

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**EXPLORACIÓN GEOLÓGICA SUPERFICIAL DE SEMIDETALLE CON OBJETIVO
PETROLERO EN UNA PORCIÓN DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL
(HOJA MEXCALTEPEC E14B24)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO GEÓLOGO

P R E S E N T A:

ÉDGAR EDUARDO GUZMÁN CEDILLO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-1149

SR. EDGAR EDUARDO GUZMÁN CEDILLO
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Luis Arturo Tapia Crespo y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**EXPLORACIÓN GEOLÓGICA SUPERFICIAL DE SEMIDETALLE CON OBJETIVO
PETROLERO EN UNA PORCIÓN DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL
(HOJA MEXCALTEPEC E14B24)**

- I GENERALIDADES**
- II OBJETIVOS**
- III FISIOGRAFÍA**
- IV ESTRATIGRAFÍA**
- V ROCAS ÍGNEAS**
- VI GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**
- VII GEOLOGÍA HISTÓRICA Y TECTÓNICA**
- VIII GEOLOGÍA ECONÓMICO-PETROLERA Y SISTEMAS
PETROLEROS**
- IX CONCLUSIONES**
- X RECOMENDACIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**
- ANEXOS**

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

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

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria, D. F., a 26 de septiembre de 2006

EL DIRECTOR


M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB/JAGC*gtg

A mis padres

Rosa María y Candido Edmundo

A ustedes que en todo momento me brindaron su apoyo, su amor y su sacrificio, en pro de mis estudios y en mi crecimiento como persona, deportista y profesionista, les debo todo lo que soy y lo que llegare a ser, son mi inspiración y mi ejemplo a seguir en la vida. Mi eterno agradecimiento.

A mis hermanos

Yunuen Ixchel
Yatzin Tecpaltl
Axel Edmundo

Por su apoyo, consejos, cariño y estar siempre dispuestos a tenderme la mano cuando la necesitaba.

A la memoria
de mis Abuelos

José
Ramona de los Ángeles
Florentina

Gracias por el eterno cariño que me brindaron y me siguen brindado, aunque, no estén conmigo físicamente siempre serán mis "papas grandes" por siempre.

A mis Abuelas

Maria
Tía Otilia

Por el amor y apoyo que me brindan para seguir adelante en la vida.

A mi sobrino

Zabdiel

Por su presencia que me estimula a superarme, darme esperanza cada día y cada momento de mi vida.

Agradecimientos

Debo un profundo agradecimiento a mi universidad, a la **Facultad de Ingeniería de la UNAM**, por brindarme la preparación, para desarrollarme como profesionista y poder brindar lo mejor de mi, a mi país y mis semejantes.

Al **Ing. Luís Arturo Tapia Crespo**, por su disposición y paciencia, en la asesoría y dirección de esta tesis.

Al **Ing. Juan José Medina Avila, Ing. Fernando Rosique Naranjo, Ing. Miguel Vera Ocampo** y al **Ing. German Arriaga García**, por sus acertadas críticas y comentarios en la revisión de este trabajo.

A **Adán Castro Flores**, por su asesoría en la edición del plano y secciones de este trabajo.

A todos **mis maestros** que inculcaron en mí el espíritu de superación académica.

Un profundo respeto y agradecimiento a la memoria del **Ing. Benjamín Márquez Castañeda**, un gran maestro que dejó una enseñanza, más que académica, fue una enseñanza de vida.

Al **cinclub de Ingeniería** donde aprendí a valorar, no solo los estudios, si no diferentes maneras de expresión y de cultura; donde conocí a buenos y entrañables amigos: Miriam, Mireya, Gerardo, Alejandro, Ana, Jorge, Elsa, Ricardo (R.I.P.). Va por ustedes.

A los **Pumas C.U.** que me permitieron defender los colores de mi querida universidad y donde me prepararon para hacer frente a los retos como persona y profesionista, al conocer amigos y maestros para toda la vida: Gabriel, Rodrigo, Joaquín, daré siempre mi segundo esfuerzo.

A **Montepío Luz Saviñon I.A.P.** por tenerme la confianza de poder ayudar a otras personas y aprender de un nuevo campo de trabajo para mi profesión y desarrollo, permitiéndome conocer a personas que apoyan e inspiran en mi vida laboral: David, Mario, Alberto, Edgar Gerardo, Karina, Alejandra, Belén, Verónica, Jesús. Seguiré dando lo mejor de mí.

A mis cuñados **Cuahutemoc y Alejandro**, que siempre me brindan su apoyo para seguir adelante.

A todas las personas que de algún modo colaboraron para hacer posible esta tesis, a todos ellos mi mas profundo agradecimiento.

A ti **Silvia** por la comprensión y el amor que me brindas.

Temario

I. Generalidades

- a) Justificación y antecedentes
- b) Tipo de trabajo
- c) Localización
- d) Vías de comunicación
- e) Clima
- f) Vegetación
- g) Edafología

II. Objetivos

- a) Objetivos del trabajo
- b) Objetivos particulares

III. Fisiografía

- a) Provincias fisiográficas
- b) Geomorfología
- c) Hidrología

IV. Estratigrafía

Descripción de unidades

Sistema Jurásico

- Formación Huayacocotla (Jhy)
- Formación Tamán (Jt)
- Formación Pimienta (Jp)

Sistema Cretácico

- Formación Tamaulipas Inferior (Kti)
- Formación Tamaulipas Superior (Kts)
- Formación Agua Nueva (Kan)
- Formación San Felipe (Ksf)

V. Rocas ígneas

- a) Rocas ígneas intrusivas
- b) Rocas ígneas extrusivas
- c) Conclusiones económico-petroleras de las rocas ígneas

VI. Geología estructural

Descripción de estructuras

VII. Geología histórica y tectónica

- a) Mesozoico
- b) Cenozoico

VIII. Geología económico-petrolera y sistemas petroleros

- a) **Generación de hidrocarburos**
- b) **Sistema petrolero**
- c) **Manifestación de hidrocarburos**
- d) **Rocas generadoras**
- e) **Rocas almacenadoras**
- f) **Rocas sello**

IX. Conclusiones

X. Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

I. Generalidades

Uno de los objetivos fundamentales de las ciencias de la Tierra, específicamente de las disciplinas de la geología de campo, es la realización de prospección de terrenos para la localización y explotación de recursos naturales no renovables que ofrece la litosfera, con los cuales se pueden satisfacer las necesidades cotidianas y, con ello, tener un mejor nivel de vida. Por todo esto, se debe hablar de las distintas áreas de aplicación de la ingeniería geológica, como son: minería, hidrogeología, ambiental, geotermia y petróleo. Esta última ha alcanzado niveles de importancia muy altos en México, por lo cual se tiene que continuar con los estudios geológicos, tanto superficiales como del subsuelo, en busca de nuevos yacimientos e inclusive trabajar en la explotación racional de los ya conocidos.

a) Justificación y antecedentes

El estudio geológico Mexcaltepec es de gran interés, ya que se encuentra en los límites de dos provincias petroleras de gran potencial generador de hidrocarburos: la cuenca Tampico-Misantla y la cuenca de Libres-Oriental. Además, dicha zona se ubica en la confluencia de dos dominios tectonoestratigráficos de gran importancia geológica: la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico.

Por otra parte la continuidad en los convenios (entre Petróleos Mexicanos y la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Facultad de Ingeniería) y la vecindad de las áreas involucradas en los mismos, ha permitido definir una franja de más de 9 000 kilómetros cuadrados (km²) que determinan una zona de importante atractivo económico y la realización de estudios de exploración más específicos encaminados a la delimitación de depósitos de hidrocarburos.

Los trabajos de exploratorios efectuados cerca del área de investigación, se iniciaron desde el año 1921 entre los que destacan:

- A.A.C Schiferdecker en 1921 presenta un trabajo que incluye el área, en el cual se hace mención del plegamiento recostado de las estructuras, así como el fallamiento inverso que afectó a la zona.
- Se obtuvieron datos de los informes realizados por los geólogos de la Coordinación Regional de Exploración de la zona central de Petróleos Mexicanos.
- Informe geológico de las áreas de Zacapoaxtla y Zacatlán, en el estado de Puebla en 1961, por José Manuel López Rubio y Ezequiel Reyes Vallejo, el cual tuvo como objetivo principal tratar de localizar rocas paleozoicas en el área. El objetivo no se cumplió, ya que no se encontraron dichas rocas, no obstante, se definió la estratigrafía del Jurásico Superior al Cretácico Superior. Se definieron también dos fallas: de Zacatlán y de Chignahuapan.
- Informe geológico final de las áreas de Chignahuapan-Zautla-Cuyuaco, por Ignacio Ávila Márquez en 1971, el cual tuvo como objetivo principal definir zonas con sedimentos de cuenca o de plataforma dentro del Jurásico y Cretácico; se estableció que el área de Chignahuapan-Zautla-Cuyuaco, pertenece al Anticlinorio de Huayacocotla y al flanco suroeste del anticlinorio de Villa Juárez.

- Informe geológico final, prospecto Mazatepec, por José Antonio Parga Macías en 1975, en el cual se realizó un trabajo estratigráfico del Jurásico, los aspectos más relevantes de este trabajo son los siguientes: la Formación Huayacocotla presenta notables desarrollos calcáreos, las formaciones Cahuassas y Tenexcate y le asigna un rango igual al de la Formación Cahuassas lo cual sugiere que se trata de la misma formación.
- Informe final prospecto Zacapoaxtla, por Carlos Acosta Aduna en 1983. Éste considera que una secuencia meta sedimentaria que aflora en el área de la Presa de Mazatepec, Puebla, es de edad Triásica; los sedimentos de la parte superior de la Formación Huayacocotla son de tipo *flysh* y en ella no se encontraron desarrollos calcáreos. Define a título personal a la Formación Cahuassas como una secuencia volcánica formada por conglomerados y brechas de constituyentes ígneos, con intercalaciones tobáceas y derrames lávicos, la Formación Cahuassas, subyace concordantemente a la Formación Tenexcate y, finalmente, no afloran sedimentos de las formaciones San Andrés y San Pedro.
- Alemán López (1984). Prospecto de interpretación Geoquímica Huayacocotla-Huachinango. Considera que la Formación Huayacocotla generó hidrocarburos hace 135 ma, y que el grado de maduración de la materia orgánica disminuye hacia el oriente en donde la secuencia del Jurásico Tardío a Cretácico Temprano y Medio, pudo o puede generar hidrocarburos. Reporta con interés petrolífero las zonas en donde existen fallas inversas en el borde oriental de la SMO. Menciona que la capacidad óleo generadora de la secuencia pre-Huayacocotla sigue siendo una incógnita, pues existe un evento tectónico de gran magnitud que separa las unidades paleozoicas de las mesozoicas.
- Estudio radiométrico de las rocas ígneas y metamórficas del prospecto Villa Juárez-Tlapacoyan por Ruiz en 1978, reporta intrusivos con edades entre el Pérmico Tardío en el kilómetro 15.5 de la carretera Tlatlauquitepec-Mazatepec, Puebla y rocas volcánicas del Mioceno Tardío al norte de Zacatlán, Puebla, del Mioceno Medio al este de Atzalán y del Plioceno Medio al sureste de Altotonga, Veracruz. Las andesitas del Mioceno Medio tienen una distribución regional.
- Facultad de Ingeniería UNAM (1996). “Estudio Geológico Coxquihui”. Concluye que la zona se sitúa en dos áreas de interés petrolero, la parte poniente en el Sistema Petrolero SMO y el sector noreste en Sistema Petrolero Tampico Misantla, región donde se tiene una columna sedimentaria con espesores importantes que incluyen rocas generadoras, almacenadoras y sello. Como subsistema almacenador a las formaciones: Huayacocotla en sus horizontes arenosos; Cahuassas y Tenexcate en sus cuerpos conglomeráticos; a la Tepexic en sus desarrollos calcareníticos; a la Santiago en sus calizas bioquímicas; a las Formaciones Tamaulipas Inferior y Superior, en sus calizas fracturadas y la Chicontepec en sus horizontes arenosos. En el subsistema sello se incluye a las formaciones Tamán, Pimienta, Agua Nueva, Méndez y Chicontepec. El subsistema de entrapamiento de tipo anticlinal se localiza en el noreste y las trampas por variación de permeabilidad en los bancos arrecifales y oolíticos de la Formación San Andrés.

b) Tipo de trabajo

El estudio de “Exploración geológica superficial de semidetalle con objetivo petrolero en una porción de la Sierra Madre Oriental (hoja Mexcaltepec E14B24)” es un trabajo con carácter de semidetalle geológico.

Este estudio se basó en parte de la información contenida en el convenio PEMEX-UNAM proyecto “Tetela de Ocampo”, en estado de Puebla y en los diferentes trabajos realizados en la zona de estudio, haciéndose necesaria su integración y actualización, para poder cumplir con el objetivo principal de evaluar sus posibilidades económicas petroleras reales.

c) Localización

El área de estudio comprende la carta: E14B24 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), llamada Mexcaltepec, localizada en el estado de Puebla.

Geográficamente se encuentra formando un rectángulo cuyos vértices son las siguientes coordenadas, señaladas en la **Figura 1**.

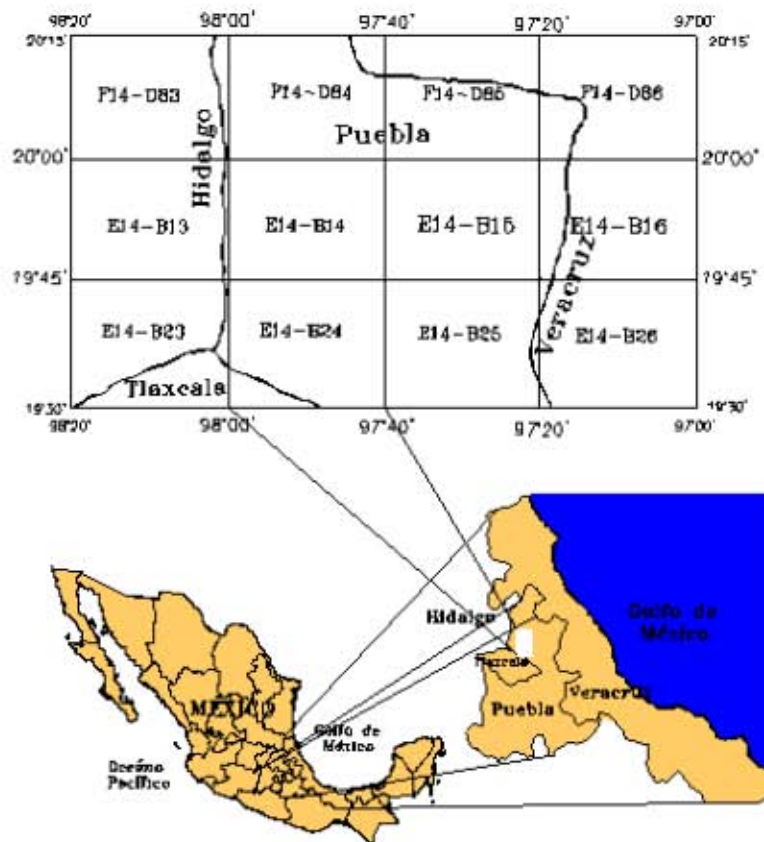


Figura 1. Plano de localización de la carta Mexcaltepec.

El estado de Puebla se localiza en la porción centro-oriental de la República Mexicana, entre las coordenadas geográficas $17^{\circ}52'30''$ y $20^{\circ}50'39''$ de latitud norte y los $96^{\circ}43'00''$ y $99^{\circ}04'10''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich (véase **Figura 2**).

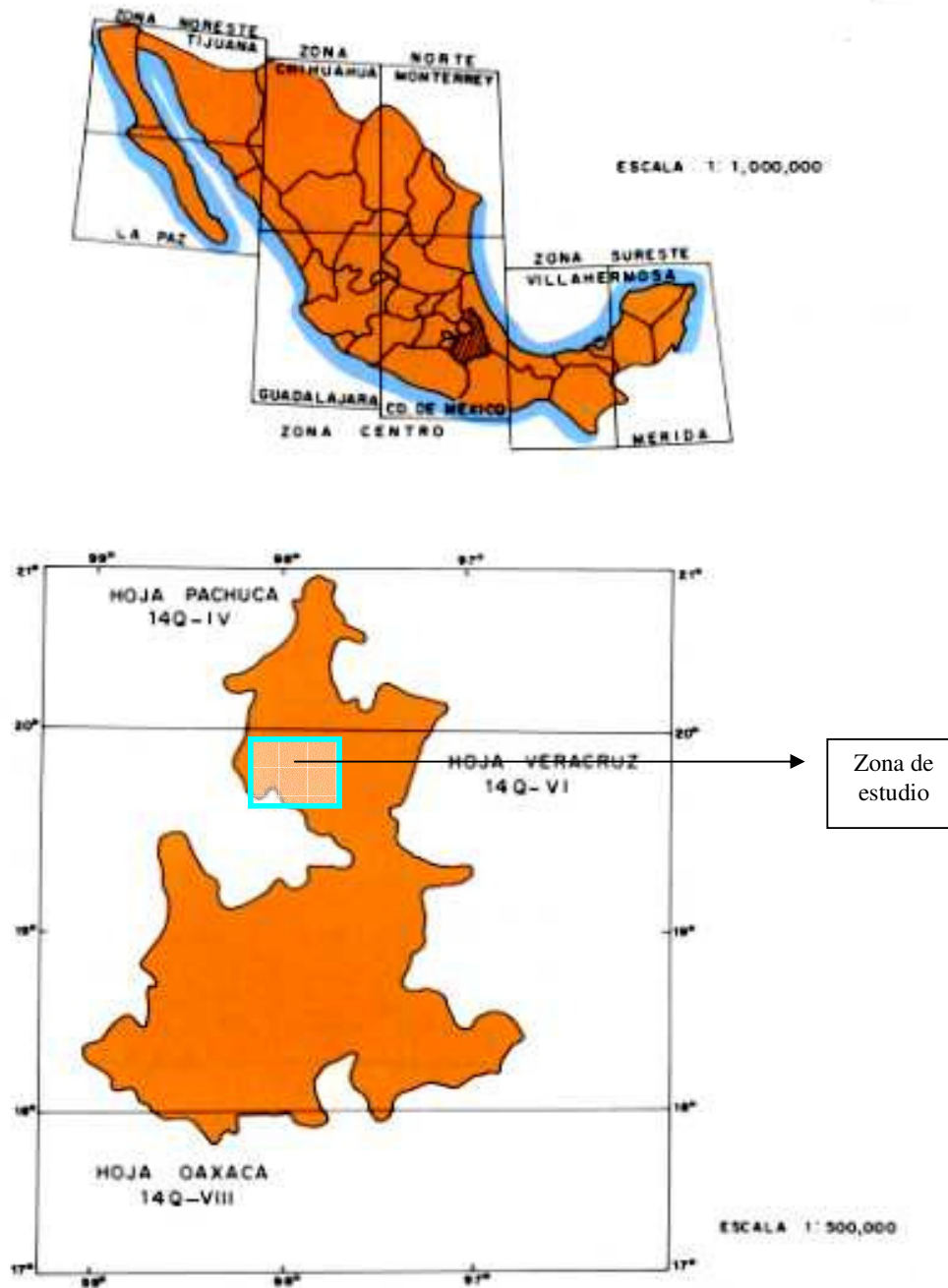


Figura 2. Mapa de localización del estado de Puebla.

