



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS DE LA TIERRA**

**"ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LA
FORMACIÓN HUIZACHAL EN LA REGIÓN
DE TLAHUELOMPA, ESTADO DE
HIDALGO"**

**TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERA GEÓLOGA**

P R E S E N T A

NAYELI BETEL CANSECO SÁNCHEZ

Director de tesis: ING. JAVIER ARELLANO GIL



C.D Universitaria, México, D.F., 2015



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.

**ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LA FORMACIÓN HUIZACHAL
EN LA REGIÓN DE TLAHUELOMPA, ESTADO DE HIDALGO**

Nayeli Betel Canseco Sánchez

Director: Ing. Javier Arellano Gil



**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Julio 2015**

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la dicha de haber hecho realidad uno de mis mayores sueños y el cual llena de bendiciones y de éxitos mi vida entera.

A mi Madre por el apoyo incondicional que me brinda en todos los aspectos y la cual causa mi más grande motivación para seguir esforzándome en todo momento.

A mi director de tesis Javier Arellano Gil, por su apoyo, por su paciencia y su tiempo otorgado incondicionalmente en cada momento para la realización de este trabajo.

A los profesores, Dra. Patricia de León por darme la oportunidad de trabajar en equipo, Lic. Sergio Macías por haberme apoyado en el aprendizaje y realización del mapa geológico para este trabajo y el Ing. Miguel Vera Ocampo por su apoyo en diferentes aspectos durante mi estancia en la Facultad.

A mi alma máter, la Universidad Nacional Autónoma de México

*“Mi máximo respeto y mi máxima admiración a todos los ingenieros,
especialmente al mayor de todos ellos, Dios”*

(Thomas Alva Edison)

Resumen	1
Abstract	2
Capítulo 1 GENERALIDADES	4
1.1 Objetivos	4
1.2 Método de trabajo	4
1.2.1 Investigación bibliográfica	4
1.2.2 Material fotogeológico	4
1.2.3 Material cartográfico	5
1.2.4 Trabajo de campo	6
1.2.5 Trabajo de gabinete	7
1.3 Ubicación	7
1.4 Vías de comunicación	8
1.5 Fisiografía	9
1.5.1 Orografía	9
1.5.2 Hidrografía	10
1.6 Clima	10
1.7 Vegetación	11
1.8 Fauna	11
1.9 Economía y Recursos Naturales	12
1.10 Antecedentes	13
Capítulo 2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	19
2.1 Marco geológico regional	19
2.2 Estratigrafía	24
2.2.1 Paleozoico	24
2.2.1.1 Gneis Huiznopala	24
2.2.1.2 Formación Tuzancoa	25
2.2.2 Mesozoico	26

2.2.2.1 Formación Huizachal	26
2.2.2.2 Formación Huayacocotla	28
2.2.2.3 Formación Xaltipa	32
2.2.2.4 Formación Tepexic	33
2.2.2.5 Formación Santiago	34
2.2.2.6 Formación Pimienta	34
2.2.2.7 Formación Tamaulipas	35
2.2.3 Cenozoico	36
2.2.3.1 Formación Tlanchinol	36
2.2.3.2 Formación Atotonilco el Grande	38
2.2.3.2 Depósitos Recientes	39
2.2.3.2 Aluvión	40
 Capítulo 3 ESTRATIGRAFÍA LOCAL	 41
3.1 Estratigrafía Local	41
3.1.1 Columna estratigráfica	41
3.1.2 Geología estructural	51
3.1.2.1 Pliegues	52
3.1.2.2 Fallas normales	54
3.1.3 Litología	55
3.2 Contenido fosilífero	56
3.2.1 Antecedentes	56
3.3 Ambiente sedimentario	58
3.4 Descripción del mapa geológico	61

Capítulo 4 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA	63
4.1 Evolución Geológica	63
4.2 Paleozoico	63
4.3 Mesozoico	64
4.4 Cenozoico	68
Capítulo 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1 Conclusiones	69
5.2 Recomendaciones	71
Bibliografía	72
Apéndice 1. ANÁLISIS DE MUESTRAS MACROSCÓPICAS	1
Muestra 1	1
Muestra 2	2
Muestra 3	3
Muestra 4	3
Muestra 5	4
Muestra 6	5
Muestra 7	6
Muestra 8	6
Muestra 9	7

Resumen

Las secuencias sedimentarias del Triásico Superior-Jurásico Inferior de la región de Zacualtipán, en los límites de Hidalgo y Veracruz, están representadas por las denominadas Formación Huizachal y Formación Huayacocotla. La parte basal de la Formación Huizachal se compone de una intercalación de estratos de conglomerados y conglomerados arenosos, el resto de la formación está constituida por una secuencia terrígena de colores rojizos y ocres, donde predominan los estratos de areniscas conglomeráticas, areniscas, lutitas, limolitas e intercalaciones de areniscas con lutitas, incluyendo entre ellos y de manera esporádica pequeños horizontes de carbón; se presentan intervalos de areniscas de grano fino con estratificación cruzada y con laminación.

Se recolectaron y analizaron un total de 21 muestras a lo largo de la columna estratigráfica medida, las que se eligieron en los niveles más representativos de la secuencia expuesta en las proximidades de Tlahuelompa y San Mateo, Hidalgo, localidades donde se tienen buenos afloramientos de las formaciones Huizachal y Huayacocotla, en el cinturón de pliegues y fallas en la parte central del denominado Anticlinorio de Huayacocotla. Las muestras analizadas corresponden a areniscas de grano fino, areniscas de grano medio, de grano grueso, lutitas bituminosas, lutitas negras, lutitas arenosas y limolitas.

El depósito de esta formación se dio en un ambiente sedimentario continental que inicio con fuerte pendiente y culminó en una planicie con un extenso valle. El depósito inicio en el Triásico Superior y continuó en el Jurásico Inferior de forma asociada a un proceso que provocó distensión a causa de la apertura del Golfo de México, para dar como resultado la separación de Pangea. Debido a esta fase de deformación se crearon Horsts y Grabens, ocurriendo el depósito de terrígenos en una cuenca de graben, siendo sus fuentes principales de aporte sedimentario las rocas de la Formación Tuzancoa que ocupaban la posición de los altos topográficos cercanos a la cuenca; primeramente el depósito se efectuó como deslizamientos de taludes y abanicos aluviales, para después evolucionar a depósitos fluviales, de trezado a meándrico y seguir llenando dicha fosa con rellenos de canal en una cuenca subsidente de tipo rift. La Formación Huizachal presenta secuencias intercaladas, como producto de una compleja evolución de un sistema fluvial. Estas

secuencias se encuentran tanto erosionadas, como cubiertas por algunas secuencias volcánicas del Cenozoico a lo largo de la Sierra Madre Oriental.

El espesor total de la columna estratigráfica expuesta a lo largo del camino de terracería que lleva de Tlahuelompa a San Mateo, Hgo., es de 1954 m, siendo su contacto inferior con la Formación Tuzancoa de edad Pérmica y el contacto superior transicional con la Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior.

Se identificaron dos comunidades fosilíferas en las areniscas de grano fino y en las lutitas, correspondientes a Bennettitales y Helechos, donde las primeras presentan numerosas frondas completas e incompletas pertenecientes a los géneros: *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Ptillophyllum*, *Zamites* y dentro de los helechos *Sphenopteris*, indicando un clima cálido y húmedo. El mayor contenido paleontológico se tiene en las secuencias acumuladas en condiciones de baja energía cuando las condiciones tectónicas fueron más estables lo que permitió el desarrollo de un amplio valle con un río que en temporadas de lluvia se desbordaba originando depósitos de llanuras de inundación que permitía la incorporación y presencia de flora acarreada y del entorno, lo que explica el contenido paleontológico y las facies arenosas y arcillosas.

Abstract

The Upper Triassic-Upper Jurassic sedimentary sequences of the Zacualtipan region (Hidalgo and Veracruz federal boundary) are represented by the Huizachal and Huayacocotla formations. The basal part of Huizachal Formation is composed of alternating conglomerate with sandy conglomerate, whereas the rest is characterized by color terrigenous sequences red and ocher, with a predominance of conglomeratic sandstone, sandstone, shale, siltstone and interbedded sandstone with shale, including scarce carbon horizons, also present is laminated and cross bedding fined sandstone.

A total of 21 samples were recollected and analyzed as representative of the studied stratigraphic column, those chosen as the most representative of the sequence exposed in the Tlahuelompa and San Mateo surroundings, Hidalgo State, having good outcrops of Huizachal and Huayacocotla formations, as central part of the Huayacocotla Anticlinorium.

Analyzed samples are coarse, medium, and fine sandstone, bitumen shale, black shale, sandy shale, and siltstone.

The deposition of such sequence began with a strong slope and finished in a wide valley. Deposition started in the Triassic and continued to Lower Jurassic jointly with a distension process that caused the Gulf of Mexico opening, *i.e.* breakup of Pangea. As part of it, horsts and grabens were formed, resulting in terrigenous deposition in a structural basin of sediments coming from the Tuzancoa Formation which occupied high topographic levels close to the basin. First, slope and alluvial fan sequences were deposited followed by fluvial, braided and meander sequences (channel-fills) in a subsident basin rift type. The Huizachal Formation presents alternating sequences as product of a complex fluvial evolution of the system. Such sequences are both eroded and covered by Cenozoic volcanic rocks along the Sierra Madre Oriental.

The thickness of the stratigraphic column exposed is of 1954 m along a road going from Tlahuelompa to San Mateo, Hidalgo. The lower contact with Tuzancoa Formation is Permian in age whereas the upper transitional contact with Huayacocotla Formation is Lower Jurassic in age.

Two fossil communities were identified in both fine sandstone and shale, belonging to *Bennettitales* and fern. The first present numerous complete and incomplete fronds from the genre *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Ptillophyllum*, *Zamites*, the second belong to *Sphenopteris* indicating warm and humid climate. Major paleontological content is present in sequences deposited under low energy conditions, thus reflecting stable tectonic conditions. This enabled valley and river development which, under flooding periods translated into flooding sequences with transported and *in-situ* flora, explaining the observed paleontological content as well as sandy and clay facies.



Capítulo 1

Generalidades

"Análisis estratigráfico de la Formación Huizachal en la región de Tlahuelompa, Estado de Hidalgo"

Capítulo 1 GENERALIDADES

1.1 Objetivos

- Describir y analizar las principales características sedimentológicas y estratigráficas de la secuencia del Triásico Superior-Jurásico Inferior en la región del poblado de Tlahuelompa en el municipio de Zacualtipán estado de Hidalgo.
- Establecer la caracterización estratigráfica de la unidad del Triásico Superior por medio de una columna geológica así como del ambiente sedimentario.
- Elaborar el mapa geológico y una sección geológica representativa del área de estudio.
- Interpretar la evolución geológica y el paleoambiente de la región durante el Triásico superior-Jurásico Inferior.
- Proponer un modelo conceptual paleoambiental.

1.2 Método de trabajo

Para la investigación de este trabajo se llevó a cabo la metodología que se describe a continuación de forma resumida:

1.2.1 Investigación Bibliográfica

Se recolectaron trabajos previos referentes a la geología de la región de Tlahuelompa, Hidalgo y zonas aledañas a la región de estudio como mapas, imágenes de satélite, artículos, tesis y demás trabajos científicos con el fin de tener un panorama general de la geología de la zona de trabajo, posteriormente se realizó el análisis y síntesis de la información recopilada.

1.2.2 Material fotogeológico

Se interpretaron fotografías aéreas mediante la identificación de rasgos geológicos, geomorfológicos y geohidrológicos del área a trabajar, analizando los diferentes cuerpos de rocas, con base en este análisis se delimitaron y reconocieron, unidades litoestratigráficas y los contactos geológicos.

Con ayuda del estereoscopio se delimitaron los contactos entre cada una de las unidades litoestratigráficas apreciables en las fotografías aéreas. Tomando en cuenta los contrastes

de colores, texturas, el tipo de vegetación y los patrones de drenaje que se desarrollan en cada tipo de roca.

Ortofoto escala 1:20 000, CLAVE F14D62A datum ITRF 92, resolución 2.0, tipo B y N

Ortofoto escala 1:20 000, CLAVE F14D62B datum ITRF 92, resolución 2.0, tipo B y N

Ortofoto escala 1:20 000, CLAVE F14D62C datum ITRF 92, resolución 2.0, tipo B y N

1.2.3 Material Cartográfico

Se adquirió una carta topográfica de Zacualtipán (F14D62) escala 1:50,000 publicada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2000), así como las cartas geológica-minera de Pahuatlán (F14-D73) a escala 1:50,000, publicada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2000) y Pachuca (F14-11) a escala 1:50,000, publicada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 1997). Así como imágenes digitales de Google Earth (figura 1.1) disponibles en internet, que nos permitió delimitar la zona de trabajo donde afloran las secuencias Triásicas-Jurásicas.



Figura 1. 1 Área de estudio de la región de Tlahuelompa Estado de Hidalgo (tomada de Google Earth 2014)

1.2.4 Trabajo de campo

Se realizaron visitas a campo, una vez establecida la zona de estudio, mediante mapas topográficos, fotogeología, reconocimiento de campo, se encontraron diferentes unidades litoestratigráficas además de estructuras como, pliegues, fracturas y fallas, que no fueron identificados en el análisis fotogeológico, lo que nos permitió delimitar la unidad eligiendo donde realizar la medición de la columna estratigráfica completa, tal que pudiera ser cartografiable y pudiera ser medible, se colectó información mediante levantamiento geológico con uso de brújula Brunton, báculo de Jacob y cinta métrica.

Se realizó la descripción macroscópica de las diferentes litologías en los afloramientos, describiendo el tipo de litología, la composición mineralógica, el color al fresco e intemperizado, estructuras sedimentarias y el contenido fosilífero; tomando muestras para su posterior clasificación, realizada por la Dra. Patricia Velasco de León y alumnos de la carrera de biología de la FES Zaragoza. Se recolectaron muestras de mano para su posterior análisis y se tomaron datos vectoriales de rumbo y echado de los estratos de las unidades estratigráficas y de las estructuras geológicas (figura 1.2).



Figura 1. 2 Descripción de afloramientos.

1.2.4 Trabajo de gabinete

- Se realizó un mapa geológico basándonos en la carta geológica del Servicio Geológico Mexicano Zacualtipán (F14D62), así como en el estudio de afloramientos y contactos dentro del área de estudio y posteriormente se digitalizaron utilizando el software QGIS.
- Se realizó una columna estratigráfica con un mejor diseño en un programa de cómputo digitalizando dicha columna estratigráfica con INKSCAPE.
- Se realizó la clasificación de muestras de rocas colectadas, basándonos en la clasificación de Dott (1964), modificada por Pettijhon (1974) identificando texturas y contenido mineralógico, matriz y cementante así como sus porcentajes, redondez, angulosidad, tamaño de clastos, relación entre clastos y fábrica.
- Para la interpretación del paleoambiente se realizaron modelos ambientales que representan los procesos geológicos que dieron origen a las secuencias Triásicas-Jurásicas del área de estudio.

1.3 Ubicación

El área de estudio se encuentra comprendida entre los municipios de Zacualtipán Estado de Hidalgo y Huayacocotla estado de Veracruz, este último perteneciente al Norte del Estado de Veracruz, se encuentra ubicado en la llamada Huasteca Baja o Sierra de Huayacocotla, dentro de la Sierra Madre Oriental, a una altitud de 2,140 m.s.n.m entre los paralelos 20.55676, 98.40565 latitud y longitud, colinda al Norte con el estado de Hidalgo y el Municipio de Zontecomatlán de López y Fuentes, y al Sur el estado de Hidalgo que comprende el municipio de Agua Blanca, al Oeste con el estado de Hidalgo con el municipio de San Agustín Metzquititlán y al Este con el municipio de Texcatepec y Zacualpan. El municipio de Zacualtipán deriva su nombre de la raíz "tzacualli" que etimológicamente significa, "lugar de escondites" o "lugar de montículos o pirámides". Limita al Norte con Tianguistengo y Xochicoatlán, al Oeste con Metzquititlán, al Sur con Metzquititlán, municipios del estado de Hidalgo, y al Este con el estado de Veracruz. El área de estudio se encuentra localizada dentro del municipio de Zacualtipán de Ángeles en el estado de Hidalgo, en el poblado de Tlahuelompa cerca del

Río Tlahuila, con coordenadas de longitud 98.575000 W latitud 20.65055 N y una altitud de 1660 m.s.n.m.m (figura 1.3).

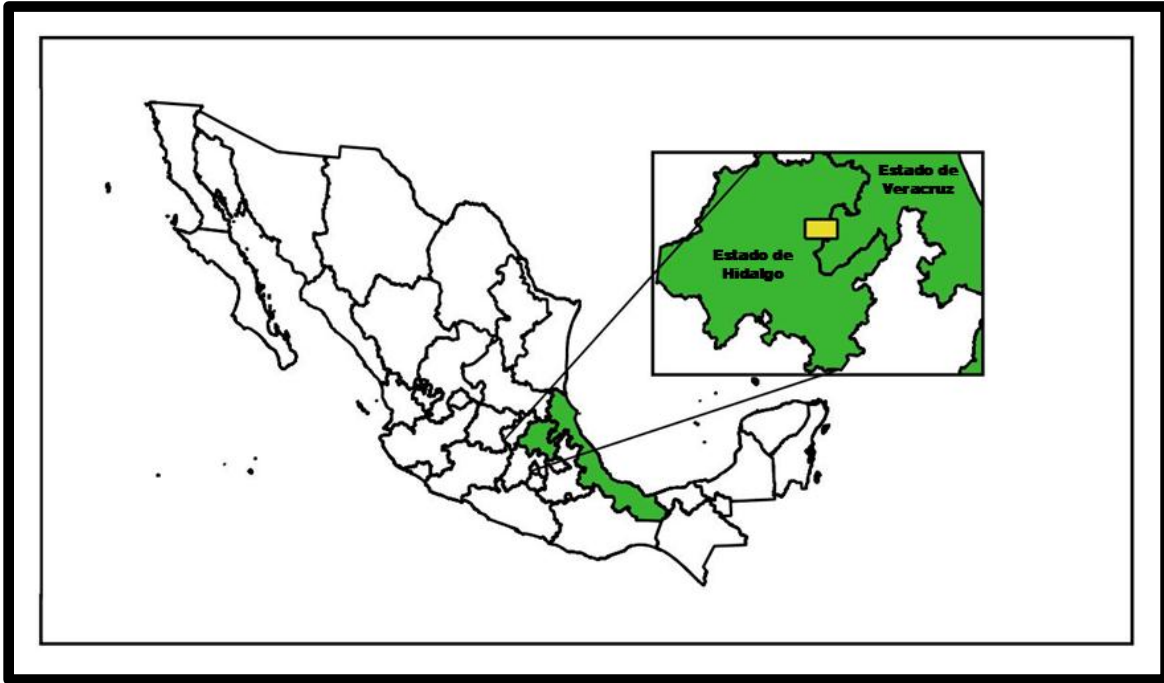


Figura1. 3 Localización de la zona de estudio.

1.4 Vías de comunicación

Existen diferentes rutas de acceso al municipio de Zacualtipán, aunque el acceso principal es sobre la carretera federal número 105 México-Tampico. Se toma la autopista siguiendo el camino hacia Huejutla de Reyes y un par de kilómetros antes de llegar a Zacualtipán de Ángeles, se toma la desviación hacia la derecha en el cruce que indica hacia Tlahuelompa. Para llegar a esta localidad primero pasamos por el Municipio de Huayacocotla y finalmente llegamos a la localidad de trabajo que tiene por nombre Tizapán a un costado del Río Tlahuila próximo al poblado de Tlahuelompa. Para acceder al área de estudio tuvimos que transitar un estrecho camino de terracería y así poder encontrar cortes carreteros donde se pudieran localizar los mejores afloramientos para medir la columna estratigráfica (figura 1.4).

El área de estudio se comprende en la Sierra Madre Oriental, está constituida por pendientes, mesetas y cañones. Este municipio representa numerosas partes planas, cerros y relieves ondulados, acentuándose la parte Oriente con un relieve montañoso.

1.5.2 Hidrografía

En gran parte del Estado de Hidalgo las corrientes fluviales son escasas, esto se debe primordialmente al clima y la topografía. En las porciones Norte y Noreste, los vientos húmedos del Golfo de México propician abundantes lluvias, lo abrupto de la Sierra Madre Oriental impide el aprovechamiento de los escurrimientos, ya que descienden rápidamente a las zonas bajas. Entre las principales corrientes fluviales, destacan los ríos: Amajac, Metztitlán y Tula.

Las principales lagunas del Estado de Hidalgo son: las de Metztitlán, Zupitlán (Tulancingo); de San Antonio, Pueblilla y Carrillos, de San Miguel y San Francisco. También existen aguas termales sulfurosas, en La Cantera.

El Estado de Veracruz posee una gran riqueza hidrológica, cuenta con numerosos ríos; Pánuco, Tuxpan, Cazones, Nautla, Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos. En las regiones montañosas de Veracruz los ríos forman numerosas caídas, en las que destacan: Vinazco cerca de Huayacocotla, Pancho Pozas cerca de la Ciudad de Altotonga, El Encanto cerca de la Ciudad de Tlapacoyan, Texolo en el Municipio de Xico Naolinco, El Descabezadero en el Municipio de Actopan, El Salto de Eyipantla en el Municipio de San Andrés Tuxtla y Huazuntlán, en la Sierra de Sotepan.

1.6 Clima

El 39 % del Estado de Hidalgo presenta un clima seco y semiseco, el 33 % templado subhúmedo, el 16 % cálido húmedo, 6 % cálido subhúmedo y el restante 6 % presenta un clima templado húmedo; estos últimos se presentan en la zona de la huasteca.

La lluvia se presenta en verano, en los meses de junio a septiembre, la mayor parte del estado tiene un clima templado con rangos anuales de entre 20°C y 30°C. La parte central tiene un clima seco-semiseco; en las partes altas de la sierra domina el clima templado subhúmedo, y las sierras son semifrío-húmedas. La temperatura media anual es de 32°C, como máxima, y de 8,5 grados como mínima. Tiene un clima promedio de 24°C

al año. Para el municipio de Zacualtupán tiene un clima templado-frío, registra una temperatura media anual 14°C, precipitación pluvial de 2,047 mm al año, y el período de lluvias es igualmente de junio a septiembre.

Para el estado de Veracruz el clima es tropical cálido, con una temperatura media anual de 25.3°C y precipitación media anual de 1500 mm. Durante los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero se presenta el fenómeno conocido como "norte", que son rachas de viento provenientes del Norte y que alcanzan velocidades aproximadamente desde los 50 hasta los 130 kilómetros por hora. En algunas ocasiones la temperatura desciende varios grados, aunque su duración es breve, de uno a tres días.

