochicalco, Acuitlapán, Conglomerado Nexapa y Acahuizotla de la Plataforma de Guerrero-Morelos.

Ambiente de depósito. Las características litológicas que presenta en el área expresan un ambiente de depósito de plataforma más profundo que el propuesto para la unidad en otras áreas, donde presenta calizas oolíticas (Carrillo B. 1971).

FORMACION OTATES.

Definición. el término Otates fue introducido por primera vez en la literatura geológica por Muir, (1936) quien lo tomó del cañón del mismo nombre en la Sierra de Tamaulipas, a 7 km. de la localidad de Agua Nueva del Cañón de La Borrega. En este sitio aflora una secuencia de calizas arcillosas de color gris, gris oscuro y negro con estratos cuyo espesor varía desde unos cuantos centímetros hasta 50 cm., presenta intercalaciones de lutita laminares del mismo color y ocasionalmente se observa pedernal negro.

Distribución. Al igual que la Formación Tamaulipas Inferior, únicamente aflora en el Anticlinal Xuchitlán. Fuera del área se ha reportado ampliamente hacia el noreste, donde constituye un horizon índice. También aflora en el Cerro Venú, a 6 km. de esta localidad.

Litología y espesor. En el área, la Formación Otates consiste en una intercalación de calizas y lutitas de estratificación delgada. Las calizas son mudstones y wakestones de color café e intemperizan en color crema. Las lutitas son calcáreas e intemperizan en colores rojizo y verde, además de ser muy físciles. El espesor expuesto es de 20 m.

Relaciones estratigráficas. Esta unidad sobryace concordantemente a la Formación Tamaulipas Inferior y la presencia de un conglomerado intraformacional indica el contacto transicional hacia la Formación El Abra, por lo que subyace concordantemente a ésta.

Edad y correlación. En otras localidades se han reportado abundantes fósiles de amonitas y Colomiella mexicana Bonet, que la ubica en el Aptiano. En el área se le asignó una edad aptiana por su posición estratigráfica. Se correlaciona con la cima de la secuencia arenosa de la Formación Santuario expuesta en Los Mendoza. La Formación Otates se correlaciona con la Formación La Peña expuesta ampliamente en el noreste de México.

Ambiente de depósito. La formación Otates se acumuló en un ambiente nerítico con un gran aporte de terrígenos.

FORMACION EL ABRA

Definición. Garfias, (1915) utilizó por primera vez el nombre de "El Abra Limestone". Este término fue elevado al rango de Formación por Kellum (1930), para referirse a un complejo de rocas carbonatadas de facies de plataforma depositadas durante el Albiano-Cenomaniano, en las

plataformas de Valles-San Luis y de Tuxpan. Esta formación fue dividida por Kellum en "Milliolina Phase" y "Taninul Phase", las que posteriormente fueron estudiadas como facies "El Abra" y "Taninul" por Bonet (1952, 1956, 1963), Guzmán (1967) y Griffith et. al. (1969).

La localidad tipo se encuentra en el Cañón El Abra, en la Sierra del mismo nombre, sobre la carretera San Luis Potosí-Tampico a 10 km. al oriente de Cd. Valles.

Con base en las características litológicas de la formación, puede establecerse una similitud entre ésta y el banco calcáreo El Doctor del área de Querétaro, por lo que Sögerstrom (1962) y Fries (1962) utilizaron el nombre Formación El Doctor, para rocas equivalentes a la Formación El Abra, en el área de Ixmiquilpan. Al respecto, Carrasco B. (1970) consideró que la "Formación El Abra fue depositada sobre una plataforma extensa, en la que no se justifica el utilizar dos nombres de formaciones, y se propone abandonar el nombre de Formación el Doctor y usar únicamente el nombre de Formación El Abra, para las rocas depositadas en la Plataforma Valles-San Luis".

En el presente trabajo se convino en utilizar el nombre de Formación El Abra, por la continuidad de los afloramientos de esta formación desde la Plataforma Valles-San Luis hasta el área de trabajo.

Distribución. En el área de estudio, la formación está expuesta ampliamente en la porción central

del conjunto serrano, en donde conforma las mayores prominencias orográficas.

También fue identificada en los alrededores de la zona y presenta extensos afloramientos en la Plataforma Valles-San Luis; su continuidad llega hasta el noreste de México donde ha sido cortada en los pozos del Atolón de la Faja de Oro.

Litología y espesor. La Formación El Abra en la sección El Palmar-Patria Nueva, consiste de 1680 m. de calizas que varían desde wackestone hasta boundstone que se pueden agrupar en tres unidades. La inferior está formada por calizas wackestone-packstone y boundstone en estratos gruesos y masivos de color gris claro parcialmente dolomitizados y con "parches" de dolomía; los desarrollos arrecifales presentan abundantes rudistas. El espesor de esta unidad es de 950 m. La unidad media consiste de 150 m. de calizas wackestone gris claro en estratos con un espesor entre 40 y 80 cm. La unidad superior es de calizas boundstone parcialmente dolomitizadas con algunas intercalaciones de packstone y wackestone. Esta unidad tiene un espesor de 580 m.

En el C. La Palma, se observa el cambio de facies de la Formación El Abra a las calizas con pedernal de la Formación Cuesta del Cura.

En la sección Los Mendoza el espesor medido fue de 1980 m. sin alcanzar su cima.

Las unidades observadas en esta porción difieren de la sección norte en cuanto a las características texturales. Esto se puede deber a un cambio de facies dentro de la misma formación.

La unidad inferior presenta una caliza arenosa parcialmente recristalizada que cambia gradualmente a calizas mudstone color gris crema de estratificación mediana con escasos fósiles (isogriras y nerineas). Esta caliza presenta vetillas de calcita y su aspecto general es brechoide, producto de una falla normal. Algunos estratos presentan nódulos de pedernal negro y hematita.

Esta unidad frecuentemente manifiesta una recristalización en forma de numerosos "parches" de dolomías o calizas parcialmente dolomitizadas. El espesor medido es de 350 m.

La unidad media se caracteriza por el incremento gradual de contenido fosilífero que presenta en comparación a las unidades inferior y superior y en dirección vertical. Consiste en 980 m. de calizas wackestone-boundstone color gris claro que ocurren en estratos medianos a gruesos. Los fósiles más observados fueron rudistas. La mayoría de estas calizas presentan recristalización secundaria. La unidad superior contiene calizas packstone parcialmente dolomitizadas en estratos medianos que frecuentemente presentan nódulos calcáreos, vetillas de calcita y esporádicos nódulos de pedernal. Los fósiles de esta unidad se observan como fantasmas, por las alteraciones secundarias. Hacia la cima afloran calizas recristalizadas intercaladas con dolomías en estratos gruesos y masivos. Tiene un espesor aproximado de 650 m. ya que no se alcanzó su cima. (Fig 4.1)

Relaciones estratigráficas. En la sección El Palmar-Patria Nueva la formación sobreyace en forma concordante y transicional a la Formación Santuario, al igual que en el núcleo del Anticlinal San

Miguel de La Cal, al pie del Cerro Peña Colorada.

La unidad subyace concordantemente a la Formación Soyatal en la sección El Palmar-Patria Nueva. Al sur de Yolotepec, la Formación El Abra subyace discordantemente a la unidad lacustre del Grupo El Morro.

Edad y correlación. La Formación El Abra contiene microfósiles tales como: Globigerinelloides bentonensis Morrow, Heterohelix morenani Gushman, Calcisphaerulla innominata Bonet, Pithonella ovalis Bonet, Stomiosphaera sphaérica Kaufman, Clavhedbergella, simplex Morrow que la ubican en un rango cronoestratigráfico del Albiano al Cenomaniano. Fries (1962) considera que la formación pudiera representar también al Aptiano en la Hoja Pachuca. El espesor anómalo de la Formación El Abra sugiere que su edad puede incluir parte del Turoniano; sin embargo, no se identificaron fósiles que comprueben esta hipótesis.

El Abra se correlaciona dentro del área con la Formación Cuesta del Cura, con la cual se inter_udigita; el cambio de facies se observa claramente en el C. La Palma. Equivale también a la Formación El Doctor del Altiplano de Querétaro, a la Formación Orizaba de la Cuenca de Veracruz, a la Formación Morelos de Guerrero y Morelos y a la caliza Sierra Madre de Chiapas.