Colinda al Norte y Este con el estado de Veracruz, al Sur con los estados de Oaxaca y Guerrero, y al Oeste con los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Morelos y México. Tiene una superficie de 34 017.04 kilómetros cuadrados y ocupa el vigésimo primer lugar en extensión dentro del territorio nacional, lo que corresponde al 1.72 % de la superficie total del país (véase **Figura 3**).



Figura 3. Estados colindantes del estado de Puebla, INEGI.

El área de estudio está localizada al sur de Tetela de Ocampo y comprende los municipios: de Zautla, Aquixtla y Chignahuapan (véase **Figura 4**).

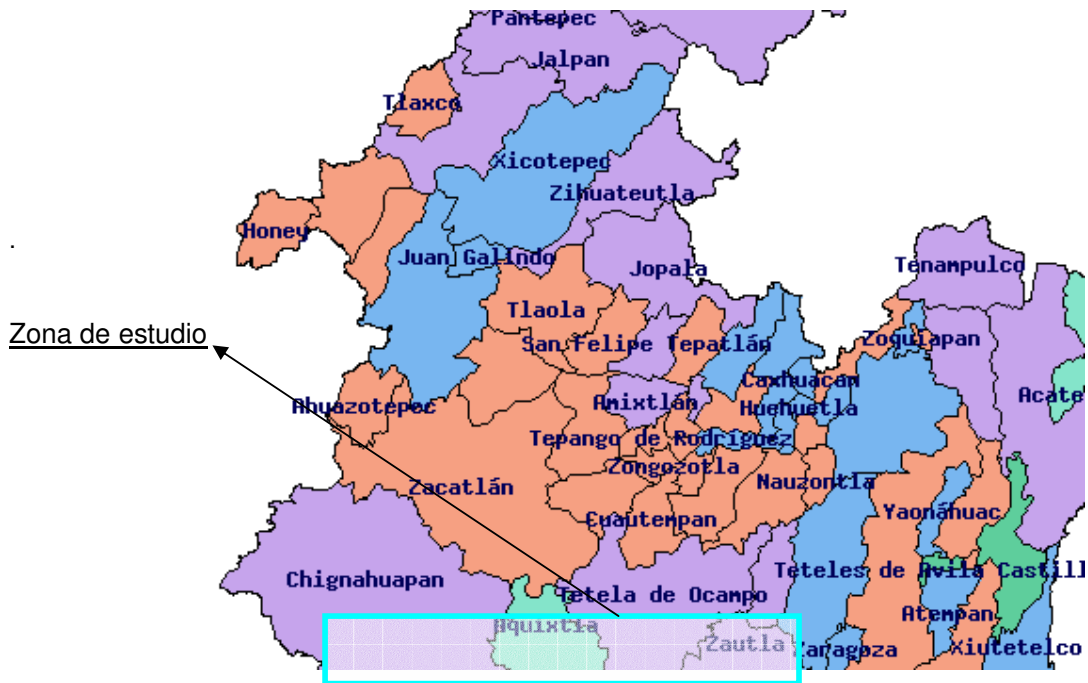


Figura 4. División Municipal del estado de Puebla, INEGI.

d) Vías de comunicación

El crecimiento de la infraestructura en las vías de comunicación de la entidad tiene una significación relevante en su desarrollo económico, político y social. Impulsa en forma definitiva la localización de industrias, los polos de desarrollo urbano y la concentración de los asentamientos humanos.

El estado de Puebla, cuenta con un sistema de transporte terrestre que le permite una buena comunicación, tanto dentro de su territorio como en los estados colindantes.

Carreteras. El territorio poblano cuenta con una red carretera que tiene una longitud aproximada de 7 896.8 kilómetros (km), distribuidos de la siguiente manera (véase **Figura 5**):

Carreteras pavimentadas	3 248.1 km
Caminos revestidos	4 224.7 km
Terracería	424.0 km

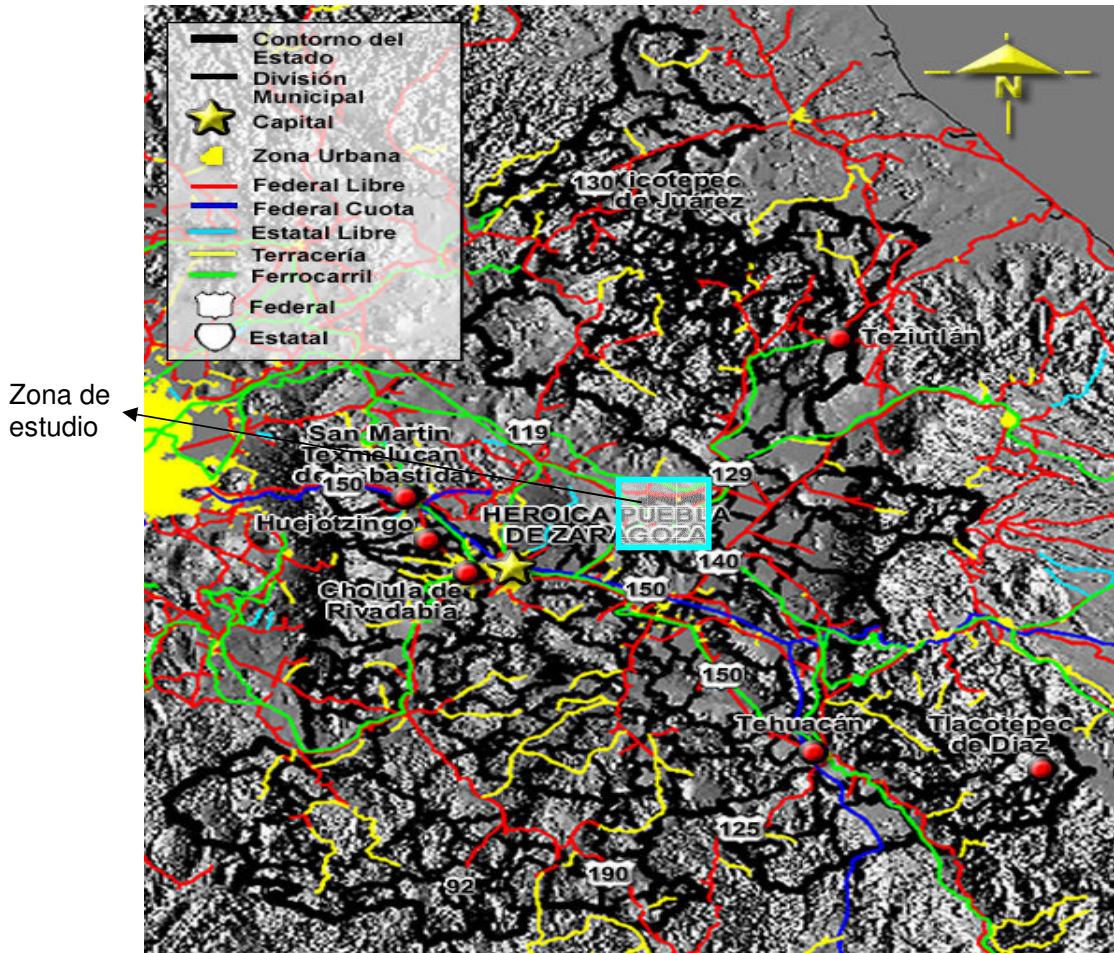


Figura 5. Mapa de vías de comunicación terrestre, INEGI.

Los principales ejes carreteros se integran con la autopista de cuota número 150 que une las ciudades de México, Puebla, Orizaba, Córdoba y Veracruz con la autopista Puebla-Atlixco, número 190; con la supercarretera federal número 135, que comunica a la población de Tehuacán con Oaxaca; y con la carretera federal número 150, que une a México, Puebla y Tehuacán (de esta última ciudad se establece comunicación con el estado de Veracruz). Asimismo, de Tehuacán continúa hacia el sureste la carretera federal número 131 y al suroeste la carretera federal número 125, las cuales se dirigen a Oaxaca. Al nordeste de Puebla, la carretera federal número 140 permite la comunicación con Jalapa y el puerto de Veracruz, y al sur con Izúcar de Matamoros.

El acceso a la zona de investigación es principalmente la carretera federal número 119 México-Apixaco. Esta misma vía conduce hacia el Norte al municipio de Chignahuapan, siguiendo al Norte y, posteriormente, al Oeste en una bifurcación con la carretera federal número 129, con dirección al municipio de Zacapoaxtla, en el trayecto se toma un camino

de terracería al sur, que lleva al municipio de Zautla dentro del área de estudio de este trabajo.

Los principales municipios tienen servicios de teléfono, telégrafo, correo, reciben la señal de televisión y radio, así como periódicos, además cuentan con servicios de transporte foráneo y de ferrocarril (excepto este último en nuestra carta).

Ferrocarriles. La red ferroviaria del estado tiene una longitud de 750.9 km; de los cuales 625.9 km corresponde a troncales y ramales, 100.3 km son auxiliares y 24.7 km son particulares, los que permiten comunicar a la capital estatal con el resto del país, en particular con los centros industriales importantes. Al estado de Puebla llegan dos líneas ferroviarias procedentes de la ciudad de México, las cuales se unen cerca de Cholula, y continúan como una sola hasta Amozoc, pasando por Puebla de los Ángeles, para desde ahí dividirse de nuevo en dos líneas, una que se dirige a Oaxaca vía Tehuacán y la otra al puerto de Veracruz vía Oriental y Perote. Esta última línea converge con otra proveniente del Oeste y de ella sale un ramal en los límites de Oriental, con dirección a Libres y Teziutlán.

Aeropuertos. El estado de Puebla cuenta con dos aeropuertos para vuelos nacionales, uno ubicado en Huejotzingo, que lleva el nombre de Hermanos Serdán, con clasificación de mediano y largo alcance, y otro ubicado en Tehuacán, con capacidad de mediano alcance. Además, cuenta con una aeropista en la ciudad de Atlixco, la cual se encuentra en proceso de construcción.

En la carta Mexcaltepec no hay ninguna pista o aeropuerto.

e) Clima

Dentro del territorio poblano se presentan variedades climáticas como consecuencia de los siguientes factores geográficos: por un lado, la entidad se localiza en la región intertropical, lugar donde dominan los vientos alisios (éstos se caracterizan por la regularidad de su intensidad: 20 kilómetros por hora en promedio, y la constancia de su dirección), cargados de humedad, y rodeada de importantes sistemas montañosos, cuya morfología presenta grandes contrastes de altitud que varía desde los 200 metros sobre el nivel del mar (msnm) en San José Acateno, hasta 5 610 msnm en el Pico de Orizaba (véase **Figura 6**).

En la carta Mexcaltepec tenemos un clima templado subhúmedo con lluvias en verano.

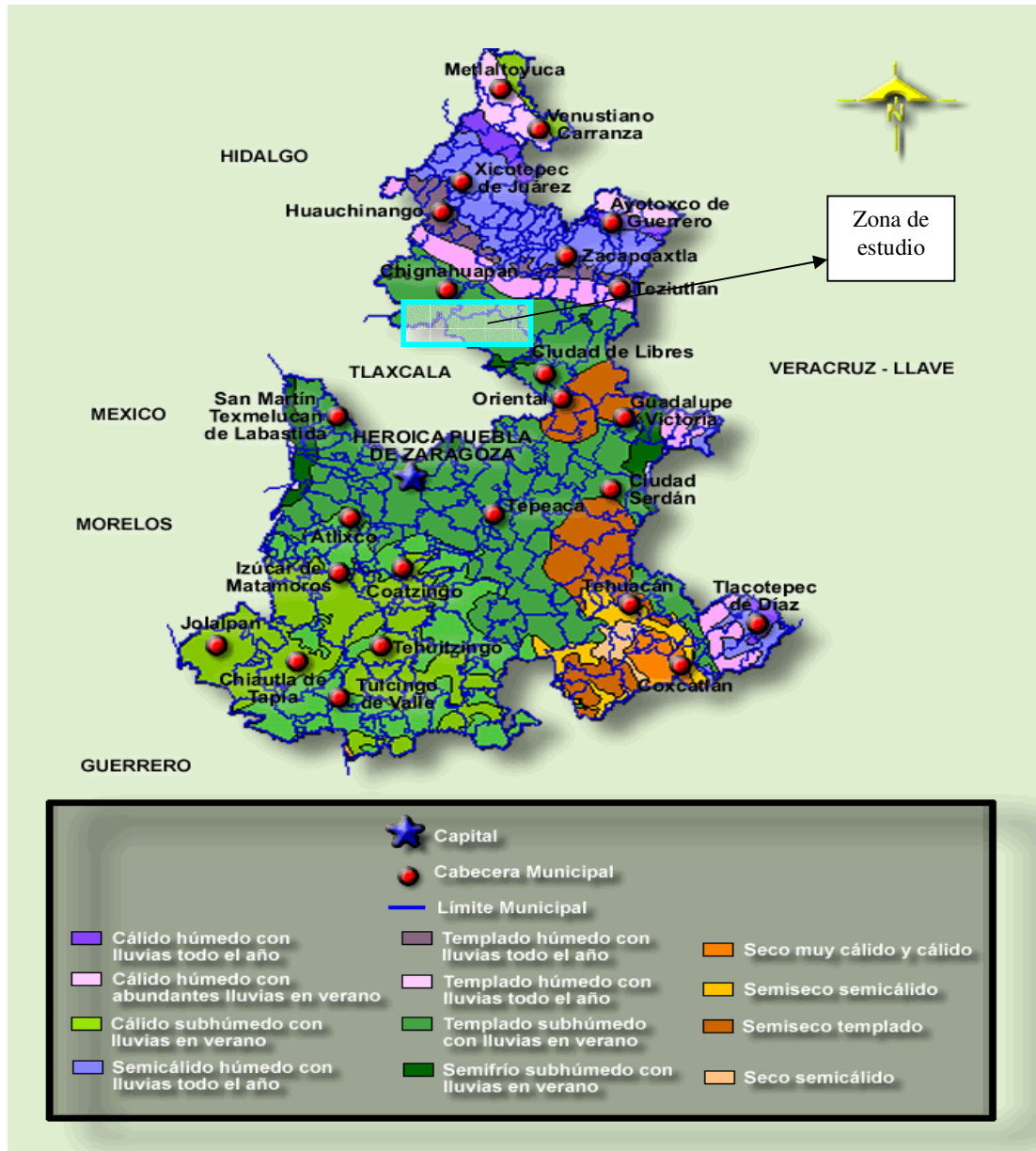


Figura 6. Mapa de climas, INEGI.

f) Vegetación

Los principales tipos de vegetación que se desarrollan en el estado de Puebla son: selva baja caducifolia, en el sureste; selva alta perennifolia, en el norte y noreste; selva mediana subperennifolia, en el sureste; bosques de pino, encino, mixtos de oyamel y mesófilos de montaña, en el noreste, oeste y este; matorral crasuláceo, chaparral y mezquital en el sur y los pastizales cultivados e inducidos se encuentran intercalados con las comunidades

anteriormente citadas. En conjunto, la vegetación natural cubre un 61% del territorio poblano, en tanto que el restante 39% se ocupa para las actividades agrícolas (véase **Figura 7**).

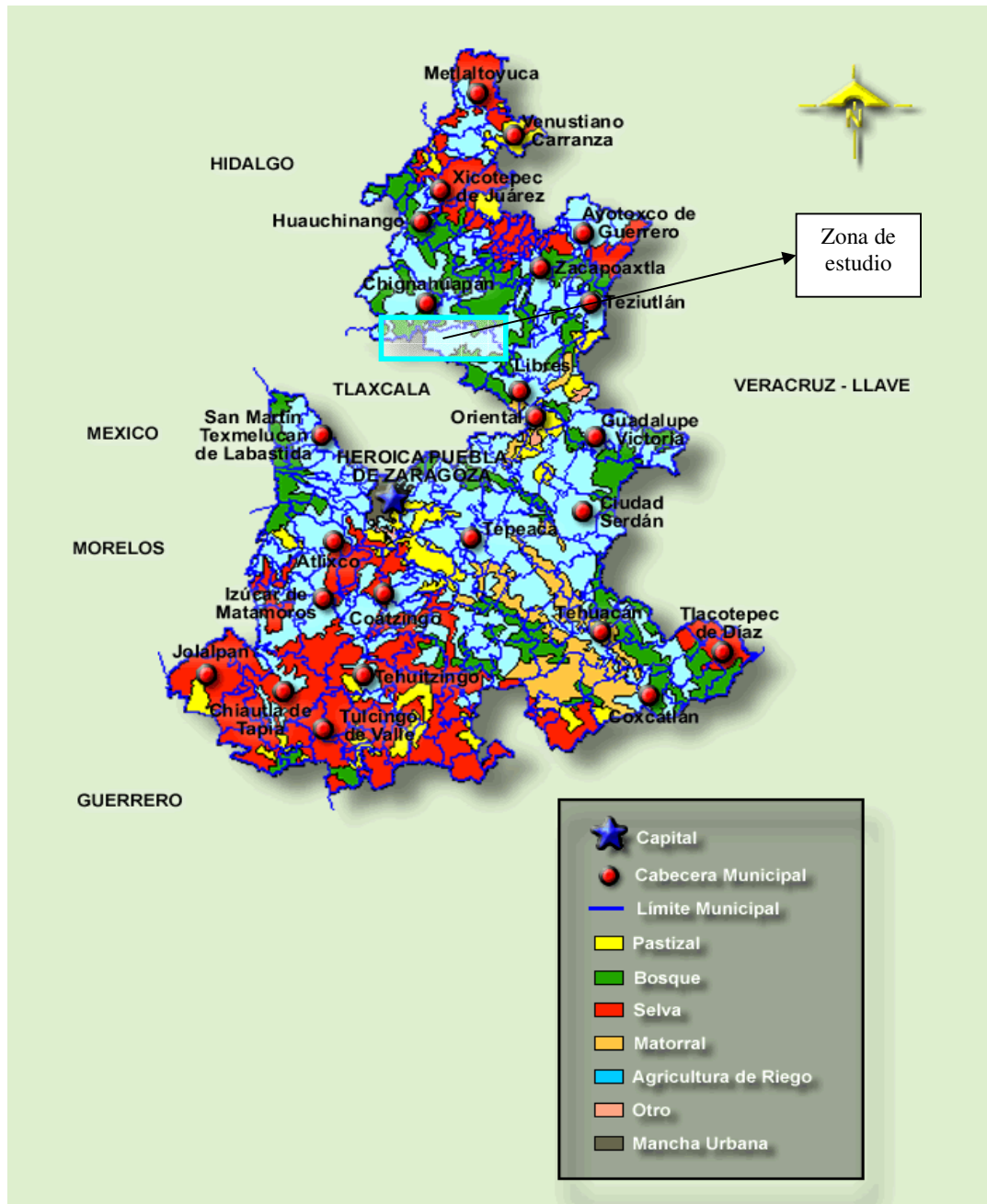


Figura 7. Mapa de vegetación, INEGI.