1.7 Vegetación

La flora es variada, desde matorrales de tipo desértico, pinos y encinos de la sierra. También tiene vegetación de selva alta en la Huasteca, así como árboles superiores a los 25 m de altura.

La vegetación que se puede encontrar en la sierra está representada por abeto, pino, encino, oyamel, enebro, copal, caoba, palo de rosa, ébano, framboyán, mezquite, café, nopal, agave, lechuguilla y damiana. Hay muchas clases de matorral desértico arbustivo y una alta variedad de cactáceas.

En Veracruz su vegetación es de tipo selva baja caducifolia, constituida por árboles que pierden sus hojas durante la época invernal y se encuentran árboles como el liquidámbar y el ocote.

1.8 Fauna

El estado de Hidalgo es poseedor de por lo menos 31 variedades de serpientes, 13 especies de patos, 6 de palomas, 4 de codornices y gorriones, 3 de halcones, 3 de zorrillos y 2 de tortugas, entre otras. Existen también nutrias, águila real americana, mono araña, jabalí de collar, hecofaisán, oso hormiguero y la zorra gris.

Entre la fauna más abundante de la zona destacan las siguientes aves, mamíferos y reptiles: garzas, cotorras, colibríes, tordos, búhos, zopilotes, gatos monteses, coyotes, zorrillos, conejos, liebres, lagartijas y serpientes de cascabel. Hacia el centro y en toda la parte Norte y Este del estado en donde típicamente existen venados cola blanca, onzas y jaguares.

En la Sierra de la Huasteca la fauna típica está compuesta de tlacuaches, puercoespines, tigrillos, tejones, codornices y guajolotes. La existencia de un suelo árido y las escasas lluvias de temporal que se presentan en el Valle del Mezquital, propicia que se dé la presencia de coralillos, lagartijas, camaleones, arañas, ciempiés, alacranes, grillos, chapulines hormigas y pinacates.

En el estado de Veracruz hay una gran variedad de animales silvestres, entre los que se encuentran principalmente la garza, gaviota, conejo, tlacuache, ardilla y tuza entre otros, además de una gran variedad de insectos.

1.9 Economía y Recursos Naturales.

La economía del Estado de Hidalgo aporta el 1.5 al PIB Nacional de México. Hidalgo se ubica con un Índice de desarrollo humano estatal de 0.7124 Alto. Desde el 27 de noviembre de 2012 el estado se encuentra dentro del área económica B de México.

El Estado de Hidalgo, es un centro minero tradicional, y los principales productos extraídos de su suelo son el azufre, zinc y plomo, seguido por la plata y el oro. La mayor parte del Producto Interno Bruto de Hidalgo es el sector de servicios, seguido de la fabricación, agrícola, forestal y pesca. Los principales cultivos son: alfalfa, maguey, caña de azúcar, cebada grano, atún, frijol verde, el jerez de café, la carpa, la trucha, y un pez llamado charal.

El territorio de Hidalgo cuenta con una extensión de 2.1 millones de hectáreas de las cuales el 29% se utilizan en la agricultura, 39% para la ganadería, 22% son áreas forestales, el 9% corresponden a zonas urbanas, caminos, instalaciones, etc. y sólo el 1% es ocupado por cuerpos de agua. La superficie rural es de 1.9 millones de hectáreas 90%

y la urbana de 0.2 millones de hectáreas 10%. La población que trabaja en las actividades del sector primario es de 184 mil personas aproximadamente.

El Puerto de Veracruz es y ha sido el más importante del país desde sus inicios en la época virreinal hasta la época actual, durante 250 años fue el único puerto por el cual podían entrar y salir mercancías de América Continental hacia Europa. Actualmente se planea la expansión del Recinto Portuario.

Sus ingresos principalmente provienen del comercio, puesto que es un puerto comercial, seguido del turismo que es también muy importante ya que en esta ciudad se realiza el Carnaval de Veracruz el cual es considerado el más importante de México. Otras actividades comunes son la industria automotriz, la siderúrgica y la pesca. El 2.01% de la población municipal se dedica al sector primario, el 24% al sector secundario y el 67% al sector terciario.

1.10 Antecedentes

En la Sierra Madre Oriental se han realizados gran cantidad de estudios geológicos con diferentes enfoques, destacando los llevados a cabo en los Estados de Hidalgo y Veracruz, en los que se han estudiado las secuencias sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico; con relación a los estudios relacionados a las secuencias sedimentarias continentales, y mixtas destacan los siguientes:

Los primeros estudios que se realizaron en la Formación Huayacocotla pertenecen a Bosë (1898 en, Aguilar, 1084) quien consideró estas facies correspondientes a la edad Liásica. Sin embargo Imlay y colaboradores (1953) definieron a estos sedimentos marinos como Formación Huayacocotla pero otros autores la manejan como Grupo Huayacocotla.

Díaz Lozano (1916) menciona que al pie del estribo de la sierra se encuentra el Río Vinazco, y que en el fondo de una barranca profunda se altera una secuencia de sedimentos del Jurásico inferior, así como otras secuencias sedimentarias superiores.

Seemens (1921), emplea por primera vez el nombre de Formación Huizachal, en un informe inédito para la compañía Mexicana de Petróleo “El Águila”. Posteriormente Roberson, 1925, lo emplea en un reporte también inédito sobre la Sierra Madre, al Oeste de Ciudad Victoria Tamaulipas, para la Mexican Gulf Oil Company.

Imlay et al. (1948), define a la Formación Huizachal como capas rojas de aproximadamente 400 m de espesor en el norte y este de México, las cuales subyacen a sedimentos marinos del Jurásico Superior y que algunas veces sobreyacen a rocas del Jurásico Inferior, Paleozoico o del Precámbrico.

Imlay R. W (1953) sugiere que rocas sedimentarias del Jurásico Inferior han sido encontradas en los estados de Hidalgo, Veracruz, Puebla, Oaxaca y Chiapas. Las rocas del oriente de Hidalgo, Noroeste de Veracruz y Norte de Puebla pertenecen a facies marinas que incluyen intercalaciones de capas continentales. Las facies dominantes marinas del Jurásico Inferior de la región de la Huasteca de Veracruz y Puebla han sido descritas por Burckhardt como una potente masa de lutitas, así mismo incluye unas cuantas intercalaciones de calizas y varios lentes de conglomerado cuyos guijarros consisten principalmente de rocas ígneas y metamórficas.

Mixon et al. (1959), cambia de nombre a la Formación Huizachal a Grupo Huizachal, denominando como Formación La Boca la parte inferior. Reportan cambios variables de alteración y metamorfismo que fue provocado por la acción de cuerpos intrusivos y por actividad hidrotermal. Las rocas expuestas en los arroyos del Noroeste de Huizachal fueron descritas como un pórfido riódacítico seritizado.

Carrillo-Bravo (1961), redefine a la Formación Huizachal y asigna una edad Triásico Superior-Jurásico Inferior, así mismo propone el nombre de Formación Huizachal a una secuencia de lutitas, lutitas arenosas, areniscas y conglomerados con flora del Triásico Superior, que en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina cubren en discordancia angular a sedimentos paleozoicos y rocas de probable edad Precámbrica, y subyace en discordancia angular a la Formación La Joya, a la Formación Zuloaga o a la Formación Olvido. Revisó las formaciones Paleozoicas y Mesozoicas del Anticlinorio Huizachal-

Peregrina y estudió los fenómenos de deformación que han afectado a la región y la acción de dichos fenómenos sobre los sedimentos que existen en ella.

Carrillo-Bravo (1965) correlaciona las rocas del Anticlinorio de Huayacocotla con las del Anticlinorio de Huizachal Peregrina y las considera como Formación Huizachal.

Hermoso C y Martínez P. J (1972) Tuvieron el objetivo de realizar estudios detallados de la estratigrafía de las rocas del Jurásico, así como conocer con detalle los cambios de facies y establecer el patrón sedimentario correspondiente.

Pérez Ramos (1978) considera, que el Anticlinorio de Huayacocotla representa una estructura plegada de la Sierra Madre Oriental. En cuyo núcleo se encuentran rocas del basamento. La base de la secuencia paleozoica en el Anticlinorio de Huayacocotla está constituida por rocas metamórficas que se relacionan con el gneis Huiznopala de edad Precámbrica Tardía.

Meiburg et al. (1987), en Arramberri, Nuevo León, describe la Formación Huizachal como una brecha sedimentaria y no como una secuencia de areniscas y lutitas rojas, como se presenta en otras zonas de la Sierra Madre Oriental. Considerando los datos de Meiburg et al. (1987) tratándose de la Formación Huizachal; Jones et al. (1995) reconocen esta misma secuencia y tentativamente interpretan a las rocas volcánicas como la Formación Nazas, la brecha sedimentaria como Formación La Joya y las calizas como la Caliza Zuluaga.

Michalzik (1991) en el Cañón El Alamar reporta a la Formación Huayacocotla formada por una secuencia compleja de conglomerado, arenisca conglomerática, arenisca color gris, rojo y verde en alternancia con limolita y lodolita. Dicha formación presenta algunas estructuras de deformación, incluyendo crucero en las lutitas, relacionado al tectonismo laramídico y acortamiento cortical, la secuencia también es afectada por fallamiento más reciente de un sistema extensivo post-laramídico.

Rueda G. J (1991) aplicó en método palinoestratigráfico determinando la edad, las condiciones tectono-estratigráficas y diagenéticas de los Lechos Rojos (Formación La Boca o Formación Huizachal) aflorantes en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina.

Rueda-Gaxiola et al. (1993), proponen establecer el Alogrupo Los San Pedros, que está constituido por dos aloformaciones; Aloformación Huizachal y Aloformación La Boca la cual sobreyace discordantemente a la Aloformación Huizachal. Rueda-Gaxiola (1993) interpreta el contacto entre la Formación La Boca y la Formación Huizachal como discordante. Sin embargo no se han identificado discordancias angulares significativas entre estas unidades (Barbosa et al., 1999).

Rueda G. J, Dueñas, M, Rodríguez, J. L , Minero, M y Uribe G (1993), mencionan que los quistes de dinoflajelados son indicadores de medios marinos que confirman la hipótesis que el mar transgresivo que ocupó la fosa de Huayacocotla-El Alamar llegó hasta la localidad del Cañón de La Boca durante la edad Sinemuriano. Los palinomorfos encontrados indican que esta fosa estaba comunicada con el proto-Atlántico del Norte, con un clima cálido semi-seco con condiciones de humedad restringidas en las partes bajas del graben y con zonas altas templadas en la región del Anticlinorio Huizachal-Peregrina.

Ochoa Camarillo H.R (1996), en la región de Molango con observaciones de campo considera la ocurrencia de tres eventos tectónicos 1.- Una fase de extensión que se inició en el Jurásico Temprano y terminó a finales del Jurásico Medio. 2.- Las rocas tanto jurásicas como cretácicas fueron plegadas durante el Cretácico Tardío y el Eoceno Tardío en lo que se conoce como la Orogenia Laramidica. 3.- Y un evento más por extensión pos-pliocénica.

Rueda, G. J, Brito, A. M, Guerrero M. M, Del Valle A y Pliego V. E (1997), mediante la caracterización palinológica y considerando los siguientes datos ópticos del residuo: color, aspecto, se pudo identificar regionalmente las palinozonas en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina, interpretan cambios laterales de facies de la Aloformación La Boca a la Formación Huayacocotla en la Cuenca de Huayacocotla-El Alamar. Todas estas variaciones indican un ambiente más marino hacia el sur que hacia el norte.

Arellano Gil. J, Vachard D, Yussim S, Flores de Dios González A (1998), caracterizan las facies y la evolución tectónica de las formaciones Pérmico-Jurásicas de la región de los poblados Pemuxco y Jalapa en el Estado de Hidalgo, de la Formación Guacamaya y Huizachal. La Formación Guacamaya correspondiente del Wolfcampiano Superior al Leonardino Inferior, se compone de turbiditas con abundante contenido fósil, su depósito pertenece a una cuenca profunda cerca del talud continental frente a una plataforma marina somera que aportó por medio de corrientes de turbidez. Para la Formación Huizachal corresponde del Carníaco al Hetagiano Inferior formada por sedimentos por un depósito fluvial meándrico, en un área de rift asociada a la disgregación de Pangea.

Ochoa Camarillo H, Buitrón B.E, Silva Pineda A, (1998) estudiaron las rocas del Jurásico de la región de Molango, el Jurásico Inferior está representado por la Formación Huayacocotla. El Jurásico Medio se representa por dos unidades, Formación Cahuassas (capas rojas) que se depositó en una planicie aluvial continental arriba de la línea de supramarea y por la Formación Tepexic de ambiente transicional.

Barboza et al. (1999) menciona que la Formación Huizachal en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina se expone mediante una sección volcanogenética que consiste de flujos de lava de básicos a intermedios interestratificados con materiales piroclásticos, así como domos riolíticos mostrando bandas de flujo bien desarrollados y fábrica esferulítica.

Eguiluzde Antuñano S, Aranda García M, Marrett R, (2000) describen la tectónica de la Sierra Madre Oriental, así como los principales eventos estratigráficos, consideran que el basamento de la Sierra Madre Oriental varía en edades que van desde el Precámbrico en la región de Peregrina Tamaulipas, el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla, hasta esquistos de edad pre-Oxfordiano en el área que ocupa la franja plegada del frente de la Sierra Madre Oriental.

Blau J, Meister C, Schlatter P, Schmidt Effing R, (2003) mencionan que la Cuenca Huayacocotla forma una estructura en forma de ensenada y el endemismo puede ser explicado por la posición de ensenada de la Cuenca Huayacocotla, que era tal vez más aislada de otras zonas.

Ángeles Cruz C, (2006) estudiaron los segmentos de los municipios de Tenango de Doria y San Bartolo Tutotepec en el estado de Hidalgo, donde el marco geológico corresponde a coberturas volcánicas del Mioceno sobre secuencias marinas mesozoicas. Los resultados se basaron en la edad de las rocas estudiadas determinadas principalmente a amonites. Los sedimentos se depositaron en una margen continental activa con una clara tendencia hacia un arco de islas, (cuenca tras-arco), en la que el arco de islas actúo como una barrera provocando que la circulación de agua hacia el sitio de depósito estuviera restringida.

Granados León A (2007) interpreta paleoambientes con base en fósiles de invertebrados marinos, los que sugieren que el depósito ocurrió en una cuenca tras-arco que se formó durante el proceso de subducción de placas, que provocó el levantamiento tectónico de la Sierra Madre Oriental, dando un origen a un arco de islas y se cree que de la erosión de este último, pudieron proceder gran parte de los sedimentos que dieron origen a las diferentes unidades litológicas que conforman al Grupo Huayacocotla.

Hernández Velázquez E J (2007) considera que la formación Huayacocotla representa una depositación marina, moderadamente profunda, lo cual representa una transgresión sobre un mar epicontinental. La secuencia representa un paleoambiente marino somero de plataforma nerítica abierta, con variaciones menores de energía relacionada con mareas y/o temporal de corta duración; en el estudio geoquímico se establecen las condiciones óxicas y subóxicas en los ambientes de depósito de los sedimentos liásicos.

Arenas Islas, Diana-Esquivel E, Carlos, & Flores Castro Kinardo (2009) reportan en la región de Tenango un nuevo afloramiento, cuya fauna fósil consiste en amonoideos y bivalvos. De la evidencia se infiere que el afloramiento representa una plataforma nerítica distal de baja energía, cíclicamente afectada por flujos eventuales de sedimento que vienen de la plataforma nerítica proximal y media, para terminar depositándose bajo condiciones reductoras apoyadas por *Posidonotis Semiplicata* que indica condiciones disóxicas reforzado por la existencia de nódulos de pirita en el sitio de fosilización.



Capítulo 2

Marca Geológica Regional

"Análisis estratigráfico de la Formación Huizachal en la región de Tlahuelompa, Estado de Hidalgo"

Capítulo 2 MARCO GELÓGICO REGIONAL.

2.1 Marco geológico regional.

Este apartado describe el marco estratigráfico y estructural regional basado principalmente en la bibliografía consultada y en observaciones obtenidas del trabajo geológico de campo realizado, presentando de manera resumida las diferentes unidades que componen la estratigrafía de la zona.

La estratigrafía de la región es muy variada, va desde rocas intrusivas con edades precámbricas, lutitas-areniscas del Pérmico, calizas cretácicas y hasta rocas volcánicas como basaltos del Neógeno que afloran en algunos sectores del Norte del Estado de Hidalgo y Noroeste del Estado de Veracruz (Figura 2.1).

Estas litologías están directamente relacionadas con grandes procesos importantes en la historia geológica de la zona estudiada como por ejemplo; desde la formación del gran Supercontinente Pangea, pasando por su desintegración vinculada con procesos de una tectónica de placas distensiva tipo “rift” y posteriormente actuaron procesos que originaron cambios en el nivel del mar causando regresiones y transgresiones significativas.

El basamento corresponde a rocas metamórficas de la Formación Gneis Huiznopala de edad proterozoica, que son definidas por Fries y Orta (1965) como gneises granulíticos, con una edad Triásico Superior (Carrillo, B.J., 1961) a la que la subyace discordantemente una secuencia de lutita, arenisca y conglomerado que pertenecen a la Formación Huizachal (Robertson, 1925).

En el Jurásico Inferior descansa en forma discordante sobre la Formación Huizachal, son terrígenos de grano grueso en la base y hacia la cima, areniscas de grano fino en alternancia con lutitas, de la Formación Huayacocotla (Imlay et al., 1948).

En el Jurásico Superior (Oxfordiano) y Cretácico tenemos formaciones que en su mayoría corresponden a litologías calcáreas ya que inician las transgresiones marinas que constituyen la base de las secuencias sedimentarias que integran la Sierra Madre Oriental. En este intervalo se registran las máximas transgresiones marinas de la porción oriental de México, inicio del evento orogénico Laramide.

En la Era Cenozoica tenemos principalmente rocas ígneas del Cinturón Volcánico Mexicano, que se compone de sucesiones volcánicas constituidas por lavas, brechas, tobas y derrames de lavas. Durante el Plioceno se tiene emplazamientos de rocas ígneas intrusivas, continuando la actividad ígnea durante el Plioceno-Pleistoceno.

Por último de manera discordante se depositaron aluviones en el lecho de los ríos y arroyos (figura 2.1).

En el Estado de Hidalgo y parte del Estado de Veracruz convergen cuatro importantes provincias geológicas de las cuales solo se describirá una, la que está relacionada al área de estudio y que tienen gran importancia por sus características geológicas (figura 2.2).

- 1.- Porción Sudoriental del Cinturón Mexicano de pliegues y Fallas.
- 2.- Porción Noroccidental de la Faja Transmexicana.
- 3.- Terminación Meridional del Miogeocinclinal del Golfo de México.
- 4.- Terminación Sudoccidental de la Plataforma de Valles–San Luis Potosí (Ortega-Gutiérrez et al., 1992).

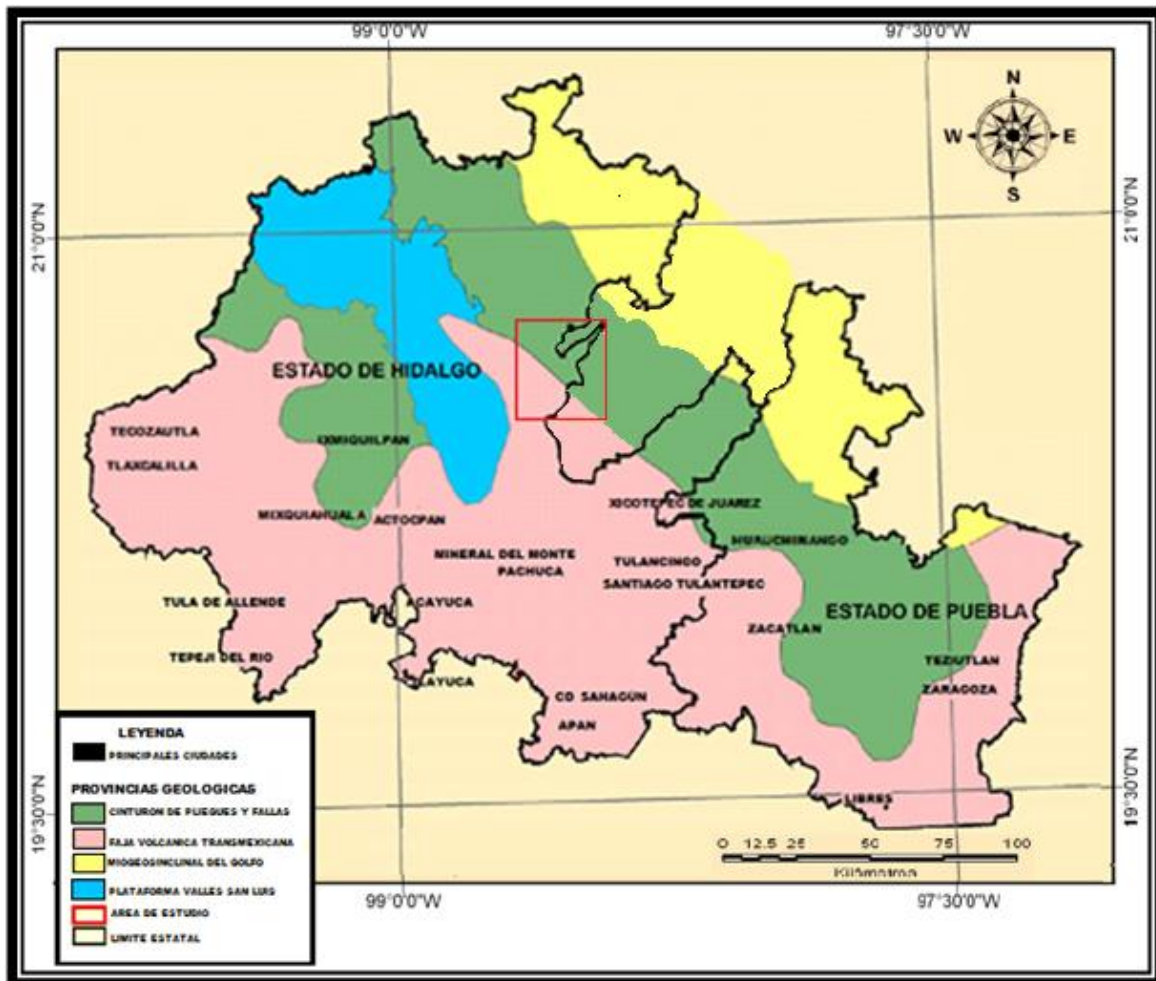


Figura 2.2 Provincias Geológicas relacionadas con el área de estudio (fuente, COREMI e Instituto de Geología UNAM, 1992).