Ambiente de depósito. Las características litológicas y el contenido fosilífero de esta formación

indican un ambiente de plataforma.

La plataforma, denominada por Carrasco (1971) como Plataforma de Actopan, se extendía en el área; su límite occidental ya fue definido por Carrasco (op. cit.) desde Cardonal hasta Progreso (fig. 4.2).

La mayor parte de las rocas de la formación fueron acumuladas en el área arrecifal-postarrecifal con variaciones locales a calizas de aguas más profundas (batiales ?). El espesor anómalo que se observa en las secciones puede explicarse como resultado de un hundimiento lento y constante de la plataforma en esta porción; de manera que, las condiciones batimétricas se conservaron y permitieron la acumulación de ese grueso paquete de calizas de plataforma.

FORMACION CUESTA DEL CURA.

Definición. Imlay (1936, p. 1125), describió por primera vez a la Formación Cuesta del Cura de acuerdo con los afloramientos de caliza delgada ondulada, con bandas de pedernal negro, que afloran en la localidad del mismo nombre a 6.5 km. al poniente de Parrás, Coah. donde descansa entre la Caliza Aurora y la Formación Indidura. El espesor de esta formación es de 70 m.

Distribución. Está expuesta en la porción septentrional del área de estudio, con tres afloramien-

tos de poca extensión: en el Cerro La Palma y al sur de Xuchitlán, al igual que en Dos Cerros.

La Formación Cuesta del Cura está ampliamente distribuida en el noreste de México, en las regiones de Monterrey, Cd. Victoria y en la región al oeste de Poza Rica; también en el flanco occidental del paleoelemento Plataforma Valles-San Luis.

Litología y espesor. La Formación Cuesta del Cura expuesta en el Cerro La Palma consiste de una caliza de textura mudstone-wackestone de color gris oscuro que intemperiza en gris claro; presenta estratificación delgada a mediana, laminaciones en algunas capas; además de bandas y nódulos de pedernal negro; la unidad muestra numerosas vetillas de calcita, lo cual puede asociarse al brechamiento observado en algunos afloramientos. En esta localidad se observa el cambio de facies a las calizas de la Formación El Abra.

Al sur de Xuchitlán se encuentra la otra localidad de la Formación Cuesta del Cura, en donde consiste en una caliza de color gris oscuro que intemperiza a gris claro, de textura wackestone que gradúa hacia la cima a un mudstone de estratificación delgada-mediana con lentes, nódulos y bandas de pedernal negro y algunas laminaciones. En ocasiones los estratos presentan boudinage.

El espesor estimado para la formación varía entre 320 y 600 m.

Relaciones estratigráficas. Debido a que esta formación aflora en pequeños cerros, no se obser-

vó la base de la unidad y su contacto hacia la cima tampoco se conoce, pero por estudios en las zonas aledañas se sabe que infrayace concordantemente a la Formación Soyatal. El contacto con la Formación El Abra es concordante y transicional, como se observa en el C. La Cruz.

Edad y correlación. La edad asignada en el Prospecto Tula es Albiano Superior-Cenomaniano con base en el contenido de los siguientes microfósiles: Rotalipora greenherransis Morrow, Edbergella planispira Tappan, Globigerinelloides bentonesis Morrow, Rotalipora balerreansis Gandolf, Heterohelix, washitensis Tappan, Schaekeina cenomana Schalco.

La secuencia expuesta en el Sinclinal Kuchtilán fue considerada por Tarango, G. (1975) como Formación Agua Nueva, de edad correspondiente al Turoniano por el contenido de Marginotruncana sp.; en virtud de que las características litológicas no corresponden a las propias de la Formación Agua Nueva y si a las de la Formación Cuesta del Cura, se debe considerar que ésta última formación, en esta localidad, tiene una edad que comprenden del Albiano hasta parte del Turoniano.

La formación se correlaciona en el área con la Formación El Abra; la interdigitación se observa en el Cerro La Palma.

Equivalencia a las rocas de Banco de la Formación El Doctor. También se correlaciona con la Formación Tamaulipas Superior de la Cuenca Tampico-Misantla, con las Calizas Sierra Madre de Tabasco y del Istmo de Tehuantepec.

Ambiente de depósito. Se depositó en un ambiente nerítico profundo de cuenca abierta, en un medio poco oxigenado y de baja energía.

FORMACION SOYATAL.

Definición. Wilson B.W. et. al. (1955, p.3) asignó el nombre de Formación Soyatal a una secuencia que consiste de un conglomerado de clastos calcáreos, calizas y calizas arcillosas de color pardo claro y gris oscuro, intercaladas con lutitas calcáreas de edad Turoniano. La unidad es más arcillosa hacia la cima.

La localidad tipo está situada en el poblado de Soyatal. Hgo. a 48 km. al noreste de Zimapán.

Distribución. Aflora a 2.5 km. al sureste del poblado de Xuchitlán en un barranco y sobre la carretera Progreso-El Tephé en el poblado Francisco Villa.

Esta formación aflora también en el área de Xichú, Gto. en la Sierra de Alvarez en la zona de Arista, San Luis Potosí y en el área de Laguna Seca-La Tinaja, S. L. P.

Litología y espesor. Se reconoció una secuencia de calizas arcillosas de color gris oscuro de estratificación mediana intercaladas con lutitas gris oscuro y gris rojizo. Las calizas son

mudstone y wackestone; algunas presentan boudinage y laminaciones.

Muestra un intenso plegamiento, que se expresa en pliegues tipo chevrón con amplitudes de 3 m.

En esta localidad tiene un espesor aproximado de 300 m., aunque puede ser menor en virtud del plegamiento, y a que su base no está expuesta.

Relaciones estratigráficas. Como la Formación Soyatal presenta afloramientos esporádicos, la única relación que se conoce es que subyace en discordancia a los depósitos lacustres de la Formación Tarango.

Edad y correlación. Segerstrom (1962) reporta que la Formación Soyatal contiene el fósil índice del Turoniano Inoceramus labiatus en el Cerro Venú a 6 km. al sur de Ixmiquilpan.

La Formación Soyatal se correlaciona con las formaciones Cuautlá y Agua Nueva. También se correlaciona con la Formación Indidura al noreste de México y con la parte inferior de la Formación San Felipe de la Cuenca de Tampico.

Ambiente de depósito. Las características físicas de la unidad expresan un ambiente de depósito cercano a la costa con aporte de terrígenos.

FORMACION MEXCALA

Definición. El nombre de Formación Mexcala lo propuso C. Fries (1960) con base en la sección tipo que levantó Bonhenberger-Thomas (1955) entre la Colonia Valerio Trujano y el Río Balsas. La localidad tipo de esta formación, se halla en el poblado de Mexcala, Gro., en el cruce con el río del mismo nombre y la carretera México-Acapulcò en el km. 220. En este lugar existe una alternancia de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas.

Distribución. Las rocas clásticas de la Formación Mexcala son las de menor distribución, ya que solamente se observaron pequeños afloramientos en la porción suroeste de la región estudiada.

La Formación Mexcala aflora hacia el sur de la Cuenca de México en los estados de Guerrero y Morelos.

Litología y espesor. Los únicos afloramientos de la Formación Mexcala se encuentran en la terracería entre Mixquiahuala y Tunititlán. En dichas localidades, se estimó un espesor de 450 m. para la unidad. La formación consiste de una intercalación de areniscas, lutitas y limolitas de color gris verde que intemperiza en amarillo ocre. El espesor de los estratos varía entre 5 y 30 cm. Las areniscas son de grano fino a medio, frecuentemente presentan estratificación gradada con un

horizonte superior de carácter pelítico; en ocasiones, tienen marcas de flujo en la base de los estratos. Las lutitas son calcáreas; en ocasiones areno-limosas; aparecen en estratos delgados menores de 10 cm. de espesor. Esta secuencia flysch presenta fracturas rellenas por calcita e intemperiza en forma diferencial.

Relaciones estratigráficas. Esta unidad sobryace concordantemente a la Formación Soyatal de acuerdo con las observaciones hechas en la Cañada Las Pilas al norte del área. Subyace mediante una discordancia a la Formación Tarango y a los Basaltos del Cuaternario.

Edad y correlación. La Formación Mexcala ha sido asignada, en el área del Prospecto Progreso al Senoniano-Maestrichtiano por posición estratigráfica.