La vegetación observada es de bosque y agricultura de riego dentro de la carta Mexcaltepec.

g) Edafología

Se identifican suelos predominantes de cuatro grupos en los municipios del estado de Puebla (Secretaría de Gobernación 1986), de acuerdo con la clasificación de la FAO/UNESCO.

Andosol: suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, muy ligeros y de alta capacidad de retención de agua y nutrientes; por su alta susceptibilidad a la erosión y fuerte fijación de fósforo, deben destinarse a la explotación forestal o el establecimiento de parques recreativos, en ocasiones presenta la fase lítica profunda (roca entre 50 y 100 centímetros de profundidad).

Luvisol: Suelos ricos en nutrientes, con horizontes cálcicos, o presencia de material calcáreo, por lo menos en la superficie son de fertilidad moderada a alta, se encuentran en la parte norte del río Apulco, presenta fase lítica profunda (roca entre 50 y 100 cm de profundidad).

Regosol: Suelos formados por material suelto (exceptuando los aluviones recientes) tales como dunas, cenizas volcánicas, playas, etc., su uso varía según su origen, son muy pobres en nutrientes, prácticamente infértiles, en ocasiones presenta fase lítica (roca con menos de 50 cm de profundidad).

Litosol: Son suelos de menos de 10 cm de espesor sobre roca o tepetate, no son aptos para cultivos de ningún tipo y sólo pueden destinarse a pastoreo, se localizan a todo lo largo del río Apulco.

En la carta Mexcaltepec tenemos la presencia de los suelos andosol y luvisol teniendo más abundancia del primero que del segundo.

II. Objetivo

a) Objetivo del trabajo

Evaluar el potencial petrolífero en una porción de la Sierra Madre Oriental (SMO), con base en un análisis litológico, estratigráfico, estructural y tectónico.

b) Objetivos particulares

- Recopilar información geológica en informes disponibles.
- Verificar en campo la información geológica compilada particularmente en la zona norte y noreste del área de estudio.
- Mejorar la cartografía escala 1:50,000 con una cantidad mayor de información geológica obtenida.
- Evaluar las posibilidades petroleras del área de estudio.

III. Fisiografía

a) Provincias fisiográficas

El área de estudio se encuentra en la confluencia de las provincias fisiográficas denominadas: Eje Neovolcánico(ENV) y Sierra Madre Oriental (SMO). **Figuras 8 y 9.**

Provincia Sierra Madre Oriental (SMO)

La Sierra Madre Oriental es una unidad fisiográfica, con más de 800 km de longitud y de 80 a 100 km de amplitud; en términos geológicos, la SMO es el producto del levantamiento y deformación de rocas principalmente Mesozoicas, incluido su basamento complejo, correspondiente a una franja del frente plegado y cabalgado durante el periodo de deformación conocido como Laramídico durante el Cretácico Superior.

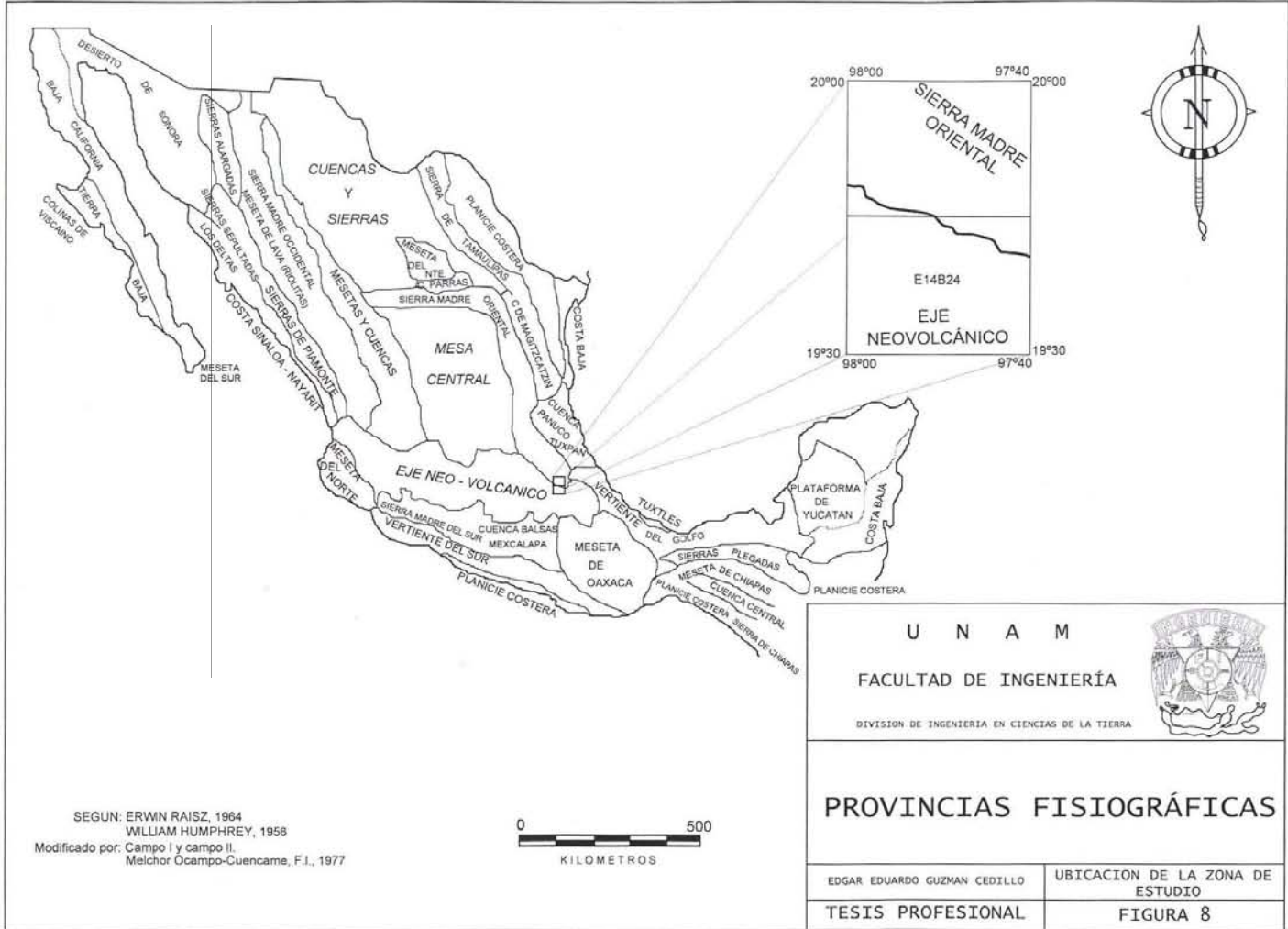
El término Sierra Madre Oriental se designa a un rasgo orográfico formado por un macizo montañoso rugoso, angosto y alargado, situado en el este de la República Mexicana, que emerge de la planicie costera del Golfo de México y se yergue majestuoso e imponente, con cumbres que sobrepasan los 2 500 metros sobre nivel del mar, luego desciende de altura hacia el Oeste y pasa a un extenso altiplano situado en el centro del país, cuya subprovincia en mayor proporción corresponde con la de pliegues y cabalgaduras, la cual está limitada hacia el Este por la subprovincia de la Vertiente del Golfo.

Provincia Eje Neovolcánico (ENV)

El Eje Neovolcánico tiene una orientación general este-oeste, que atraviesa la parte central del país; En el extremo oeste traslapa, con la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental, mientras en la porción este con la Sierra Madre Oriental.

Esta provincia se manifiesta en el área de la carta Mexcaltepec hacia la porción norte representada por una extensa meseta ligeramente inclinada, que se formó por los sucesivos derrames y material piroclástico expulsado por los aparatos volcánicos de la Sierra Nevada y del vulcanismo fisural local.

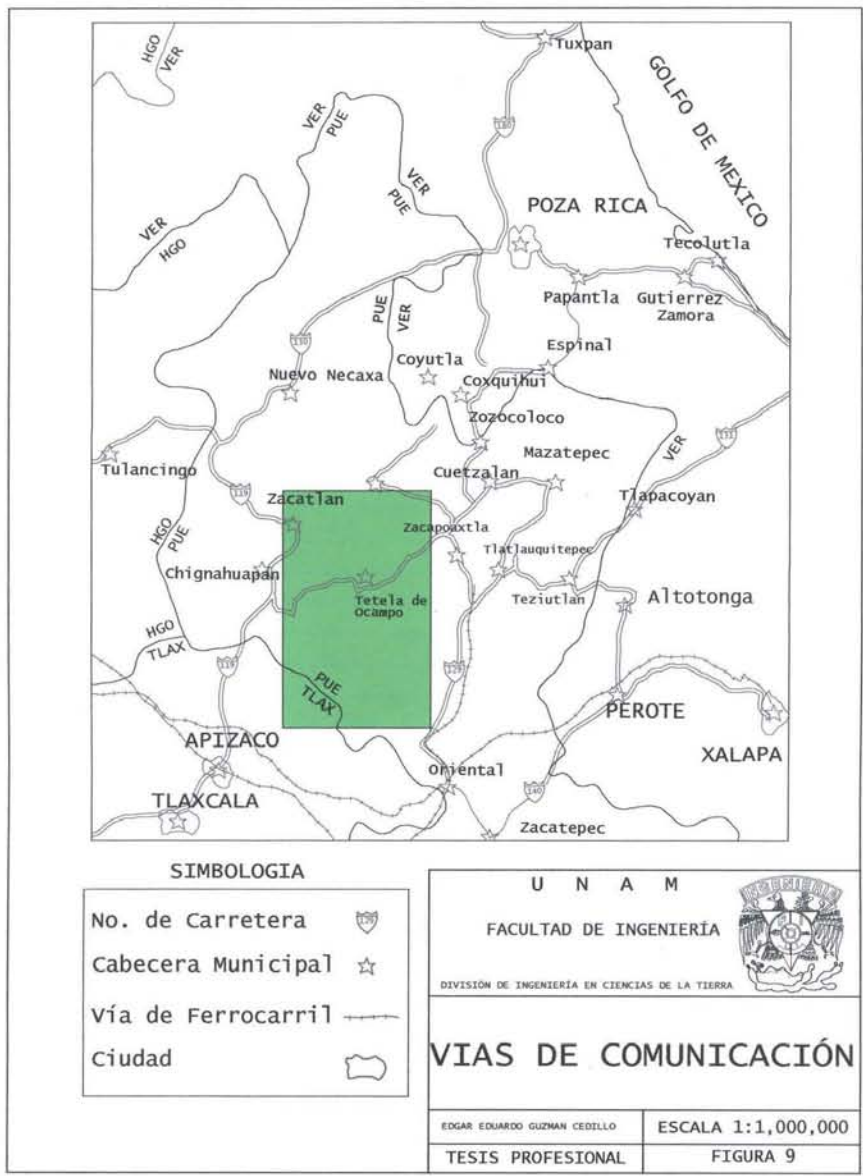
Esta porción consta de sierras volcánicas y algunos aparatos individuales, los cuales se alternan con amplias llanuras formadas en su mayoría por vasos lacustres, su distribución en la zona estudiada se manifiesta al noroeste de Emiliano Zapata hasta el poblado de Zautla; las elevaciones varían entre los 1 000 y 1 500 msnm (véase **Fotografía 1**).



SEGUN: ERWIN RAISZ, 1964
 WILLIAM HUMPHREY, 1958
 Modificado por: Campo I y campo II.
 Melchor Ocampo-Cuencame, F.I., 1977



U N A M FACULTAD DE INGENIERÍA DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
	
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS	
EDGAR EDUARDO GUZMAN CEDILLO	UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO
TESIS PROFESIONAL	FIGURA 8





Fotografía 1. Relieve característico de la provincia fisiográfica de la SMO, obsérvese las sierras escarpadas de rocas carbonatadas. Fotografía tomada al noreste de la región de Zautla, Puebla, sector norte de la hoja Mexcaltepec. También se aprecia el contraste de vegetación de muy abundante a escasa, influida por los vientos secos del suroeste y la diferencia de elevación que ocasiona que las corrientes húmedas provenientes del Golfo de México hacia el Este, no pasen más al Sur y descarguen en el parteaguas que forman las sierras del norte.

b) Geomorfología

El relieve es el resultado de la acción de los procesos geológicos exógenos, como la meteorización y la erosión, sobre las estructuras de origen endógeno, producidos por movimientos tectónicos y eventos volcánicos.

El origen de las geoformas presentes en la zona es diverso, predomina el relieve modelado por corrientes fluviales, originando estructuras desarrolladas principalmente en rocas calcáreo-arcillosas, aunque también se encuentran algunas modeladas a partir de acumulaciones piroclásticas, como en el poblado de Zautla.

El relieve principal de la región es de montañas plegadas, cuya dirección preferencial es hacia el noreste. Estas montañas están conformadas principalmente por rocas calcáreas y arcillo-calcáreas.

El relieve volcánico presente está labrado sobre rocas ígneas extrusivas de composición silíceas y forma grandes sectores de la planicie y pequeños lomeríos. Esta característica del terreno se puede ver claramente hacia las inmediaciones del poblado Emiliano Zapata.

Las formas de carácter erosional varían de amplios valles a cañones profundos y se originaron por corrientes fluviales, las cuales acarreaban diversos materiales en épocas de avenidas por pendientes abruptas, acumulando los sedimentos donde las pendientes disminuyen, formando depósitos de pie de monte y abanicos aluviales.

Las sierras pequeñas de origen sedimentario presentan generalmente una forma alargada con orientaciones noreste-suroeste, noroeste-sureste y norte-sur, con elevaciones promedio de 2 600 a 2 900 msnm, están constituidas por rocas sedimentarias carbonatadas muy plegadas, falladas y fracturadas; sus laderas presentan pendientes escabrosas de las que descienden pequeñas corrientes intermitentes hasta el nivel base. Estas pequeñas sierras se presentan como testigos de una intensa actividad tectónica a la que estuvieron sometidas antes de quedar sepultadas por la cubierta volcánica.

La mayor parte de la zona norte del área está ubicada dentro del dominio tectono estratigráfico de la SMO, donde los ríos han labrado su cauce sobre secuencias de rocas sedimentarias, generando un ciclo geomorfológico maduro; en contraposición el ENV se encuentra en un ciclo geomorfológico joven, en el que apenas es notoria la actividad erosiva sobre las rocas preexistentes, pues no existen rasgos topográficos evidentes que demuestren lo contrario. La relativa etapa de juventud presente en la región, se debe a la abundante actividad volcánica reciente, pues ésta cubrió la mayor parte de los rasgos morfológicos abruptos formados después de que el plegamiento y levantamiento de las rocas sedimentarias se efectuó a principios del Terciario.

Las rocas sedimentarias se caracterizan en la porción norte y noreste de la carta Mexcaltepec por presentar un intenso plegamiento formando anticlinales recumbentes, principalmente en las rocas calcáreas y calcáreo-arcillosas.

Hacia la parte sur de la zona se puede observar depósitos continuos de tobas y material piroclástico con pendientes suaves y formas redondeadas de poca altura. Otro rasgo característico del lugar en general, es un amplio desarrollo de suelo, con abundante vegetación.

c) Hidrología

Hidrología superficial

De acuerdo con la división de las 37 regiones hidrológicas en que está dividida la República Mexicana según el INEGI y de las cuatro en que está comprendido el estado de Puebla, el área de estudio de la carta Mexcaltepec, corresponde a la región hidrológica número 27 (RH-27) correspondiente a los ríos Tuxpan-Nautla (véase **Figura 10**).



Casi toda la red hidrológica alimenta al río Apulco el cual abarca la mayor parte de la hoja Mexcaltepec. En general el sistema fluvial no es muy marcado ya que éste se presenta siguiendo sistemas de fracturas o los mismos contactos entre formaciones.

Hidrología subterránea

En el presente estudio existe la evidencia de importantes corrientes subterráneas, debido a la presencia de zonas de infiltración (cavernas) producto de los escurrimientos de la región los cuales no han sido aprovechados extensivamente para la agricultura y en su mayor parte, escurren hacia el estado de Veracruz, por lo que gran parte del desarrollo futuro de la entidad dependerá de estas fuentes subterráneas de agua.

IV. Estratigrafía

La columna geológica representativa del área Mexcaltepec está integrada por rocas de edades que van desde el Jurásico Inferior hasta el Cretácico Superior. Aparentemente el basamento del área está representado por unidades litológicas que corresponden a rocas metamórficas y plutónicas, que en conjunto constituyen el basamento de la región. Sobre este basamento y de manera discordante descansan las rocas del Mesozoico, integradas por una secuencia sedimentaria tanto marina como continental, además de que existen evidencias de eventos magmáticos.

Las unidades litoestratigráficas de interés petrolero presentes en el área, nombradas en orden cronológico ascendente, son las siguientes formaciones: Huayacotla, Tamán, Pimienta, Tamaulipas Inferior, Tamaulipas Superior, Agua Nueva y San Felipe.

Descripción de Unidades

Sistema Jurásico

Formación Huayacotla - (Jhy) (Sinemuriano-Pleinsbachiano)

Definición

C. Burekhard estudia y aplica este nombre por primera vez en 1930, en su estudio del Mesozoico mexicano. R. Imlay, E. Cepeda y T. Díaz la definen en el año de 1948 como una secuencia de sedimentos arcillosos y arcillo-arenosos de color oscuro. Su localidad tipo aflora en la barranca del río Vinazco al sur de Huayacotla, Veracruz, entre El Rancho Calera y el vado hacia Batdá.

Distribución

Las rocas de esta formación se encuentran aflorando en el frente oriental de la Sierra Madre Oriental y en el subsuelo de la cuenca de Tampico-Misantla, al norte de los estados de Veracruz y Puebla, y al este del estado de Hidalgo. Su distribución guarda estrecha relación con las rocas del Triásico Superior continental (Formación Hiuzachal).

Litología y espesor

Hacia su base consiste de un conglomerado de aproximadamente 20 metros de espesor, de fragmentos de areniscas, sobre el que localmente descansa una sección de calizas

arenosas con pelecípodos, con un espesor promedio de 50 metros los cuales subyacen a una potente sección de lutitas y areniscas gris claro, verdosas, oscuras y negras, en partes carbonosas y laminares, con restos de plantas, amonitas y pelecípodos. El espesor de esta formación varía entre 500 y 1000 metros.