Porción Sudoccidental del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas

El Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas corresponde a la Sierra Madre Oriental, cuyo relieve se debe a la deformación de rocas Mesozoicas y de su complejo basal los que fueron levantados, comprimidos y transportados hacia el Noroeste formando pliegues y cabalgaduras durante la Orogenia Laramide (Samuel-Antuñano et al., 2000). Se compone de rocas sedimentarias marinas Mesozoicas plegadas y con fallas inversas; también contiene rocas continentales Cenozoicas deformadas, que conforman sierras orientadas NW-SE perteneciente a una sucesión montañosa de más de 800 km de longitud y alrededor de 90 km de amplitud.

Ocupa la mayor parte del Noreste de México. El basamento de la sierra madre oriental consiste de rocas que varían de edad Precámbrica, en Peregrina, Tamaulipas (Carrillo, 1961; De Cserna et al., 1977, Ramírez, 1978) o el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla (Carrillo, 1965), hasta esquistos de edad pre-Oxfordiana, que aparecen afloramientos aislados en San Julián, Zacatecas.

En esta porción del área estudiada se emplaza el Anticlinorio de Huayacocotla, cuyo sector está orientado hacia el N 45° W, que cruza el Estado de Hidalgo en su porción Oriental, y en el núcleo aflora una asociación de charnokitas-gabroica-anortosítica y el Gneis Huiznopala, de composición cuarzo- feldespática.

Según la información isotópica disponible, son las rocas más antiguas del Estado de Hidalgo datadas por el método plomo-alfa 1210 ± 140 millones de años (Ma) (Fries y Rincón-Orta, 1966); por el de U-Pb en circón: 1212 ± 132 Ma (Ortega Gutiérrez et al., 1997).

El Anticlinorio de Huayacocotla se forma por una gran acumulación de sedimentos marinos. Se le ha considerado un aulacógeno desarrollado durante la apertura del Golfo de México (Schmidt-Effing 1980).

Las rocas Paleozoicas del Pérmico Temprano afloran en la porción Nororiental del Estado de Hidalgo en el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla, corresponden a una secuencia marina de arenisca, conglomerado, caliza y lutita, de 200 m de espesor, intercaladas con

lava, piroclastos y rocas epiclásticas formadas en un arco extensional (Rosales-Legarde et al., 1997).

El mesozoico está representado esencialmente por lutita, lutita calcárea, arenisca, limolita y conglomerados, por ejemplo de la Formación Huizachal (2 000 m de espesor), del Triásico Tardío y por sedimentos clásticos marinos y continentales del Jurásico Temprano, cubiertos por rocas marinas clásticas y calcáreas del Jurásico Medio y Tardío.

El Cretácico Inferior consiste esencialmente de depósitos de naturaleza calcárea: Cuenca Intracratónica Zimapán y Plataforma de Valles–San Luis Potosí.

2.2 Estratigrafía

A continuación se describen a las unidades estratigráficas de la región y las que afloran en el área de estudio, de la más antigua a la más reciente.

2.2.1 Paleozoico

2.2.1.1 Gneis Huiznopala

Las rocas más antiguas que representan el basamento en el Estado de Hidalgo fueron descritas por Von Kuegelgen (1958). Posteriormente, Fries y Rincón-Orta (1965) las denominaron formalmente como Gneis Huiznopala, considerando como localidad tipo los valles del Río Claro, Arrollo Agua Salada y Arroyo Acatepec, ubicados cerca del Pueblo de Huiznopala. Ortega-Gutiérrez y colaboradores (1995) realizaron descripciones litológicas del basamento cristalino en la localidad tipo.

La edad radiométrica por Pb-Ar (Fries y Rincón, 1965) reportada va de 1240 ± 140 ma a 1212 ± 132 ma por U-Pb, se evidencia el metamorfismo del protolito ígneo de 987 ± 3 ma, datos que lo confirman con edad Greenvilliana (Fries y Rincón, 1996; ortega et al., 1997).

El Gneis Huiznopala se encuentra discordantemente debajo de la Formación Santiago en el área de Huiznopala, de la Formación Huayacocotla en el área de Otongo y Totonicapa,

de la Formación Tepexic en el área del Socavón Coyoles, de la Formación Chipoco en el área del Socavón y de la Formación Pimienta en el Arroyo Jalpa. En la región de Otlamalacatla, Huiznopala se encuentra debajo de las formaciones Pimienta y Tamaulipas Inferior, a la vez en contacto tectónico con rocas paleozoicas, donde se observa en contacto discordante con la existencia de una brecha tectónica silicificada en la parte superior del basamento.

En el área del Arroyo Chipoco aflora la Formación Chipoco, descansando en forma discordante sobre un conglomerado basal y subyace por contacto tectónico a la Formación Tepexic. El conglomerado está constituido por clastos de gneis y debajo del conglomerado se encuentra el basamento de la Formación Huiznopala (Ortega-Gutierrez, 1997).

2.2.1.2 Formación Tuzancoa

La Formación Guacamaya (Formación Tuzancoa) propuesta por Carrillo (1961), que aflora al Noreste del Estado de Hidalgo, su localidad tipo se encuentra entre los ranchos La Guacamaya y La Peregrina, en el Cañón de La Peregrina a lo largo del Río Tianguistengo, con una dirección de rumbo Sureste-Noreste, Rosales-Legarde (2002) infirió que la Formación Tuzancoa se desarrolló en una cuenca ligada a un arco volcánico generado sobre corteza continental. En este ambiente las rocas fosilíferas representan flujos de origen turbidítico y flujos de detritos calcáreos intercalados dentro de una secuencia volcánica. Dadas las características sedimentológicas y de la fauna asociada, se puede inferir un ambiente de depósito primario somero en pequeñas plataformas terrígenas que bordeaban los edificios volcánicos, previo al transporte hacia zonas profundas por las corrientes de turbidez

Los conglomerados masivos de turbiditas calcáreas incluyen bloques de caliza coquinoideas con fusulínidos y crinoideos, conglomerados y lutitas de color gris oscuro, negro y gris verdoso que aflora en el Anticlinorio de Huizachal–Peregrina. El contacto superior es discordante con los lechos rojos de la Formación Huizachal.

La Formación Guacamaya contiene fusulínidos índice del Pérmico Temprano, también contiene fragmentos de equinodermos, briozoarios, y de braquiópodos (Pérez-Ramos 1978).

Dicha unidad se correlaciona con las formaciones; Plomosas de Placer de Guadalupe, Caliza Vainilla de Chicomuselo, Chiapas y Tigre de Sonora, entre otras. La edad relativa asignada por medio de fósiles va del Pensilvánico Superior al Pérmico (Martínez, 1962; Carrillo, 1961; Ochoa, 1996-1997; Rosales, et al., 1997).

Las intercalaciones conglomeráticas con bloques coquinoideos de fusulínidos, sugieren la denudación de una plataforma calcárea y el transporte subacuoso de sus fragmentos hacia cañones submarinos. Así la unidad se acumuló en el borde de talud continental como en el margen, en el marco tectónico de la integración del Continente Pangea.

2.2.2 Mesozoico

2.2.2.1 Formación Huizachal

La Formación Huizachal en un principio fue descrita por Imlay y colaboradores (1948), quienes erróneamente la situaron en la base del Jurásico Superior. Más tarde, Carrillo-Bravo (1961) asigna el nombre a la Formación Huizachal de edad Triásico Tardío que de acuerdo a este autor contiene: limolitas líticas, litarenitas volcánicas, conglomerados cuarzosos y subarcosas de colores rojo, café rojizo, blanco rojizo y verde que afloran como localidad tipo en el Valle de Huizachal.

La Formación Huizachal aflora en el sector Noreste del Estado de Hidalgo. Denominada anteriormente como Lechos Rojos. La Formación Huizachal comprende a rocas sedimentarias cuya composición y estructura indican un origen principalmente fluvial ya que se compone de conglomerados, arenisca, limolitas y lutitas.

El espesor de las capas es muy variable desde unos cuantos centímetros hasta metros, las lutitas presentan capas delgadas mientras que en los conglomerados son masivos. En las areniscas basales se presenta estratificación cruzada de bajo ángulo, laminación y

bandeamiento. Las lutitas y limolitas presentan laminación fina y algunos lentes de conglomerado. Los conglomerados están formados por fragmentos de areniscas, rocas ígneas y metamórficas.

Dicha formación está caracterizada por rocas y estructuras típicas de una etapa de rifting, donde existieron condiciones ambientales muy oxidantes que propiciaron la coloración característica de esta formación, por gran contenido de hematita.

El espesor de diversos afloramientos varía, es frecuente observar bloques de algunos metros hasta kilómetros, que en ocasiones va más allá de 2 000 m de espesor.

En el Anticlinorio de Huizachal–Peregrina cubre en discordancia angular, algunas veces a sedimentos Paleozoicos y en otras rocas edades de probable edad pre-cámbrica; subyacen en fuerte discordancia angular en algunos casos a una delgada sección de sedimentos de probable edad Jurásica.

El ambiente tectónico está interpretado por una etapa de rifting, mencionado anteriormente, por lo tanto representa una amplia distribución geográfica ya que está confinada por límites de fallas normales que formaron grabens donde ocurrió una rápida subsidencia.

Con base en la aplicación del Método Palinoestratigráfico, implementado en el Instituto Mexicano del Petróleo Rueda-Gaxiola (1993) fue posible obtener la edad de esta unidad, la que corresponde al Sinemuriano, en un rift abortado Aulacógeno, como lo consideró Schmidt-Effing en 1980. La edad de la formación fue determinada primeramente por medio de troncos fosilizados y hojas recolectadas de Mixon et al (1958) que arrojaron una edad Triásica Tardía, se encuentra sobreyaciendo discordantemente al Gneis Huiznopala, de edad Triásica.

En el área de estudio presentan las rocas clásticas de esta formación tonalidades amarillentas y rojizas con tamaño de los granos de granos a arcillas, en algunos afloramientos se encuentran en contacto con rocas volcánicas. En general las rocas

correspondientes a esta formación son arcosas, lutitas y entre los estratos de dichas rocas se tienen algunos horizontes de carbón (figura 2.3).



Figura 2.3 Arcosa-Subarcosa en el área de estudio.

2.2.2.2 Formación Huayacocotla

Las primeras observaciones de sedimentos marinos del Jurásico Inferior en el Anticlinorio de Huayacocotla fueron por Díaz-Lozano (1916) y Burckhardt (1930) en la región de Huayacocotla Veracruz, al referirse a estas rocas Burckhardt (1930) utilizó el término “Sedimentos Liásicos” (Jurásico Temprano), basado en la fauna de amonites encontrados. Posteriormente Imlay y colaboradores (1948), propone denominar como Formación Huayacocotla quienes la nombraron formalmente y la describen como una secuencia del Jurásico Inferior de 300 a 400 m o más que describieron a una secuencia de lutita con intercalaciones de arenisca, conglomerado con escasos lentes de caliza; presenta estratos con fósiles y limolita con plantas terrestres de posible edad Pleisbaquiano.

Erben (1956) divide a la Formación Huayacocotla en esta región, con base en su contenido faunístico y litológico, en nueve unidades, comenzando por la base:

- 1.- Unidad con *Caroniceras pseudolyra*. Lutitas negro-azuladas, nódulos negros y localmente concreciones negras fosilíferas y lodolita gris-café.
- 2.- Unidad con *Arnioceras geometricoide*. Lutita negra a gris oscura, incluye nódulos negros pequeños y lodolita gris-café.
- 3.- Unidad con *Oxinoticeras*. Lutita gris, gris-café o verdoso, poco arenosa y arcillosa y nódulos oscuros arenosos.
- 4.- Unidad con Conchas. Arenisca de grano fino a medio, gris-café o verdosa, de estratificación mediana. Arenisca de grano fino, gris, cuarcítica, limolita gris café con escasa lutita.
- 5.- Unidad con *Pleurechioceras subdeciduum*. Limolita gris-café, lodolita con poca lutita gris oscuro. Presenta nódulos negros.
- 6.- Unidad con *Pleurechioceras*. Litología similar al inciso 5, con un conglomerado basal de guijarros poco rodados con diámetro de 0.5-3 cm.
- 7.- Unidad con *Echioceras burckhardtii*. Lutita gris-oscuro a negruzco, con crucero en forma de lápiz. Limolita y lodolita oscura.
- 8.- Unidad con *Microderoceras bispinatum altespinatum*. Lutita negra, negra azulada, con concreciones negras fosilíferas, limolita y lodolita.
- 9.- Lutita con Plantas. Lutita y lodolita gris oscuro y negro, conteniendo restos de plantas. Arenisca alternando con lutita.

Más tarde Schmidt-Effing (1980) la redefine como Grupo Huayacocotla al observar y distinguir cinco eventos sedimentológicos con asociaciones faunísticas (amonites), a los cuales designa como formaciones: “Las Juntas”, “Temazcalapa”, “Despi”, “Tenango” y “Capa con Plantas” (Salvador, 1987; Schmidt, 1980; Ochoa, 1997). La localidad tipo se encuentra a lo largo del Río Vinazco situado en la región de Huayacocotla Veracruz, en el Rancho La Calera, donde las formaciones de este grupo tienen las siguientes características:

- a) Formación las Juntas. Está constituida por lutitas negras con amonites y bivalvos índice, en los cuales quedan restos de carbonato de calcio original que conformaba las conchas de éstos moluscos.; espesor aproximado de 300-500 m; edad Sinemuriano Superior.
- b) Formación Temazcalapa. Esta formación está representada por secuencias alternantes de arenisca y limolita con características de turbiditas, como la

estratificación rítmica carente de material fósil; tiene espesor aproximado 300 m y son de edad Sinemuriano Superior.

- c) Formación Despí. Está constituida por lodolita y limolita, en la parte superior tiene intercalaciones laminares de arenisca de grano fino con limolita arenosa. Las intercalaciones de clastos finos contienen abundantes amonites índice además de bivalvos y crinoideos identificados y referidos al Sinemuriano Superior. Con espesor aproximado 300-350 m edad.
- d) Formación Tenango. Consiste de limolita negra con abundantes amonoides; espesor aproximado de 300-400 m y edad Sinemuriana.
- e) Capa con Plantas. Dicha formación corresponde principalmente a limolita y arenisca, con abundantes restos de plantas continentales (hojas y tallos) y escasos amonites no identificados. Probablemente representa depósitos deltaicos. Se le considera a este paquete como la cima del Jurásico Inferior. Espesor aproximado de 200-250 m; de edad posible: Pleisbaquiano.

El grupo aflora en el núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla y se ha identificado en el subsuelo al perforar pozos petroleros en el área de la provincia de Tampico-Misantla.

La Formación Huayacocotla se encuentra suprayaciendo al Gneis Huiznopala en la mayoría de sus afloramientos.

En la región de Tlahuelompa no es posible diferenciar a la Formación Huayacocotla en la forma como Erben (1956) y Schmidt-Effing (1980) la describen. Esto se debe a la dificultad de reconocer las distintas unidades litológicas de la Formación Huayacocotla en el lugar, ya que estas son repetidas por eventos tectónicos. La Formación Huayacocotla en el área de estudio está compuesta principalmente por lutitas.

El espesor de la formación es muy variable, existen zonas sin depósito de esta formación y lateralmente pueden llegar unos cientos de metros; los espesores pueden sobrepasar los 900 m. Sin embargo, no se tiene la certeza de que estos espesores sean reales, por las repeticiones causadas por la deformación que presentan, por lo tanto, el espesor máximo se desconoce.

La edad que se le asigna con base a los amonites es del Jurásico Temprano (Burckhardt, 1930; Imlay et. Al., 1948; Kuegelgen in Erben, 1956; Erben, 1956; Carrillo-Bravo, Esquivel-

Macías, 2005). Erben (1956) describió la cima de esta formación y con base en restos de plantas le asignó una edad Pliensbaquiano.

Esta formación es importante desde el punto de vista tectónico porque se considera una formación pre y sin rift. Según Salvador (1991), forma el relleno de una cuenca de extensión continental, con dimensiones aproximadas de 100 km de anchura por 300 km de longitud.

El ambiente de depósito conforme lo menciona Ochoa-Camarillo et., al. (1998) existen tres miembros que conforman esta unidad y así mismo corresponde a tres ambientes de depósito.

Miembro inferior: Se constituye de conglomerados y brechas que sugiere que los clastos fueron transportados por corrientes de alta energía que los depositó cerca de un lugar de origen en abanicos aluviales.

Miembro intermedio: Se interpreta como un ambiente marino cercano o muy cercano a la costa.

Miembro superior: Corresponde a un ambiente fluvial.

Los afloramientos encontrados en el área de estudio, en su mayoría pudimos observar que contiene plantas terrestres, en unos estratos más abundantes que en otros, lo que nos lleva a deducir que nos encontramos en la parte superior de la Formación Huayacocotla y sugiere que las facies de la Formación Huayacocotla en esta región son más próximas a la costa. La litología que observamos es más parecida a la que menciona Imlay et al. (1948) donde tenemos más abundancia de areniscas como las que describe Erben (1956) y Schmidt-Effing (1890), (figura 2.4).



Figura 2.4 Areniscas de la formación en el área de estudio con restos fósiles de plantas.

2.2.2.3 Formación Xaltipa

A esta secuencia la describe primeramente Cantú (1971), pero sin un carácter litoestratigráfico en la localidad de Pie de la Cuesta, Ver.

Esta formación es una secuencia de capas rojas que afloran en el Anticlinorio de Huayacocotla, que descansa discordantemente sobre la Formación Huizachal y están cubiertos en forma transicional por la Formación San Andrés, denominada así por Hernández-Treviño y Hernández-Bernal (1991); también consideraron a estas rocas como de edad pre-Tithoniano Superior de acuerdo a relaciones estratigráficas, ya que no cuenta con fósiles por lo cual su edad se debe establecer con base en la propia de las unidades adyacentes. Se propone como localidad tipo a los cortes de la terracería hacia Texcatepec, Ver. Entre los poblados de Conquexta y La Pezma.

Esta formación se compone por brechas y conglomerados masivos de clastos de arenisca, conglomerado y limolitas, provenientes de la Formación Huizachal; las areniscas son subarcosas y sublitarenitas de grano medio a grueso, en estratos granodecrecientes con estratificación cruzada, en la base, y areniscas y conglomerados de gravas subangulares de cuarzo en la matriz calcárea con abundante estratificación, wackas-arcosicas angulares de grano fino con estratificación cruzada en la cima.

Cantú-Chapala reconoció esta unidad como sedimentos de origen continental en contacto discordante con la Formación San Andrés. Se encuentra aflorando en el límite de Hidalgo y Veracruz, cerca del poblado Tenago, Ver.

2.2.2.4 Formación Tepexic

Descrita en un principio por Erben (1956) Como una secuencia de caliza de color gris de grano grueso y con abundantes granos de cuarzo, así como de calcarenita de color gris hasta gris oscuro. Consta principalmente de caliza arenosa, marga y limolita, caracterizándose por su abundancia de fósiles; su base está representada por un conglomerado de cuarzo con matriz calcárea que a la vez dentro de la formación existen coquinas de griffithia y ostrea.

La Formación Tepexic indica el inicio de la sedimentación de carbonatos, ya que las formaciones Huayacocotla y Cahuascal presentan una ausencia total de carbonatos así mismo sus características litológicas indican un ambiente de depósito continental constituida principalmente de rocas ígneas, con periodos de actividad volcánica, erosión y transporte contemporáneo.

Se designa la localidad tipo en la presa del Río Necaxa, ubicado aguas abajo de la planta Tepexic, en el Norte del Estado de Puebla. Erben (1956) utiliza el término "Calcarenita Tepexic" al referirse a esta formación, lo cual fue introducido por Grabau (1903) para describir una caliza con más del 50% de detritos calcáreos del tamaño de la arena, mientras que el término arenisca calcárea fue introducido por Pettijohn (1957) para describir una arenisca compuestas de granos de carbonato de calcio y cementada con calcita, donde el contenido de granos de cuarzo es más del 50%. Por otro lado, el término de caliza arenosa fue introducido por Krumbein y Sloss (1951) que describe a una caliza con menos del 50% de granos de cuarzo.

La Formación se acumuló cuando ocurrió inestabilidad tectónica, porque sobreyace a la formación Huayacocotla en discordancia angular (Ochoa, 1997), mientras en el contacto superior es concordante con las formaciones Santiago, Tamán y Chipoco del Jurásico Superior

El espesor de la formación varía entre 40 y 350 m, la que se considera por Rosales Lagarde de edad Caloviana que confirma la edad de su fauna descrita por Erben (1956) y Cantú-Chapala (1971).

2.2.2.5 Formación Santiago

En un principio fue descrita por Reyes (1964) como un miembro de la Formación Tamán, en esta misma formación también; las incluye Carrillo (1965) sin embargo fue Cantú (1969) quien propone denominar como Formación Santiago a la secuencia arcillosa que infrayace a la Formación Tamán.

Su distribución abarca los poblados de Soyatla y Zahuastipán en el Estado de Hidalgo. Se compone de lutitas calcáreas fisiles contenidas en estratos delgados de 3 a 10 cm de espesor con marcas de carga. Los estratos presentan laminaciones paralelas de colores rojizos y pardos claros. Contiene nódulos calcáreos color negro, también contiene pelecípodos (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

Cantú (1971) le asigna una edad Caloviano Superior-Oxfordiano Superior, por su posición estratigráfica además de que sobreyacen a rocas con contenidos fosilíferos del Calloviano Medio y sobreyacen a rocas de Kimeridgiano Inferior.

Hernández-Treviño y Hernández-Bernal (1991) mencionan que el ambiente de depósito correspondiente a la Formación Santiago es un ambiente somero poco oxigenado con abundante material arcilloso acumulado en una plataforma adyacente a un sector continental con poco relieve.

2.2.2.6 Formación Pimienta

Heim (1926) fue el primero en denominar Formación Pimienta a una secuencia de calizas negras y blancas de estratos delgados, con abundantes horizontes de pedernal negro; la localidad tipo se localiza en el Km 337–338 de la carretera México-Laredo, aunque los mejores afloramientos se encuentran en San Antonio Ixtatetla.

La unidad se encuentra presente en el Anticlinorio de Huayacocotla con rumbo SE-NW, es de carácter arcillo-calcáreo con intercalaciones de areniscas líticas con fragmentos de cuarzo, feldespato y líticas de origen ígneo, las limolitas se presentan en estratos delgados, las calizas por lo general son mudstone y wackestone con contenidos de pedernal en bandas negro y en ocasiones laminado. La unidad contiene nódulos de pirita hematizada (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

A esta unidad se le asigna una edad Tithoniano Superior de acuerdo a Cantú (1971) y a estudios realizados con fósiles recolectados de suaritas, también la asignó como representativa de todo el Tithoniano en la región de Huehuetla, Hgo.