Segerstrom (1962) considera que la Formación Mexcala cambia lateralmente a la Formación Soyatal, de comprobarse lo anterior, la edad de la Formación Mexcala comprendería parte del Turoniano. En el área de la Hoja Cuernavaca, Fries (1966), reporta para la parte inferior de la formación, contenido fosilífero de Barroisioras sp., Peroníceras, sp., Ostocaphites sp., "Crioceras" sp., Didymotis sp., Petaptychus (?) y Durania sp., que indican una edad conlacianna temprana y los microfósiles: Hedbergella sp., Clavihedbergella sp., Rugoglobigerina sp., Heterohelix sp., y varias especies de Globotruncana que definen una edad de finales del Turonia-

no.

La Formación Mexcala se correlaciona con las formaciones Méndez, San Felipe, Tamásopo y Cárdenas, que están expuestas hacia el norte en la Plataforma Valles-San Luis o en sus bordes.

Ambiente de depósito. Con base en sus características texturales, principalmente de estratificación gradada, se infiere un mecanismo de acumulación por corrientes de turbiedad en el talud continental, que formaron abanicos submarinos.

En el área de la Hoja Cuernavaca, Fries (1966) infiere que esta formación se depositó en aguas someras no muy alejadas de la costa; ya que sus estratos suelen mostrar ondulas, restos de pelecípodos y abundantes tallos de plantas.

SISTEMA TERCIARIO

GRUPO EL MORRO

Definición. Esta unidad fue descrita inicialmente por Simón y Mapes (1957) como Fanglomerado El Morro. Posteriormente Segerstrom (1961) lo considera conglomerado y al mismo tiempo propone elevarlo al rango de Grupo, ya que consiste de conglomerados calcáreos bien cementados en una matriz de color rojiza intercalados con derrames lávicos de basalto y andesita y horizontes de toba

que afloran en el Cerro El Morro a 6 km. de Zimapán, Hgo.

Distribución. Las rocas de esta unidad se encuentran aflorando en áreas reducidas y aisladas; al pie del Cerro Benito Juárez, en la Barranca La Sierrita y al Sur de Yolotepec, a 1 km de la Mesa El Tablón.

Litología y espesor. En el área de estudio, la unidad consiste principalmente de conglomerados petromícticos de clastos de caliza, dolomías, areniscas de grano fino y algunos fragmentos volcánicos y de pedernal. El tamaño de sus fragmentos varía entre 2 y 40 cm., predominan los clásicos entre 10 y 15 cm. El grado de redondez varía de subredondeado a subanguloso. Los fragmentos líticos se encuentran en una matriz arenosa de grano medio y se presentan por lo general muy cementados por carbonato de calcio.

El conjunto se observa como un agregado de clastos color gris en una matriz roja. La unidad se encuentra dispuesta en estratos gruesos a masivos intercalados con algunos horizontes de areniscas rojas de grano grueso.

Dentro de este grupo quedaron incluidas un conjunto de calizas lacustres bandeadas de estratificación mediana con intercalaciones arcillosas. Y lentes de pedernal café. Las calizas son de color blanquecino y rojizo por la presencia de hematita.

El espesor del Grupo El Morro varía considerablemente de una área a otra.

Relaciones estratigráficas. El contacto inferior de la unidad es discordante con las formaciones cretácicas, como se observa al sur de Yolotepec donde descansa en discordancia angular sobre las calizas de la Formación El Abra. En la Barranca La Sierrita subyacen discordantemente al Grupo Pachuca, lo que indica que su contacto superior también es discordante con las unidades terciarias.

Edad y correlación. La edad asignada a esta unidad es del Eoceno-Oligoceno por posición estratigráfica; aunque estrictamente no se puede descartar que incluya al Paleoceno, ya que contiene clásticos del Cretácico Superior y se encuentra por debajo de la secuencia volcánica del Grupo Pachuca del Oligoceno-Mioceno.

Oviedo (op. cit.) reporta que el Conglomerado Texcoco, en el Pozo Texcoco n. 1 se encuentra abajo de rocas similares a las del Grupo Pachuca, a partir de las cuales se obtuvo una edad de 30-31.4 m.a. (Oligoceno Superior) con base en un fechamiento por K-Ar.

El carácter continental del Grupo El Morro impide establecer una correlación estricta con otros depósitos similares del Terciario, como lo menciona Oviedo (op. cit.). "Desde que Edward (1955) estudió el Conglomerado Rojo de Guanajuato, ejemplo típico de muchos otros depósitos

de principios del Terciario esfercidos por las partes central y meridional de México, y lo comparó con los conglomerados rojos de Taxco y Zacatecas, parece ser que de una manera general se ha tratado de extender esa correlación a todos los conglomerados rojos de México, solamente por la mención genérica de Edwards" (op. cit.)

Ambiente de depósito. Las rocas del grupo se acumularon en un ambiente continental como producto de una etapa postorogénica de erosión intensa, rellenando una topografía preexistente.

GRUPO PACHUCA.

En este trabajo se considera que las rocas volcánicas que cubren el Grupo El Morro forman parte del Grupo Pachuca, descrito por Geyne (1963).

Distribución. Las rocas asignadas al Grupo Pachuca están expuestas en la porción centro-occidental del área de estudio. Esto corresponde a las rocas que cubren a la secuencia cretácica a 8 km. al oeste del C. San Miguel y algunos afloramientos aledaños. También cabe mencionar que la presencia de estas rocas en el Cerro Dorodejé está relacionado a una falla normal.

Litología. Las rocas asignadas a esta unidad incluyen derrames andesíticos, dacíticos, riódacíticos, tobas andesíticas, brechas y rocas epiclásticas. Las andesitas son de color gris claro y violáceo, la intemperismo adoptan tonos de verde y ocre, presentan texturas afaníticas y porfídicas, comunmente contienen plagioclasa sódica y piroxeno, en ocasiones se observan alteradas hidrotermalmente, también pueden presentar estructuras amigdaloides con relleno de zeolitas y calcita.

Las dacitas y riódacitas son generalmente de color gris claro con tonos rojizos y violáceos en superficie fresca, al intemperismo adquieren tonalidades de ocre; por lo general, su textura es afanítica; en ocasiones presenta una textura porfídica con fenocristales de plagioclasa zonadas. Mineralógicamente consisten de ortoclasa, plagioclasa, cuarzo y biotita y/o hornblenda. Estas rocas presentan una textura fluidal.

Las tobas andesíticas, presentan color gris oscuro en roca fresca; las superficies intemperizadas tienen tonos verdes y rojizos. Entre las tobas existen tobas vitocrystalinas y líficas; las primeras presentan fragmentos del tamaño de la ceniza de vidrio y de feldespatos. Las tobas líficas incluyen fragmentos de andesitas de diferentes tamaños.

Entre las brechas se observan brechas de derrames y brechas piroclásticas; las primeras por lo general presentan color gris oscuro; en tanto que, las segundas, color gris y rojizo. Los constituyentes más comunes de estas brechas son fragmentos de andesitas y piroclásticos andesíticos en una masa vítrea o una matriz de ceniza.

El espesor del Grupo Pachuca en su localidad tipo se estima del orden de los 2000 m., en el área estudiada, la masa rocosa alcanza 450 m., aproximadamente.

Relaciones estratigráficas y edad. El Grupo Pachuca sobreyace discordantemente a las rocas del Grupo El Morro y a las rocas sedimentarias cretácicas. Infrayace en igual forma a las rocas fluvio-lacustres de la Formación Tarango y a los depósitos recientes del Cuaternario.

Por su posición estratigráfica y con base en las determinaciones paleontológicas de los fósiles contenidos en las Formaciones Pachuca y Cerezo (Geyne, et. al. op. cit.) se le asignó una edad comprendida entre el Oligoceno y principios del Plioceno.

FORMACION TARANGO

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

Distribución. Esta unidad está ampliamente distribuida en el área de estudio, principalmente en los extensos valles intermontanos.

Ambiente de depósito. Esta unidad se acumuló en un ambiente continental de cuencas endorréicas adonde las corrientes fluviales transportaron materiales producto de la erosión y formaron grandes abanicos aluviales así como acumulaciones fluvio-lacustres. En dichas cuencas también se acumularon los piroclásticos contemporáneos.

SISTEMA CUATERNARIO

BASALTO

Definición. Con este nombre se designa a la secuencia volcánica más joven del área que consiste de derrames basálticos.

Distribución. Estos basaltos se encuentran expuestos en la porción suroeste del área en donde conforman terrazas en la ribera del río Tula.