TABLA ESTRATIGRÁFICA Y DE CORRELACIÓN

ERA/SISTEMA	SERIE	PISO	ESTUDIO CARTA	ESTUDIO GEOLÓGICO	PROSPECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO	PROSPECTO	PROSPECTO	PROSPECTO	PROSPECTO
CENOZOICO	CUATERNARIO	RESENTE	ALIXON	ALIXON	ALIXON	ALIXON	ALIXON, BAKATOS Y JERZES, ISCARAS			ALIXON, BAKATOS Y JERZES, ISCARAS
		PLEISTOCENO	BAKATO/TOMAS		BAKATO/TOMAS					
		FLOCCINO								
	TERCIARIO	MEDIANO								
		OLIGOCENO								
		EOCENO								
		PALEOCENO								
		SUPERIOR								
		MEDIO								
		INFERIOR								
MESOZOICO	JURASICO	SUPERIOR								
		MEDIO								
		INFERIOR								
	TRIASICO	SUPERIOR								
		MEDIO								
		INFERIOR								
		SUPERIOR								
		MEDIO								
		INFERIOR								
		PERMICO								
PALEOZOICO	PERMSILVANICO									
	MESSERUPICO									
	DEVONICO									
	SILURICO									
	ORDOVICICO									
PRECAMBRICO										

11 TAMAN
12 SAN ANDRES
13 SAN ANDRES

Ausente por erosión o no depósito
Contacto inferior no observado

Relaciones estratigráficas

En la región de la carta Mexcaltepec aflora en una pequeña porción al noreste, área de Zautla.

En las cercanías del poblado de Zautla al noroeste, se le observa constituyendo un pliegue anticlinal recostado en contacto con la formación Tamán.

Edad y correlación

El contenido fosilífero consta de los siguientes ejemplares: amonoideos de los géneros Vermiceras, sp. Coronicerias, sp. arnioceras, sp., que indican una edad Sinemuriano Temprano; además los siguientes géneros; Agassiceras, sp. Enagassicera: sp., Philloceras sp., Burckhardticerias sp., Paltechioceras sp., Epophioceras sp., Detosiceras sp., Microderoceras sp., Tetraspidoceras sp., Echioceras sp., Oxynoticeras, aegasteroceras sp. y Tropicoceras sp., los cuales en conjunto representan una edad que comprende todo el Sinemuriano. La unidad tal vez abarque también al Pleinsbaquiano Temprano (Pleinsbachiano Temprano).

La unidad es isócrona con el grupo Tecocoyunca del área de Tezoatlán, Oaxaca. Se correlaciona también con las secuencias del grupo Barranca de Sonora.

Ambiente de depósito

La presencia de fauna relativamente variada de amonitas y pelecípodos sugiere condiciones de depósito marinas someras de baja energía, en zonas de plataforma cercanas al continente, correspondientes a la fase de relleno del graben Triásico, que durante el Jurásico Inferior debido al agrietamiento inicial en la fractura que dio origen al Golfo de México, se comportó como un aulacógeno o emplazamiento de grietas alargadas, en el que la influencia marina provino del Pacífico.

Importancia económico-petrolera

Las características litológicas, sobre todo en la parte superior de la formación Huayacocotla, permiten considerarla como roca potencialmente generadora de hidrocarburos y en sus desarrollos arenosos como posible roca almacenadora.

Formación Tamán - (Jt) (Kimmeridgiano-Tithoniano Medio)

Definición

El nombre de Formación Tamán fue propuesto por Heim (1926) para denominar a una secuencia de calizas microcristalinas de color negro, de grano fino y estratificadas y con lutitas negras. Posteriormente se incluyeron dentro de la formación unidades con otro carácter litológico como, por ejemplo, la Formación Santiago.

Distribución

Esta formación corresponde a la facies de cuenca del Kimmeridgiano-Tithoniano. Tiene su distribución en la parte norte del anticlinorio de Huizachal-Peregrina, en la SMO y ha sido ampliamente reconocido en el subsuelo de la cuenca de Tampico-Misantla.

Litología y espesor

La formación Tamán consiste de calizas tipo de textura *wackestone* arcilloso y color gris oscuro a negro, laminadas que intemperizan en gris claro; dispuestas en estratos delgados de 7 a 25 cm intercalados con lutitas gris oscuro a negras, carbonosas y calcáreas. La unidad contiene manganeso en forma de nódulos y como pirolusita que rellena las discontinuidades de las rocas así como de concreciones calcáreas. La formación está muy plegada conforme a estructuras en chevrón. Su espesor promedio varía de entre 150 a 300 m.

Relaciones estratigráficas

Discordante con la Formación Huayacocotla, en el anticlinal Zautla en la porción noreste del área, subyace a la Formación Pimienta.

Edad y correlación

En general su edad es Kimmeridgiano-Tithoniano Medio, pero con la presencia de formas del oxfordiano, se le asigna alcance hasta ese nivel estratigráfico: Las formas clasificadas corresponden con las siguientes amonitas: *Ataxioceras* aff. *subinvolutum*, *Taramelliceras* (*Methaploceras*) aff. *Sunerus*, *Idoceras* sp *Haploceras* *fialar* Opp. Sp, *Perisphinctes* sp. , *Virgatosphinctes* *mexicanus*, *Perisphinctes* cf. cf. *cydorsatus*, *Aspidoceras* gr. *Longispinum*, *Aspidoceras* gr. *Fialar*, *Aspidoceras* *longispinum*, *Aspidoceras* cf. *Polisarium* y *Aspidoceras* *eligmoptychum*, las que además están asociadas a los pelecípodos *Aulacomyella* *neogea* , *Aulacomyella* *heimi*, *Buchia* *concéntrica* y *Buchia* *mosquensis*.

Se correlaciona con las formaciones San Andrés Chipoco y San Pedro de la cuenca Tampico-Misantla aunque también se correlaciona con parte de la Formación Las Trancas de la región de Zimapán y con la cima de la formación Zuloaga expuesta en la curvatura de Monterrey.

Ambiente de depósito

Los sedimentos que constituyen esta facies, considerando las estructuras laminares, color, contenido de amonita, radiolarios, así como espículas de esponjas, nos sugieren que el depósito se originó en una cuenca de profundidades moderadas de baja energía, y un medio reductor con aporte de sedimentos terrígenos finos.

Importancia económico-petrolera

La sección calcáreo-arcillosa y carbonosa de esta formación es considerada como roca generadora de hidrocarburos.

Formación Pimienta - (Jp) (Tithoniano)

Definición

A. Heim (1926) denominó como Formación Pimienta a una secuencia de calizas densas negras o negras y blancas en estratos delgados con horizontes de pedernal negro, a la cual consideró del Jurásico Superior, la localidad tipo se encuentra en el rancho Pimienta situado en el valle del río Moctezuma (kilómetro 337-338 de la carretera México-Laredo).

Distribución

La Formación Pimienta se encuentra ampliamente distribuida en el oriente de México desde la porción sur de la cuenca de Burgos y adyacentes de la península de Tamaulipas, así como en el frente de la SMO y el subsuelo de la cuenca de Tampico-Misantla.

Litología y espesor

En general consiste de calizas *mudstone* y *wackestone* arcilloso de color negro a gris oscuro, carbonoso dispuestos en capas que varían de 5 a 30 cm. de espesor, con los que se intercalan lutitas calcáreas y lutitas laminares negras, ricas en materia orgánica. Son comunes además los lentes y nódulos de pedernal negro. Las lutitas bentoníticas y los lechos de bentonita de color gris a verde, en las porciones más arcillosas presentan cristales autígenos de cuarzo de hasta 2 cm.

Los espesores de esta formación varían desde 60 hasta 500 metros.

Relaciones estratigráficas

Aún cuando en la región de Chiapas-Tabasco y de la Sonda de Campeche de la cuenca del sureste, no se han definido con el nombre de Formación Pimienta a los sedimentos de edad Tithoniano, es incuestionable que se trata de esta misma, ya que sus características litológicas son muy similares a las de la región de Tampico-Misantla y del borde oriental de la SMO.

Su contacto inferior es concordante sobre la Formación Tamán. Su contacto superior es concordante y transicional con la Formación Tamaulipas Inferior en el anticlinal Zautla y en el sinclinal Rancho Alegre La Cañada.

Edad y correlación

En la porción sur de la península de Tamaulipas y áreas adyacentes a la cuenca de Burgos su límite inferior comprende hasta el Kimmeridgiano.

Se le asigna una edad del Tithoniano Medio-Tithoniano Superior, por la presencia de las amonitas *Kossmatia Victoris*, *Pseudolissoceras Zitteli*, *Suarites bituberculatum*, *paradontoceras aff callistoides*.

Se correlaciona con los sedimentos de la Formación Angangeo en la región de Huetamo, Michoacán. Las formaciones La Laja y La Casita del norte de México, así como con los sedimentos arenosos de esta misma edad, denominados Formación La Casita, en la cuenca Tampico-Misantla.

Ambiente de depósito

Con base en las características litológicas de la unidad y en su contenido fosilífero, se infiere que la Formación Pimienta corresponde a un ambiente reductor, relativamente profundo, con aporte de material terrígeno y materia orgánica; en áreas cercanas relacionadas con periodos de actividad volcánica, esto se evidencia por la existencia de bentonita intercalada en los sedimentos.

La batimetría de la región fue tal, que la precipitación calcárea fue inhibida en forma intermitente y se acumularon lentes de pedernal singenético.

Importancia económico-petrolera

Debido a su alto contenido orgánico, las calizas *mudstone* y *wackestone*, así como las lutitas negras carbonosas de la Formación Pimienta, se han considerado como las principales rocas generadoras de los hidrocarburos.

Sistema Cretácico

Formación Tamaulipas Inferior - (Kti) (Neocomiano)

Definición

Secuencia calcárea que se encuentra en el núcleo de la Sierra de Tamaulipas, se considera más adecuado denominar Formación Tamaulipas Inferior a los estratos que se encuentran abajo del horizonte Otates, los cuales corresponden al Cretácico Inferior y se propone denominar como Formación Tamaulipas Superior a la secuencia calcárea que se ubica arriba de dicho horizonte. La localidad tipo se encuentra en el cañón de la Borrega de la Sierra de Tamaulipas.

Distribución

Su distribución se encuentra en la porción sur de la península de Tamaulipas y en el frente oriental de la SMO, incluso, ha sido identificada en el sector transversal de la SMO y en el noreste de la cuenca de la Mesa Central. En el subsuelo es de

distribución regional en las cuencas de Burgos, de Tampico-Mizantla y de Veracruz. También se considera su presencia en el subsuelo de la parte norte de Zongolica.

Litología y espesor

Consiste de calizas *wackestone* y *mudstone* de color gris y gris oscuro, con abundante micro fauna de organismos planctónicos, dispuesta en capas de 20 a 40 cm, con niveles de estratificación lenticular, además de incluir lentes y bandas de pedernal gris oscuro a negro. Ocasionalmente, se presentan intercalaciones de lutitas negras laminares. Sus espesores varían de 60 a 200 m.

Relaciones estratigráficas

Se observa al norte-noreste de la zona en el anticlinal Cruz de Ocote, anticlinal Yautlalpa, sinclinal Rancho Alegre La Cañada y la falla inversa Ayocuautla.

La formación sobreyace concordantemente a la Formación Pimienta, a su vez, subyace a una secuencia calcáreo arcillosa de la Formación Otates, la cual no es observada en el área por el espesor de ésta. Su contacto superior es concordante con la Formación Tamaulipas Superior.

Edad y correlación

Se asigna al Neocomiano con base en *calpionellitas neocomiensis*; *Capionellopsis darderi*; *Tintinopsaella carpathica* en el conjunto microfósilífero: *Calpionella alpina*; y *T. oblonga* en su base; en tanto que, *Nanoconus wasalli*, y *N. globulus* en las partes media y alta. Estos microfósiles corresponden parcialmente a la base del grupo Tamaulipas.

En el área tal vez se correlacione con parte de la Formación Tlacoyalco. Se correlaciona con la Formación Santuario en la región de Ixmiquilpan, Hidalgo. Con la Formación Taraises de la cuenca Mesozoica del centro de México; y se correlaciona con la parte media de la Formación Santuario expuesta en el oriente de la región. La unidad es equivalente a las Formaciones Cupido, Taraises, Las Vigas, San Marcos, Barril Viejo y La Mula del noreste de México.

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

Ambiente de depósito

Las características litológicas y el contenido fosilífero de la unidad sugieren que se acumuló en un ambiente de facies de plataforma externa y cuenca.

Importancia económico petrolera

Se le tiene considerada como roca almacenadora de hidrocarburos que puede almacenarse en sus fracturas.

Formación Tamaulipas Superior- (Kts) (Albiano-Cenomaniano)

Definición

Muir propone como Formación Tamaulipas Superior a la secuencia de calizas blancas con pedernal blanco y de calizas grises con pedernal negro; secuencia que se encuentra arriba del horizonte Otates en el cañón de la Borrega en la sierra de Tamaulipas. Esta localidad se considera tipo.

Distribución

Es de amplia distribución en la cuenca de Tampico-Misantla; en la porción sur de la península de Tamaulipas y de la cuenca de Burgos; y en el este de la SMO. También se le ha identificado en el sureste de la cuenca de la Mesa Central, así como en la parte noreste de la cuenca de Zongolica.

Litología y espesor

La Formación Tamaulipas Superior está constituida por una secuencia de calizas *wackestone* y *packstone* en estratos de espesor delgado, medio a gruesos, de color gris claro y oscuro; al meteorizarse adquieren tonos rojizos y amarillentos. La formación incluye unidades con concreciones elipsoidales y esféricas de pedernal; también contiene nódulos de pedernal y estilolitas; en algunos sitios, presenta un incipiente desarrollo cárstico. Su espesor varía de 80 hasta 400 m.

Relaciones estratigráficas

En general sus contactos son concordantes sobre las formaciones Tamaulipas Inferior y Agua Nueva, además, debajo de la Formación Agua Nueva. En el este de la cuenca de la Mesa Central y porciones sur de la Península de Tamaulipas y de la cuenca de Burgos, se encuentra concordante debajo de la Formación Cuesta del Cura; y en la cuenca de Sabinas descansa debajo de la Formación Kiamichi. Asimismo, en la región norte de la cuenca de Zongolica se le identifica en concordancia debajo de la Formación Maltrata.

Edad y correlación

La Formación Tamaulipas Superior contiene microfósiles planctónicos tales como: *Colomeiella recta* Bonet, *C. mexicana* Bonet, *Microcalamoi diversus* Bonet y *Rotalipora*,_sp. que indican una edad correspondiente al Albiano-Cenomaniano. Su cima se correlaciona con la Formación Cuesta del Cura presente en la cuenca Tampico-Misantla, cuenca Mesozoica del centro de México, Mar Mexicano y cuenca de Sabinas, así como con aquellas que en facies de plataforma se han denominado como Formación El Abra, Aurora de Plataforma y Viesca, y en facies de talud con la Formación Tamabra.

Ambiente de depósito

Los depósitos de la Formación Tamaulipas Superior, corresponden a una plataforma somera, semi-restringida, con un nivel de energía baja a moderada, aunque también prevalecieron condiciones de mar abierto, de aguas profundas y tranquilas, en el cual se depositaron sedimentos que dieron origen a los *mudstone* y *wackestone*.

Importancia económico-petrolera

Potencialmente puede ser productora de hidrocarburos cuando presenta una porosidad secundaria (en fracturas).

Formación Agua Nueva - (Kan) (Turoniano)

Definición

El nombre de Agua Nueva fue mencionado inicialmente por Stephenson (1921) para referirse a unas rocas calcáreo arcillosas que afloran en el cañón de La Borrega, como localidad tipo en el flanco oeste de la Sierra de Tamaulipas al este de la estación del ferrocarril Zaragoza.

Litología y espesor

Esta formación consiste de una alternancia de calizas *mudstone* a *wackestone* con nódulos y bandas de pedernal, con *mudstone* y *wackestone* arcillosos e intercalaciones de lutitas laminares carbonosas de *mudstone* carbonoso, así como de cuerpos de lechos de bentonita. La unidad tiene colores gris claro y gris oscuro en superficie fresca y meteorizada en tonos amarillentos. El espesor medido en la sección tipo es de 127 m, pero se han llegado a medir intervalos de 30 hasta 200 m.

Distribución

Se encuentra distribuida prácticamente en toda la región este del país; aflora principalmente en el frente oriental de la SMO, en la porción noreste de la cuenca de la Mesa Central y en el sector sur de la península de Tamaulipas.

En el área de estudio tiene prácticamente las mismas relaciones en donde aparecen las formaciones Tamaulipas Inferior y Superior.

Relaciones estratigráficas

Esta formación se encuentra en contacto concordante sobre la Formación Tamaulipas Superior y subyaciendo de la misma forma a la Formación San Felipe.

Edad y correlación

Esta formación fue fechada en el reporte del pozo Jasso número 1, como del Cenomaniano Superior-Turoniano por su contenido de los microfósiles *Globigerinoides bentonensis* Marrow y *Pithonella ovalis kaufman* y por los fósiles acompañantes *Rotalipora* sp. y *Heterohelix* sp. La formación es considerada en el mencionado reporte como un cambio de facies de la secuencia arcillo-calcárea de la Formación Soyatal.

La Formación Agua Nueva se correlaciona con la Formación Hendidura del noreste de México y con la Formación Ojinaga expuesta en Chihuahua.

Ambiente de depósito

Se acumuló en una cuenca abierta con profundidad moderada en un ambiente reductor con aporte de terrígenos finos, el contenido fosilífero indica niveles de salinidad marina normal.

Importancia económico-petrolera

Dado su ambiente de depósito puede ser considerada como una roca sello.

Formación San Felipe - (Ksf) (Coniaciano - Santoniano)

Definición

El término Formación San Felipe es introducido a la literatura geológica petrolera en un informe inédito elaborado por Jeffreys en diciembre de 1910, en la región de Tampico, Tamaulipas. Con él designa las capas transicionales que sobreyacen a la Caliza El Abra y subyacen a la Formación Méndez. Se utiliza el término Formación San Felipe para designar los segmentos de sección complejamente plegados que afloran al oeste del rancho San Felipe, San Luis Potosí (6 km al Este de ciudad Valles, San Luis Potosí) siendo éstos su localidad tipo.

Distribución

Su distribución regional es amplia en la porción este de México desde la porción media y sur de la península de Tamaulipas, cuenca de Burgos, de Tampico Misantla, de Veracruz y del Sureste. También se le ha identificado en el borde este de la SMO y sectores adyacentes de la cuenca de la Mesa Central, pero en el área de estudio se reduce a pequeños afloramientos con disposición estructural compleja.