Esta unidad se acumuló en una plataforma subsidente con un aporte de material arcilloso que se profundizó y recibió aporte de flujos turbidíticos que procedían de la plataforma continental, esto en base a características litológicas y del contenido fosilífero (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

2.2.2.7 Formación Tamaulipas

Stephenson (1922), fue quien por primera vez utilizó el término Tamaulipas para referirse a la secuencia calcárea que se encuentra en el núcleo de la Sierra de Tamaulipas en el estado de Tamaulipas; posteriormente esta unidad se subdividió en las formaciones Tamaulipas Inferior y Tamaulipas Superior separadas por el Miembro Otates (Muir, 1936).

Esta secuencia calcárea en cuestión está fraccionada por la presencia de un paquete calcáreo- arcilloso intermedio (Horizonte Otates), Muir (1936). Se depositó en un ambiente de plataforma abierta con aporte de terrígenos, se considera más adecuado denominar Formación Tamaulipas Inferior a los estratos que se encuentran abajo del Horizonte Otates, los cuales corresponde al Cretácico Inferior y propone denominar como Tamaulipas Superior a la secuencia calcárea arriba de dicho horizonte de edad Albiano-Cenomaniano.

La Formación Tamaulipas Inferior (Cretácico Inferior)

Se compone de estratos de micrita fosilífera con calpionélidos de color gris claro, nódulos esferoidales, cuyos estratos son de 0.5 a 1 m de espesor, de facies pelágicas que su espesor es de 400 m. Entre los planos de estratificación se encuentran cuerpos de pedernal cuya geometría es nodular. Los cuerpos de pedernal por lo regular se asocian a líneas estilolíticas paralelas a los estratos, y cortan indiscriminadamente tanto a las calizas como al pedernal. Cuando los nódulos no son afectados por estas estructuras de presión-solución, estos permanecen inalterados; caso contrario cuando son atravesados por las estilolitas presentando un aspecto de corrosión (Aguayo, 1978). En el Cretácico Inferior, predomina la sedimentación calcárea de mar abierto que define la Formación Tamaulipas Inferior.

La Formación Tamaulipas Superior (Albiano-Cenomaniano)

Consta de caliza estratificada con lentes, bandas y nódulos de pedernal, definida por Muir, (1936) quien estima un espesor variable de 200 a 300 m.

Se compone de capas de 20 a 80 cm de espesor de micrita fosilífera y biomicrita de foraminíferos planctónicos y calciesferas, su color es gris claro a gris oscuro y es común encontrarla con estructura boudinada, con laminación y sedimentación gradual, hay pedernal negro en bandas delgadas. Descansa concordantemente la Formación Otates y subyace a la secuencia calcáreo-arcillosa de la Formación Agua Nueva (Carrasaco, 1977).

El depósito de esta unidad se efectuó en un ambiente de mar abierto (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991). La edad asignada a esta formación se basa en foraminíferos planctónicos, abarca del Albiano al Cenomaniano (Soto, 1981).

2.2.3 Cenozoico

2.2.3.1 Formación Tlanchinol

Coronando las sierras y sepultando parcialmente las formaciones mesozoicas de la Sierra Madre Oriental, se presenta la Formación Tlanchinol, también conocida como Serie

Tlanchinol por Robin y Bobier (1975) para describir los derrames volcánicos que afloran en la región del Pueblo de Tlanchinol.

Robin (1975, 1982) describe esta formación como una secuencia de derrames basálticos, con horizontes piroclásticos, que descansan sub-horizontalmente sobre sedimentos marinos plegados y erosionados.

Está constituida por basaltos de color gris oscuro, observándose vesículas con aspecto vítreo, intercalado con una serie de depósitos extrusivos, son generalmente porfídicos de olivino y piroxeno; algunos presentan fenocristales de plagioclasa de 3 a 4 mm de longitud y son representativos de un magmatismo subsaturado en sílice, con hasta 6% de nefelina (Robin, 1975).

Según descripciones petrográficas de algunas muestras de los basaltos, hechas por Suter (1990), estos están compuestos por plagioclasa básica (55-65%), augita (15-30%). Robin y Bobier (1975) señalan que los basaltos presentan tendencias tanto alcalina como toleítica.

En su base se ha evidenciado una serie de brechas de aspecto tobáceo-riolítico, la forma de las partículas son subangulosas y angulosas, unidos por una matriz tobácea, le sobreyace un horizonte de toba fina semicompacta de color rojizo. De acuerdo con Demant y Robin (1975), las rocas de la formación pertenecen a la provincia magmática alcalina del oriente de México.

Cantagrel y Robin (1979) proponen una subdivisión de la provincia magmática alcalina e incluyen a la Formación Tlanchinol en la subprovincia del límite del altiplano, de basaltos y riolitas. Esta subprovincia se caracteriza por derrames basálticos intercalados con secuencias félsicas y otras rocas piroclásticas.

Se considera que los basaltos alcalinos de la Formación Tlanchinol salieron por fisuras, ya que no hay centros de erupción volcánicos o conos cinerfíticos como en la Faja Volcánica Transmexicana. Los basaltos de la Formación Tlanchinol descansan sobre rocas

precámbricas en la región de Huiznopala y también cubren parcialmente las rocas sedimentarias jurásicas y cretácicas.

Cantagrel y Robin (1979) obtuvieron para la Formación Tlanchinol las edades mediante potasio-argón, indicando que las rocas volcánicas se formaron durante el Mioceno Tardío (figura 2.5).



Figura 2.5 Basaltos del Cenozoico que se observan arriba de unidades más antiguas.

2.2.3.2 Formación Atotonilco el Grande

Las primeras descripciones de la Formación Atotonilco el Grande fueron elaboradas por Geyne y colaboradores (1963). La localidad tipo se encuentra en la periferia del poblado de Atotonilco El Grande, Estado de Hidalgo.

Es una secuencia continental documentada del Plio-Cuaternario, que se depositó al mismo tiempo que la actividad basáltica, rellenando los amplios valles con gravas, arenas, limos y arcilla, formando un conglomerado polimíctico y areniscas. Sobreyaciendo a estas unidades se tienen aluviones y coluviones derivados de las rocas preexistentes.

La formación está compuesta principalmente por capas de texturas variable, desde lutita a conglomerado. Las rocas volcánicas son de composición máfica y fueron cartografiadas como Formación Tlanchinol, por otro lado tenemos basaltos que se encuentran intercalados con tobas de composición dacítica a riolítica (figura 2.6).

Robin (1975-1982) documento que predominan las ignimbritas (ignimbritas de la Región de Quetzalzongo, ignimbritas de la región de Zacualtipán). La litología de la formación en esta región es principalmente de basaltos intercalados con derrames piroclásticos de brecha o toba de composición dacítica a riolítica.

Esta unidad descansa sobre rocas pre-cenozoicas con discordancia erosional y angular muy marcada, así como sobre la Formación Tlanchinol. Se estima que el mayor espesor es de 400 m.

Cantagrel y Robin (1979) dieron las edades potasio-argón a las rocas de la Formación Atotonilco El Grande correspondiente a una edad Plioceno y son un poco más jóvenes que las de la Formación Tlanchinol, lo que sugiere una migración de volcanismo de Norte a Sur.



Figura 2.6 Rocas volcánicas extrusivas que se encuentran en grandes paquetes masivos.

2.2.3.2 Depósitos Recientes

Corresponde con aluvión que se identifica principalmente en base en su emplazamiento y morfología. Por su posición estratigráfica y por sus recientes procesos de formación se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario. Estos depósitos recientes se encuentran en un proceso de acumulación en diferentes medios, y están constituidas por gravas, arenas y arcillas.

2.2.3.2 Aluvión

Están formados por actividad fluvial (figura 2.7), acumulándose en ríos y arroyos y en ocasiones forman suelos aptos para establecer cultivos. En su mayoría son depósitos conglomeráticos mono y oligomícticos, que forman abanicos aluviales no consolidados, su matriz areno-arcillosa comúnmente saturada, evoluciona a suelos muy fértiles.



Figura 2.7 Depósitos Fluviales.



Capítulo 3

Estratigrafía Local

"Análisis estratigráfico de la Formación Huizachal en la región de Tlahuelompa, Estado de Hidalgo"

Capítulo 3 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

3.1 Estratigrafía Local

En este capítulo se describe detalladamente la columna estratigráfica medida a lo largo del camino de terracería entre los poblados de Tlahuelompa y San Mateo, ubicados en el Noroeste del Municipio de Zacualtipán, Hidalgo. En esta región están expuestas unidades que atestiguan un lapso comprendido entre el Triásico Superior y el Reciente, las unidades corresponden a dos provincias geológicas: La Sierra Madre Oriental y La Faja Volcánica Transmexicana.

En la Sierra Madre Oriental la estructura más representativa es el Anticlinorio de Huayacocotla, donde está expuesta una secuencia, constituida por las formaciones; Huizachal, Huayacocotla, Tepexic-Santiago-Xaltipa, Pimienta, Tamaulipas Inferior, Otates, Tamaulipas Superior. De la provincia Eje Neovolcánico se exponen las formaciones Tlanchinol y Atotonilco el Grande. El resto de las unidades son depósitos continentales, aluviales y de talud.

En el presente trabajo se estudió a la unidad litoestratigráfica denominada Formación Huizachal con la finalidad de interpretar sus características sedimentológicas durante el Triásico Superior y Jurásico Inferior en el área.

3.1.1 Columna estratigráfica

En esta parte se integró la información recabada de la medición del segmento medido la forma y geometría de la Formación Huizachal (figura 3.1), considerando las descripciones litológicas, las estructuras sedimentarias, el contenido fosilífero, así como las características de los estratos. Durante la medición se realizaron distintas observaciones en esta unidad, se tomó en consideración sus relaciones estratigráficas así como los aspectos estructurales.



Figura 3. 1 Medición de la columna estratigráfica de la Formación Huizachal en el camino de terracería que lleva de Tlahuelompa a San Mateo, Hidalgo.

Definición. Carrillo bravo (1961) propone denominar como Formación Huizachal “a una secuencia en ocasiones de más de 2000 m de espesor, de lutitas, lutitas arenosas, areniscas y conglomerados de color rojo, verde y gris verdoso (predominando el color rojo) con flora del Triásico Superior, que en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina están cubiertas mediante una discordancia angular en algunos casos por una delgada sección de sedimentos de probable edad Jurásico Superior (Formación la Joya), en otras a calizas oxfordianas de la Formación Zuloaga o capas yesíferas de la Formación Olvido ,en la porción Sur de la de la zona petrolera Panuco-Ebano, se presenta cubierta por capas del Jurásico Inferior. La localidad tipo es el Valle de Huizachal, aproximadamente 20 Km al Suroeste de Ciudad Victoria, Tamps.

Antecedentes. Seemes (1921) utilizó el nombre para designar a la secuencia que consideró como del Pérmico o del Triásico. Imlay et al. (1948) consideraron la Formación Huizachal a todos los lechos rojos de la Sierra Madre Oriental y los supusieron del Jurásico Medio.

Mixon (1958) propuso como Grupo Huizachal a la secuencia de lechos rojos del Valle de Huizachal; constituido por dos unidades: denominó como Formación La Boca a las rocas Triásicas y como Formación La Joya a las rocas del Jurásico Superior.

Carrillo (1959) designa como Formación Cahuizas a la secuencia de lechos rojos de edad post-Sinemuriano y pre-Calloviano que cubren a la Formación Huizachal en algunas localidades de la Sierra Madre Oriental.

Distribución. Dentro del área de estudio, la formación está expuesta en una franja con un ancho hasta de 10 km, con orientación Sureste-Noroeste en el sector central de la carta Zacualtipán; en el extremo Noroeste de la franja se encuentra el Poblado de Chochotla; en tanto que, hacia el Sureste se localiza el Poblado Mimianguaco.

Litología y espesor. La Formación Huizachal en el área estudiada consiste de una gruesa secuencia de rocas clásticas en estratos masivos y lenticulares, caracterizados por conglomerados polimícticos basales con abundantes líticos de cuarzo lechoso; areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada; lentes conglomeráticas y areniscas de grano grueso. La formación también incluye desarrollos carbonosos entre los estratos limo-arenosos y conglomeráticos (figura 3.2). Las rocas de la unidad están formadas principalmente por clásticos de cuarzo lechoso y de rocas volcánicas con un rango granulométrico amplio, desde el tamaño de limo hasta algunos bloques, los cuales se encuentran cementados por óxidos de hierro y por sílice.



Figura 3. 2 Estratos de areniscas-limosas con algunos desarrollos de carbón entre ellos, de la Formación Huizachal.

En la sección sobre la terracería que une a los poblados Tlahuelompa y San Mateo, Hgo. Se midió un espesor total de 1954 m de esta formación; espesor que se puede separar en 15 unidades con características distintivas (figura 3.3). A continuación se describen dichas unidades, a partir de la base a la cima (tabla 3.1)

UNIDAD	LITOLÓGÍA	ESPESOR TOTAL
1	Conglomerado basal en horizontes de más de dos metros de espesor, constituido de fragmentos angulosos y subredondeados de cuarzo, rocas metamórficas areniscas y rocas volcánicas, las que están cubiertas por areniscas cuarcíferas de grano medio, areniscas conglomeráticas y conglomerado con clastos subredondeados de cuarzo de color pardo rojizo, en estratos cuyo espesor no uniforme que varía de 1 a 2 m; algunos son de forma lenticular.	Espesor 31. m.
2	Arenisca conglomerática de color pardo rojizo con abundante cuarzo subredondeado, feldespatos y líticos, cuyos clastos más grandes tiene un diámetro promedio de 1.5 m con algunos rellenos de canal con espesores máximos de 4 m. Los estratos presentan espesores entre 60 cm y 1.5 m, tienen base erosiva y no tienen espesor continuo.	Espesor 66.0 m.
3	Arenisca de color rojizo por la abundancia de óxidos de hierro, con cuarzo y fragmentos de roca metamórfica y de areniscas en estratos de 1 a 1.5 m de espesor; se observa estratificación cruzada.	Espesor 15.0 m.
4	Arenisca conglomerática que consiste de fragmentos de roca y cuarzo, el contenido de cuarzo aumenta al subir estratigráficamente hasta formar un conglomerado oligomictico con clastos subredondeados de hasta 2 cm de diámetro y	Espesor 94.5 m.

	estratos lenticulares de 1.5 a 3 m de espesor; la unidad es de color gris rojizo.	
5	Areniscas laminadas de color gris verdoso en estratos tabulares las que se presentan interestratificadas con estratos conglomeráticos que contienen clastos subredondeados de hasta 5 cm de diámetro de fragmentos de arenisca y cuarzo; los conglomerados presentan estratos lenticulares. En la arenisca se observa estratificación cruzada, sus estratos tiene espesores entre 60 y 80 cm; mientras que, la parte conglomerática tiene estratos de hasta 3 metros de espesor en las fracciones finas contiene plantas fósiles.	Espesor 94.5 m.
6	Arenisca con granulometría variable, en algunas porciones grano fino y en otras de grano grueso, compuesta por fragmentos de roca, feldespatos muy intemperizados y cuarzos en estratos de 40 a 60 cm de espesor no uniforme, hacia la cima contiene estratos de arenitas líticas con laminación donde predominan areniscas de grano fino. La roca es de color gris verdoso y por el intemperismo se observa rojizo.	Espesor 198.0 m.
7	Areniscas (litarenitas) con algunas intercalaciones de areniscas conglomeráticas de color pardo rojizo con abundantes fragmentos de roca redondeadas y subredondeadas en estratos cuyo espesor varía de 30 a 50 cm.	Espesor 45.0 m.
8	Arenisca de grano fino a medio de color gris verdoso que por intemperismo se observa rojizo, la roca contiene líticos y fragmentos de cuarzo en estratos con espesores entre 40 cm y 1 m de espesor, en algunos de los cuales se observa laminación y estratificación cruzada. Los estratos	Espesor 100.0 m.

	delgados son tabulares y los más gruesos tienen espesores no uniforme, algunos son lenticulares.	
9	Arenisca de grano fino de color pardo rojizo con matriz arcillosa en estratos tabulares de 30 a 60 cm de espesor, algunos con estratificación cruzada.	Espesor 213.0 m.
10	Alternancia de areniscas de grano fino con limolitas de color amarillo rojizo en estratos de 20 a 50 cm de espesor que se presentan laminados; con estratos tabulares, contiene plantas fósiles predominando las hojas y tallos.	Espesor 51.0 m.
11	Areniscas de grano grueso en estratos de 40 a 60 cm de espesor no uniforme, con intercalación de areniscas de grano fino en estratos de 20 a 30 cm de espesor los estratos tabulares son; de color gris verdoso en roca fresca y con tonos rojizos por intemperismo.	Espesor 75.0 m.
12	Arenisca formada por fragmentos de roca, feldespatos y cuarzo (litarenita), con intercalaciones de limolitas que presentan una coloración parda rojiza. En estas rocas se encuentran restos de hojas fósiles y pequeños horizontes de carbón. El espesor de los estratos varía de 20 hasta 80 cm; los más delgados son tabulares.	Espesor 452.0 m.
13	Areniscas de grano fino de color amarillo rojizo con algunas intercalaciones de limolitas y horizontes de lutita de color negro. Las areniscas presentan laminaciones y están dispuestas en estratos tabulares de 15 a 40 cm. Tanto en las lutitas como en las limolitas; se presenta alto contenido de hojas y tallos de plantas fósiles.	Espesor 150.0 m.
14	Areniscas de color amarillo rojizo con estratos tabulares de 30 a 60 cm de espesor con intercalaciones de horizontes de limolitas. La	Espesor 159.0 m.

	limolitas contiene hojas de plantas fósiles.
15	Areniscas de color amarillo claro con algunas intercalaciones de limolita y lutita de color gris. Se observan concreciones arenosas, pistas de organismos y hojas fósiles. Los estratos tienen espesor entre 15 y 40 cm.

Tabla 3.1 Descripción litológica de la Formación Huizachal medida sobre la terracería entre los poblados de Tlahuelompa y San Mateo, Hidalgo.

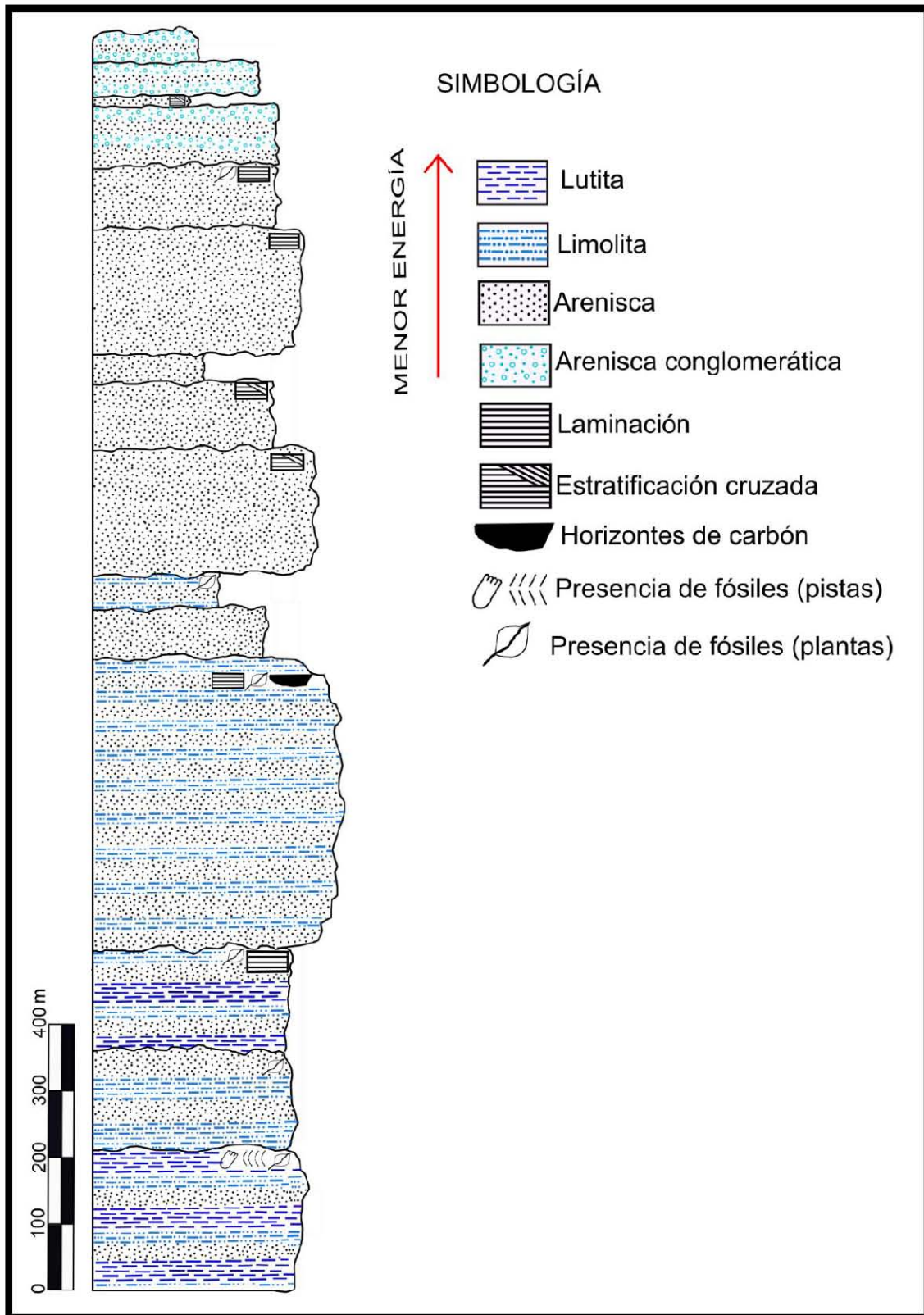


Figura 3. 3 Columna estratigráfica de la Formación Huizachal medida en el camino de terracería entre los poblados Tlahuelompa y San Mateo, Hidalgo.

Relaciones estratigráficas. El contacto inferior de la unidad fue observado sobre el camino de terracería que llega a la carretera Jalapa-San Mateo, Hgo. Este contacto es discordante con la secuencia turbidítica de la Formación Tuzancoa. En la terracería Huayacocotla-Zontecomatlan, se puede observar el contacto superior de la Formación Huizachal con la Formación Huayacocotla, dicho contacto tiene un carácter transicional (Mendoza-Rosales et al., 1992) se encuentra una intercalación de conglomerados cuarzosos, y areniscas de color amarillento con horizontes calcáreo-arcillosos; aproximadamente a 25 m arriba del contacto descrito. Por otra parte, en el Río Mimianguaco, entre Zonzonapa y Xaltipa, Hgo, la Formación Huizachal presenta un contacto superior discordante con una secuencia de lechos rojos muy probablemente del Jurásico Tardío; de la Formación Xaltipa. La discordancia está evidenciada por estratos masivos de conglomerados de fragmentos de la Formación Huizachal (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

También el Río Mimianguaco se observó una relación de corte por falla normal entre un cuerpo intrusivo Mesozoico y la Formación Huizachal; en este caso el contacto es estructural.