Litología. Los basaltos son de olivino de textura intergranular, presentan color gris oscuro, frecuentemente exhiben estructuras vesiculares, y en ocasiones presentan estructuras columnares. Los derrames tienen espesores de pocos metros.

Litología y espesor. La Formación Tarango está constituida por tobas, depósitos volcánoclasticos, depósitos lacustres, caliche y conglomerados. Las tobas son de composición silícica, por lo general contienen fragmentos de pómez. Los horizontes volcánoclasticos consisten de ceniza retrabajada, en ocasiones presentan estratificación cruzada. Los depósitos lacustres consisten de arcilla, limos y arenas finas por lo general de colores claros en estratos delgados menores de 20 cm. El caliche aparece como "costras" en algunos afloramientos de la formación. Los conglomerados se encuentran como relleno de paleocanales y como antiguos abanicos aluviales. El espesor expuesto de la Formación Tarango es del orden de los 260 m.

Relaciones estratigráficas. Sobreyace discordantemente a cualquiera de las unidades mesozoicas o terciarias del área. Subyace a la unidad de basaltos cuaternarios y a los depósitos aluviales y de talud.

Edad y correlación. Por su posición estratigráfica se le asignó una edad correspondiente al Plioceno-Pleistoceno.

La formación se correlaciona con las rocas volcánicas de la Formación San Juan, que aflora al sur del área; con la Formación Cuernavaca del Estado de Morelos y con la Formación Atotonilco el Grande de la Cuenca del Río Amajac.

Relaciones estratigráficas y edad. Esta unidad solamente se observa sobre las rocas de la Formación Tarango, a las cuales frecuentemente, pirometamorfosearon. Los basaltos fluyeron en diferentes episodios a lo largo de valles fluviales labrados en la Formación Tarango. Por su relación de superposición con la Formación Tarango y porque presenta interdigitaciones con los sedimentos aluviales se les asignó una edad correspondiente al Cuaternario.

DEPOSITOS RECIENTES.

Definición. Esta unidad agrupa aquellas acumulaciones no consolidadas de origen continental.

En el área se diferenciaron dos unidades recientes:

Aluvión. Consiste de depósitos de acarreo fluvial que se acumularon en los lechos de ríos y arroyos en áreas topográficamente bajas.

Pie de Monte. Materiales acumulados al pie de las sierras.

Distribución. Los depósitos recientes están ampliamente distribuidos en el área.

Litología y espesor. Los depósitos aluviales consisten de gravas, arena y limos de tamaños variables hasta de 50 cm., con un grado de redondez desde anguloso hasta subredondeado. El espesor esti-

mado para estos depósitos es de 20 m.

Los depósitos de talud están compuestos por fragmentos líticos de diferente composición sin clasificar, con tamaños hasta de 1 m., los fragmentos son angulosos y se encuentran en una matriz arcillo-arenosa. Estos depósitos tienen un espesor aproximado de 30 m.

Relaciones estratigráficas. Estas acumulaciones cubren discordantemente a todas las unidades litoestratigráficas que afloran en el área.

Edad y correlación. Con base en su posición estratigráfica, se le asigna una edad correspondiente al Cuaternario.

V. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las estructuras que se definen en el área se pueden dividir en dos tipos:

- estructuras plicativas
- estructuras disyuntivas

- Las estructuras plicativas se presentan principalmente en las rocas mesozóicas, consisten, en términos generales, en anticlinales y sinclinales asimétricos ligeramente recostados hacia el oriente, orientados burdamente noroeste-sureste (casi norte sur) y con amplitudes de dos o más kilómetros. Estos pliegues presentan un amplio rango en la inclinación de los flancos, pero en promedio tiene valores mayores a 45° . Cabe mencionar que, no obstante el carácter sedimentario de las rocas plegadas, en numerosos afloramientos no fue posible la obtención de datos estructurales debido a que dichas rocas se presentan en forma masiva o con una cubierta petrocálcica.

La formación El Abra presenta un plegamiento relativamente uniforme y de gran amplitud por tener una mayor competencia a la deformación con respecto a las unidades litológicas de las formaciones Santuario, Soyatal y Mexcala que presentan una menor competencia dando como resultado pliegues de arrastre y chevrón (sobre todo en la Soyatal). La Formación Cuesta del Cura se

puede ubicar con una competencia y estilos de deformación intermedios.

Así también, el comportamiento de los materiales con la deformación no fue homogéneamente plástico, como respuesta a las variaciones litológicas y de espesores de la masa rocosa. Con esto, en sectores de gran rigidez (baja plasticidad), expuestos a una máxima intensidad de deformación, dieron como resultado diversas cabalgaduras con planos de deslizamiento de poca inclinación, tal es el caso de la falla inversa Boxaxni que presenta un rumbo casi norte-sur.

- Respecto a las estructuras disyuntivas observadas en el área de estudio, son dos los tipos que afectan a las unidades litológicas: fallas inversas y normales.

Los fallamientos normales encontrados en la zona indican la presencia de esfuerzos de distensión. Es importante remarcar que las fallas normales no ocupan extensiones tan grandes como las cabalgaduras y que su orientación es totalmente contrastada; el sistema principal de las fallas normales tiene una orientación este-oeste.

La distribución general de las estructuras encontradas en la región y algunas importantes de los alrededores se observa en la figura 5.1.

A continuación se describen de manera detallada las diferentes estructuras estudiadas.

a) Anticlinales.

ANTICLINAL XUCHITLAN

Este anticlinal se encuentra entre los poblados Xuchitlán y Maguey Blanco, en la porción occidental del área de estudio. Mide aproximadamente 17 km. de largo y 4 km. de ancho en el C. Dorodejé. En el área de estudio alcanza 8 km. de longitud.

La estructura presenta un ligero arqueamiento cóncavo hacia el oriente en la parte media; sin embargo, su orientación general es noroeste-sureste. El pliegue es asimétrico; su flanco occidental tiene una mayor inclinación del orden de 70°; en tanto que su flanco oriental tiene echados entre 33° y 42°.

El anticlinal tienen una expresión topográfica disarmónica, su flanco oriental se expresa en los cerros alineados Moreno, Don Cibi, Dorodejé y La Cruz y en el lomerío al oriente de Maguey Blanco (fuera del área). Su flanco occidental únicamente se aprecia en la ladera poniente del c. Dorodejé; en este cerro la estructura presenta un desnivel topográfico máximo

de 300 m.

En la estructura se identificaron rocas de las formaciones Tamaulipas Inferior, Otates y Abra en el flanco occidental, frente al C. La Mesa. Sin embargo, en su flanco oriental solo afloran rocas de la Formación El Abra. Es probable que esta estructura corresponda con la continuación del Anticlinal Ixmiquilpan (aproximadamente a 6 km. al norte) ya que son aproximadamente colineales y están definidas en las mismas unidades.

ANTICLINAL SAN MIGUEL DE LA CAL.

Este anticlinal se localiza a 20 km. al sureste de Ixmiquilpan, en las cercanías de la ranchería Los Mendoza. Este pliegue mide 14 km. de longitud y tiene una amplitud de 8 km., es simétrico y tiene una orientación general $SE15^{\circ}-NW15^{\circ}$, Dentro del área alcanza una longitud de 12 km.

En la porción meridional, la estructura presenta su charnela intacta y forma el C. Peña Colorada (Mendoza) que tiene un relieve topográfico de 540 m. y laderas cóncavas excepto la sur, ésta es escarpada y con perfil rectilíneo. En cambio en la porción septentrional, el

anticlinal presenta su charnela erosionada; en esta porción, sus flancos forman los cerros Co razón y La Corona.

Las formaciones Santuario y El Abra están expuestas en el anticlinal; la primera, únicamente en la porción meridional de la estructura, al pie del C. Peña Colorada. En la culminación se localiza el pozo Ixmiquilpan n.1; en el reporte consideran un cierre estructural de 1,800 m. para este anticlinal.

Las rocas que conforman esta estructura, presentan diaclasas y fracturas selladas por calcita en diversas orientaciones; son notables las fracturas de tensión con orientación general este-oeste. La Formación El Abra presenta estilolitas paralelas a la estratificación, en ocasiones con relleno de arcillas de descalcificación.