Litología y espesor

El rasgo distintivo de la formación es la presencia de horizontes tobáceos y bentoníticos entre estratos de calizas *wackestone* y margas de color gris con tonos verdes. Los horizontes tobáceos son de color verde oliva; en ocasiones presentan estratificación gradada con piroclastos y fragmentos de cristales.

Los estratos frecuentemente tienen marcas de carga, almohadillas e intrusiones diapíricas.

Su espesor es muy variable, desde 5 hasta 140 m.

Relaciones estratigráficas

En el área la Formación San Felipe aflora en el sinclinal Rancho Alegre la Cañada, al suroeste del poblado de Tlamanca, Puebla; al noreste de la carta Mexcaltepec.

La unidad sobreyace concordantemente y en forma transicional a la Formación Agua Nueva.

Edad y correlación

La secuencia expuesta en el poblado los Naranjos, contiene *Frustrella* sp. Por otro lado, en el prospecto Huiznopala reportan en la unidad especímenes de *Globotruncana fornicata*, *G. Concavata*, *G. calcarenata*, *G. lapparenti*, *G. elevata*, *Calcisphaerulla í-nominata*, *Heterohelix* y *Globígerinas*; contenido microfósilífera que indica una edad Coniaciano - Santoniano.

La Formación San Felipe se correlaciona con la Formación Mezcala expuesta en la región occidental del área y con la Formación Caracol de la cuenca mesozoica del Centro de México; también se correlaciona con la cima de la Formación Tamasopo de la plataforma de Valles San Luis, Formación San Miguel del Golfo de Sabinas y Formación Ojinaga de la cuenca de Chihuahua.

Ambiente de depósito

La unidad se depositó en una plataforma abierta con poca circulación y aguas tranquilas, con aporte volcánico periódico, el cual interrumpía el proceso de sedimentación calcárea.

Importancia económico-petrolera

Por su Litología es considerada como roca sello.

V. Rocas ígneas

a) Rocas ígneas intrusivas

Se denomina de esta manera a todos aquellos cuerpos plutónicos dispuestos hacia la parte norte y suroeste fuera del área de estudio, en donde se conforman al parecer la parte final de un cuerpo intrusivo de dimensiones batolíticas y que hacia la zona de trabajo, sólo se presentan en forma de pequeñas apófisis o troncos (*stocks*) diseminados; como en la hoja Zacatlán, Puebla.

Tronco de San Agustín

Distribución

Este intrusivo está expuesto en los alrededores de San Agustín, Puebla, en un área aproximada de 4 km², al sureste de la zona de interés.

Clasificación

Este plutón esta constituido por una granodiorita de biotita, así como también de pórfidos tonalíticos de biotita como manifestación hipabisal. Al microscopio presenta textura fanerítica, de grano medio a fino; en la periferia, cerca de la roca encajonante presenta tanto textura porfídica como afanítica, sus componentes esenciales son plagioclasas sódicas (oligoclasa-andesina) que presentan sericitización en grados variables, enlazadas con ortoclasa caolinizada, escasa biotita y hornblenda, el cuarzo es constante y se presenta con ortoclasa como intercrecimientos micrográficos.

Origen

Debido a magmatismo alcalino de gran profundidad, se originó un plutón con sus respectivas manifestaciones hipabisales como lo demuestran algunos diques dioríticos, que intrusionan a la columna sedimentaria.

Relaciones con las rocas aflorantes

Se observa intrusionando a las formaciones Huayacocotla y Tenexcate.

Edad

Su edad se obtuvo mediante el método radiométrico potasio-argón (K-Ar), aplicado al mineral biotita. La granodiorita porfídica proporcionó una edad de 163 + 13 millones de años, lo que la ubica en el Jurásico Tardío.

Influencia desde el punto de vista petrolero

Este magmatismo parece reflejar desequilibrios tectónicos locales que originaron la emisión de magma en zonas de debilidad del basamento, restringiéndose las posibilidades de preservación de hidrocarburos, esto independientemente de que gran parte de las rocas mesozoicas se encuentran aflorando, aunque es posible que influya en forma positiva en la “maduración” de la materia orgánica (José Luis Pineda Acevedo, inédito, 2001).

Tronco de Chignautla-Tezompa

Se encuentra expuesto en el sureste de la zona de estudio, en la carretera Tlatlauquitepec-Teziutlán, Puebla, sus facies hipabisales, se encuentran aflorando en las sierras de Chignautla y Tezompa.

Clasificación

Este intrusivo está clasificado como granodiorita de biotita. Al microscopio presenta textura granular hipidiomórfica constituida por plagioclasas sódicas (oligoclasa-andesina) euedrales, entrelazadas con cuarzo y ortoclasa anedral, originando arreglos radiales. Los microcristales de biotita constituyen el ferromagnesiano característico, el cual está parcialmente cloritizado.

Origen

Se originó debido a un magmatismo alcalino de gran profundidad, generando sus respectivas manifestaciones hipabisales.

Relaciones con las rocas aflorantes

En la sierra de Chignautla intrusión a los esquistos Pérmico–Triásicos y a las Formaciones Huayacocotla y Tenexcate, afectando a la columna sedimentaria en forma de un levantamiento cóncavo por efecto de intrusión.

Edad

Con el método de K-Ar, dio una edad de 134 ± 11 millones de años, que la ubica en el Cretácico Temprano.

Influencia desde el punto de vista económico-petrolero

Independientemente de su influencia como intrusivo que ayuda a la “maduración” de la materia orgánica, las rocas mesozoicas pierden interés debido a que éstas afloran en su mayoría, e inclusive también está expuesto parte del basamento metamórfico en esta zona.

Tronco de Tlatlauquitepec

Distribución

Aflora al noreste de Tlatlauquitepec, Puebla, en un área aproximada de 2 km².

Clasificación

Corresponde a un pórfido tonalítico de biotita, al microscopio sus componentes esenciales son principalmente plagioclasas sódicas.

Origen

Se originó de magmatismo alcalino de profundidad hipabisal.

Relaciones con las rocas aflorantes

En superficie se le observó afectando a las formaciones Tamán y Pimienta, la aureola de metamorfismo de contacto se manifiesta por una ligera foliación de las rocas calcáreas.

Edad

Con el método de K-Ar, dio una edad de 12 ± 0.97 millones de años, que la ubica en el Mioceno Tardío.

Influencia desde el punto de vista económico-petrolero

Como ya se dijo, debido a que la columna mesozoica está expuesta en su mayor parte, pierde interés económico petrolero, aunque los cuerpos ígneos debieron haber influido en la “maduración” de la materia orgánica.

b) Rocas ígneas extrusivas

Las rocas volcánicas aflorantes en el área de estudio corresponden a basaltos, andesitas, dacitas, riódacitas y riolitas, así como vitrófidos que muestran heterogeneidad en su composición, definiendo a dos provincias: una calcoalcalina y otra alcalina. Esta actividad volcánica ha sido continúa por lo menos desde el Mioceno Superior hasta el reciente.

Mioceno

Está representado por basaltos de piroxeno (augita), basalto de augita y olivino, andesita basáltica y rocas piroclásticas.

Plioceno-Cuaternario

Durante los últimos 5 millones de años la actividad volcánica ha sido intensa, predominando la de composición calcoalcalina. Este vulcanismo se originó debido a magmas calcoalcalinos que fluyeron a la superficie a través de fracturas, influyendo en la “maduración” de la materia orgánica.

c) Conclusiones económico-petroleras de las rocas ígneas

La importancia de las rocas ígneas se basa en la estrecha relación que guardan con el calor interno de la tierra que se disipó a través de ellas y el cual es el detonante de los cambios diagenéticos y metamórficos que causan la madurez y transformación de la

materia orgánica contenida en las rocas sedimentarias que se relacionan e interactúan con ellas (véase **Fotografías 2, 3 y 4**).

Por tanto, si el calor fue disipado a través de las rocas ígneas hacia la columna sedimentaria sobreyacente, es muy probable que exista cierto grado de maduración en la materia orgánica contenida en sedimentos arcillo-calcáreos de edad jurásica, y sobre todo en donde existen cuerpos ígneos intrusivos de edad Jurásico Tardío y Cretácico, ya que su influencia calorífica aunada a la presión ejercida por el sepultamiento de la columna sedimentaria, trajo consigo el origen de las condiciones de diagénesis y madurez en las rocas con alto contenido de materia orgánica que sumado a la continua subsidencia tectónica hacen favorables las posibilidades de generación de hidrocarburos en las rocas jurásicas de la región.

Por lo anterior, se observa que la influencia calorífica de las rocas que conforman el basamento ígneo-metamórfico del Paleozoico Superior, es por transmisión, y las reactivaciones magmáticas de edad Jurásico Tardío y Cretácico, sólo tienen influencia local sobre la columna sedimentaria debido a las pequeñas dimensiones de los cuerpos intrusivos.

El emplazamiento de cuerpos ígneos hipabisales producto de la actividad magmática terciaria, se dio a través de fisuras, en consecuencia la influencia térmica generada por dichos cuerpos no provocó un efecto negativo de calcinación del kerógeno contenido en la secuencia de rocas sedimentarias mesozoicas.



Fotografía 2. Basaltos columnares en contacto con la Formación Agua Nueva.



Fotografía 3. Toba lítica (Localidad Emiliano Zapata).



Fotografía 4. Basaltos columnares (Localidad Gustavo Díaz Ordaz).

VI. Geología estructural

El marco estructural que predomina es el resultado de los efectos compresivos de la orogenia Lara mide y de la tectónica del Terciario Medio que dieron origen a la SMO y al ENV. El estilo de deformación que presentan las rocas mesozoicas y cenozoicas marinas está controlada por la litología y espesor de las rocas carbonatadas de las facies de plataforma que poseen una alta competencia estructural, a diferencia de las *formaciones jurásicas (Tamán y Pimienta) y del Cretácico Superior (Agua Nueva, San Felipe)*, que por su litología clástico-calcárea son mecánicamente incompetentes.

Lo anterior quedó comprobado durante la orogenia Laramide con el desarrollo de grandes plegamientos asimétricos y cabalgaduras en los bordes de las plataformas, mientras que en las facies de cuenca y del interior de la plataforma sólo se desarrollaron pliegues amplios de rumbo norte-noroeste-sur-sureste, lo que implica una dirección este noreste-oeste-suroeste de la componente horizontal máxima del campo de esfuerzos que originó estas estructuras con una vergencia hacia el noreste.

Las cabalgaduras tienen desplazamiento de varios kilómetros hacia el noreste. Los plegamientos anticlinales y sinclinales y las cabalgaduras antes mencionadas son las principales estructuras laramídicas y, en conjunto, forman los anticlinorios El Piñón, en la vertiente occidental de la SMO y el anticlinorio de Huayacocotla, a todo lo largo de la vertiente del este. El plegamiento de las rocas mesozoicas presenta un rumbo general noroeste-sureste, que sufre una ligera inflexión en la región central, haciéndose casi de rumbo norte-sur.

Las rocas que constituyen las distintas series del jurásico y cretácico se encuentran fuertemente plegadas con un rumbo noroeste-sureste, y falladas en menor proporción. Los tipos de pliegues predominantes son los siguientes: *recostados, chevrón e isopacos*.

El estilo de la deformación depende directamente del diferente comportamiento de las rocas, el cual está en función de la presión confinante y la temperatura. Cuando las rocas son frágiles, la deformación se manifestará solamente en los planos de rotura, es decir, se producirá más fallamiento que plegamiento. De manera contraria, cuando las rocas tienen cierta ductilidad, se formarán más pliegues que fallas. Varios autores opinan que estas rocas se han comportado principalmente como formaciones más o menos incompetentes. Debido al predominio de pliegues isopacos se infiere que el mecanismo que predominó fue el de flexión, es decir, corresponde a un nivel estructural medio.

El hecho de tener formaciones con propiedades mecánicas diferentes unas con respecto a las otras, implica la existencia de desarmonías entre la parte externa e interna de los pliegues.

En general, el estilo de deformación de la SMO, hasta la cuenca Tampico-Misantla, varía mucho, ya que se tienen para la SMO, pliegues con flancos de pendiente bastante fuerte, incluso invertidos y fallados, que corresponden a un acortamiento considerable de aproximadamente 50 al 40%.

En la franja de la plataforma de Tuxpan, se tienen pliegues simétricos y abiertos, esto es debido al levantamiento que sufre el basamento en esa franja, el cual ha protegido a esas rocas evitando que se fallaran y plegaran como correspondería a su carácter litológico.

Descripción de las estructuras

Estructuras anticlinales

Anticlinal de Yautlalpa

Nombre y dimensión

Esta estructura se encuentra situada a 1 kilómetro al noroeste del poblado de Yahuitlalpan al noreste de la carta Mexcaltepec, de donde toma su nombre, su eje tiene una longitud de 4 km y una amplitud de 3.2 km.

Simetría y orientación

Este anticlinal es asimétrico, con su plano axial inclinado hacia el noreste y con una orientación de su eje NW 25° SE.

Expresión topográfica

Presenta la expresión topográfica de una sierra alta y angosta hacia su porción central.

Rocas aflorantes en su parte axial

Las rocas que forman el núcleo de la estructura corresponden a la Formación Tamaulipas Inferior.

Estructuras secundarias

Ambos flancos están formados por una serie de pliegues menores recostados hacia el noreste.

Tipo de cierre estructural

Hacia el Este presenta un cierre de 1,300 metros y al Oeste presenta un cierre estructural de 200 metros, encontrándose abierto por erosión en sus dos extremos.

Anticlinal de Ixquihuacan-Tetela de Ocampo-Zautla

Nombre y dimensión

Esta estructura se encuentra en las cercanías de las poblaciones Ixquihuacan, Tetela de Ocampo y Zautla. Es de carácter regional y se localiza situada al oeste del anticlinal de Villa Juárez, tiene una longitud aproximada de 42 km, quedando su eje interrumpido en la porción noroeste por una cubierta de rocas ígneas extrusivas. Sin embargo al sureste fuera del área de estudio, es posible que se continúe con una longitud mucho mayor. Esta estructura sufre un desplazamiento de su eje en los alrededores del poblado de Acatlán, Puebla, debido a la existencia de una falla lateral derecha (falla de Cuapancingo) y en las cercanías del poblado de Ixtaltenango, su eje vuelve a desplazarse por otra falla de transcurrencia para volver a estar cubierta por rocas ígneas extrusivas muy cerca del poblado de Tenanpulco, apareciendo nuevamente al suroeste del poblado de Zautla en

rocas de la Formación Tamán. Al parecer esta estructura se continúa hacia el sureste fuera del área de este trabajo.

Simetría y orientación

Esta estructura está recostada hacia el noreste y su eje tiene una orientación aproximada de NW 40° SE.

Expresión topográfica

Hacia la porción noroeste presenta la expresión topográfica de una serie de sierras altas y alargadas; en la porción sureste, se expresa como una serie de lomeríos.

Rocas aflorantes

Las rocas que forman el núcleo hacia la porción noroeste corresponden a la Formación Pimienta, en la parte central se encuentra cubierto por material volcánico y al sureste conforman nuevamente el núcleo, rocas de las formaciones Huayacocotla y Tamán.

Estructuras secundarias

Ambos flancos muestran pliegues secundarios recostados hacia el noreste.

Tipo de cierre estructural

El flanco noreste tiene un cierre de 600 metros y el suroeste un cierre de 800 metros. En su porción noroeste el eje se encuentra cubierto por rocas ígneas extrusivas, por lo que no se puede apreciar su buzamiento.

Anticlinal Cruz de Ocote

Nombre y dimensión

El eje de la estructura pasa por el poblado de Cruz de Ocote, de donde toma su nombre, tiene una longitud aproximada de 8 km y una amplitud de 7 km.

Simetría y orientación

Esta estructura está recostada hacia el noreste, con echados que varían de 13° a 69° al suroeste. Su eje tiene una orientación aproximada NW 50° SE.

Expresión topográfica

Presenta la expresión topográfica de una sierra alta y alargada, cortada transversalmente en su parte media por un valle.

Rocas aflorantes en su parte axial

En el centro de la estructura afloran rocas de la Formación Tamaulipas Inferior.

Estructuras secundarias

En ambos flancos se observan pliegues secundarios recostados hacia el noreste.

Tipo de cierre estructural

Los extremos de la estructura al noroeste y sureste, se encuentran cubiertos por material volcánico. Su cierre al noreste es contra falla y al suroeste está cubierto por sedimentos lacustres del Terciario.

Estructuras sinclinales

Sinclinal Rancho Alegre-La Cañada

Nombre y dimensión

Esta estructura es de carácter regional y se le puede seguir por una distancia aproximada de 39 km, su eje pasa por los poblados de Rancho Alegre y La Cañada, de donde toma su nombre. Se encuentra interrumpido por las fallas transcurrentes Cuapancingo y El Puerto, que lo desplazan 1.3 y 0.5 km respectivamente. Presenta una amplitud aproximada de 2.8 km.

Simetría y orientación

Esta estructura presenta su plano axial recostado hacia el noreste y tiene una orientación aproximada de NW 40° SE.

Rocas aflorantes en su porción axial

Las rocas que constituyen el núcleo de la estructura corresponden a las formaciones Méndez, San Felipe y Agua Nueva.

Fallas

Existen dos sistemas de rompimientos principalmente en las porciones central y suroeste del área, uno orientado noroeste-sureste, constituido por fallas inversas y fracturas afectando los flancos de las estructuras, y otro con orientación noreste-suroeste constituido por fallas normales, de transurrencia y fracturas afectando transversalmente a los plegamientos.

Falla Ayocuatla

Esta falla pasa por las cercanías de la ranchería Cuatpalcatla. Es de tipo inverso y tiene una longitud de 8 km. Presenta un rumbo general noroeste-sureste, con un plano de falla que buza hacia el suroeste con una intensidad de 47°. Las formaciones afectadas son la Tamaulipas Inferior y el Agua Nueva.

VII. Geología histórica y tectónica

La configuración estratigráfica y estructural del noreste y centro de México representa una evolución tectónica compleja. Esta evolución se inició en el Permo-Triásico con el evento orogénico Maratón-Ouachita seguido muy de cerca por el rompimiento de Pangea durante el Triásico Superior al Jurásico Medio, por la apertura del Golfo de México y por el desarrollo de una margen pasiva que duró hasta el Cretácico Superior.

Esta evolución culminó con la deformación Laramídica durante el Terciario Temprano. El tren estructural del noreste de México consiste de una serie de bloques de falla de basamento de edad Triásico-Liásico, que reflejan un patrón orogénico de metamorfismo y de intrusiones ígneas durante el Paleozoico Tardío.

Estos bloques de falla del Mesozoico Temprano controlaron a su vez los patrones estratigráficos en el Jurásico Superior y en el Cretácico. Además estos bloques también influyeron fuertemente los patrones estructurales laramídicos y la depositación en la antefosa.