Carrillo (1965) en su descripción de la Formación Huizachal, en el Camino Tlahuelompa, Hgo.-San Mateo, Ver. Incluye "Por lo menos dos horizontes con pelecípodos"; porción que se asignó a la Formación Huayacocotla, separada de la Formación Huizachal por un contacto transicional que Carrillo no incluyó en su trabajo. El contacto superior discordante que Carrillo menciona con la Formación Huayacocotla en el Río Chinameca, es discordante pero con la Formación Cahuwasas de acuerdo a su propia descripción de esta última y al carácter de la secuencia sobreyacente: La Formación Huayacocotla que describe en tal localidad (Carrillo op.) corresponde a la secuencia de las formaciones Cahuwasas, Tepexic y Santiago (Mendoza-Rosales, Silva-Romo, G., J. Arellano-Gil and C. C., 1993).

Edad y correlación. La edad de esta formación ha sido muy discutida. Erben (1956) la consideró del Jurásico Medio, considerándola como Formación Cahuwasas, con la parte

basal no más antigua que el Jurásico Inferior. A raíz de los estudios en la región de Ciudad Victoria, llevados a cabo por Mixon y colegas (1959) y por Carrillo (1965), se descubrieron en la parte media a inferior de esta formación, plantas bien conservadas de indudable edad Triásica Tardía. Las primeras plantas colectadas en el Cañón del Novillo, cerca de Cd. Victoria fueron identificadas como *Pterophyllum fragile* Newberry, *Pterophyllum inaequale* Fontaine, *Cephalotaxopsis carolinensis* Fontaine y fragmentos de *Podozamites*.

En la parte alta de la formación, en el Cañón de la Reja, se reportó *Williamsonia netzahualcoyotli* Wieland que según Silvia (1978), es considerada como el Jurásico Inferior. Schmidt (1980) reporta también fósiles de edad Hettangiano.

Carrillo (1965), reporta las siguientes plantas fósiles: *Todites sp.*, *Mertensides bullatus Bumbury*, *thaumatopteris* ef. *T. kochibeii*, *Sphenopteris* cf. *S. desmomera* Sapporta, géneros del Triásico Superior, aunque los dos últimos se encuentran también en el Jurásico Inferior y Medio; se encuentran además, los géneros *Otozamites hespera* Wieland y *O. reglei Brongeniart*, que han sido reportados por otros autores como el Jurásico Inferior. Con base en contenido fosilífero y su relación estratigráfica con la Formación Huayacocotla se le asigna una edad correspondiente al Triásico Tardío-Jurásico Temprano.

Se correlaciona con la Formación Todos Santos del Sureste de México y con la secuencia turbidítica de la Formación La Ballena de la Cuenca Mesozoica del Centro de México.

Ambiente de depósito. El carácter de la secuencia sugiere un medio de depósito fluvial inicialmente en condiciones de baja pendiente lo que se asocia al conglomerado basal producto de flujos de escombros y abanicos aluviales posteriormente los ríos tuvieron menos pendiente; siendo anastomosados y finalmente meándricos, con abundantes llanuras de inundación. En tanto que su gran espesor, se puede explicar por una acumulación en un área subsidente asociada a una tectónica distensiva tipo "rift"; en el marco de la disgregación del Supercontinente Pangea.

El depósito de estas capas rojas representan el llenado de fosas y semifosas o cuencas de tipo rift con subsidencia activa durante su depósito, donde los sedimentos clásticos producto de la erosión de los altos estructurales fueron depositados como abanicos aluviales, depósitos de tipo fluvial, planicie deltáica o lacustre (Salvador, 1987).

Michalzik (1987), menciona que los depósitos de la Formación Huizachal indican una fase de rifting que se inició en el Triásico Tardío en una cuenca tras-arco, donde existió una elevada tasa de subsidencia y sedimentación.

Los sedimentos de la Formación Huizachal muestran tendencia a formar ciclos de tipo “fining upward” o de disminución progresiva del tamaño de grano. Los ciclos pueden ser completos o interrumpidos y muestran el comportamiento de cauces fluviales en un sistema de baja sinuosidad de tipo anastomosado que evolucionó a meándrico. Con la nivelación del paleorelieve se aumentó la sinuosidad del sistema fluvial dando origen a sedimentos más finos hacia la parte superior de la formación sobre todo cuando la sedimentación ocurrió en grandes valles sujetos a inundación (llanuras de inundación) (Michalzik, 1988).

3.1.2 Geología estructural.

La zona estudiada se encuentra en la Sierra Madre Oriental, en la franja de pliegues y fallas inversas laramílicas. También se tienen fallas normales que afectan a las secuencias mesozoicas y a las estructuras laramílicas.

En el área de estudio se reconocen estructuras que contrastan, con ellas es posible definir dos fases de deformación principales, la primera de carácter compresivo, formó pliegues y fallas inversas y una fase distensiva posterior que se caracteriza por un sistema de fallas normales con componente lateral.

La fase compresiva corresponde a la franja de pliegues y cabalgaduras laramílicas, que en este estudio se refleja en la mega estructura denominada Anticlinorio de Huayacocotla; el anticlinorio presenta numerosos pliegues secundarios y con charnelas paralelas a la estructura mayor.

La fase distensiva se manifiesta en una serie de fallas normales con una orientación general Sureste-Noroeste que dislocan a la secuencia plegada (figura 3.4).

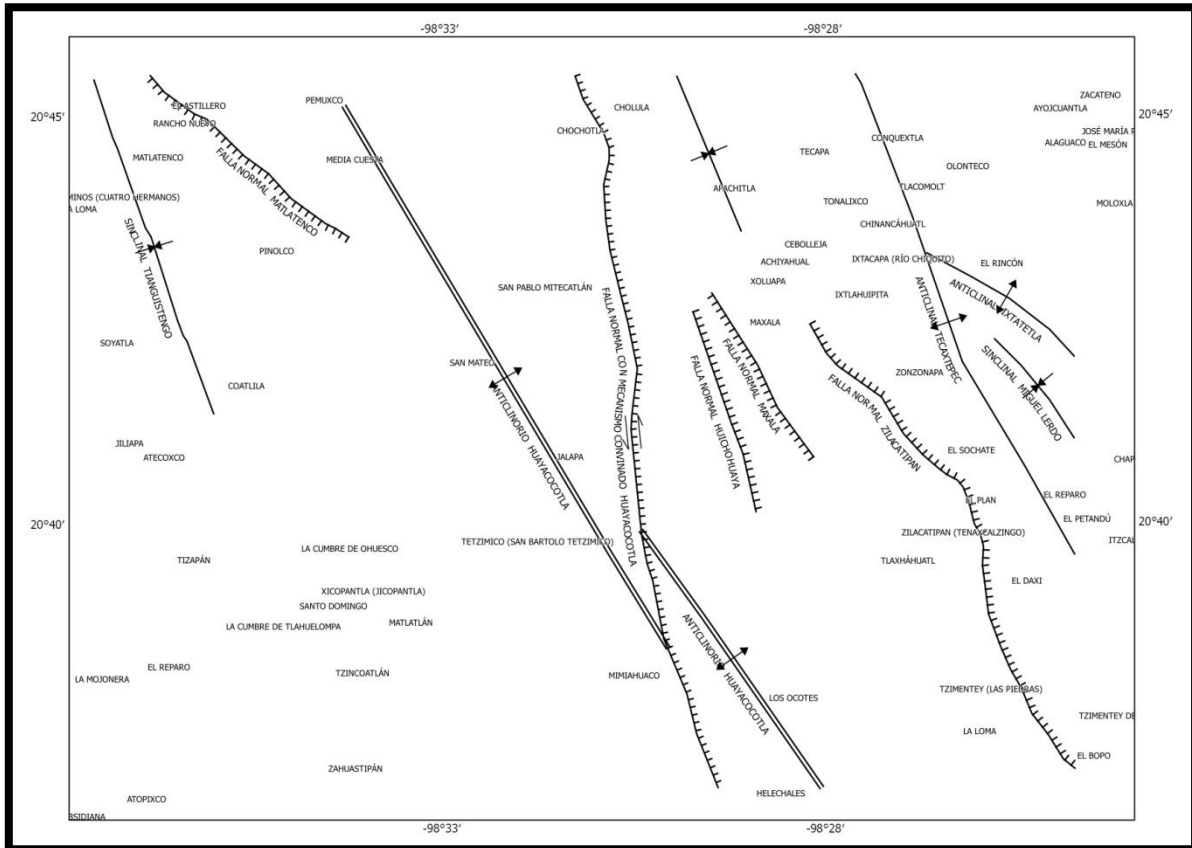


Figura 3. 4 Distribución de fallas y pliegues en el área de estudio.

3.1.2.1 Pliegues

ANTICLINORIO DE HUAYACOCOTLA

En la hoja Zacualtipán se encuentra parte de la mega estructura denominada Anticlinorio de Huayacocotla (Erben 1956); la cual, en la región tiene un rumbo general SE 40° NW. En el eje de la estructura se tienen afloramientos de las Formaciones Tuzancoa y Huizachal. Como referencia geográfica se localizan los poblados Pemuxco, Hgo. Y San Mateo, Ver.

Esta parte de la Sierra Madre Oriental es uno de los grandes arqueamientos que constituyen a dicho orógeno, que tiene una orientación NW-SE extendiéndose desde Cd Victoria, Tamaulipas, hacia el Norte aproximadamente a 60 Km, y alcanza 20 Km de

ancho. En esta estructura se encuentran dos arqueamientos principales: el primero está ubicado en la parte Norte y Central del Anticlinorio, denominada como Anticlinal de Peregrina; en su núcleo aflora el Gneis Novillo de edad Precámbrica y el Esquisto Granjero de edad Silúrica, mientras que en sus flancos se encuentran rocas de diferentes tipos con edades Paleozoicas y Mesozoicas. El otro plegamiento principal se sitúa en el extremo Sur, denominado como Anticlinal de Huizachal. La secuencia se encuentra intrusionada por cuerpos ígneos intrusivos y en otras localidades está cubierto por rocas detríticas de edad Jurásico Medio, además de rocas carbonatadas de edad Jurásico Tardío y hasta del Cretácico Tardío (Armas, 2004)

ANTICLINAL TEXCATEPEC

Este pliegue se localiza en el flanco Noreste del Anticlinorio de Huayacocotla, se extiende a lo largo de 25 km, entre los caseríos: Conquexta y el Zótano en la hoja Zacualtipán; tiene un ancho de 3 km y un rumbo general de 28° NE.

La estructura está abierta en la Formación Xaltipa en su extremo septentrional; en tanto que, en el sector meridional, en el núcleo se presenta la Formación Huizachal. La Unidad Tamaulipas es la unidad más joven expuesta en el pliegue.

En la localidad Chinancahua, Ver., la estructura se bifurca; la rama menos desarrollada corresponde con el Anticlinal Ixtatetla que se encuentra separada del Anticlinal Texcatepec por el Sinclinal Miguel Lerdo. El anticlinal se encuentra truncado en su porción occidental por la Falla Normal Zilacatipan.

ANTICLINAL IXTATETLA

Estructura simétrica de 9.5 km de longitud y un ancho de 2.4 km, tiene un rumbo general NW 30° SE. El anticlinal presenta intacta su charnela. El pliegue está conformado principalmente en las rocas de Grupo Tamaulipas, pero también presenta afloramientos de las formaciones Xaltipa, San Andrés y Pimienta. Este pliegue, como ya se mencionó es una bifurcación del Anticlinal Texcatepec (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

SINCLINAL MIGUEL LERDO

Esta estructura se encuentra entre los anticlinales Texcatepec e Ixtatetla, en el flanco Noreste del Anticlinorio de Huayacocotla. El sinclinal tiene una orientación de SE 30° NW con un ancho promedio de 2.5 km y una longitud de 6.3 km. En su porción Sur afloran las rocas Jurásicas de las formaciones Xaltipa, San Andrés y Pimienta; en su parte Norte se tienen afloramientos del Grupo Tamaulipas, Agua Nueva y San Felipe.

SINCLINAL TIANGUISTENGO.

El Sinclinal Tianguistengo se localiza en el extremo Noroeste de la carta Zacualtipán, en sus extremos se encuentran los poblados de Tlapixhuela y Coatila. Presenta una orientación SE 22° NW y una longitud dentro de la zona de 8 km. En el núcleo de la estructura afloran rocas de la Formación Santiago y en sus flancos rocas de las formaciones Tepexic y Huayacocotla.

3.1.2.2 Fallas normales

Estas estructuras se caracterizan por presentar un rumbo general Noroeste-Sureste y por estar localizadas en zonas principales dentro del área de estudio. La zona se encuentra en la parte central de la hoja Zacualtipán dislocando el Anticlinorio de Huayacocotla con las fallas Matlatenco, Huichohuaya, Maxala y Zilacatipan. A continuación se describen sus principales características:

FALLA MATLATENCO

Se localiza en el sector Noreste de la hoja Zacualtipán, presenta un rumbo general SE 43° NW con bloque de techo al Suroeste y una longitud dentro del área de 6 km con un salto aproximado de 500 m.

Esta falla yuxtapone a las formaciones Huizachal y Tepexic en la terracería Tianguistengo-Pemuxco, mientras que, sobre el Río Tianguistengo, pone en contacto estructural a las formaciones Guacamaya y Huizachal.

FALLA HUICHOHUAYA

Se encuentra en el sector Sureste del área de estudio en donde presenta un rumbo general SE 12° NW, con bloque de techo al Noreste: Se expresa como una alineación desde el Arroyo El Jonote, pasa al Oriente de Chochotla y continúa al Norte de la región;

tiene una longitud de 18 km. El bloque de techo al Noreste, la estructura yuxtapone a las formaciones Guacamaya y Huizachal.

La falla tienen un salto mayor en su parte Norte, de aproximadamente 1500 m, en tanto que en el Sur el salto es de orden 1180 m, la estructura fue reportada con otro carácter en el área de Tehuetlán (Geomesa, 1987), donde se describe como la falla inversa Tlanchinol-Chintlacalnalito, la discrepancia puede deberse a que se trate de una falla Jurásica reactivada posteriormente.

FALLA MAXALA.

La Falla Maxala se reconoció al Oeste del Poblado Homónimo; tiene una longitud de 4.5 km con bloque de techo al Suroeste con una orientación Noroeste Sureste. Esta estructura yuxtapone tectónicamente a las formaciones San Andrés, Pimienta y Tamaulipas con la Formación Xaltipa (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

FALLA ZILACATIPAN

Este rasgo estructural de rumbo SE 31° NW y con bloque de techo al Noreste, constituye una discontinuidad morfológica notable; pues prácticamente es el límite entre los afloramientos calcáreos del Jurásico Inferior el Suroeste y los afloramientos clásticos del Triásico Superior-Jurásico Inferior-Cretácico al Noreste. La falla es de tijera con salto mayor hacia el Sureste de aproximadamente 1720 m, en tanto que hacia el Norte en salto estimado es de 1400 m. Dentro del área tiene una longitud de 24 km.

El tipo de falla es evidente en las corrientes que la disecan perpendicularmente como son El Arroyo Toluca, Río Chiquitón al Sur de Zilacatipan y el Río Viñazco.

3.1.3 Litología

Esta sección describe las principales características petrográficas de la columna estratigráfica medida y descrita, diferenciándose los miembros que se lograron distinguir. Se describen un total de 9 muestras, de las cuales la mayoría pertenecen a la Formación Huizachal y un par a la Formación Huayacocotla (Apéndice 1).

3.2 Contenido fosilífero.

En México, el registro fósil perteneciente al Triásico-Jurásico, está dominado principalmente por *gimnoespermas*; el Jurásico es destacado por *cicadófitas* y las *coniferofitas*, mientras que para el Triásico predominan las cicadáceas y *helechos* (Sergio R. S., Cevallos-Ferriz, Enrique A. González-Torres y Laura Calvillo-Canadell 2012).

En la zona ecuatorial (Groenlandia, Alaska, México y Cuba) las asociaciones florísticas son más ricas que en el resto del mundo y las típicas floras liásicas se distinguen por la abundancia y diversidad de Bennettitales con especies atribuibles a: *Anomozamites*, *Pterophyllum*, *Ptilophyllum*, *Zamites* y *Otozamites*, acompañadas por *Cycadales* como *Nilssonia*, *Ctenis* y *Pseudoctenis*; y helechos de las familias *Matoniaceas* (*Phlebopteris*), *Maratiaceas* (*Marattiopsis*) y *Dipteridaceas* (*Clathropteris*) que al pasar al Jurásico Medio se ven acompañadas por abundancia de *Coniopteris* y *Stachypteris* (Diéguez C., 2003).

El registro fósil vegetal de una región refleja el clima en donde vivieron y se desarrollaron abundantes plantas. Los fósiles estudiados en el área son de plantas, donde la mayor abundancia se presenta en la parte media y base de la Formación Huizachal, donde predominan litologías de grano fino sobre todo en las proximidades del contacto con la Formación Huayacocotla; la mayor abundancia es la hoja de plantas fósiles.

3.2.1 Antecedentes

Para las zonas próximas al área de estudio se reportan la presencia de plantas fósiles en los siguientes trabajos.

- Erben en 1956 describe para la Formación Huayacocotla, abundante flora representada por cicadófitas (*Otozamites hespera* Wieland, *Ptilophyllum aculifolium* Morris, *Zamites* sp.) coníferas (*Cheirolepis* sp, *Podozamites* sp.) y helechos (*Piazopteris*, algunos géneros como *Phlebopteris* y *Cladophlebis*). Para

la región de Tlahuelompa reporta cicadofitas de los géneros *Ptilophyllum*, *Otozamites*, cf. *Sagenopteris*.

- Silva-Pineda (1963) reporta en el área de San Mateo, también en el Noreste del estado de Hidalgo, en los límites con Veracruz, impresiones de helechos, *pteridospermas* y *cicadofitas* de la Formación Huizachal, correspondiente al Triásico Tardío.
- Carrillo-Bravo en 1965 describe las siguientes plantas fósiles *Todites* sp., *Mertensides huilatus* Bundury, *Thaumatopteris* cf. *T. kpchibei*, *Sphenopteris* cf. *S. desmomera* Sapporta; todas ellas del Triásico Superior, aunque los dos últimos géneros también están en el Jurásico Inferior y Medio. También reporta la presencia de *Otozamites*
- Silva-Pineda (1987) menciona que al Noreste del Estado de Hidalgo en la región de Calnali, flora fósil proveniente de la Formación Guacamaya de edad Pérmica. El material fósil es escaso y está pobremente preservado. El grupo mejor representado es el de los helechos (*Pecopteris arborescens* y *pecopteris* sp.), aunque también hay equisetales (*Equisetum* sp.), así como ejemplares escasos de cicadofitas (*Taeniopteris*) coniferofitas (*Walchia*) y fragmentos de pínulas de pteridospermas (*Neuropteris* y *odontopteris*).
- Martínez-Hernández (1991) para el Cenozoico en las cercanías de Zacualtipán reporta en base a estudios palinológicos, la presencia común y abundante de *Quercus* sp. y *Typha*, en menor cantidad se encuentran *Ulmus*, *Engelhardtia* y *Celtis*, así como *Gramíneas*, *Ciperáceas* y compuestas
- Ochoa et al. 1998, reporta para el área de Molango cicadofitas (*Otozamites hespera*, *Ptilophyllum acufifolium*, *Zamites* sp), coníferas (*Cheirolepis* sp., *Podzamites* sp.) y helechos (*Piazopteris*), que están intercalados con fauna marina. Mientras que para la zona de Tlahuelompa, reporta los géneros *Ptilophyllum*, *Otozamites*, cf. *Sagenopteris*.

En el área de estudio se recolectaron por el equipo de paleontología de la FES Zaragoza numerosos ejemplares de plantas fósiles, de los cuales 91 ejemplares son de diferentes partes de la plantas (hojas, ramas, corteza); del total, dos de estos especímenes se identificaron a nivel de Familia (*equisetaceae* y *Caytoniales*); 63 fósiles se determinaron a nivel de género (4) y tres especies (Moreno Linnette, 2015). Los géneros de las

Bennettitales son: *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Ptillophyllum*, *Zamites* (figura 3.14) y dentro de los helechos *Sphenopteris*. Para Bennettitales, las especies *Otozamites hespera*, *Ptillophyllum acutifolium*, *Zamites lucerensis* (figura 3.15). Se tiene la presencia de equisetales y probablemente hojas de *Sagenopteris* una *Caytonial*.



Figura 3.14 Bennettitales de la Formación Huizachal.



Figura 3.15 Helechos de la Formación Huizachal.

3.3 Ambiente sedimentario.

La Formación Huizachal fue depositada en una cuenca continental que se asocia al proceso de rift durante la apertura del Paleo-Golfo de México, la cual estaba asociada al rompimiento de Pangea; aunque el proceso de rift no se completó por que la cuenca es un aulacógeno o rift abortado ya que no hubo desarrollo de corteza oceánica. Las depresiones están limitadas por fallas normales que recibieron abundantes sedimentos terrígenos; los que fueron rellenando las depresiones (cuenclas de rift), que se caracterizan, por presentar subsidencia continua lo que explica el gran espesor de los depósitos terrígenos continentales. Los sedimentos clásticos producto de la erosión de los altos estructurales fueron depositados como abanicos aluviales, o depósitos de tipo fluvial, planicie deltáica o lacustre (Salvador, 1987).

Según Michalzik (1991), los depósitos de la Formación Huizachal indican una fase de rifting que se inició en el Triásico Tardío asociado a una cuenca tras-arco, donde existió una elevada tasa de subsidencia y sedimentación. La cuenca tras-arco se relaciona con el margen continental activo del Pacífico. Los sedimentos de la Formación Huizachal

muestran tendencia a formar ciclos de tipo “fining upward” o de disminución progresiva del tamaño de grano tal como se presenta en la columna estratigráfica local. Los ciclos pueden ser completos o interrumpidos y muestran el comportamiento de cauces fluviales en un sistema de baja sinuosidad que después cambia y culmina en sistemas meándricos. Con la nivelación del paleorelieve se aumentó la sinuosidad del sistema fluvial dando origen a sedimentos más finos hacia la parte superior de la formación (Michalzik, 1991), (figura 3.16).