Al pie de la estructura, en el C. Peña Colorada, se encontraron restos de una paleocaverna, que se encuentra dislocada por una falla normal del sistema de fallas Los Mendoza.

b) Sinclinales

SINCLINAL XUCHITLAN

El Sinclinal Xuchitlán se localiza entre los anticlinales Xuchitlán y San Miguel de la Cal; en su extremo norte se encuentra Xuchitlán (fuera del área) y en su extremo sur, Jagüey Blanco. Este sinclinal tiene una longitud de 19 km. de los cuales 13 km están comprendidos en el área de estudio.

El pliegue asimétrico; su flanco occidental presenta inclinaciones entre 43° y 75° el oriental de alrededor de 52° . La orientación general de la estructura es de $SE5^{\circ}-NW5^{\circ}$.

El sinclinal tienen una expresión topográfica de un valle; su flanco occidental está definido por los cerros La Cruz, Dorodejé y Tordillo; su flanco oriental se expresa topográficamente en los cerros Corazón y Benito Juárez. El valle sinclinal está modificado por la cubierta de rocas volcánicas terciarias que conforman el Cerro Peña Colorada.

En la estructura afloran las formaciones El Abra, Cuesta del Cura y Soyatal.

SINCLINAL YOLOTEPEC.

Está ubicado al oriente de Yolotepec entre el Anticlinal San Miguel de la Cal y la Falla

Boxaxni. Este sinclinal mide 23 km. de largo y tiene una amplitud que varía entre 3 y 5 km. Solamente 14 km. de longitud están comprendidos en la cartografía del presente estudio.

La estructura tiene una orientación general norte-sur; presenta un arqueamiento cóncavo al oriente; de forma que su porción septentrional aparece con orientación general SW9°-NE9°; en tanto que su porción meridional tiene una orientación SE2°-NW2°. Este sinclinal se presenta asimétrico en la porción norte; en donde su flanco occidental tiene una pendiente mayor con inclinaciones entre 54° y 70°; su flanco oriental se observa con echados entre 32° y 42°.

Esta estructura no tiene una expresión topográfica directa, ya que en su porción meridional se expresa morfológicamente como pequeños puertos en los cerros Trepadero de las Tuna, San Miguel y El Punteagudo.

La estructura muestra un desnivel topográfico hasta de 560 m. con respecto al nivel de las planicies.

El Sinclinal Yolotepec está conformado por las calizas de la Formación El Abra; se encuentra truncado en su porción norte fuera del área, por la falla de desplazamiento lateral siniestro

denominado Falla Pozuelos (Prospecto Progreso 1985). La estructura también está truncada en su extremo meridional; este último truncamiento se debe a una falla normal regional con orientación oriente-poniente que define el límite norte de la fosa tectónica denominada "Graben de Tlaxcoapan".

c) Falla Inversa

FALLA BOXAXNI

La falla Boxaxni es una cabalgadura sin recumbencia, se puede considerar como una rampa tectónica; se encuentra en la porción oriental del área, desde las barrancas Las Pilas y Xhaxné (15 km. al norte de la región de estudio), hasta San Miguel Acambay (Fig. 5.2). Con base en la información del pozo Ixmiquilpan n.1, se interpretó en la porción sur, en donde, Tarango G. (1975) la considera como normal. En el pozo, la falla fue identificada a una profundidad de 1650 mbnmr (471.1 m.s.n.m.). La estructura tiene una longitud de 23 km., considerando su continuación hacia el norte con la Falla Xhaxné, pero en el área solo tiene 12 km. de longitud, su extremo septentrional termina en la falla de desplazamiento lateral izquierdo denominada Falla Pozuelos (Prospecto Progreso op. cit.)

La falla tienen una traza irregular; sin embargo, presenta una orientación general SW7°-NE7°. Con base en la información del pozo Ixmiquilpan n.1 y en la ubicación de la traza de la falla al pie del Cerro "La M", se calculó una pendiente de 25° para el plano de falla.

d) Fallas normales.

Son variables las fallas normales encontradas en el área, sin embargo a continuación se describen las dos más importantes.

FALLA LA MESA

Se localiza en la porción noroeste del área, al pie del C. La Mesa. Presenta una orientación general NE45°-SW45°, el plano de falla tiene una inclinación mayor a los 75°; el bloque caído es el del noroeste. Esta falla disloca al Anticlinal Xuchitlán, e interrumpe los afloramientos de las formaciones Tamaulipas Inferior y Otates, mismas que están a 6 km. al norte en el Anticlinal Ixmiquilpan (fuera del área de estudio).

La porción este de la falla se encuentra limitada por un conjunto de rocas ígneas que fue-

ron asignadas al Grupo Pachuca por su semejanza litológica. Es probable que el fallamiento haya provocado el flujo de las rocas, ya que son de carácter fisural. En el límite oeste la falla está cubierta por la Formación Tarango.

FALLAS LOS MENDOZA.

Al pie del C. Peña Colorada se encuentra un sistema de fallas normales escalonadas orientadas burdamente este-oeste. La evidencia de este sistema se refleja directamente en la información obtenida en el pozo Ixmiquilpan n.l. Al norte del pozo aflora el contacto entre las formaciones Santuario y Abra; en tanto que, la perforación inició en la Formación El Abra, esta situación indica que el pozo se encuentra en el bloque caído de una de las fallas.

Este sistema de fallas normales define el límite norte del Graben de Tlaxcoapan, en cuya depresión se acumularon las rocas volcánicas del Terciario Tardío.

e) GRABEN DE TLAXCOAPAN

Esta fosa tectónica que se extiende hacia el sur del área interrumpe los afloramientos de ro-

cas cretácias en una franja de 23 km de amplitud hacia el sur del área; tiene una orientación general este-oeste; su borde septentrional está ubicado en Mixquiahuala; en tanto que en su límite septentrional se encuentra Tlaxaco.

El Graben de Tlaxcoapan trunca abruptamente las estructuras con orientación general norte-sur definidas en las unidades sedimentarias mesozoicas. El salto de sus fallas principales puede ser mayor a los 1000 m.; en vista de que, en el área del bloque hundido no afloran las rocas mesozoicas y que, el desnivel entre el afloramiento de rocas cretácicas de mayor altitud, en el pilar tectónico septentrional (C. Peña Colorada) y el Valle del Mezquital contiguo es de 770 m. En el borde sur el desnivel es de 420m.

La estructura se caracteriza por la presencia de topeformas tales como: mesas, cerro cónicos y amplios valles que interrumpen el relieve de sierras alargadas de orientación norte-sur con laderas convexas de las porciones adyacentes.

El desnivel entre los diferentes elementos morfológicos localizados dentro de la fosa es de 400 m.; en ocasiones rebasa los 700 m.

VI. TECTONICA.

La evolución tectónica regional ha definido rasgos característicos en el área de estudio en los aspectos sedimentológico, estructural y magmático.

Con base en la distribución y las características de las estructuras identificadas en este trabajo y de las unidades que las conforman se inferieron las cuatro siguientes fases tectónicas de deformación:

1. Una fase compresiva que generó pliegues y cabalgaduras. A grandes rasgos, el mecanismo que explica el plegamiento y fallamiento es el levantamiento generalizado de la porción occidental del país como consecuencia de la colisión entre las placas Farallón y Americana que originó esfuerzos con dirección principal de oeste a este. Esto explica la orientación norte-sur de los ejes de las estructuras plegadas, que con frecuencia son asimétricas, así como las cobijaduras de tendencia análoga. Mientras que, en la porción meridional la orientación se presenta sureste-noroeste. Lo anterior obedece a dos factores principales: la dirección de los esfuerzos en sentido oeste-este y la configuración de la Plataforma de Actopan.

El fenómeno tectónico bosquejado se ha interpretado como la subducción de la placa oceánica (Farallón) bajo la corteza continental de la Placa Americana.

Esta etapa deformativa es conocida como Orogenia Larámide que De Cserna (1960) llama Hidalgoana y cuyos efectos están registrados en extensas porciones de la República.

Las estructuras están controladas por la litología y el espesor de las unidades del Albiano-Cenomaniano y Turionano, éstas últimas ubicadas en la porción septentrional del área de estudio.

Carrillo y Suter (1982) al estudiar el borde las plataformas de San Luis-Valles y El Doctor hacia el noroeste de la región de estudio, no encontraron rasgos de una deformación dúctil (en el borde oriental), lo que es correlacionable con el área del presente estudio por ser similares las condiciones tectónicas de deformación.