De acuerdo con la tectónica global, los correspondientes bordes orientales de Norte y Sudamérica, y Occidental de África y Euro-Asia, estuvieron unidos por un choque de intraplacas siálicas, entre los pasados 350 y 225 millones de años, formando parte de un solo supercontinente denominado Pangea.

Se ha considerado que las rocas que constituyen el basamento metamórfico de la región, son el resultado de una etapa de intensa deformación y metamorfismo de rocas sedimentarias del Paleozoico Inferior, las cuales habían sido depositadas en las márgenes del basamento Precámbrico, constituyendo posiblemente una continuación del cinturón orogénico Maratón-Ouachita.

a) Mesozoico

Durante el Triásico, comienza a manifestarse un evento tectónico distensivo, que trajo como consecuencia la fragmentación de Pangea. De esta manera la tectónica distensiva propicia la formación de fosas alargadas que durante el Triásico son rellenadas por sedimentos continentales.

A medida que la Placa Americana se desplazaba hacia el oeste-noroeste, se gestaba la transgresión marina que propiciaría el depósito de la *Formación Huayacocotla (Jhy)* del Jurásico Inferior. A principios de este periodo un fallamiento normal en bloques, asociado a un rift continental, da por origen a la formación de pilares y fosas tectónicas, lo que provoca una transgresión marina de afinidad pacífica. En una de estas fosas se depositan los sedimentos marinos de dicha formación.

Entre el Pliensbachiano y el inicio del Jurásico Medio, el área sufre un levantamiento, teniendo lugar una regresión, quedando emergida la formación marina del Liásico, sufriendo con esto un plegamiento notable producto de un proceso compresivo pre-laramídico (véase **Figura 11**).

El fenómeno de fosamiento y deriva que daría origen a la cuenca mesozoica del Golfo de México inició en el Jurásico Medio con un sistema de fosas y pilares, depositándose la secuencia de capas rojas de la *Formación Cahuascal (Jc)* de edad Bajociano-Bathoniano.

Durante el Calloviano-Oxfordiano se completa la apertura del Golfo de México dando origen a una transgresión marina. Las tierras positivas forman archipiélagos separados

por cuencas marinas de profundidad variable, donde se depositaron los sedimentos marinos de diferentes facies .

Para el Oxfordiano una probable pulsación tectónica, originó una mayor subsidencia regional, y el subsecuente incremento de la profundidad, creándose condiciones de cuenca profunda, depositándose así sedimentos arcillosos ricos en materia orgánica, en un ambiente de baja energía y condiciones reductoras.

Durante el Kimmeridgiano el avance de los mares continuaba cubriendo casi la totalidad del área, creándose con ello condiciones de mar abierto en las que se pudieron haber depositado los sedimentos calcáreo-arcillosos de la *Formación Tamán (Jt)*, que debieron haber nivelado el fondo marino dando como resultado aguas relativamente profundas (véase **Figura 12**).

La trasgresión del Jurásico Tardío alcanza su punto culminante durante el Tithoniano, resultando aguas relativamente profundas en donde se formaron cuencas, lugar en el que se depositaron sedimentos arcillosos y arcillo-calcáreos con alto contenido de materia orgánica e intercalaciones de lutitas y horizontes bentoníticos de la *Formación Pimienta. (Jp)* (véase **Figura 13**).

Al inicio del periodo Cretácico, durante el Neocomiano, el hundimiento del fondo marino es paulatino, y da lugar a un cambio radical en los ambientes de depósito, predominando los mares abiertos en donde se depositaron los primeros sedimentos carbonatados de la *Formación Tamaulipas Inferior (Kti)*.

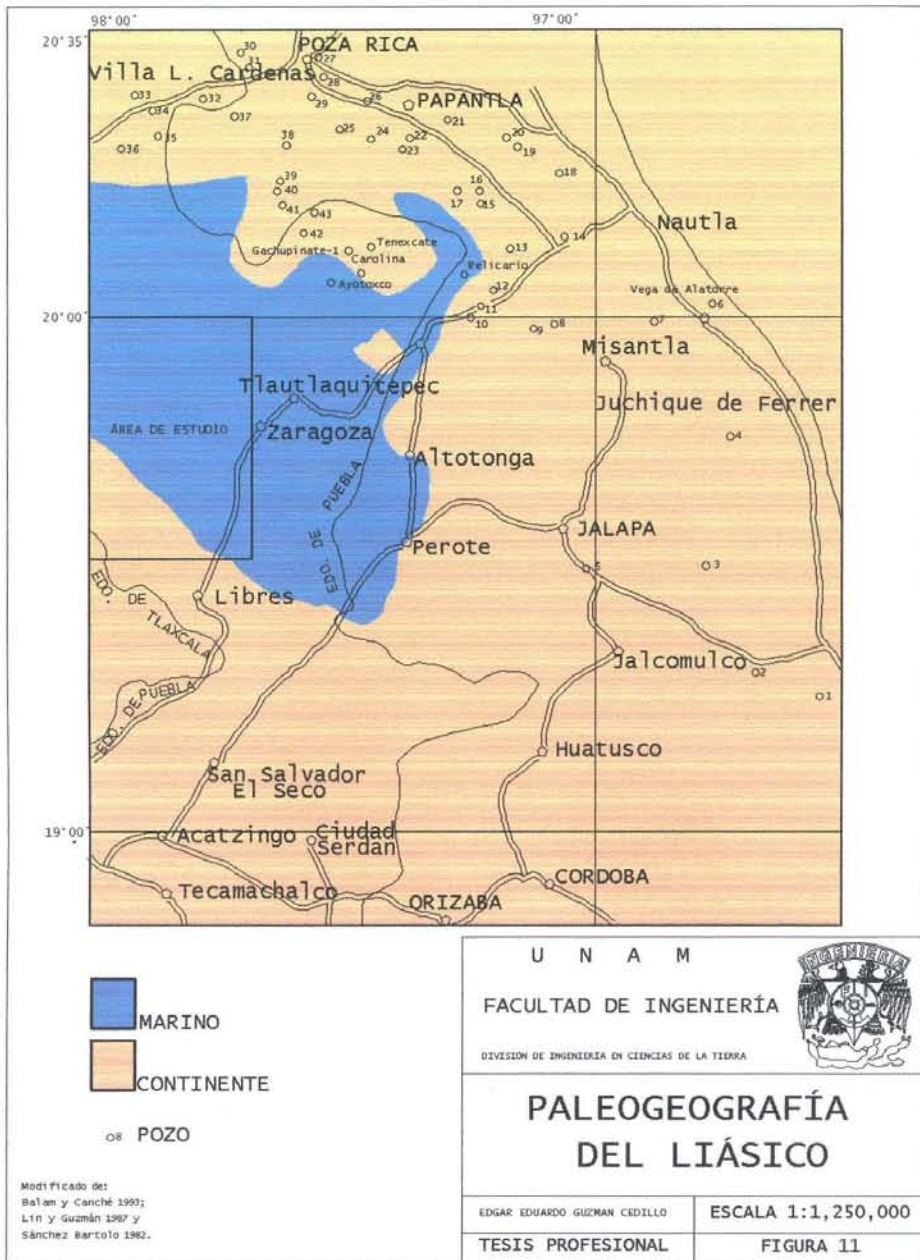
Con la apertura del Golfo de México, se inicia una transgresión marina que cubrió a casi todo el país, caracterizándose este periodo por su inestabilidad tectónica; al término del Cretácico Inferior, se efectúa la separación de América del sur y África en el Atlántico, cambiando a unas condiciones de gran estabilidad tectónica para el Albiano-Cenomaniano.

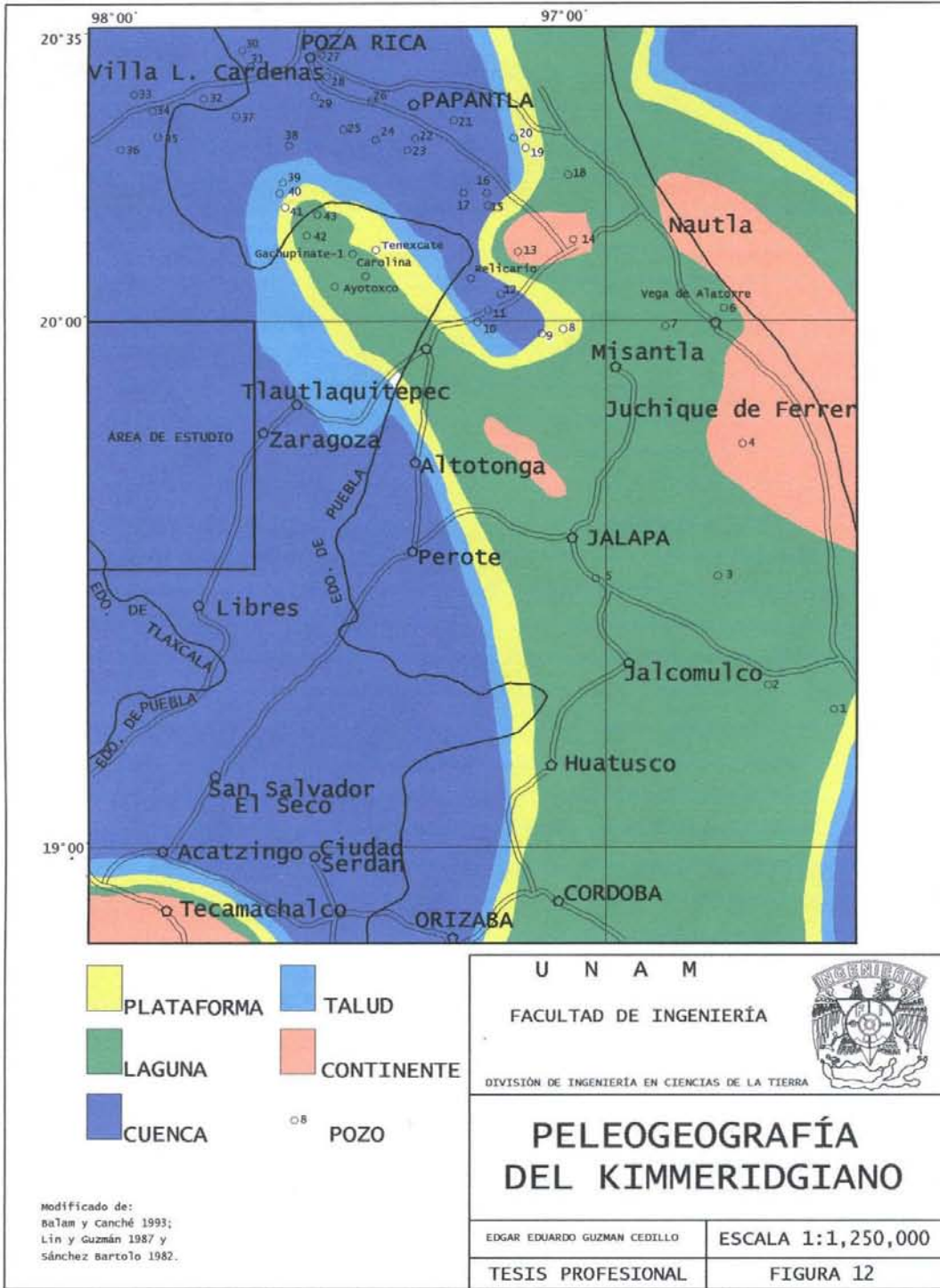
Durante el Albiano-Cenomaniano el Golfo de México registra una aparente elevación de nivel, lo que trajo una regresión; Época donde las plataformas carbonatadas tuvieron su máximo desarrollo, en tanto que en las cuencas se depositaban los sedimentos carbonatados de la *Formación Tamaulipas Superior (Kts)*.

Hacia el Cretácico Tardío hubo un cambio brusco en los ambientes de depósito, provocado por el incremento de material terrígeno, ocasionado por el levantamiento sufrido en la parte sur-occidental de la Placa Americana por efecto de la subducción de la placa Farallón, lo que interrumpió el depósito de los sedimentos carbonatados del Cretácico Superior.

A principios del Cretácico Superior se inicia un levantamiento gradual del noroeste de México, lo que provoca un cambio brusco en el régimen de sedimentación, depositándose

las *Formaciones* calcáreo-arcillosas *Agua Nueva (Kan)* y *San Felipe (Ksf)*. A fines del mismo periodo, en el Maestrichtiano, se inicia la orogenia Laramide, debido a un incremento en la tasa de convergencia de la Placa Farallón debajo de la Placa Norteamericana y un cambio en la dirección de convergencia frontal a lateral izquierdo.





SMO. Desde el Paleoceno Inferior hasta el término de la orogenia Laramide, la región es afectada por un evento magmático durante el cual se emplazan cuerpos graníticos.

En el Oligoceno-Mioceno la región noreste estuvo sometida a transgresiones y regresiones marinas, dando origen a sedimentos arcillo-arenosos y conglomerados. Al final del Mioceno se produce una regresión paulatina de las aguas marinas hasta la actual línea de costa.

En el Mioceno Medio (16 ma) se inicia la formación de un arco volcánico intermedio a máfico, de afinidad calcoalcalina, como respuesta a la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa Norteamericana, que adquiere una amplia distribución con una orientación oeste-este cuya actividad ha sido continua hasta el presente.

En el Mioceno Tardío, principalmente en las regiones oeste y noroeste, prevaleció una tectónica distensional de rumbo norte noroeste-sur sureste, relacionada a la tectónica de Sierras y Valles, con vulcanismo basáltico asociado. En el Plioceno Tardío una intensa actividad volcánica alcanza su clímax con la formación de la caldera Huichapan, que estuvo acompañada de un fallamiento tensional con formación de cuencas endorreicas y fosas tectónicas, donde se formaron lagos y se depositaron los sedimentos lacustres.

VIII. Geología económico-petrolera y sistemas petroleros

a) Generación de hidrocarburos

El área de estudio se ubica en dos zonas con interés petrolero: la parte oeste, en el sistema petrolero Sierra Madre Oriental, y el sector noreste dentro del sistema Tampico-Misantla, aquí se ubican importantes campos petroleros como los de Poza Rica, Escobal, Chote, Mesa Chica y San Marcos. Por las características geológicas de la región y por el nivel erosivo en que se encuentran las formaciones geológicas, las posibilidades de encontrar acumulaciones económicas de hidrocarburos, se centran principalmente en la parte sepultada de la SMO por el ENV.

La formación de hidrocarburos puede realizarse a través de los siguientes caminos: El primero es la acumulación de hidrocarburos libres derivados de la actividad bacteriana de organismos muertos, esta materia orgánica depositada en sedimentos recientes no consolidados con baja temperatura, sufre más tarde la alteración química, física y biológica, ante un pronunciado aumento en la temperatura, en un intervalo cercano a los 50° C, a este proceso se le denomina *diagénesis*; entre el 10 y 20% del petróleo se forma directamente por este proceso.

El otro camino para la generación de petróleo, es por medio de la transformación de lípidos (grasas), proteínas y carbohidratos derivados de organismos, principalmente marinos a kerógeno. El contenido orgánico en promedio, de tales sedimentos, que eventualmente se transforma en roca generadora, es del 0.5 al 5%. Cuando el kerógeno

es sepultado a grandes profundidades, se incrementa el gradiente geotérmico y se producen altas temperaturas (50° a 200 °C) y ocurre entonces, el rompimiento termal (*cracking*), dando por resultado el bitumen, para después dar paso a la formación del petróleo, a este proceso se le denomina *catagénesis*.

Finalmente, el petróleo con altas temperaturas (200° a 250° C), se divide en dos caminos de transformación, generando metano y residuos de grafito, a esta alteración térmica se le denomina *metagénesis*.

Por otra parte, la determinación analítica de una roca generadora está basada en estudios geoquímicos de la materia orgánica que contiene, evaluando lo siguiente:

A. El contenido de la materia orgánica de la roca generadora se determina por medio de análisis cuantitativos y cualitativos del Carbono Orgánico Total (COT).

B. El tipo de materia orgánica se determina por medio del análisis óptico, concluyendo si es algácea, herbácea, leñosa o carbonosa, y definiéndolas cualitativa y cuantitativamente.

C. El Índice de Alteración Termal (IAT), permite señalar a que facies pertenece y se basa en la coloración del tipo de materia orgánica, de los cuales se obtiene el siguiente intervalo de valores:

2.0 a 2.5 = Facies inmadura.

3.0 a 3.5 = Facies madura.
3.5 a 4.0 = Facies metamórfica.

b) Sistema petrolero

El sistema petrolero o máquina de hacer petróleo es la conformación de una mega secuencia, la cual incluye a todos aquellos elementos y procesos geológicos esenciales para que un depósito de gas o aceite exista en la naturaleza. Para que exista dicho sistema es necesaria la presencia de una roca generadora de hidrocarburos, un camino o ruta de migración, una roca almacenadora, una roca sello, y una trampa, así como todos aquellos procesos geológicos que dan origen a cada uno de los anteriores elementos básicos para su formación. Todos los componentes deben estar ubicados perfectamente en tiempo y espacio, de manera que la materia orgánica incluida en una roca pueda ser transformada en un yacimiento de hidrocarburos.

c) Manifestación de hidrocarburos

Durante el trabajo de campo llevado a cabo para la realización del presente estudio se visitaron diferentes afloramientos de las formaciones que componen la columna estratigráfica del área de Mexcaltepec.

A lo largo de los recorridos de reconocimiento de los afloramientos se clasificaron los diferentes tipos de rocas presentes en el área y lo que se concluye es que no se observaron manifestaciones de hidrocarburos en dicha zona de interés.

d) Rocas generadoras

Dentro de las rocas que se pueden considerar como generadoras se encuentran aquellas que pertenecen a las siguientes formaciones:

La *Formación Huayacocotla (Jhy)*, del Jurásico Inferior, que posee un miembro inferior arcilloso y lutítico con un alto contenido de materia orgánica.

La *Formación Tamán (Jt)*, presenta evidencias notables de sus propiedades generadoras en sus horizontes de calizas arcillosas y lutitas negras de ambiente de cuenca.

La *Formación Pimienta (Jp)*, en su secuencia de calizas arcillosas y lutitas negras de naturaleza bituminosa y carbonosa, se considera como una formación potencialmente generadora de hidrocarburos, ya que su color negro puede representar la presencia de gran contenido de materia orgánica.

e) Rocas almacenadoras

En cuanto a las rocas que se consideran como almacenadoras por sus características de porosidad y permeabilidad observadas en el campo, se encuentran aquellas que pertenecen a las siguientes formaciones:

La Formación Tamaulipas Inferior (Kti), formada por calizas de color gris oscuro a pardo y en algunas ocasiones por calizas arcillosas, las cuales presentan porosidad secundaria (fracturas)

A su vez, la Formación Tamaulipas Superior (Kts), se consideró como una roca almacenadora porque cuenta (como la formación anterior), con una porosidad secundaria debido a los diversos sistemas de fracturas que se observaron en su superficie.

f) Rocas sello

De acuerdo con las características observadas en campo, se observó que las formaciones Agua Nueva (Kan) y San Felipe (Ksf), podrían reunir las condiciones de rocas sello, esto debido a las características que se describen a continuación:

Las calizas arcillosas intercaladas con horizontes de lutitas de la Formación Agua Nueva, así como calizas arcillosas y bentoníticas, y las margas de la Formación San Felipe respectivamente, también pueden ser consideradas como rocas sello, para detener la migración de hidrocarburos provenientes de la Formación Tamaulipas Superior.