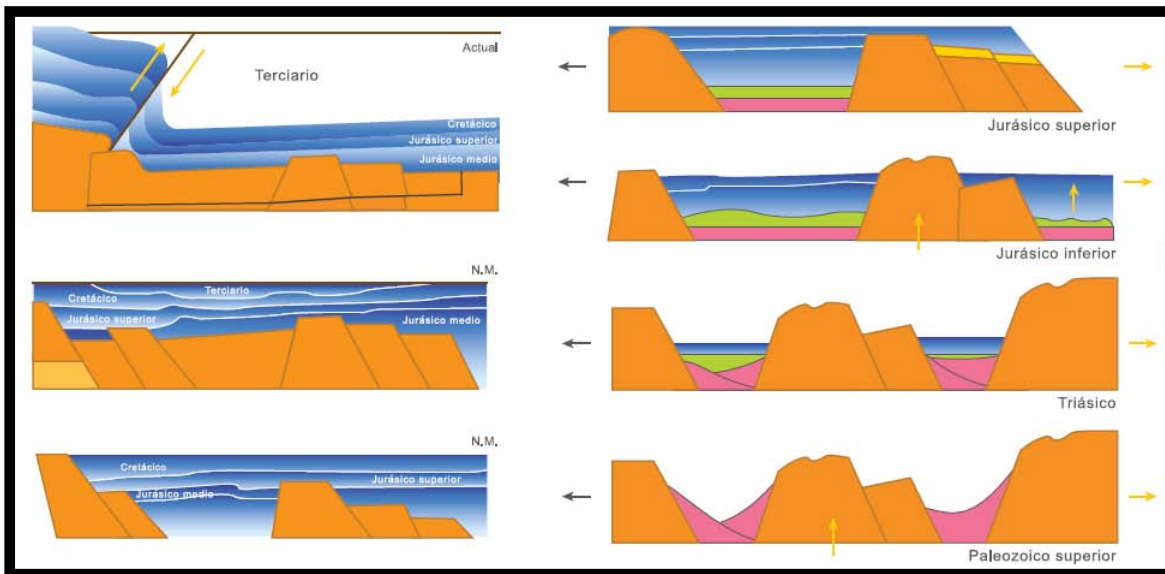


Figura 3.16 Evolución tectónica del oriente de México, desde el Paleozoico hasta el Cenozoico (tomada de, Geología, Sergio-Rodríguez y Wendy-Morales, 2012).

El clima durante la sedimentación inicial de la Formación Huizachal fue semiárido, documentado por nódulos de caliche en los depósitos de llanuras fluviales (Michalzik, 1987). Las condiciones ambientales revelan un ambiente altamente oxidante que influyó en la coloración característica de esta formación por el alto contenido de hematita.

En la figura 3.17 se muestra de manera esquemática el proceso de la evolución de la cuenca rift donde se acumularon los terrígenos de la Formación Huizachal iniciando un depósito en abanicos aluviales y flujos de escombros posteriormente en canales y barras en flujos trenzados, para culminar con meandros, planicies de inundación y lagos aislados

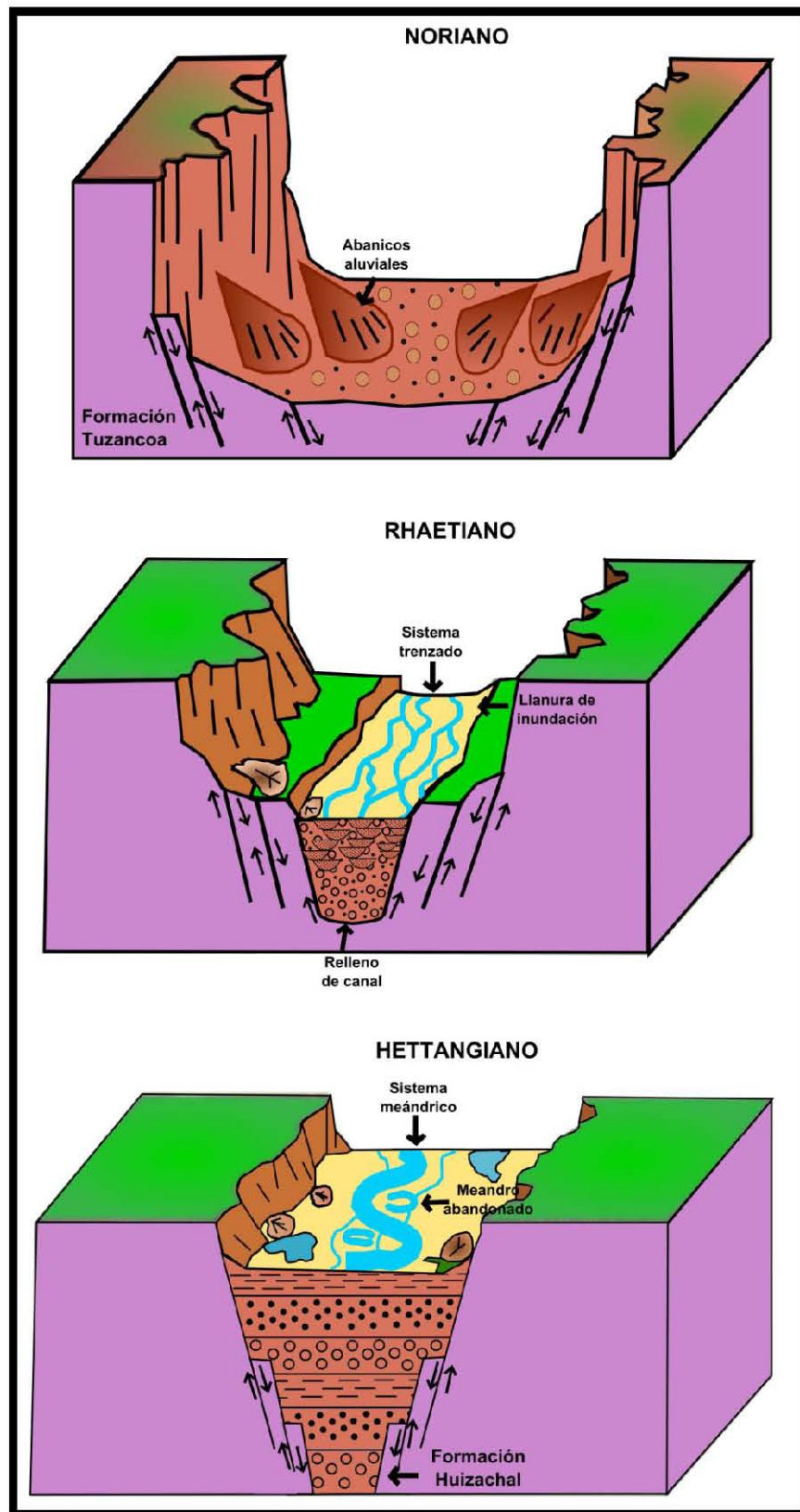


Figura 3.16 Reconstrucción paleoambiental de la Formación Huizachal.

3.4 Descripción del mapa geológico.

El mapa geológico realizado para este trabajo fue elaborado tomando como base a la carta Zacualtipán F14D62, con escala 1:50 000 proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, que muestra el límite entre los estados de Hidalgo y Veracruz. La parte donde se encuentra el área de trabajo se localiza al Noroeste de la carta entre las coordenadas de latitud 22° 88' 000 y longitud 548' 000; el mapa elaborado tiene una escala de 1:75 000.

El mapa geológico muestra 18 unidades estratigráficas, que van desde el Paleozoico hasta el reciente; del periodo Pérmico se expone la Formación Tuzancoa; del periodo Triásico-Jurásico Inferior, tenemos la Formación Huizachal. Del Jurásico tenemos aflorando nueve formaciones de la más antigua a la más reciente son: Formación Huayacocotla, Formación Cahuwasas, Formación Santiago, Formación Tepexic, Formación Xaltipa, Formación San Andrés, Formación Tamán, Rocas Ígneas Tamán y Formación Pimienta; para el Cretácico se tiene a las formaciones Tamaulipas y Agua Nueva; para el periodo Cenozoico tenemos las formaciones: Rocas Ígneas 1, Rocas Ígneas 2, Formación Tarango y Basalto, para el Cuaternario y reciente tenemos únicamente depósitos aluviales.

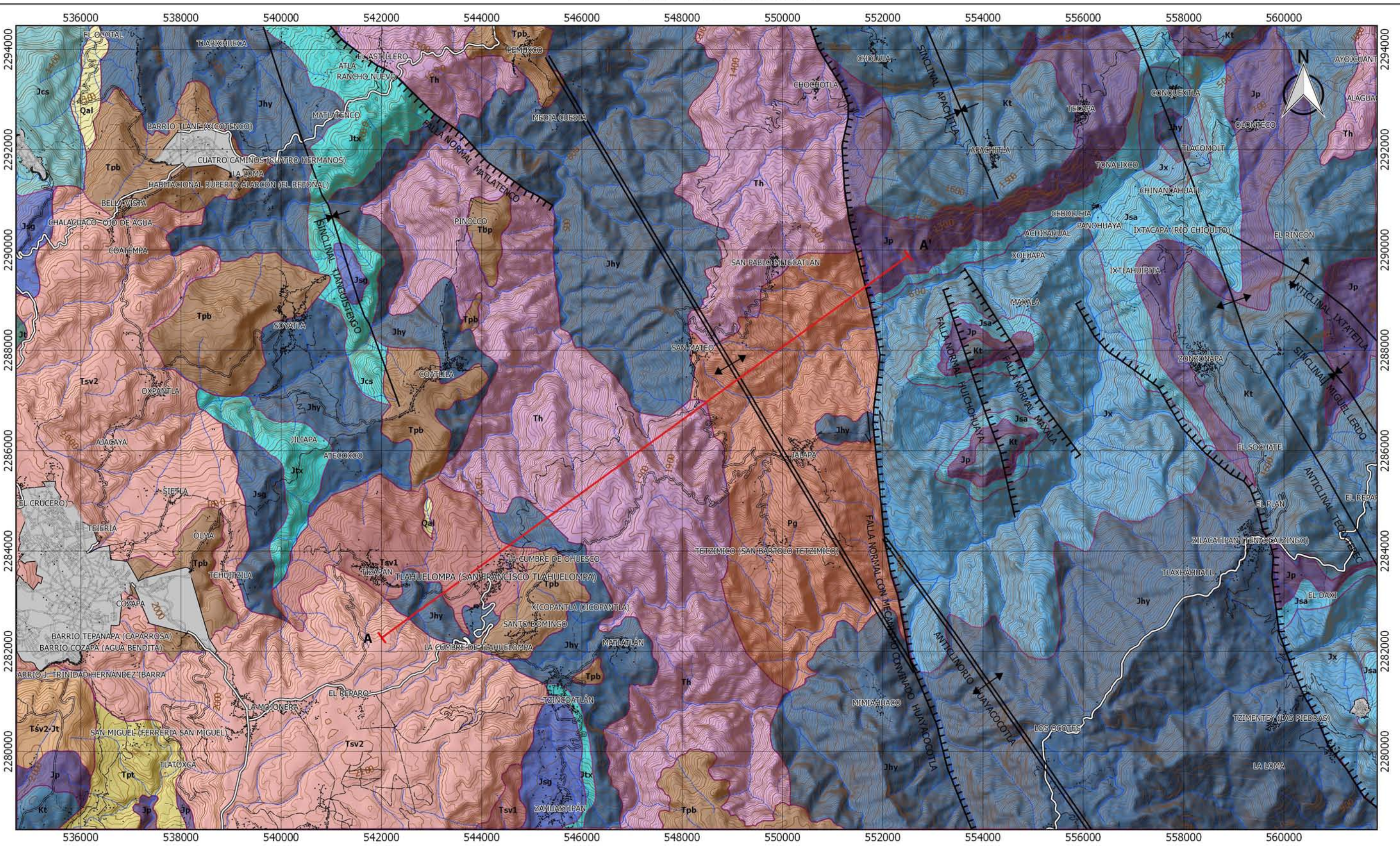
La geología estructural muestra, cuatro pliegues y cuatro fallas normales, los pliegues son: El Anticlinorio de Huayacocotla, Anticlinal Ixtatetla, Sinclinal Miguel Lerdo y Sinclinal Tianguistengo. Y en las fallas tenemos: Falla Matlatenco, Falla Huichohuaya, Falla Maxala, Falla Zilacatipán.

La sección construida de A – A' está en dirección Noreste-Suroeste, se extiende desde el poblado de Tlahuelompa, Hgo., hasta cerca del poblado San Pablo Mitecatlán, Hgo., muy cercana al camino donde se midió la columna estratigráfica para este trabajo.

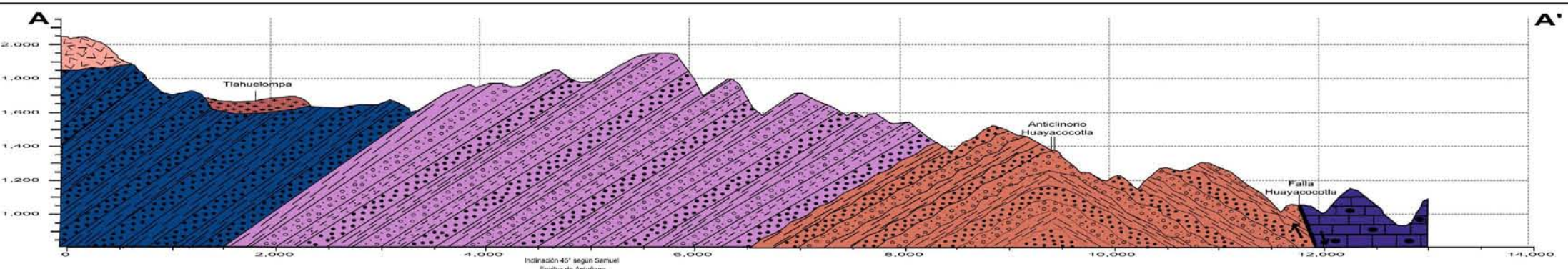
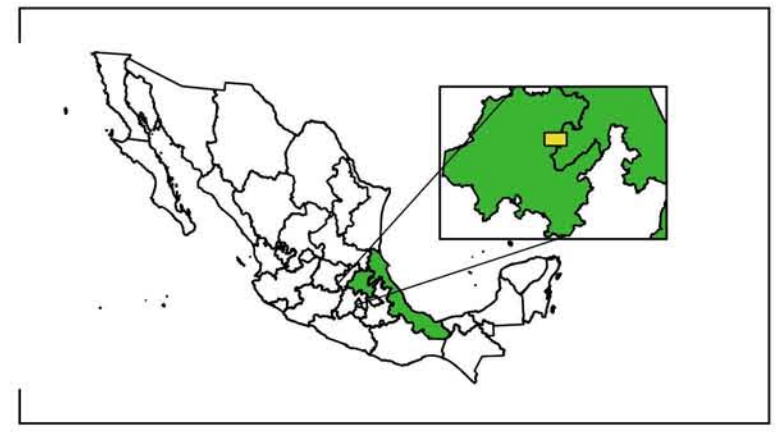
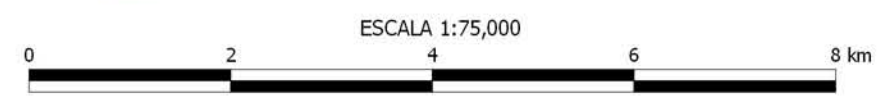
En la sección se muestran las rocas que forman parte basal en su mayoría del Anticlinorio de Huayacocotla, comenzando en el punto A del perfil geológico se muestran una cubierta de las Rocas Ígneas 2 y Rocas ígneas 1 en afloramientos proximales al poblado de Tlahuelompa; estas rocas ígneas se encuentran sobreyaciendo de forma discordante a la

Formación Huayacocota, que solo deja ver un poco de su litología, después en el flanco poniente del anticlinorio tenemos aflorando a la Formación Huizachal, y en el núcleo del Anticlinorio aflora la Formación Tuzancoa que es la unidad estratigráfica más antigua de este mapa geológico, en donde la estructura de mayores dimensiones es el pliegue del Anticlinorio de Huayacocotla, terminando en el lado A' con la Formación Pimienta lo que está en contacto por falla normal con la Formación Tuzancoa.

MAPA GEOLÓGICO



LITOLOGÍA		SIMBOLOGÍA GEOLÓGICA	
CUATERNARIO	(Qal) ALUVIÓN		SINCLINAL
CENOZÓICO	(Tpb) BASALTO		ANTICLINORIO
	(Tpt) TARANGO		ANTICLINAL
	(Tsv2) ROCAS ÍGNEAS		FALLA NORMAL
	(Tsv1) ROCAS ÍGNEAS		FALLA COMBINADA
CRETÁCICO	(Kan-sf) AGUA NUEVA		CONTACTO
	(Kt) TAMAULIPAS		LÍNEA DE SECCIÓN
	(Jp) PIMIENTA	SIMBOLOGÍA TOPOGRÁFICA	
	(Tsv2-Jt) ROCAS ÍGNEAS, TAMÁN		EDIFICACIÓN
	(Jt) TAMÁN		ÁREA URBANA
	(Jsa) SAN ANDRÉS	VÍAS DE COMUNICACIÓN	
	(Jx) XALTIPA		CARRETERA LIBRE
	(Jbx) TEPEXIC		CARRETERA DE TERRACERÍA
	(Jsg) SANTIAGO		BRECHA
	(Jcs) CAHUASAS		VEREDA
TRIÁSICO	(Jhy) HUAYACOCOTLA		CORRIENTE DE AGUA
	(Th) HUIZACHAL		INTERMITENTE
	(Pg) TUZANCOA		PERENNE
PÉRMICO			CURVA DE NIVEL
			CURVA ACOTADA
			CURVA ORDINARIA



	UNAM	FACULTAD DE INGENIERÍA
	MAPA GEOLÓGICO	
"ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LA FORMACIÓN HUIZACHAL EN LA REGIÓN DE TLAHUELOMPA ESTADO DE HIDALGO"		
NAYELI B. CANSECO SÁNCHEZ		2015



Capítulo 4

Evolución Geológica

"Análisis estratigráfico de la Formación Huizachal en la región de Tlahuelompa, Estado de Hidalgo"

Capítulo 4 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

4.1 Evolución Geológica.

La evolución geológica del Golfo de México inicia su apertura con la fragmentación y dispersión de Pangea que origina en el área de estudio horsts y grabens, en las depresiones originadas por tectonismo inicia la sedimentación con el depósito de terrígenos de diferente granulometría durante el Triásico Tardío y el Jurásico Temprano, después de lo cual, durante el Calloviano, se produce una invasión por aguas marinas provenientes del Pacífico que cubren una extensa zona con poca circulación y alta evaporación, estas condiciones favorecen el depósito de grandes volúmenes de sal en la zona central de la cuenca. A finales del Cretácico y a principios del Paleógeno a causa de la Orogenia Laramide, se forma la Sierra Madre Oriental. Posteriormente en el Mioceno Medio, durante el Serravaliano, la compresión derivada del movimiento lateral del Bloque Chortis y de la subducción de la Placa de Cocos contra la terminación meridional de la Placa de Norteamérica, formó los pliegues y fallas de la cadena de Chiapas-Reforma-Akal. El movimiento gravitacional de los depósitos cenozoicos causó inversión tectónica en las cuencas neógenas (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

4.2 Paleozoico.

De acuerdo a los datos paleomagnéticos y otras evidencias geológicas, del final del Proterozoico al Cámbrico los continentes se separaron y se dispersó el supercontinente del final del Proterozoico. Se formaron amplias zonas continentales que se ubicaron en latitudes bajas y fueron transgredidas por el mar. Sobre parte de estos continentes se acumularon carbonatos.

Los carbonatos fueron abundantes en bajas latitudes por la presencia de mares epicontinentales someros; ocurriendo un importante descenso del nivel del mar entre el Misisípico y el Pensilvánico que es atribuido a la expansión de los glaciares en el Sur. Formación del Orógeno Marathon-Ouachita (Carbonífero Tardío). Posteriormente ocurre la culminación del proceso de integración de Pangea en condiciones climáticas muy contrastantes.

El basamento de la columna estratigráfica corresponde a este periodo y es asignado por la Formación Tuzancoa (Guacamaya) que de acuerdo a Arellano-Gil et al. (1998) en el área de Pemuxco, las rocas que afloran representa la parte superior de la formación, la cual podría ser del Wolfcampaniano Superior-Leonardiano Inferior, sin embargo, los estudios recientes paleontológicos consideraron que son de edad de Cisuraliano.

La Formación Tuzancoa (Guacamaya), está formada por una secuencia turbidítica con abundantes fósiles y se caracteriza por encontrarse desde una turbidita caótica de facies de pendiente hasta una turbidita pelítica de facies distales, cuyo depósito ocurrió en una cuenca profunda cerca del talud continental, frente a una plataforma marina somera que aportó a través de corrientes de turbiedad, bloques de roca calcáreo con crinoides y fusulinidos. También aportó fragmentos de rocas andesíticas asociadas con actividad magmática, proveniente del occidente, donde se interpreta un límite de placas convergente (Arellano-Gil et al., 1998).

4.3 Mesozoico.

Hacia finales del Triásico, la masa continental Pangea se fragmentó en diversos puntos triples, de las cuales, dos ramas evolucionaron en el proceso de divergencia hasta en el punto de generación de corteza oceánica, con lo cual se inició la separación del actual Cratón Norteamericano de una masa continental constituida por Sudamérica y África, con la apertura del Océano Atlántico y del Golfo de México. Las terceras ramas de los puntos triples evolucionaron como fosas tectónicas y después a cuencas sedimentarias (figura 4.1); en ellos se instauraron primero ambientes continentales y posteriormente sedimentación marina (figura 4.2), sin que llegaran a desarrollar corteza oceánica por lo que corresponden con rifts abortados (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

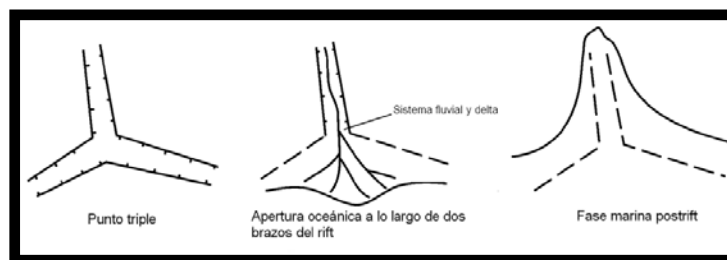


Figura 4. 1 Evolución de un punto triple (tomada de, Basin analysis, Allen, 2005).