Se puede fechar la fase comprensiva con base en la determinación de Suter (1984) que considera la edad de las rocas más jóvenes involucradas en la deformación por contenido fosilífero del Maestrichtiano Tardío y el fechamiento por K-AR de un intrusivo posttectónico de 62.2 ± 1.5 m.a. (Paleoceno Temprano).

2. Una fase disyensiva postorogénica durante el Terciario Inferior; misma que modificó la configuración del área como pilares y cuencas tectónicas en las cuales se acumularon secuencias continentales clásticas y probablemente evaporíticas como las reportadas al sur en el Pozo Texcono n.1 (Oviedo, op. cit.)

3. Una fase volcánica que ocurrió en el lapso entre el Oligoceno-Pleistoceno Inferior. Esta actividad ígnea representó las últimas manifestaciones de la subducción de la Placa Farallón bajo la Placa Americana antes de la reorganización del Plioceno de ese límite de placas. Dicho fenómeno de subducción ocurrió con diversas modalidades, en el margen continental del occidente de México desde el Jurásico Superior.

4. Una fase disyensiva pliocena-pleistocena que provocó la dislocación del área en forma de bloques tectónicos por fallas normales con orientación general oeste-este y con saltos que pueden ser mayores a los 1000 m.; como las que definen al Graben de Tlaxcoapan. Esta distensión en sentido norte-sur propició el vulcanismo basáltico y produjo la desarticulación del drenaje que permitió la acumulación de la Formación Tarango. Las terrazas basálticas en el Río Tula son las últimas manifestaciones de esta fase.

VII. GEOLOGIA ECONOMICA.

Uno de los aspectos relevantes en los estudios geológicos es que aportan información acerca de la posibilidad de aprovechar los recursos naturales de la región, sean éstos minerales, petroleros, hídricos o pétreos, de tal forma que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes del lugar.

a) Depósitos minerales producto de procesos sedimentarios.

La importancia de este recurso estriba en su frecuencia de explotación dentro del área y sus alrededores, en donde existen formaciones calcáreas como la correspondiente a la Formación El Abra, que por sus características físicas se le pueden dar diversos usos.

Los grandes volúmenes de calizas y dolomías pueden explotarse para materiales de construcción, tanto en el aspecto decorativo como en el geotécnico.

Algunos de los horizontes calcáreos se pueden emplear para cemento Portland, no tanto por su pureza, sino por la restricción respecto a la ocurrencia de pirita y MgO en donde la prime

ra debe estar ausente y el segundo no debe exceder el 10 %, aunque la dolomita en algunos horizontes calcáreos de la Formación El Abra es frecuente, dificultando su explotación si no se conoce el comportamiento estructural de estos horizontes.

En tanto que con la dolomita calcinada se puede formar una sustancia llamada carbonato básico de Magnesio, que es usado con el 15 % de asbestos en fondos de calderas y recubrimientos de tuberías como aisladores térmicos (Bateman, 1981).

La ocurrencia de gruesas vetas de calcita hace posible su explotación por su relativa facilidad de extracción y su pureza. El método empleado es a tajo abierto, como se puede observar en los cerros Benito Juárez, La Mesa y Lobo. La importancia de la calcita estriba en la variada gama de usos industriales, siendo los principales: química, metalúrgica, abonos y fertilizantes.

b) Geohidrología.

La hidrografía superficial del área de estudio se restringe a la presencia del Río Tula, como única corriente perenne presente y a la red de canales de riego. En las cercanías de

Ixmiquilpan, el Río Actopan (ubicado al sur del área) converge con el Río Tula, siendo uno de los constituyentes del Río Moctezuma que es el afluente más importante del Río Pánuco, por lo que el sistema hidrográfico del Estado de Hidalgo pertenece a la vertiente del Golfo de México. Así también, existen pequeños manantiales observados al pie de los cerros Peña Colorada y Cumbre La Palma que abastecen, como abrevaderos al ganado, pequeños poblados de los alrededores.

Respecto a la hidrografía subterránea, se hizo una clasificación de las unidades hidrogeológicas presentes de acuerdo con la Carta Hidrológica Actopan-Ixmiquilpan (Del Arenal, 1978) y las variaciones litológicas estudiadas en el área. Los resultados obtenidos se muestran en la página siguiente.

UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

UNIDADES ACUIFERAS (Que poseen agua)

- Depósitos lacustres clásicos (arenas, gravas).
- Potencialmente y como un caso particular de acuífero se considera a las calizas de la F. El Abra ya que presentan huellas de disolución que permiten inferir un desarrollo kárstico a profundidad y en que su miembro arrecifal puede llegar a formar acuíferos de gran importancia.

UNIDADES ACUICLUDAS (Que almacenan agua)

- Depósitos lacustres en lo que respecta a horizontes arcillosos y tobáceos.

UNIDADES ACUITARDAS (Que a pesar de almacenar y transmitir agua, no abastecen instantáneamente los pozos)

- Basaltos del Cuaternario.
- Terciario volcánico representado por el Grupo Pachuca.

Dados que presentan permeabilidad secundaria reflejada por el fracturamiento.

La importancia de las unidades acuíferas de depósitos lacustres se observa sobre todo en la porción meridional, ya que las características litológicas de la Formación Tarango han provocado la sobresaturación en el suelo, originando la presencia de manantiales artesianos que han inundado decenas de hectáreas de cultivo en el área de San Salvador.

Actualmente, la zona anegada permanece sin cultivarse y existe el riesgo de que las pocas zonas sembradas con alfafa se abandonen por la elevación del nivel freático, que ya se extiende hasta el poblado Boxtha.

Otra consideración que debe hacerse es la posible contaminación del agua subterránea, ya que la mayor parte de la zona es regada por aguas negras provenientes del Valle de México.

La implicación económica de este problema es la restricción de las zonas cultivadas por exceso de agua, mientras que al norte del Valle no se dan los cultivos por falta de agua. Es por esto que se pretende llevar a cabo una serie de obras hidráulicas con el fin de drenar el municipio de San Salvador y llevar el agua a donde hace falta.

c) Geología petrolera.

Dentro del área de estudio no se tiene registros ni evidencia de manifestaciones superficiales de hidrocarburos. Por otro lado, de los datos obtenidos en la perforación del pozo Ixmiquilpan n.1 se encontraron datos interesantes con respecto a las manifestaciones de hidrocarburos.

El "Registro Combinado de Porosidades" proporcionó datos para suponer que en el intervalo 687-712 m, correspondiente a la Formación Trancas del Jurásico, existen flujos de gas por efectos de porosidad secundaria o fracturas.

En el intervalo 140-505 m que corresponde a 365 m de dolomías y mudstones dolomíticos gris claro, de la Formación El Abra, se obtuvo registro de hidrocarburos con valores de gas (Prospecto Progreso, 1985).

c.1) ROCAS GENERADORAS

Dos unidades litoestratigráficas son susceptibles de ser rocas generadoras, de las cuales sólo una, la Formación Santuario aflora en el área de estudio, la otra unidad, la Formación Huayacocotla, se conoce por información del subsuelo y por información de áreas cercanas a donde

se encuentra expuesta.

La Formación Santuario del Cretácico Inferior (Neocomiano) en la porción oeste-septentrional, consiste de calizas mudstone-wackestone gris claro con intercalaciones delgadas de lutitas calcáreas de grano fino a medio y algunos fósiles; fue depositada en ambientes de aguas poco profundas y la presencia de pirita sugiere que fue depositada en condiciones reductoras.

La Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior (Liásico) que consiste de lutitas negras con alto contenido de materia orgánica, depositadas en ambientes marinos de aguas poco profundas son de color oscuro y contienen sulfuros que sugieren condiciones reductoras.

c.2) ROCAS ALMACENADORAS Y SELLO.

La Formación El Abra en sus facies arrecifal y postarrecifal presentan características de porosidad y permeabilidad para almacenar hidrocarburos, porque frecuentemente se presenta dolomitizada. Con los datos obtenidos del pozo Ixmiquilpan n.1 se sospecha que la Formación Las Trancas contiene flujos de gas (Prospecto Progreso op. cit.); sin embargo, sus características litológicas no permiten que sea considerada como roca almacenadora.

La secuencia calcáreo-arcillosa de la Formación Soyatal funciona como sello, ya que cubre a la Formación El Abra.

c.3) TIPO DE TRAMPAS.