IX. Conclusiones

Dentro de la carta Mexcaltepec (E14B24) se definieron las siguientes formaciones estratigráficas y rocas ígneas:

Rocas Jurásicas: formaciones Huayacocotla, Tamán y Pimienta, consideradas como: Rocas generadoras de Hidrocarburos

Rocas cretácicas: formaciones Tamaulipas inferior, Tamaulipas superior, se consideran, como rocas almacenadoras de hidrocarburos; y las formaciones Agua Nueva y San Felipe; como rocas de tipo sello para hidrocarburos.

Rocas cuaternarias: Basalto, tobas, derrames y aluviones.

Los rasgos estructurales son de naturaleza compleja y están fuertemente erosionados a un nivel estratigráfico menor respecto de las unidades y horizontes con cualidades para ser reservorios y constituir un buen yacimiento de hidrocarburos.

Es posible que los cuerpos intrusivos de la porción norte fuera del área de estudio, hayan servido como detonantes térmicos de la actividad de degradación y evolución de la materia orgánica contenida en las rocas de los horizontes de interés petrolero, y que dichos fluidos hayan migrado después del reacomodo orogénico que sufrió el área durante la Orogenia Laramide.

Sin embargo, con base en el análisis estratigráfico y estructural, de algunas unidades que comprenden la columna geológica del área de estudio, la porción suroeste que se encuentra fuera de la carta Mexcaltepec, es posible proponerla como región de interés, para la generación y preservación de hidrocarburos. Esto se debe a que es ahí, donde se encuentra el frente sepultado de la Sierra Madre Oriental, bajo las secuencias volcánicas del Eje Neovolcánico y de acuerdo a las relaciones tectono-estratigráficas que guardan entre sí, es preciso suponer que el paquete de rocas marinas aflorantes en el área de estudio con un alto potencial generador y almacenador de petróleo se continúe por debajo de la cobertura volcánica con las condiciones de sepultamiento favorables, así como, con la madurez termal suficiente para conformar yacimientos de interés petrolero.

Cabe mencionar que dentro del Eje Neovolcánico, los pozos Mixihuca, Tulyehualco perforados por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la Cuenca de México a raíz del terremoto de 1985 y de los Pozos 2, 5 y 8 ubicados en Los Húmeros perforados por Comisión Federal de Electricidad (CFE), atravesaron entre los 1 000 y 1 500 metros de cubierta volcánica hasta alcanzar calizas sanas de las formaciones Cuautla y Morelos, lo que sugiere que todo el sistema sedimentario de potencial generador y almacenador de hidrocarburos este sepultado.

Por todo lo anterior se concluye que las condiciones para la preservación de hidrocarburos son muy escasas debido a que la secuencia litoestratigráfica de interés generador, correspondiente al Jurásico Inferior y Superior se encuentran expuestas en la región, por lo que la concentración y acumulación de petróleo en horizontes litológicos correspondientes al Jurásico, así como en el Cretácico Inferior, Medio y Superior, no es favorable, ya que al estar expuesto el paquete rocoso, es más factible que el aceite contenido en las posibles trampas y reservorios se fugara hacia la atmósfera o migrara a otras áreas adyacentes con condiciones óptimas de sepultamiento, preservación y madurez termal en el subsuelo.

X. Recomendaciones

El marco geológico para una porción de la República Mexicana en el rango del Permo-Triásico corresponde a las teorías en las cuales, en el norte de país se desarrollaron zonas periféricas a elementos continentales positivos denominados Cratones. Estos cinturones consistían en áreas inmediatas a estos elementos en las cuales debido a procesos evolutivos tectónicos se desarrollaron rocas metamórficas mientras que en zonas más alejadas se formaron o depositaron materiales tipo *flysch*.

Al realizar los estudios geológicos en el área del presente informe nos han sugerido una correlación con las condiciones estructurales y litoestratigráficas precisamente de aquella zona Norte de nuestro país.

En otras palabras el desarrollo de un Cratón flanqueado por un Eugeosinclinal y posteriormente por el Miogeosinclinal demuestran la evolución de un ciclo tectónico como el denominado Marathon-Ouachita.

En la vecindad del área al noreste afloran los Esquistos Chililis de edad Permo-Triásica, mismos que representan al Sistema Interno mientras al noroeste tenemos la presencia del Anticlinorio del Huayacocotla constituido de depósitos *flysch* de edad Pérmica. Como podemos observar este sistema tendría una semejanza con aquel del norte de México, donde rocas metamórficas corresponden a la Zona Interna del Marathon-Ouachita y los depósitos *flysch* de Delicias corresponderían a la Zona Externa quedando al Poniente la Zona Estable o Cratón.

Reflejado lo anterior para la zona de estudio, al sur y suroeste tenemos al Eje Neovolcánico, cubriendo posibles cuencas y plataformas, al igual que al oeste de Texas, que serían favorables para el desarrollo de hidrocarburos.

La recomendación con base en esta semejanza tectono-estratigráfica sería realizar estudios magnetométricos con el objetivo de configurar el basamento que interpretamos de edad Permo-Triásica y constituido de rocas sedimentarias. Por lo tanto, si este basamento se encontrara entre los 3 000 a 4 000 m de profundidad, las rocas sobreyacentes al mismo, serían de edad paleozoica constituidas de rocas sedimentarias marinas y obviamente productoras de hidrocarburos.

Una interpretación adicional a la anterior y fundamentados en el contexto de la evolución tectónica es que se podría tener una repetición litoestratigráfica partiendo de la Formación Tamaulipas Inferior y pasando por las formaciones Pimienta y Tamán.

Surge entonces otra recomendación como consecuencia de las anteriores. Al considerar que debajo de la carpeta volcánica (Eje Neovolcánico) podemos tener estas posibilidades geológico-petroleras, valdría la pena ejecutar estudios magnetométricos en los límites del Eje Neovolcánico con el objetivo de detectar cuerpos intrusivos que podrían haber eliminado los posibles hidrocarburos; al aumentar el número de estructuras plutónicas obviamente aumentaría esta posibilidad o disminuiría la probabilidad de encontrar los hidrocarburos.

ANEXOS



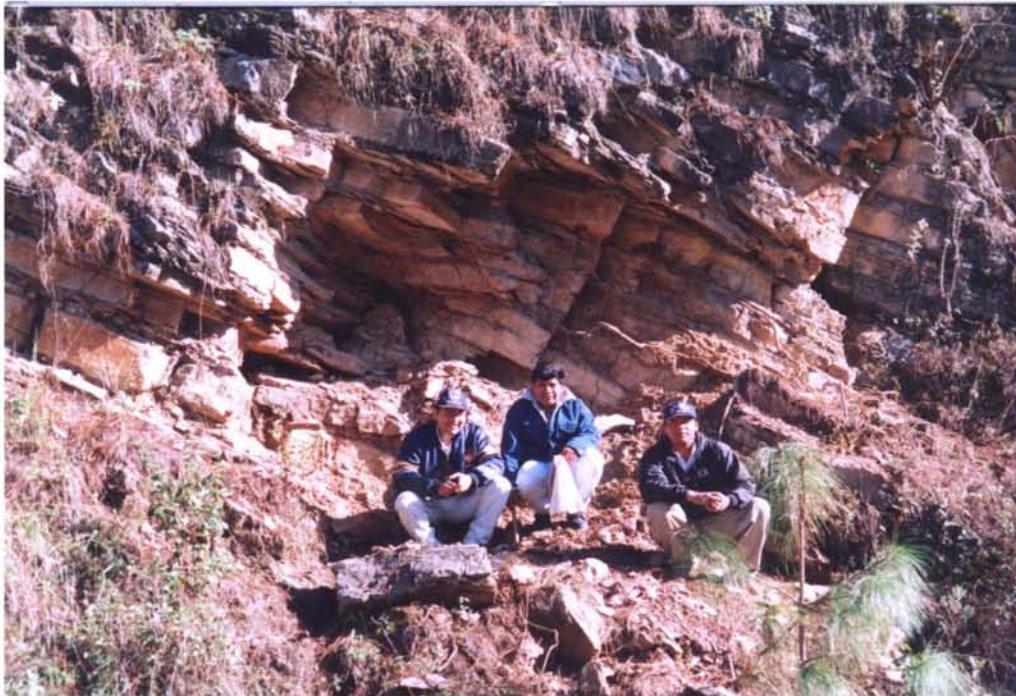
FORMACIÓN HUAYACOCOTLA



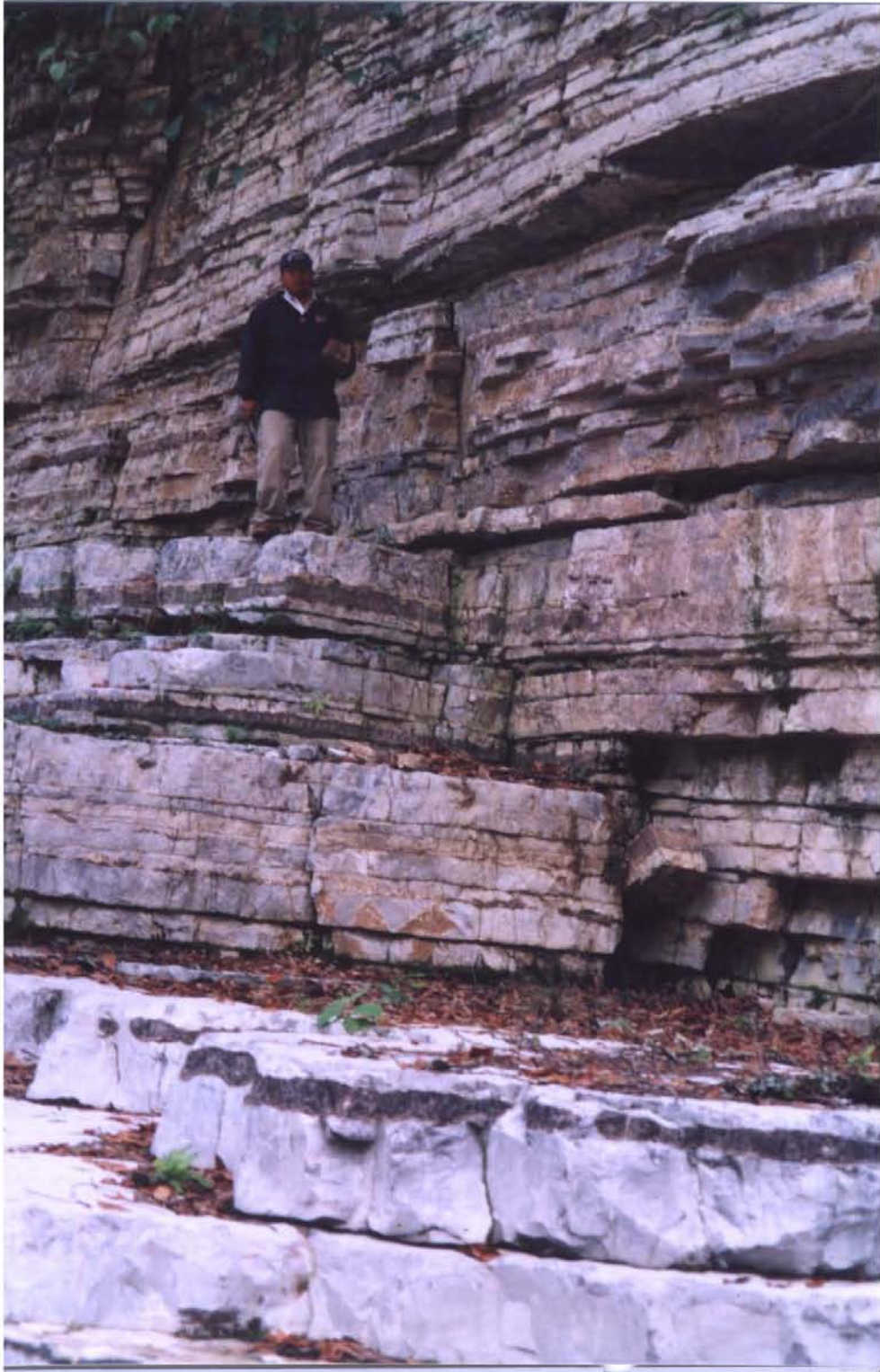
FORMACIÓN HUAYACOCOTLA



FORMACIÓN TAMÁN



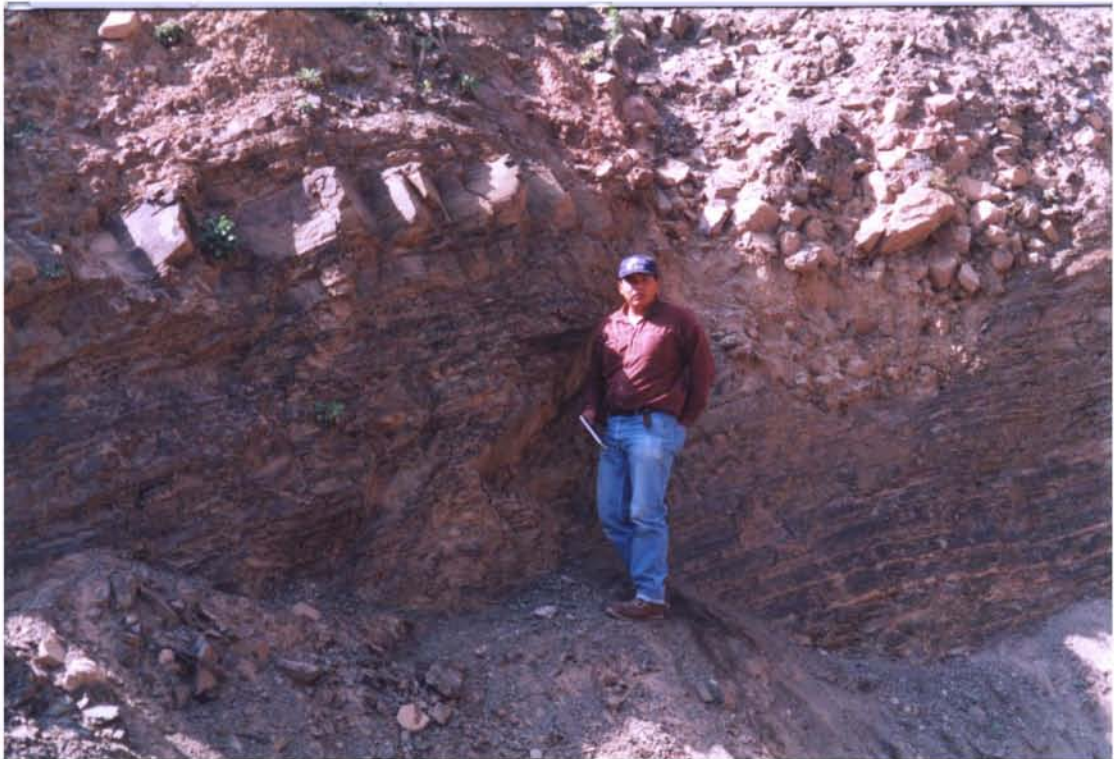
FORMACIÓN PIMIENTA



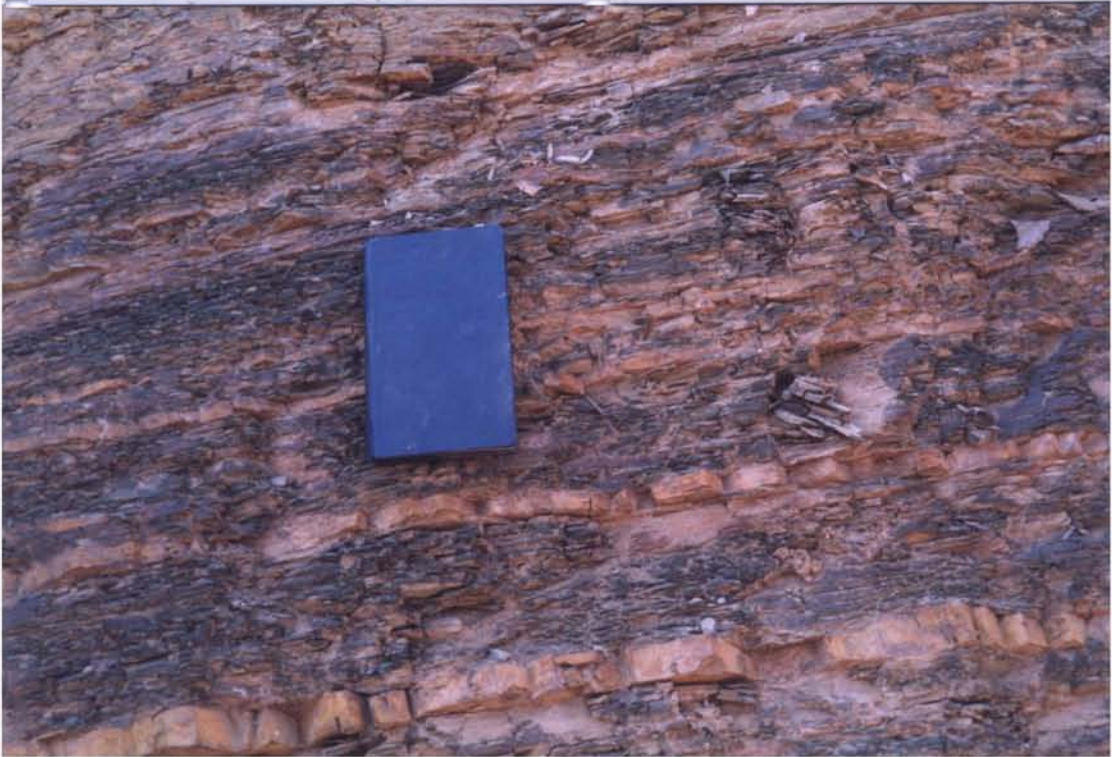
FORMACIÓN TAMAULIPAS SUPERIOR



FORMACIÓN AGUA NUEVA



FORMACIÓN SAN FELIPE



FORMACIÓN SAN FELIPE

Bibliografía

- Acosta A. C., 1983. *Prospecto Zacapoaxtla, Detalle Estratigráfico*, IGPR-223. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Acuña G. A., 1992. *C.N. Laguna Verde, C.H. Mazatepec, P.H. Atexcaco, C.G. Los Humeros y Derrumbadas. Línea de Transmisión Laguna Verde-Poza Rica*, XI Conv. Geol. Nal. 3ra. Exc. Geol. Sociedad Geológica Mexicana. pp. 497-503.
- Aguilera F. N., 1988. *Bioestratigrafía del Jurásico-Cretácico de Zacatlán, Pue.* Tesis Profesional. UNAM.
- Alemán L. A., 1984. *Informe Final del Prospecto de Interpretación Geoquímica de Huayacocotla-Huauchinango*, PRIIGQ-004186. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Ávila Márquez I., 1971. *Informe Geológico Final, Área Chignahuapan - Zautla y Cuyuaco*, IGPR- 092.
- Balam y Canché J. L., 1992. *Informe Final del Estudio Geológico San Carlos*, IGPR-004. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Bárcena M., 1975. *Estudio de las Rocas Mesozoicas de México y sus Fósiles Característicos*. Boletín de la Soc. De Geografía 3ª Época. pp. 369.
- Bartolo Sánchez C., 1992. *Informe Final del Estudio Geológico San Miguel*, IGPR-003. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Belt B. C., 1925. *Stratigraphy of the Tampico Distrit of Mexico*. American Association of Petroleum Geologist. Bull. 9.
- Bonet F., 1952. *La Facies Urganiona del Cretácico Medio de la Región de Tampico*. Bol. Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. 4. pp. 153.
- Bonet F. y Carrillo J., 1961. *Sobre la Llamada formación Paltotecoya*. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. Vol. 13, No. 7 y 8. pp. 259-268.
- Bösse E., 1898.; Imlay R., Cepeda E., Álvarez M. Jr. , Díaz T., 1948. *Stratigraphyc relations of certain Jurassic Formations in eastern Mexico*. Amer. Assoe. Petroleum Geol., Bull., Vol 32. pp. 1750-1761.
- Brown L. and Fisher W., 1985. *Seismic stratigraphic interpretation and petroleum exploration*. Continue Education Course. Note Serie No. 16. Amer. Assoc. Petroleum Geologists. University of Texas. pp. 56.
- Campa M. F., 1970. *Clasificación de las Rocas Carbonatadas Sedimentarias y su Aplicación en Poza Rica, Ver.*, Rey. IMP. Vol. I. No. 1. pp. 5-37.
- Cantú Chapa A., 1967. *Estratigrafía del Jurásico de Mazatepec, Pue.* Parte 1, 2 y 3. Inst. Mex. del Petróleo. Tecnología de la Exploración. Sección Geológica. Monografía No. 1. pp. 3-24.
- Cantú Chapa A., 1969. *Estratigrafía del Jurásico Medio-Superior del Subsuelo de Poza Rica, Ver. (Área de Soledad-Miquetla)*. Revista del Inst. Méx. del Petróleo. Vol. 1. No. 1. pp. 3-9.