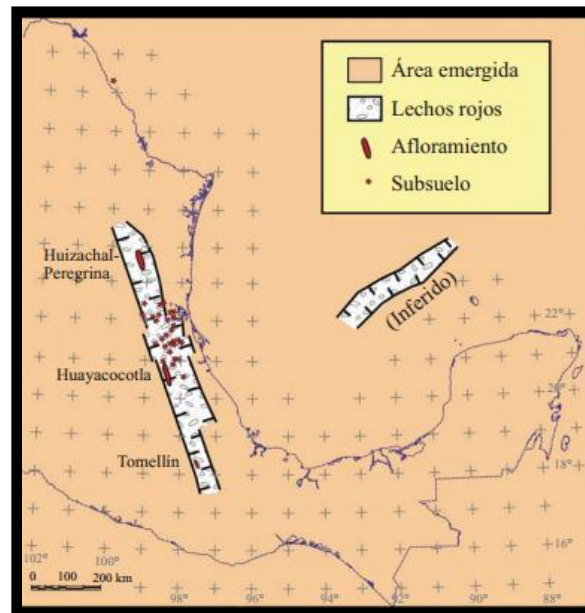


Figura 4. 2 Paleografía del Triásico superior en el área del Golfo de México (tomada de Padilla y Sánchez, 2007).

Como se ha propuesto para explicar la acumulación de las formaciones Huizachal y Huayacocotla (Smith-Effing, 1980), primero se formó un graben regional con subsidencia continua que formó, la cuenca sedimentaria de rumbo general Sureste–Noroeste, y la que se extiende desde Huauchinango, Puebla, hasta la región de Huizachal-Peregrina, en Tamaulipas. El marco tectónico reseñado, fue modificado hacia finales del Jurásico Temprano, durante el cual, la región fue dislocada por fallas normales y laterales. Posteriormente se interrumpió la sedimentación marina y los bloques definidos en tal proceso distensivo fueron denudados profundamente, algunos sectores también fue removido toda la cubierta del Paleozoico-Jurásico Inferior, hasta ser expuesto el basamento.

El relieve continental Jurásico, fue de relieve contrastante, tal como lo atestiguan las gruesas secuencias continentales callovianas: donde se instauraron ambientes continentales que el tener subsidencia se transformaron en marinos someros, caracterizados por aguas cálidas, como se infiere de las secuencias calcáreas de la Formación Tepexic. Esta transgresión está documentada en el área como proveniente del Occidente, relacionada con la apertura del Atlántico Norte y el Golfo de México, ocurrió durante el Calloviano Medio en la región Matlatenco, Hgo., y hasta el Kimeridgiano-

Tithoniano Temprano en Tecaxtepec, Ver., correspondiente con la Formación San Andrés.

Así, mientras que en Tecaxtepec estaban sujetas a erosión las rocas de la Formación Huizachal, en el sector Nonoalco–Pemuxco se acumulaba la secuencia Tepexic-Santiago y la parte basal de la Formación Tamán, en un ambiente somero con un aporte creciente de sedimentos arcillosos (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

Al extenderse la transgresión y cubrir las aguas someras a la secuencia continental Xaltipa, acumulada en el sector Tecaxtepec, se depositó la secuencia calcárea de la Formación San Andrés penecontemporáneamente a la cima de la Formación Tamán. Hacia el Tithoniano Tardío, se generalizó la sedimentación calcárea arcillosa de la Formación Pimienta en un ambiente de profundidad creciente en donde se infiere la presencia de islas que al erosionarse aportaron sedimentos arenosos que cambiara a intercalaciones de calizas y lutitas de la secuencia denominada Formación Pimienta.

El aporte de material arcilloso con abundante materia orgánica cesó en el Berriasiano; de tal forma, la sedimentación fue únicamente calcárea en un ambiente de mar abierto. Estas condiciones sedimentológicas estuvieron vigentes en el área, hasta el fin del Neocomiano; excepto en donde la sedimentación fue de carácter arenoso. En el Aptiano ocurrió un aporte de material terrígeno que únicamente fue reconocido cerca de Eloxochitlán, Hgo., sin embargo, se infiere su presencia en toda el área de afloramientos del Grupo Tamaulipas (Formaciones Tamaulipas Inferior y Tamaulipas superior).

En este tiempo fue cuando se estableció una sedimentación calcárea en el centro y el Noroeste de México, por lo que el área evolucionó de la siguiente manera: El ambiente de plataforma calcárea supuesto desde el Aptiano, se desarrolló plenamente, cubierto por las aguas, en un clima cálido que permitió el desarrollo de diferentes facies de carbonatos y el sector Suroeste aumentara en sedimentos de facies arrecifales en el sector y pre-arrecifales en extensas zonas ahora expuestas en las márgenes del Río Amajac. Hacia el Oriente la acumulación calcárea ocurrió en aguas más profundas, en mar abierto.

Hacia finales de Cenomaniano e inicios del Turoniano, el ámbito marino de la región recibió un importante aporte de material clástico proveniente de los terrenos volcánicos situados al Occidente; el carácter de la secuencia estuvo condicionado por la presencia de la plataforma calcárea que paulatinamente tuvo mayor tirante de agua; al inhibirse los crecimientos arrecifales por el aporte de terrígenos, la subsidencia regional no fue compensada por la vigorosa edificación biógena que floreció en el Albiano-Cenomaniano. Posteriormente ocurrió un importante cambio en los ambientes sedimentarios que permitió que, sólo prevalecieran algunos desarrollos arrecifales en el Turoniano, como aquellos que aportaron los bloques alóctonos inmersos en la secuencia turbidítica.

Estas unidades tienen una amplia distribución en la Sierra Madre Oriental hacia el Noreste de la Mesa Central; en el Estado de Hidalgo en la región de Molango (Ochoa-Camarillo, 1996), a la cual se le atribuye un depósito de mar abierto que ocurrió en un ambiente de plataforma abierta con aporte de terrígenos (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991), con aguas profundas y cierto grado de estabilidad, donde la presencia de pedernal marca la continuidad de una mayor concentración de sílice (Carrizales-Aguilar et al., 2001); la asociación de facies de cuenca, con escaso aporte de terrígenos finos y de material bentonítico y tobáceo, explican la presencia de actividad volcánica en el arco magmático del Occidente del país.

El relieve submarino de la plataforma calcárea controló la dispersión de los clásticos. Así en el sector Occidental se acumularon secuencias turbidíticas durante el Turoniano-Senomaniano; mientras que hacia el Oriente, la sedimentación batial no fue perturbada por corrientes de turbiedad y las rocas turonianas se depositaron en condiciones tranquilas en un ambiente poco oxigenado; posteriormente, la actividad volcánica Occidental aportó piroclásticos en forma intermitente y deformaron sinsedimentariamente a la secuencia Coniaciana- Santoniana.

Con la continua subsidencia regional y el aporte clástico procedente del Occidente, el relieve submarino fue obstruido, de tal forma que se generalizó la sedimentación turbidítica; en las zonas de aguas profundas teniendo facies más proximales en el Occidente y distales en el sector Oriental (Hernández-Treviño y Hernández-Bernal, 1991).

4.4 Cenozoico.

Durante el Cretácico Superior y en el inicio del Paleogeno ocurrió la fase compresiva conocida como Orogenia Laramide; la cual generó estructuras plegadas y cabalgaduras con vergencia al Oriente: la secuencia arrecifal del Albiano-Cenomaniano fue yuxtapuesta sobre el flanco Suroeste del Anticlinorio de Huayacocotla. La deformación migró de Oeste a Este y de Norte a Sur. La fase de deformación cesó hacia el Eoceno. También durante el Paleogeno, se acumuló una secuencia conglomerática continental en las depresiones definidas por las estructuras laramídicas y posteriores. Durante el Neógeno la región estuvo expuesta a erosión, ocurrió una fase distensiva que dislocó las estructuras laramídicas; posteriormente ocurrió un emplazamiento y acumulación de rocas volcánicas de diversos tipos, que junto con las demás unidades de roca estuvieron sujetas a la acción de los procesos exógenos (intemperismo y erosión).

Se relacionan cuatro episodios volcánicos importantes en cuatro épocas (Silva-Mora, 1989). El episodio más antiguo está representado por lavas basálticas, andesíticas y riolíticas del Eoceno Tardío- Oligoceno, de la Formación las Espinas. El segundo episodio está representado por lavas de andesita y riolita con edades del Oligoceno. El tercer episodio corresponde al Mioceno Medio y Superior, caracterizado por la presencia de basaltos y andesitas basálticas. Por último, el cuarto episodio y más reciente corresponde al Plioceno-Cuaternario, las rocas que lo representan son las de las formaciones; Atotonilco el Grande y San Cristóbal, formadas por derrames basálticos y andesitas basálticas.

Ledesma-Guerrero (1987) cartografió en aéreas próximas al área de estudio 140 aparatos volcánicos, en su mayoría de grandes dimensiones, cuyos derrames cubrieron grandes extensiones. Por su morfología juvenil varios de ellos pertenecen probablemente al final del Pleistoceno.



Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

"Análisis estratigráfico de la Formación Huizachal en
la región de Tlahuelompa, Estado de Hidalgo"

Capítulo 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

1.- La columna estratigráfica que aflora de la zona de estudio está constituida por rocas del Pérmico Temprano (Formación Tuzancoa); Triásico-Jurásico Inferior (Formación Huizachal); Jurásico Inferior (Formación Huayacocotla), Jurásico Medio-Superior (Cahuasas, Santiago, Tepexic, Xaltipa, San Andrés, Tamán y Pimienta), del Cretácico (Tamaulipas y Agua Nueva), del Cenozoico (Rocas Ígneas y Formación Tarango) y aluvión del Cuaternario.

2.- La columna estratigráfica local que se estudió corresponde con la Formación Huizachal, la que tiene un espesor total de 1954 m, con afloramientos en las proximidades del Río Tizapán en Tlahuelompa, Hidalgo.

3.- La unidad basal corresponde a la secuencia Paleozoica perteneciente a la Formación Tuzancoa que se compone de una secuencia rítmica de areniscas conglomeráticas y lutitas de color gris oscuro, negro y gris verdoso en su mayoría; también contiene un conglomerado polimíctico compuesto por clastos angulosos predominando fragmentos de roca y cuarzo; se formó por corrientes de turbidez en una cuenca de aguas profundas relacionada a un arco volcánico cuyos afloramientos se encuentran en el camino de terracería que va hacia San Mateo, cercano al Río Tepetate, en el Estado de Hidalgo.

4.- La Formación Huizachal de edad Triásico Superior-Jurásico Inferior está constituida por conglomerados, conglomerados arenosos, areniscas que van desde litarenitas a grauvacas, con intercalaciones de lutitas y pequeños horizontes de carbón; se presentan en estratos tabulares y lenticulares, estos últimos tienen en su base una superficie erosiva, también se observan estructuras primarias de rill marks y estratificación cruzada y secundarias como clivaje.

5.- La Formación Huayacocotla se compone de lutitas de color gris oscuro con intercalaciones de areniscas en estratos delgados y estratos con laminación cruzada, con

abundante contenido fosilífero de plantas. La acumulación de esta unidad fue depositada en una plataforma clástica que evolucionó a aguas profundas.

6.- El origen de la cuenca en donde se depositó la Formación Huizachal se debió a una etapa de rifting durante la apertura del Golfo de México, asociado a la disgregación del Supercontinente Pangea, lo que ocasionó la formación de una depresión (cuenca) de orientación NW-SE, extendiéndose a lo largo del sector central de la Sierra Madre Oriental.

7.- Las principales fuentes de aporte de materiales para la base de la Formación Huizachal fueron las turbiditas de la Formación Tuzancoa y rocas metamórficas e intrusivas que al erosionarse originaron depósitos continentales terrígenos acumulados en abanicos aluviales y depósitos de talud provenientes de los altos topográficos.

8.- El ambiente de depósito de la Formación Huizachal en un principio corresponde a depósitos de alta energía acumulados al pie de los escarpes como pie de monte y abanicos aluviales, posteriormente la pendiente disminuyó y se formaron ríos anastomosados con corrientes trenzadas que evolucionaron a meándricas en valles amplios donde en temporada de lluvias se desarrollaron amplias llanuras de inundación.

9.- En la parte final del Jurásico ocurrió un proceso de subsidencia mayor lo que originó una transgresión a gran escala; esto debido a un proceso de subsidencia continua, asociada con la apertura del paleo-Golfo de México.

10.- El contenido paleontológico de la Formación Huizachal es de cicadofitas, coníferas y helechos. El registro Fósil encontrado posterior a la cima de la columna estratigráfica estudiada correspondiente a la Formación Huayacocotla y pertenecen a plantas, principalmente de los géneros de las Bennettitales: *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Ptillophyllum*, *Zamites* y dentro de los helechos *Sphenopteris*. Para Bennettitales las especies *Otozamites hespera*, *Ptillophyllum acutifolium*, *Zamites lucerensis*. La presencia de *equisetales* y probablemente hojas de *Sagenopteris* una *Caytonial*, que nos indica que hubo variaciones en el clima.

11.- De acuerdo al análisis de los fósiles que contiene la Formación Huizachal, se interpreta un clima árido en un inicio, que cambio a cálido y húmedo (tropical) a partir de donde se tiene mayor contenido de secuencias finas (limolitas y lutitas) y presencia de carbón.

12.- En el modelo de la reconstrucción paleoambiental para el Triásico Superior-Jurásico Inferior se interpretaron fallas normales que generaron un relieve negativo que permitió se acumulara un gran volumen de sedimentos, en una zona de subsidencia continua, que originó el espacio de acomodo para los sedimentos que constituyen a la Formación Huizachal, lo cual explica un espesor de 1954 m.

5.2 Recomendaciones.

1.- Continuar con la mejora de la cartografía detallada de la región sobre todo de las unidades jurásicas, cretácicas y cenozoicas, con la finalidad de delimitar y conocer sus relaciones estratigráficas.

2.- Realizar búsqueda de material fosilífero en las secuencias triásicas y jurásicas en otras localidades próximas, lo que proporcionará información más precisa sobre la edad, el paleoambiente sedimentario y el clima.

3.- Realizar un estudio económico relacionado al potencial minero de la zona estudiada, como son los minerales no metálicos y metálicos, particularmente sobre caolín, manganeso y sulfuros de hierro.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo-Camargo, J.E., 1977, Sedimentación y diagénesis de la Formación "Chipoco" (Jurásico Superior) en afloramientos, estados de Hidalgo y San Luis Potosí: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, 9(2), 11-37.
- Allen, P. & Allen, J., 2005. Basin analysis: principles and applications Second Edi., Blackwell Publishing.
- Ángeles-Cruz, C., 2006, Geoquímica de las rocas sedimentarias jurásicas en localidades fosilíferas de la Sierra Madre Oriental (Tenango de Doria-San Bartolo Tutotepec, Hidalgo): Implicaciones paleoambientales: Hidalgo, México, universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tesis profesional de Licenciado en Química. 155p. Inédita.
- Arellano-Gil, J., Vachard, D., Yussim, S., Flores de Dios-González, A., 1998, Aspectos estratigráficos, estructurales y paleogeográficos del Pérmico Inferior al Jurásico Inferior en Pemuxco, Estado de Hidalgo, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15(1), 9–13.
- Arenas-Islas, D., Esquivel-Macías C., Flores-Castro, K., 2009, Amonites y bivalvos del Sinemuriano Superior en un nuevo afloramiento de la Formación Huayacocotla, Hidalgo, México, algunas consideraciones paleoambientales:Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen 61 (2): p. 185-197.
- Barboza, G.J.R., Tristán, G, M., and Torres, H.J.R., 1999, Tectonic setting of pre-Oxfordian unit from central and northeastern México: A review, in Bartolini, C., Wilson, J.L., and Lawton, T.F. eds., Mesozoic sedimentary and tectonic history of North-Central Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 340, p. 197-210.
- Blau, J., Meister, C., Schlatter, P., Schmidt-Effing, R., 2003, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental), México. Part III; Biostratigraphy, palaeobiogeography and taxonomic addendum, 24(1), 365-384.
- Böse, E., 1988. "Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México". Instituto Geológico de México, Boletín 13, 54p.

-
- Burckhardt, C., 1930, *Ètude syntétique sur le Mésozoïque mexicain: Mémoires de la Société Paléontologique Suisse*, 40, 280 p.
 - Carrillo, B. J., 1961, Geología del Anticlinorio Huizachal Peregrina al noroeste de Ciudad Victoria, Tamps: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v.13, p. 1-98.
 - Cantagrel, J.M., Robin, C., 1979, K-Ar dating on eastern Mexican volcanic rocks-relations between the andesitic and the alkaline provinces: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 5(1-2), 99-114.
 - Cantú-Chapala. A., 1971, La serie Huasteca (Jurásico medio-superior) del Centro-este de México: *Revista Instituto Mexicano del Petróleo*, 3(2), 17-40.
 - Cantú-Chapa, A., 1969, Estratigrafía del Jurásico Medio-Superior del subsuelo de Poza Rica, Veracruz (Área de Soledad-Miqueta): *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 1(1), 3-9.
 - Cantú C., A., 1998. "Las transgresiones Jurásicas en México". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología y Sociedad Geológica Mexicana, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 15, no. 1, p. 25-37.
 - Carrillo, B. J., 1961. Geología del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina al Noroeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas. *Bol. Asoc. Mex. Geól. Petr.* X I I I (I-2):99.
 - Carrillo-Bravo, J., 1965, Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 17(5-6), 73-96.
 - De Cserna, Z.; Grat, J. L., YOrtega, G. F., 1977, Alóctono del Paleozoico inferior de la región de Cd. Victoria, Estado de Tamaulipas: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v.1, p. 33-43.
 - Díaz-Lozano, E., 1916, Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz. Algunas plantas de la flora liásica de Huauchinango, Puebla: Instituto Geológico de México, *Boletín*, 34, 1-18.
 - DIÉGUEZ, C. 2003. Paleofitopatología. Pp. 277-284, en: Isidro, A. & Malgosa, A. (Eds.) *Paleopatología. La enfermedad no escrita. Parte IV. Otros ámbitos de la Paleopatología*. Ed. Masson. Barcelona. 351 pp.
 - Eguiluz de Antuñano, S., Aranda-García, M., Marrett, R., 2000, Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53, 1-26

-
- Esquivel- Macías, Carlos, Rita G. León-Olvera, Kinardo Flores Castro Revista mexicana de ciencias geológicas, ISSN 1026-8774, ISSN-e 2007-2902, Vol. 22, N°. 1, 2005 , págs. 97-114.
 - Erben, H.K., 1956a, El Jurásico Medio y el Calloviano de México: México, en XX Congreso Geológico Internacional: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 140 p.
 - Erben, H.K., 1956b, El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas, en XX Congreso Geológico Internacional: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 393 p.
 - Erben, H. K. 1956. Estratigrafía a lo largo de la carretera México, D.F. y las áreas de Huauchinango, Pue., Necaxa, Pue. Y Huayacocotla, Ver.XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956, Libreto-Guía de la Excursión C-8, 1 vol. Ilustr.
 - Flores-Castro, K., 1993, Bosquejo Estratigráfico de la Porción Oriental del Estado de Hidalgo, México: Chihuahua, México, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 63 p.
 - Flores-Castro, K., Angeles-Cruz, C.A., Torres-Valencia, J.M., Armstrong- Altrin, J.S., Esquivel-Macias, C., 2006, Pristane/Phytane ratio in Sinemurian siliciclastic Rocks from the Huayacocotla Group; State of Hidalgo, Mexico: Latin American Association of Organic Geochemistry, 10.
 - Flores, B . R . , Moreno, 1.A.. Sánchez, R . G . y Stanford, B . J . , 1980. Evaluación Geológico-Económica de las formaciones Huayacocotla y Rosario del J u r á s i c o Inferior-Medio en la Porción Norte de la Cuenca de Huayacocotla. Proyecto I.V. 1010, Pemex, ZN.
 - Folk, R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphlls. Austin, Texas.
 - Fries, Carl, Jr., y Rincón-Orta, César, 1965, Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el laboratorio de geocronometría: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 73, p. 57-133.
 - Fries, C., C. Shlaepfer y C. Rincón-Orta 1965 Nuevos datos geocronológicos del Complejo Oaxaqueño. Bol de la Soc. Geol. Mex. 29: 59-66.
 - Geyne, A.R., Fries, C., Jr., Segerstrom, K., Black, R.F., Wilson, I.F., 1963, Geología y Yacimientos Minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, estado de Hidalgo, México: Consejo de Recursos Naturales no Renovables, 222 p.
-

-
- Goldhammer, R.K., 1999, Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution, northeast Mexico, en Bartolini, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F. (eds.), Mesozoic sedimentary and tectonic history of north–central Mexico: Geological Society of America Special Paper, 340, 1–58.
 - Granados-León, A., 2007, Interpretación de paleoambientes marinos del grupo Huayacocotla con base en invertebrados fósiles en la localidad “Peña Blanca”, Municipio de San Bartolo Totoltepec, Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área académica de Biología. Tesis de Licenciatura, 62 p.
 - Heim, A., 1926, Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, México): *Eclogae Geologicae Helveticae*, 20(1), 84-87.
 - Hermoso, C. de la T. y Martínez, P. J. (1972) Medición detallada de formaciones del Jurásico Superior en el frente de la Sierra Madre Oriental: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 24, 45- 63.
 - Hernández–Treviño, J.T., Hernández–Bernal del S. M., 1991, Evolución geológica de la región de Metztlán/Zacualtipán, Estados de Hidalgo y Veracruz: D.F., México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis de licenciatura, 92 p.
 - Hernández-Velázquez, E.J., 2007, Interpretación de paleoambientes del Sinemuriano superior (Jurásico Inferior) del Grupo Huayacocotla en la región de Pahuatlán, Puebla: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área académica de Biología. Tesis de Licenciatura, 123 p.
 - Imlay, R. W., 1953. “Las formaciones jurásicas de México”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 16(1) 1-64.
 - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1983, Carta Geológica
 - Imlay, R. W., Cepeda D. L. C. E. , Álvarez, M. and Díaz , G. T., 1948 Stratigraphic Relations of Certain Jurassic Formations in Eastern México, *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 2 (9), 1750-1761.
 - Jones, N., W.J., McKee, J.W., Anderson, T.H., Silver, L.T., (1995) Jurassic volcanic rocks in northeastern Mexico: A possible remnant of a Cordilleran magmatic arc: *Geological Society of America Special Paper* 301, p. 179–190.
 - Krumbein, W. C., and Sloss, L., L., : *Stratigraphy and sedimentation*, 491 pp. San Francisco: Freeman 1951.
-

-
- Ledesma-Guerrero, O., 1987. Hoja Calpulalpan 14Qh(3). Resumen de la geología de la hoja calpulalpan, Estados de México, tlaxcal, Puebla e Hidalgo: Univ. Nal. Auton. México. Inst. Geol., Carta Geológica de México. Serie 1:100 000.
 - Martínez-Pérez, J. (1962) Estudio geológico de una porción de la Sierra Madre Oriental al Oriente de Zacualtipán y Tianguistengo, Hgo. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Geológica: México, D.F., Instituto Politécnico Nacional.
 - Meiburg, P., Chapa, G.J.R., Grotehusmann, I., Kustusch, T., Lentzy, P., Leòn, G.H., Mansilla, T.M.A., 1987, El basamento precretácico de Aramberri-estructura clave para comprender el dècollement de la cubierta Jurásica-cretácica de la Sierra Madre Oriental, México, Actas Fac. Ciencias Tierra U.A.N.L. Linares 2, p. 15-22.
 - Mendoza-Rosales, C., Arellano-Gil, J., Silva-Romo, G., 1992, Nuevas localidades del contacto transicional de las formaciones Huizachal y Huayacocotla, en Convención Geológica Nacional No. 11: Veracruz, Ver., México, Sociedad Geológica Mexicana, p. 121.
 - Michalzik, D., 1991, Facies sequence of Triassic–Jurassic red beds in the Sierra Madre Oriental (NE Mexico) and its relation to the early opening of the Gulf of Mexico: *Sedimentary Geology*, 71, 243–259.
 - Mixon R . B (1958) The Jurassic Formations of the Ciudad Victori a Región Tamaulipa s Mex . Maste r of Scienc e Thesis, Louisiana Stat e Univ.
 - Mixon, R. B., G.E. Murray, T. Díaz, 1959, Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico: *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 43 (4), 757-771.
 - Muir, J.M, 1936, *Geology of the Tampico region*, México: Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, 280 p.
 - Ochoa-Camarillo, H.R. 1996, *Geología del Anticlinorio de Huayacocotla en la Región de Molango*, Estado de Hidalgo, México: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 91 p.
 - Ochoa-Camarillo, H.R., 1997a, *Geología del Anticlinorio Huayacocotla en la región de Molango*, Hidalgo, México, en Gómez-Caballero, A., Alcayde-Orraca, M. (eds.), *II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados*, Pachuca, Hgo., México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de

Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología de la UNAM, Guía de las excursiones geológicas, 1–17.