Los hidrocarburos que se hayan generado en o en las carcanías del área pudieron migrar hacia trampas mixtas desarrolladas en el borde de la plataforma.

Las facies arrecifales y prearrecifales de la Formación El Abra constituyen objetivos petrolíferos cuando se presentan en cualquiera de las siguientes condiciones estructurales: se encuentran cubiertas por una cabalgadura o que la terminación de las trampas tectónicas defina una estructura anticlinal y que presenten roca sello.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

a) CONCLUSIONES

- Las variaciones de facies de las unidades litoestratigráficas comprendidas en el área son producto de la compleja evolución paleogeográfica que ocurrió en la región.

- La Formación Santuario es la unidad más antigua que aflora en el área. Con el presente trabajo se da a conocer un nuevo afloramiento de esta formación, localizado en el Cerro La Mesa y que presenta características litológicas similares a las expuestas en el Cerro Cuesta de México (a 6 km al norte), consiste de lutitas calcáreas intercaladas con calizas nodulares.

- La Formación Santuario expuesta en Los Mendoza consiste de una alternancia de areniscas, conglomerados y algunos horizontes arcillosos, definiendo con estas características litológicas un ambiente de depósito cercano a costa para el Neocomiano-Aptiano (Fig. 8.1).

- Una transgresión provoca que hacia el Albiano-Cenomaniano se depositen las calizas de la Formación El Abra en sus facies prearrecifal, arrecifal y postarrecifal que cambian a facies de

cuenca representadas por la Formación Cuesta del Cura (Fig 8.2) .

- El arrecife se desarrolló en forma irregular alrededor de la plataforma y se vio favorecido por una subsidencia lenta y continua. Esto explica el grueso espesor de la Formación El Abra.

- Para el Turoniano se tiene una regresión representada por un depósito calcáreo con aporte de clásticos finos (F. Soyatal) debido a un levantamiento regional. Lo anterior está evidenciado en la continuación del ambiente de plataforma hacia el sur (Fig. 8.3) en la región de Apaxco en donde el desarrollo arrecifal de la Formación Cuautla sobreyace discordantemente a las rocas del Albiano-Cenomaniano.

- Finalmente, se deposita una secuencia flysch de lutitas y areniscas (F. Mexcala) típicas de una etapa pre-orogénica. La deformación se inicia a finales del Cretácico (Maestrichtiano) y culmina hacia el Paleoceno (Orogenia Larámide), misma que provocó un levantamiento regional y el retiro de los mares. Durante el Eoceno se acumularon sedimentos de tipo continental; este depósito se llevó a cabo en cuencas endorreicas: en la base con carácter clástico (conglomerados) mientras que hacia la cima se precipitaron calizas lacustres. Estas unidades están

incluidas dentro del Grupo El Morro, que presenta una distribución irregular en el área de estudio.

- En el Oligoceno-Mioceno ocurrió una actividad volcánica de carácter fisural, representada por las diversas formaciones del Grupo Pachuca.

- Al final del Terciario, el cierre de la Cuenca de México en su porción sur, dió lugar a un depósito fluvio-lacustre representado por la Formación Tarango, la cual presenta unidades tobáceas indicándonos que durante esta época prevaleció el volcanismo iniciado desde el Oligoceno.

- El último evento volcánico registrado es el de composición basáltica, también de carácter fisural, por estar asociado a un fallamiento de tipo normal. El relieve que presentan los basaltos es el de mesas, que fluyeron a lo largo del antiguo cauce del Río Tula y lo modelaron como se observa actualmente.

- La evolución paleogeográfica durante el Mesozoico, muestra que la región de estudio es-

tuvo sometida a diversas transgresiones y regresiones en las cuales se depositaron grandes paquetes de rocas calcáreas. Las unidades litoestratigráficas de la zona estudiada muestran la tendencia transgresiva de la secuencia.

- La fase comprensiva que afectó el área provocó que la secuencia Pre-Terciaria se plegara con una orientación preferencial noroeste-sureste. La dirección de los esfuerzos de deformación provenía del oeste; estos fueron parcialmente absorbidos por elementos paleogeográficos, como la Plataforma de Actopan.

- La fase distensiva del Plioceno-Pleistoceno provocó una dislocación del área en forma de bloques tectónicos por fallas normales de orientación oeste-este. El Graben de Tlaxcoapan es el rasgo que ejemplifica este evento. Además provocó que la secuencia fluvio-lacustre de la Formación Tarango se haya depositado en forma de planicies. Este relieve se encuentra en el área dissectado y acumulado, el primero se debe a la reciente integración del área a la vertiente del Golfo de México, por efectos de erosión remontante, mientras que el segundo todavía no es afectado por ese proceso.

- La presencia de rocas del Grupo Pachuca al este del C. La Palma puede estar asociada al pequeño fallamiento de tipo normal encontrado ahí cerca; además esta falla provocó el desplazamiento del anticlinal hacia el este.

- El Graben de Tlaxcoapan trunca repentinamente las estructuras sedimentarias del Mesozoico. La secuencia mesozoica más próxima de este tipo que aflora hacia el sur, es la que se encuentra en Apaxco.

- El estilo de deformación del área de estudio estuvo regido por las diferentes unidades litoestratigráficas y las variaciones físicas dentro de la misma unidad.

b) RECOMENDACIONES

- Realizar estudios en el Graben de Tlaxcoapan para determinar el comportamiento del arrecife de la Formación El Abra y las rocas volcánicas, para conocer las características físicas de las rocas mesozoicas a profundidad.

- Se recomienda cartografiar la distribución de las diferentes litofacies descritas por

Baldomero Carrasco (1971) para lograr el mejor conocimiento de la evolución paleogeográfica del Albiano-Cenomaniano. La presente cartografía escala 1:25,000 puede servir como base.

- También se recomienda definir la configuración de la isla propuesta para el Neocomiano-Aptiano con objetivos petrolíferos, ya que las rocas arenosas pueden constituir una trampa.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, A., Mackenzie, W. and Guilford, C. // 1984 // Atlas of sedimentary rocks under the microscope: Ed. Longman.
- Bonet, F. // 1956 // Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del este de México: XX Congreso Geológico Internacional.
- Carrasco, B. // 1970 // La Formación El Abra (Formación El Doctor) en la Plataforma Valles-ELP: Revist.Inst.Mex.Petróleo, v.2, n.3, pp. 97-99.
- Carrasco, B. // 1971 // Litofacies de la Formación El Abra en la Plataforma de Actopan, Hgo.: Revist.Inst.Mex.Petróleo v.3, n.1.
- Carrillo-Bravo, J. // 1971 // La Plataforma de Valles-San Luis Potosí: Rev.Asoc.Mex. Geólogos Petroleros, v.23, nn. 1-6

Carrillo, M. // 1982 // Contribución del estudio geológico del Banco calcáreo de El Doctor:
Univ.Nal.Autón.de México, Instituto de Geología, Revista, v.5, n.1.

Carrillo, M. y Suter, M. // 1982 // Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro:
Soc. Geol.Mexicana, Libro-guía de la excursión geológica a la región de Zimapán.

Del Arenal, R. // 1978 // Carta Geohidrológica del área de Actopan-Ixmiquilpan, Edo. de Hidalgo:
Univ.Nal.Autón.de México, Instituto de Geología, Revista, v.2, n.1.

Dirección General de Geografía // 1970 // Carta topográfica Ixmiquilpan, Fl4-C79. México, D.F.
Comisión de estudios del Territorio Nacional.

Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. // 1985 // Informe Geológico final IGPR-239. Prospecto Progreso:
Petróleos Mexicanos, Superintendencia General de Exploración, Zona Poza Rica, Inédito.

Fries, C. // 1962 // Resumen de la geología de la Hoja Pachuca, Estados de Hidalgo y México:
Univ.Nal.Autón.de México, Instituto de Geología.

Gasca, A. y Reyes, M. // 1977 // La Cuenca Lacustre Plió-Pleistocénica de Tula-Zumpango: Inst. Nal. de Antropología e Historia. Informes del Depto. de Prehistoria, n.2.

López R., E. // 1980 // Estratigrafía Cretácica y tectónica de una porción del centro y noreste de México: V Convención de la Soc.Geológica Mexicana.

Jensen, L. y Bateman, M. // 1981 // Economic Mineral Deposits, 3rd. edition, John Wiley and Sons.