- Cantú Chapa A., 1971. *La Serie Huasteca (Jurásico Medio-Superior) del centro-este de México*. Rev. IMP. Vol. 3, No. 2. pp. 17-40.
- Cantú Chapa A., 1976. *El Contacto Jurásico-Cretácico. La Estratigrafía del Neocomiano, el Hiato Hauteriviano Superior-Eoceno Inferior y las Amonitas del Pozo Bejuco 6 (centro-este de México)*. Bol. Soc. Geol. Méx. Vol.-37. pp. 60-83.
- Cantú Chapa A., 1989. *Precisiones del Límite Jurásico-Cretácico en el este de México*. Rev. Soc. Mex. Paleont. V. 2, No. 1. pp. 26-69.
- Carrillo J., 1971. *La Plataforma de Valles-S.L.P.* Bol. Asoc. Méx. Geol. Petrol. Vol. 23. No. 1-6. pp. 1- 1 02.
- Carrillo Martínez P., 1980. *Distribución e Importancia Económica de los Bancos Oolíticos del Kimmeridgiano Inferior en el Distrito de Poza Rica, Ver.* Bol. Asoc. Méx. Geol. Petrol. Vol. 32, No. 2. pp. 3-13.
- Colín L., Stabler, 1970. *Aplicación del Análisis de Ambiente de la Caliza San Andrés en el Área de Soledad, Poza Rica*. Revista de Ingeniería Petrolera. Vol. 10, No. 6. pp. 5-16.
- Coney P., 1976. *Plate Tectonics and the Laramide Orogeny. New Mexico*. Geological Soc. Special Publication, No. 6. pp. 5-1 0.
- Coney P., 1983. *Modelo Tectónico de México y sus Relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe*. Revista del Inst. Méx. Petrol. Vol. 15, No. 1. pp. 6-16.
- Cruz Helú P., Verdugo V. R. y Bárcenas P. R., 1977. *Origin and Distribution of Tertiary Conglomerates Veracruz Basin, Mexico*. Amer. Assoc. Petroleum Geologist. Vol. 61, No. 2, 18 fig., pp. 207-226.
- Cserna Z., 1979. *Cuadro Tectónico de la Sedimentación y Magmatismo en el Mesozoico de algunas Regiones de México*. V Simposium sobre la Evolución Tectónica de México. Inst. Geol. UNAM.
- Demant A. y Robin C., 1975. *Fases del Vulcanismo; Síntesis de la Evolución Geodinámica desde el Cretácico*. Inst. Geol. UNAM. Vol. 75 (1), pp. 70-83.
- Eguiluz de Antuñano S., Aranda García M., Randal Marrett., 1999. *Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México*. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Erben H. K., 1956. *Estratigrafía y Paleontología del Jurásico Inferior y Medio Marino de la Región Central de la Sierra Madre Oriental*. Libro-guía, Excursión C-8. XX Congreso Geológico Internacional. pp. 9-30.
- Erben H. K., 1956. *El Jurásico Medio y el Calloviano en México*. Inst. de Geología. XX Congreso Geológico Internacional. México. pp. 140.
- Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996. *Estudio Geológico Coxquihui IG- RVER-96104-1*. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Facultad de Ingeniería, UNAM, 1984. *Informe Final del Prospecto Progreso IGPR-239*. Petróleos Mexicanos. Inédito.

- Facultad de Ingeniería, UNAM, 1990. *Informe Final Zacualtipan IGZN-71*. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Flores L., 1967. *La Fauna Liásica de Mazatepec, Pue.* Instituto Mexicano del Petróleo. Monografía 1. 8 lám., pp. 25-30.
- García Reynoso A., 1987 (C-3025 IMP). *Estudio Estratigráfico-Sedimentológico del Jurásico Superior-Cretácico, (Prospecto Zacatlán)*.
- Garfias V. R., 1915. *The Oil Region of North Eastern Mexico*. Econ. Geology, Vol. 1 0. pp. 195.
- GEOIDE S. A. de C. V., 1989. *Estudio Geológico de Detalle Estratigráfico en el Prospecto Estanzuela, Veracruz y Puebla, IGPR-274*.
- Griffith L. S., Pirher M. G and Wesley G., 1969. *Quantitative Envirom. Analysis if Lower Cretaceous Reef*. Soc. Econ. Pal. Min. , Pub. 14, pp. 120-138.
- Gutiérrez García U., 1984. *Informe Final Prospecto Acaxochitlán,, IGPR-23*.
- Guzmán E. J., 1967. *Reef Type Stratigraphic Traps in Mexico*. VII Congreso Mundial del Petróleo. México. P.D., Vol. 2. pp. 461-470.
- Guzmán V. E., 1987. *Prospecto Misantla-Santana*. Coord. Regional de Exploración, Suptcia. de Geología Regional y Paleosedimentación. Zona Centro, Poza Rica. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Guzmán Rivera A., 1975. *Informe Final del Prospecto Huayacocotla*. IGPR- 129. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Heim A., 1926. *Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, Mexico)* Ed. Geol. Helvetiae. Vol. 20, pp. 84-89.
- Hemings H., 1929. *Geological Report N. 339 on Poza Rica, Ver.* Petróleos Mexicanos. Inédito. pp. 57.
- Hernández de la Fuente R., 1990. *Informe Final Prospecto Tecuantepec*. IGPR-285. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Hernández de la Fuente R., 1996. *Sedimentología y Diagénesis del Kimmeridgiano en la Región de Jonotla, Puebla y Tlacolula, Veracruz*. Tesis de maestría, UNAM.
- Hermoso de la Torre C., 1974. *Estudio Estratigráfico del Jurásico Superior en los Afloramientos del Anticlinorio Huayacocotla*. IG-565 Zona Norte. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Hermoso de la Torre C. y Martínez P. J., 1972. *Medición Detallada de formaciones del Jurásico Superior en el Frente de la Sierra Madre Oriental*. Bol. de la Asoc. Méx. de Geol. Petr. Vol. XXIV. No. 1-3. pp. 45-57.
- Hoffman P., Dewey J.F., and Burke K, 1974. *Aulacogens and their genetic relation to geosynclines with a proterozoic example from Great Siave Lake, Canada*. Sp. Pub. Soc. Econ. Paleont. Min. 19. pp. 38-55.

- Jenny F., 1931. *Geological Reconnaissance on the Area Between Entabladero and Teoantepec, States of Veracruz and Puebla*. Geological Report No. 413. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Lin Hernández L. y Quezada Dimos M., 1990. *Estudio Estratigráfico Sedimentológico del Área de la Sierra Madre Oriental, Porción centro*, PRES-004-90. Petróleos Mexicanos. Inédito
- Longoria J. F., 1975. *Estratigrafía de la Serie Comancheana del noreste de México*. Bol. de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo XXXVI. pp. 1-59.
- López Infazon M. y Torres Vargas R., 1984. *Estudio Petrogenético de las Rocas Ígneas en el Prospecto de Misantla-Perote, Ver.* Proyecto C-2002. Inst.. Méx. del Petr. Subdirección de Tecnología de Exploración.
- López Infanzón. M. y Torres Vargas. R., 1985. *Tectonic Transgression in the Sierra Madre Oriental Northern México*. An Model Geology, Vol. 13, pp. 453-456.
- López Infanzón M. y Torres Vargas R., 1988. *Late Triassic-Jurassic Paleogeography and Origin of Gulf of Mexico Basin Discussion*. Amer. Assoc. Petroleum Geol., Vol. 72, No. 11. pp. 1411-1418.
- López Rubio E., 1972. *Estudio del Basamento Ígneo y Metamórfico de las Zonas Norte y Poza Rica (entre Nautla, Ver. y Jiménez, Tamps.)*. Bol. Asoc. Méx. Geol. Petrol., Vol. 24, No. 7-9.
- López Rubio E., 1978. *Estudio Bioestratigráfico del Paleozoico Superior del Anticlinorio de Huayacocotla en la Sierra Madre Oriental*. Bol. Soc. Méx. Geol. Tomo 39, No. 2. pp. 125-135.
- López Rubio E., 1981 *Paleogeografía y Tectónica del Mesozoico en México*. Inst. de Geol. Rev., UNAM. Vol. 5. No. 2, pp. 156-177.
- López Rubio J.L. y Menes López S., 1967. *Informe Final de la Geología del Área Río Laxaxalpa-Teziutlán-Misantla, Puebla y Veracruz*. PRGC- 3201. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Magoon B. L., 1988. *Petroleum Systems of the United States*. U.S. Geological Survey Bull. 1870. pp. 15.
- Manzo Barajas G., 1985. *Informe Final Prospecto Atzalan*. IGPR-241. Coordinación Regional Centro-Zona Poza Rica. Exploración. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Manjarrez Hernández P. y Hernández de la Fuente R., 1989. *Informe Final Prospecto Cardel*. IPGR-278. Coordinación Regional de Exploración Superintendencia de Operación Geológica Zona Centro-Poza Rica. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Mena Sánchez E., 1984. *Informe Final del Prospecto Huayacocotla- Huauchinango*. IGQA-1 984. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Mendoza Rosales C. C., Arellano Gil J., Silva Romo G., Hernández Treviño J. T., Hernández Bernal M. 5, 1992. *Interpretación Paleoambiental de las formaciones Huizachal y Huayacocotla en el Anticlinorio de Huayacocotla*. Encuentro Hispano-Mexicano sobre Geología y Minería. Mem. Palacio de Minería, México. Fac. de Ingeniería. UNAM.

- Morales de la G. J. y Garduño M. V. H., 1984. *Prospecto Huauchinango Proyecto C-400-IMP*. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Morales E. L. et. al., 1990. Tesis Prof., Ing. Geólogo, F.I., UNAM.
- Morán Z. D., 1984. *Geología de la República Mexicana*. Facultad de Ingeniería, UNAM e INEGI. México.
- Morán Z. D., 1986. *Breve Revisión sobre la Evolución Tectónica de México*. Rev. Geof. Intern. Vol. 25. No. 1, pp. 9-38.
- Moslow F. T., 1984. *Depositional Models of Shelf and Shoreline Sandstones*. Continuing Education. Course Note Series No. 27. AAPG Louisiana. Geological Survey. Department Education. pp. 102.
- Muir J., 1936. *Geology of the Tampico Región. Mexico*. Amer. Asoc. Petrol. Geol. Bull. Vol. 20. pp. 280.
- Olivella Ledezma M., 1986. *Informe Final del Prospecto Aquixtia*. IGPR-252. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Olivella Ledezma M., 1987. *Informe Geológico Final Prospecto Los Humeros*. IGPR-261. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Olivella Ledezma M., *Estudio Sedimentológico de la formación San Andrés en una porción de la Sierra Madre Oriental; comprendida entre el Río Viñazco y Tlacuilotepec, Pue.* Tesis, UNAM.
- Olivas R. M., 1954. *Informe Geológico Provincia del Macizo de Teziutlán*. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Padilla R., 1986. *Post-Paleozoic Tectonics of Northeast Mexico and its Role on the Evolution of the Gulf of Mexico*. Geofísica Internacional. Revista de la Unión Geofísica Mexicana. Vol. 25, No. 1. pp. 157-206.
- Parga Macías J. A., 1975. *Prospecto Mazatepec*. IGPR-131. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Patiño Ruiz J., 1985. *Informe Final del Prospecto Localización Catalina*. IGPR-221 bis. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Pedrazzini C. y Basañez M. A., 1978. *Sedimentación del Jurásico Medio-Superior en el Anticlinorio de Huayacocotla, cuenca de Chicontepec, en Hidalgo y Veracruz, Méx.*, IMP, Vol. 10., No. 3, pp. 6-25.
- Reyes Domínguez E., 1959. *Medición de Secciones Geológicas en Misantla*. Inf. Geol. No. 497, Gcia. de Expl. Petróleos Mexicanos, Inédito.
- Reyes Domínguez E., 1962. *Identificación Geológica de la Sierra Madre Oriental entre Tianchinol y Zacualtipán, Hgo.* Inf. Geológico No. 800, Petróleos Mexicanos. Inédito.

- Reyes Domínguez E., 1964. *El Jurásico Superior del Área de Tamán, S.L.P.*, Informe Geológico No. 508. Superintendencia de Exploración de Tampico, Tamps., Petróleos Mexicanos, Inédito.
- Reyes Domínguez E., 1975. *Tectónica de una parte de la Zona de Poza Rica entre el Antiguo Continente de Oaxaca y la Plataforma de Tecolutla-Tuxpan*. Bol. Soc. Geol. Mex. Vol. 36, pp. 60-63.
- Reyes Domínguez E., 1975. *Características Generales de la Zona de Pozo Rica*. XI Simposium de Geología del Subsuelo. Superintendencia General de Exploración, Poza Rica, Ver. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Ruiz S. P., 1978. *Estudio Radiométrico de las Rocas Ígneas y Metamórficas del Prospecto Villa Juárez-Tlacopan, Ver.* Proyecto C-1067-IMP-1978. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Sánchez Martínez, 1990. *Estudio Tectónico Estructural Prospecto Tlaxco*, PRES-009-90. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Santiago J., Carrillo J. y Martell B., 1984. *Geología Petrolera de México. Evaluación de formaciones*. Schlumberger-México. PEMEX. pp. 36.
- Schmidt Effing R., 1980. *The Huayacocotlh Aulacogen in Mexico (lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico*. Proceeding of a Simposium. The Origin of the Gulf of Mexico in the Early Opening of the Central North Atlantic Ocean. pp. 79-86.
- Scholle P. A., Arthur M. A. and Ekdale A. A., 1983. *Pelagic Environment Carbonate Depositional*. Ed. by Peter A. Scholle, Don G. Bebour, Clyde H. Moore. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Mem. 33. pp. 619-692.
- Stabler L. C., 1970. *Aplicación del Análisis de ambiente de la caliza San Andrés en La Soledad, Poza Rica*. Rev. Ingo. Petr. V. 10, No. 6, pp. 5-16.
- Suter M., 1980. *Tectonics of the External part of the Sierra Madre Oriental Foreland Thrust and Fold Belt Between Xilitia and the Moctezuma River (Hidalgo and San Luis Potosí State)*, UNAM. Inst. de Geología. Revista. Vol. 4. No. 1, pp. 19-31.
- Suter M., 1984. *Cordilleran Deformation Along the Eastern Edge of the Valles-San Luis Potosí Carbonate Plataform, Sierra Madre Oriental Fold-Thrust Belt, East-Central Mexico*. Geol. Soc. of Am., Vol. 95. No. 12, pp. 1387-1397.
- Suter M., 1987. *Structural Traverse Across the Sierra Madre Oriental Fold- Thrust Belt in East-Central Mexico*. Geol. Soc. of Am., Vol. 98. No. 3, pp. 249-264.
- Trejo, M., 1977. *Estudio Bioestratigráfico del Cretácico Inferior y el Jurásico Superior del Noreste de México*. Informe Técnico. IMP. Inédito.
- Velarde N. P., 1966. *Trabajo Fotogeológico Área de Huayacocotla-Villa Juárez*. 1. G. P.R.G.C.-3192, Poza Rica. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- XX Congreso Geológico Internacional. , 1956. *Estratigrafía y Paleontología del Jurásico Inferior y Medio, de la región central de la Sierra Madre Oriental*. Libro-Guía de la excursión C-8.

- Wilson J. L. and Jordan C., 1983. *Middle Sheif. Carbonate Depositional Environments*. De. by Peter A. Scholle Don G. Bebour Clyde H. Moore. Am. Assoc. of Petroleum Geologist. Memoir 33, chapter 7. pp. 297-344.
- Winker D. C. et Buffier T., 1988. *Paleogeographic Evolution of Early deep Water Gulf of Mexico and Margins, Jurassic to Middle Cretaceous (Comanchean)*. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull. Vol. 72, No. 3, pp. 318-346.
- Yánez García C. 1980. *Informe geológico del proyecto geotérmico los humero-Derrumbadas, estados de Puebla y Veracruz*. Comisión Federal de Electricidad Área de Geología y Minería.
- Zozaya Saynes M., 1972. *Prospecto Sierra Madre Oriental*, IGPR-101. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- Zozaya Saynes M., 1973. *Informe Final del Prospecto Cholahuite Arroyo Grande*. IGPR-103. Petróleos Mexicanos. Inédito.