Oviedo de León, A. // 1970 // El Conglomerado Texcoco y el posible origen de la Cuenca de México: Revista Inst.Mex.del Petróleo, v.2, n.3.

Seegerstrom, K. // 1956 // Geología a lo largo de la carretera entre México, D.F., Pachuca y Zimapán, Hgo. Distritos mineros de Pachuca- Real del Monte y de Zimapán, Hgo.: XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F., Excursiones A-3 y C-1.

Seegerstrom, K. // 1961 // Geología del suroeste del Edo. de Hidalgo y del Nroeste del Edo. de México: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 13, nn. 3,4.

Segerstrom, K. // 1962 // Geology of South-Central Hidalgo and Northeastern Mexico: U.S. Geol. Survey, Bull., 1104-C., United States Government Printing office, Washington.

Suter, M. // 1984 // Cordilleran Deformation Along The Eastern Edge of the Valles-San Luis Potosí Carbonate Platform, Sierra Madre Oriental Fold-Thrust Belt, East-Central Mexico. Geol.Soc. of Am. Bull., V-95, N.12.

Tarango, G. // 1975 // Informe Geológico final IGPR-126, Prospecto Ixmiquilpan 1974: Petróleos Mexicanos Superintendencia General de Exploración, Zona Poza Rica, Inédito.

Zozaya, S.M. // 1971 // Informe Geológico final IGPR-90. Prospecto Querétaro-Tula: Petróleos Mexicanos, Superintendencia General de Exploración, Zona Poza Rica, Inédito.

APPENDICE PETROGRAFICA

APPENDICE PETROGRAFICA

Nº DE MUESTRA	LOCALIDAD	COORDENADAS	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION (FOLK)	ORIGEN	OBSERVACIONES
						1-COLOR	2-ESTRUCTURA			
FL-15	El Cerro El Corazón	2.99°07'52" 20°22'33"		Caliza masiva con vetillas de calcita	1. Gris claro 3. Wackestone	1. Fólulas Espáticas 3. Micrita	40 30	Wackestone	Biohercítica	Fólulas esféricas y globigerinas
FL-16	1. Sur de Julián	2.99°08'00" 20°22'35"	El Abra	Caliza masiva	1. Gris claro 3. Pachstone	1. Intraclasto 2. Fólulas 3. Espática	30 20 50	Wackestone	Intraclástica	Fólulas; Muditas Radiolitas
FL-17	1. SW de Yolotepec	2.99°07'52" 20°22'29"	El Abra	Caliza masiva con presencia de fósiles	1. Gris claro 3. Mudstone	1. Fólulas 3. Micrita	60 20 20	Mudstone	Biohercítica	Fólulas; Muditas; Micrófitos; Fragmentos recristalizados
FL-18	1. S. de J. Villalón	2.99°07'42" 20°22'28"	El Abra	Calizas masivas con nodulos de pedernal negro	1. Gris oscuro 3. Mudstone	1. Espática 3. Micrita 4. Cuarzo	10 80 10	Mudstone	Micrita con Pedernal	Abundantes nodulos de pedernal negro
FL-19	1. S. de J. Villalón	2.99°07'17" 20°22'32"	El Abra	Caliza masiva muy interpenetrada	1. Gris oscuro 3. Crinestina	3. Calcita 4. Dolomita Hematita Cuarzo	10 85 1 1	Cristalina	Caliza Dolomitizada	
FL-20	1. Al S. de Yolotepec	2.99°07'00" 20°21'46"	El Abra	Caliza masiva con abundantes vetillas de calcita	1. Gris oscuro 2. Brechastone	3. Espática 4. Dolomita Hematita	60 39 1	Caliza	Recristalizada y parcialmente dolomitizada.	
FL-21	1. Al S. de Yolotepec	2.99°05'41" 20°11'59"	El Marro Unidad lacustre	Estratificación delgada - Mediana con intercalaciones arcillosas	1. Rojizo 2. Bandeamiento 3. Wackestone	1. Micrita 3. Espática 4. Hematita	60 38 2	Wackestone	Microespática	Ligeramente bandeamiento
FL-22	1. Al Sur de Yolotepec	2.99°05'38" 20°12'03"	El Marro Unidad lacustre		1. Rojizo 3. Wackestone	1. Micrita 3. Espática 4. Hematita	55 50 5	Wackestone	Microespática	Muestra bandas de hematita
FL-23	1. Al S. de Yolotepec	2.99°05'33" 20°22'00"	El Abra	Estratificación mediana	1. Pardo claro 3. Packstone	1. Espática 3. Micrita 4. Cuarzo Hematita	80 18 1 1	Packstone	Micrita recristalizada	

Nº DE MUESTRA	LOCALIDAD 2. COORDENADAS 3. SECCION	FORMACION	DESCRIPCION DEL A FLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA 1-COLOR 2-ESTRUCTURA 3-TEXTURA 4-MICRALES Y ALICU-MIDOS	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION (FOLK)	ORIGEN	OBSERVACIONES
					1-ALOUIMICOS 2-TERRIGENOS 3-MATRIZ / CEMENTANTE 4-SECUNDARIOS	TEXTURA (Dunham)			
PI-2x5a	1. Cerro La Palma 2. 99°12'22" 20°21'32" 3. El Palmar-Patria Nueva			1. Gris 3. Wackestone	1. Micrita 67 4. Dolomita 30 Cuarczo 1 Oxidos de Fe 2	Wackestone	Micrita parcialmente dolomitizada		
PI-2x6	1. Cerro El Palmar 2. 99°12'09" 20°21'31" 3. El Palmar-Patria Nueva	Cuesta del Cura	Estratificación delgada con vetillas de calcita	1. Pardo 3. Wackestone	1. Microfótilen 20 3. Micrita 56 Espatita 20 4. Cuarczo 1 Henatita 3	Wackestone	Biomicrita		Microfótilen Radialarina (Cenusafera)
PI-2x12	1. Cerro La Cruz 2. 99°10'45" 20°21'20" 3. El Palmar-Patria Nueva	El Abra	Estratificación mediana numerosas vetillas de calcita	1. Gris 3. Boundstone	1. Fósiles (Epatita) 60 3. Micrita 35 4. Henatita 5	Boundstone	Biomicrita		Abundantes fragmentos de biógenos
PI-2x13	1. Cerro La Cruz 2. 99°10'44" 20°21'25" 3. El Palmar-Patria Nueva	El Abra	Caliza masiva	1. Gris oscuro 3. Boundstone	1. Fósiles 60 3. Micrita 37 4. Cuarczo 1 Henatita	Boundstone	Biomicrita		Fósiles: Foraminiferos (?) Ostracodos (?) Miliófilos
PI-2x42	1. Sur de Xuchitlán 2. 99°09'10" 20°22'19" 3. El Palmar-Patria Nueva		Caliza masiva compacta y sacaróide	1. Gris oscuro 3. Cristalina	3. Micrita 40 4. Dolomita 60	Cristalina	Dolomita Calcárea		
PI-2x41	1. S-SE de Yolotepec 3. El Palmar-Patria Nueva	El Abra	Caliza con pseudo laminaciones	1. Gris oscuro 3. Wackestone	3. Micrita 85 Epatita 14 4. Dolomita Henatita 1	Wackestone	Biomicrita		Fósiles: miliófilos
PI-2x46	1. Arroyo al E del Cerro El Corazón 2. 99°08'53" 20°11'19" 3. El Palmar-Patria Nueva	Soysal	Caliza con laminaciones y vetillas de calcita	1. Gris claro 2. Laminar 3. Wackestone	1. Intraclastos de Epatita 15 3. Micrita 85	Wackestone	Intraclástica		Concife Calceferrá
PI-2x16	1. Cerro El Corazón 2. 99°09'08" 20°22'39" 3. El Palmar-Patria Nueva	El Abra	Caliza masiva	1. Gris claro 3. Wackestone	1. Fósiles 15 3. Micrita 83 4. Cuarczo 2	Wackestone	Biomicrita		Fósiles: Foraminiferos (miliófilos) Fragmentos biógenos (moluscos)
PI-2x17	1. Sur de Xuchitlán 2. 99°07'45" 20°22'38" 3. El Palmar-Patria Nueva	El Abra	Caliza masiva con vetillas de calcita	1. Gris oscuro 3. Wackestone	3. Micrita 70 Epatita 30	Wackestone	Micrita reacrata-lizada		Fósiles: miliófilos radialarinos