- Ochoa-Camarillo, H.R., Buitrón, B.E., Silva-Pineda, A., 1997, Red Beds of the Huayacocotla Anticlinorium, State of Hidalgo, East Central Mexico: Kansas, USA: Geological Society of America, Abstracts with Programs, 29(2), 1–42.
- Ochoa-Camarillo, H.R., 1997, Aspectos bioestratigráficos, paleoecológicos y tectónicos del Jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la región de Molango, Hidalgo, en Gómez-Caballero, A., Alcayde-Orraca, M. (eds.), II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados, Pachuca, Hidalgo, México: México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UAEH, Instituto de Geología, UNAM, Simposio y Coloquio, sin paginación.
- Ochoa-Camarillo, H., Buitrón, B.E., Silva-Pineda, A., 1998, Contribución al conocimiento de la bioestratigrafía, paleoecología y tectónica del Jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la región de Molango, Hidalgo, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15(1), 57-63.
- Ochoa-Camarillo, H.R., Buitrón, B.E., Silva-Pineda, A., 1999, Redbeds of the Huayacocotla Anticlinorium, state of Hidalgo, east-central Mexico, in Bartolini, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F. (eds), Mesozoic sedimentary and tectonic history of North-Central Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 340, 59-68.
- Ortega-Gutierrez, F., M. Mitre-Salazar, J. Roldan-Quintana, J. J. ArandaGómez, D. Moran-Zenteno, J. A Alanis-Alvarez y A F. NietoSamaniego, 1992 (1993). Carta geológica de la republica mexicana, esc. 1: 2 000 000. 5a ed. Instituto de Geologia, UNAM y Secretaria de Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, Mexico. Un mapa con texto explicativo.
- Ortega-Gutiérrez, Fernando, 1997, Itinerary of fieldtrip to Huayacocotla anticlinorium in the Molango región, State of Hidalgo, Mexico-second day: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra; y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados, 2, Pachuca, Hidalgo, México, Guía de las excursiones geológicas, p.37-39.

-
- Padilla y Sánchez, R.J., 2007, Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 59 (1), 19–42.
 - Pedrazzini, C., Bazañez-Loyola, M.A., 1978, Sedimentación del Jurásico Medio–Superior en el Anticlinorio de Huayacocotla-Cuenca de Chicontepec, Estados de Hidalgo y Veracruz, México: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, 10(3), 6–25.
 - Pérez-Ramos, Olivia, 1978, Estudio bioestratigráfico del Paleozoico superior del anticlinorio de Huayacocotla en la Sierra Madre Oriental; Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v.39,núm.2, p.126-135.
 - Robin, C., Bobier, C., 1975, Las fases del vulcanismo en la región de Tlanchinol (Hidalgo, México), según datos paleomagnéticos y geoquímicos: Boletín del Instituto de Geología, 95, 49-85.
 - Rosales-Lagarde, L., Centeno-García, E., Ochoa-Camarillo, H., SourTovar, F., 1997, Permian volcanism in eastern Mexico. Preliminary Report. II, Convención sobre la Evolución geológica de México y Recursos Asociados: IICT, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-IGEOL, Universidad Nacional Autónoma de México. Libro-guía de las excursiones geológicas, excursión, 1, 27-32.
 - PettiJohn, E.J., 1975, Sedimentary Rocks, Thrid Edition: Harper & Row, Publishers inc.Ross,C.A., 1986 Paleozoic evolution of southern margin of Permian basin: Geological Society of America Bulletin, v. 97, núm. 5, p. 536-554.
 - Ramírez, R. C. 1978, Reinterpretación tectónica del esquisto Granjeno de Ciudad Victoria, Tamaulipas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 2, p. 5-42.
 - Reyes, E., 1964, El Jurásico Superior del Área de Tamán, San Luís Potosí: México, D. F., Petróleos Mexicanos, Informe Geológico 508, 36 p. (inédito).
 - Rosales-Lagarde, L., Centeno-García, E., Ochoa-Camarillo, H., SourTovar, F., 1997, Permian volcanism in eastern Mexico. Preliminary Report. II, Convención sobre la Evolución geológica de México y Recursos Asociados: IICT, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-IGEOL, Universidad Nacional Autónoma de México. Libro-guía de las excursiones geológicas, excursión, 1, 27-32.
 - Rueda Gaxiola, J., 1975 El estudio de los Constituyentes Orgánicos e Inorgánicos de las formaciones Huayacocotla (Liásico) y Rosario (Jurásico Medio) del Este de
-

-
- México y sus relaciones con la Tectónica, la Generación y el Entrampamiento de Hidrocarburos. Proyecto 3090. Subd. Tecnol. Explor. 1.M.P pp.215.
- Rueda Gaxiola, J., López Ocampo, E., Dueñas, M., Minero, M., Uribe G. & Guerrero Muñoz, M., 1991. Investigación Palinoestratigráfica de los Lechos Rojos triásico-jurásicos del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina y su Correlación Tectono-Sedimentaria con la Secuencia triásico-jurásica del Anticlinorio de Huayacocotla. Proyecto Calnali CAO-3507. Subd. Tecnología de Exploración I.M.P. pp.142.
 - Rueda, G.J., López, O. E., Dueñas, M.A. y Rodríguez. B.J.L, 1991 a. Las fosas de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla: dos partes de un GRABEN relacionado con el origen del Golfo de México (1n Robinovich Kogan, R. y Carreño, M. L., Edits). Memoria sobre la convención de la Evolución Tectónica de México. Instituto de Geología UNAM: p.189-192.
 - Rueda, G . J . , Dueñas, M . A . , Rodríguez, J . L . , Minero, M. y Uribe, G., 1993b. Los anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla: dos partes de la Fosa de Huayacocotla-El Alamar. II. Bioestratigrafía, Cronoestratigrafía y Paleogeografía del Alogrupo Los San Pedros. Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol. X L I I I (2): 1-29.
 - Rueda, G . J . , Brito, A . M . , Guerrero, M . M . , Del Valle, A. y Pliego, V.E., 1997c. Los anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla- El Alamar. III. Palinoestratigrafía, Petrología y Paleogeografía del Alogrupo Los San Pedros. Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol. XLVI(j):1-71.
 - Salvador, A., 1191, Triassic-Jurassic, in Salvador, A., ed., The Gulf of Mexico basin: Boulder, colorado, Geological Society of America, Geology of North America, v. J, p. 131-180.
 - Salvador, A., 1987, Late Triassic–Jurassic paleogeography and origin of Gulf of Mexico Basin: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 71, 419–451.
 - Sánchez, M.V. y Hernández, G . M . , 1991. Estudio diagénico de las formaciones Huayacocotla y Rosario en la Cuenca de Tampico- Misanda. Proyecto CAO-3514. Subd Tecnol. Explor. IMP, p. 82.
 - Schlatter, R., Schmidt-Effing, R., 1984, Bioestratigrafía y fauna de amonites del Jurásico Inferior (sinemuriano) del área de Tenango de Doria (Estado de Hidalgo, México), en 3er Congreso Latinoamericano Paleontología, Oaxtepec, Morelos,
-

-
- México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Memorias, 154-156.
- Schmidt-Effing, R., 1980, The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico, en Pilger, R.H. Jr. (ed.), Symposium on the Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic, Proceedings: Baton Rouge, USA, Louisiana State University, 79–86.
 - Seems, D.R., 1921.- Cretaceous Section exposed at El Huizachal, Central Tamaulipas. Informe inédito, Petróleos Mexicanos.
 - SGM. (2002) Informe de la Carta Geológico-Minera Molango F14-D51 Escala 1:50,000 Estado de Hidalgo
 - Silva-Pineda, A. 1978b. Plantas del Jurásico Medio del sur de Puebla y noroeste de Oaxaca. Paleontología Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 44(1), 1-16.
 - Stephenson, L. W., 1922, Some Upper Cretaceous Shells of the Rudistid Group from Tamaulipas, Mexico: Proc. U. S. Nat. Hist. Mus., 61, 1, 2422. Original no consultado, citado en Muir, J., 1936, Geology of the Tampico region, Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 20, 280 p.
 - Suter, M., 1990, Geología de la hoja de Tamazunchale, Estado de Hidalgo, Querétaro y San Luís Potosí: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas de México serie 1:100,000, 1 mapa con texto.
 - Zacualtipán, F 14D62, escala 1:50 000: México, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.



Apéndice 1

"Análisis estratigráfico de la Formación Huizachal en la región de Tlahuelompa, Estado de Hidalgo"

Apéndice 1. ANÁLISIS DE MUESTRAS MACROSCÓPICAS

A continuación se presentan resultados obtenidos del análisis realizado a las muestras de mano: textura, porcentajes de los materiales que la constituyen, minerales, líticos y matriz, tamaño, forma y organización de los clastos, así como comentarios importantes referente a lo observado en la muestra.

Se recolectaron un total de 21 muestras de mano en campo a lo largo del camino de terracería entre los poblados Tlahuelompa a San Mateo, Hidalgo. De las cuales se analizaron 9 muestras que se eligieron en los niveles representativos, para distinguir las características y cambios en las diferentes unidades (tabla 3.2)

Clave	Roca
Muestra 1	Gauvaca de grano medio a grueso
Muestra 2	Areniscas con intercalaciones de lutitas bituminosas
Muestra 3	Intercalaciones de areniscas con lutitas negras
Muestra 4	Intercalaciones de areniscas con lutitas negras
Muestra 5	Areniscas de grano fino
Muestra 6	Lutitas negras
Muestra 7	Lutitas pizarrosas
Muestra 8	Areniscas de grano fino
Muestra 9	Lutita negra

Tabla 1 Número de muestras y clasificación de rocas más representativas de la columna estratigráfica medida.

Muestra 1

La roca tiene tamaño de grano muy visible, de 5 hasta 2 mm, los minerales observados son; cuarzo en un 50%, feldespato en un 40% y matriz en un 10% de limolita y arcillas. La muestra macroscópica del lado intemperizado es color amarillento-marrón con tonos gris oscuros, del lado fresco tenemos un color blanco y gris muy claro con algunos tonos amarillentos-marrones. La roca corresponde a una grauvaca de grano medio a grueso (fotografía 1.1). Es importante mencionar que esta parte también contiene estratos de conglomerado mal seleccionado polimícticos, con fragmentos de cuarzo y arenisca subredondeados. Corresponde a la cima de la columna estratigráfica la que se encuentra en contacto con la Formación Tuzancoa.



Fotografía 1.1 Arenita lítica de grano grueso con poca matriz.

Muestra 2

En este afloramiento tenemos estratos delgados, espesores de 1 a 15 cm con laminaciones; se alcanzan a distinguir estratos continuos y tabulares. En esta zona encontramos intercalaciones de lutita bituminosa con areniscas de grano fino, con presencia de fósiles de plantas bennettitales en las lutitas.

La mineralogía observable fue de líticos, óxido de Fe, limolitas y arcillas en las areniscas. La roca macroscópica tiene un color al fresco de gris claro amarillento, con algunos tonos pardo en la arenisca y para las lutitas es gris oscuro verdoso. El color al intemperismo tenemos en ambas un color amarillento con tonalidades pardas y gris oscuro. La arenisca es porosa y poco densa, la lutita es laminada (fotografía 1.2).



Fotografía 1.2 Areniscas de grano fino con intercalaciones de lutitas bituminosas.

Muestra 3

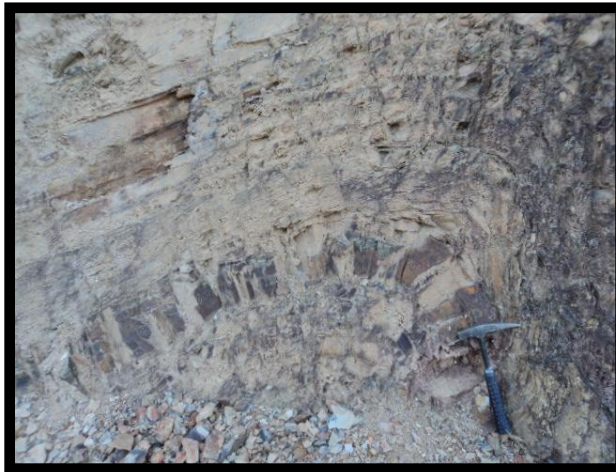
El afloramiento se compone de estratos de areniscas de grano delgado que presentan laminaciones discontinuas a causa de la deformación que causó fracturamiento y fallamiento, las areniscas son de grano fino con intercalaciones de lutitas negras y algunos horizontes de carbón, con alto intemperismo lo cual hace presente al oxido de Fe. El color al fresco en lutitas es gris claro con algunos tonos cremas y en las areniscas amarillas muy claro con tonos gris claro. Para el color al intemperismo es gris claro con tonos amarillentos y gris oscuro en lutitas y para las areniscas tenemos un color amarillo claro con tonos gris. Las estructuras sedimentarias encontradas son laminación horizontal y cruzada (fotografía 1.3).



Fotografía 1.3 Intercalación de areniscas con lutitas negras de la cima de la Formación.

Muestra 4

En este afloramiento encontramos estratos plegados y fracturados, donde predominan areniscas de grano medio a fino intercaladas con lutitas negras y lutitas bituminosas de color gris oscuro al fresco con tonalidades ocre y crema, por intemperismo adquirieron color; amarillo claro con tonos pardos. La matriz está en muy poco porcentaje, aproximadamente del 10% de limolitas. La presencia de fósiles es del tipo de los bennettiales y helechos. Las estructuras sedimentarias presentes estratos tabulares y laminación (fotografía 1.4).



Fotografía 1.4 Intercalación de areniscas con lutitas negras.

Muestra 5

Corresponde con arenisca de grano fino color pardo amarillento muy intemperizada y fracturada, algunas superficies se distinguen bandeamientos de color amarillo ocre en la roca de color gris claro. Las estructuras primarias visibles en este afloramiento son estratos paralelos continuos muy delgados de un par de cm hasta laminaciones, otras estructuras presentes son rill marks, se forman como redes de canales dendríticos de tamaño pequeño debido al escurrimiento del agua en sedimentos arenosos o limosos.

Para la muestra macroscópica los granos de la roca son muy pequeños, los líticos son de limos, arcillas y micas color blanco. El color del lado intemperizado es amarillento marrón con algunos tonos rojizos que pertenecen al óxido de Hierro presente, en la parte fresca de la muestra el color es gris amarillento y algunos tonos rojos amarillentos (fotografía 1.5).



Fotografía 1.5 Areniscas con estructuras sedimentarias de Rill Marks.

Muestra 6

Este afloramiento contiene estratos que van de los 12 cm de espesor hasta los 21 cm, la roca presente en el afloramiento son lutitas negras que en la parte inferior notamos la existencia de estructuras de punta de lápiz y en algunos estratos contiene fósiles de plantas Bennettitales. El color al fresco es gris oscuro verdoso con tonalidades ocre y el color al intemperismo es gris oscuro verdoso con tonalidades gris claro y amarillento (fotografía 1.6).



Fotografía 1.6 Estratos laminados e intemperizados de lutitas con estructura sedimentaria de punta de lápiz.

Muestra 7

En este afloramiento encontramos estratos de lutitas con laminaciones muy fracturadas, alteradas por mucho intemperismo presenta cambios en la orientación de la laminación de las lutitas (laminación cruzada), la parte superior presenta estratos más gruesos. Son rocas de color gris oscuro que intemperizan en tonos gris claro y marrones. Las estructuras sedimentarias son estratos tabulares y laminados (fotografía 1.7).



Fotografía 1.7 Estratos de lutitas laminados que por intemperismo forman lajas.

Muestra 8

Este afloramiento cuenta con un intenso intemperismo y alteración de óxidos de Fe. La parte superior está compuesta por estratos definidos y continuos que van desde los 13, 16 y 20 cm de espesor de areniscas de grano fino, algunos de los minerales presentes son: Micas, cuarzo y fragmentos de roca. Es una roca masiva y densa, presenta coloraciones en la superficie fresca gris oscuro con algunos tonos gris claro, en la superficie intemperizada es color amarillento con algunos tonos gris oscuro (fotografía 1.8). La parte inferior es más fracturada y los estratos presentan laminaciones; contiene plantas fósiles que corresponden con Bennettitales. La muestra macroscópica de la zona muestra una composición de grano muy fino y sin minerales visibles, con limos en la matriz, la roca es de color gris oscuro con algunas tonalidades amarillento-ocre y gris claro en la superficie intemperizada, donde también presenta colores crema-amarillento con tonos gris oscuro, estas características corresponden a una arenisca de grano fino, con algunas intercalaciones de lutitas negras en estratos delgados.



Fotografía 1.8 Estratos de areniscas de grano fino afectados por fracturamiento.

Muestra 9

En este afloramiento la roca expuesta se encuentra en estratos masivos y algunos con laminaciones discontinuas, la roca es compacta y de grano fino, la mineralogía visible es muscovita en un 10%, 30% de fragmentos de rocas, como matriz de limo y arcilla son rocas de color gris oscuro con algunos tonos ocres, tonos gris claro y marrón. Estas rocas se encuentran en el contacto entre la Formación Huizachal con la Formación Huayacocotla, por lo que pertenece a la base de la columna estratigráfica medida (fotografía 1.9).



Fotografía 1.9 Lutita negra perteneciente a la base de la Formación Huayacocotla.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo-Camargo, J.E., 1977, Sedimentación y diagénesis de la Formación "Chipoco" (Jurásico Superior) en afloramientos, estados de Hidalgo y San Luis Potosí: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 9(2), 11-37.
- Allen, P. & Allen, J., 2005. *Basin analysis: principles and applications* Second Edi., Blackwell Publishing.
- Ángeles-Cruz, C., 2006, Geoquímica de las rocas sedimentarias jurásicas en localidades fosilíferas de la Sierra Madre Oriental (Tenango de Doria-San Bartolo Tutotepec, Hidalgo): Implicaciones paleoambientales: Hidalgo, México, universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tesis profesional de Licenciado en Química. 155p. Inédita.
- Arellano-Gil, J., Vachard, D., Yussim, S., Flores de Dios-González, A., 1998, Aspectos estratigráficos, estructurales y paleogeográficos del Pérmico Inferior al Jurásico Inferior en Pemuxco, Estado de Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1), 9–13.
- Arenas-Islas, D., Esquivel-Macías C., Flores-Castro, K., 2009, Amonites y bivalvos del Sinemuriano Superior en un nuevo afloramiento de la Formación Huayacocotla, Hidalgo, México, algunas consideraciones paleoambientales: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Volumen 61 (2): p. 185-197.
- Barboza, G.J.R., Tristán, G, M., and Torres, H.J.R., 1999, Tectonic setting of pre-Oxfordian unit from central and northeastern México: A review, in Bartolini, C., Wilson, J.L., and Lawton, T.F. eds., *Mesozoic sedimentary and tectonic history of North-Central Mexico*: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 340, p. 197-210.
- Blau, J., Meister, C., Schlatter, P., Schmidt-Effing, R., 2003, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental), México. Part III; Biostratigraphy, palaeobiogeography and taxonomic addendum, 24(1), 365-384.
- Böse, E., 1988. "Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México". Instituto Geológico de México, *Boletín* 13, 54p.

-
- Burckhardt, C., 1930, *Ètude syntétique sur le Mésozoïque mexicain: Mémoires de la Société Paléontologique Suisse*, 40, 280 p.
 - Carrillo, B. J., 1961, Geología del Anticlinorio Huizachal Peregrina al noroeste de Ciudad Victoria, Tamps: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v.13, p. 1-98.
 - Cantagrel, J.M., Robin, C., 1979, K-Ar dating on eastern Mexican volcanic rocks-relations between the andesitic and the alkaline provinces: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 5(1-2), 99-114.
 - Cantú-Chapala. A., 1971, La serie Huasteca (Jurásico medio-superior) del Centro-este de México: *Revista Instituto Mexicano del Petróleo*, 3(2), 17-40.
 - Cantú-Chapa, A., 1969, Estratigrafía del Jurásico Medio-Superior del subsuelo de Poza Rica, Veracruz (Área de Soledad-Miqueta): *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 1(1), 3-9.
 - Cantú C., A., 1998. "Las transgresiones Jurásicas en México". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología y Sociedad Geológica Mexicana, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 15, no. 1, p. 25-37.
 - Carrillo, B. J. , 1961. Geología del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina al Noroeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas. *Bol. Asoc. Mex. Geól. Petr.* X I I I (I-2):99.
 - Carrillo-Bravo, J., 1965, Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 17(5-6), 73-96.
 - De Cserna, Z.; Grat, J. L., YOrtega, G. F., 1977, Alóctono del Paleozoico inferior de la región de Cd. Victoria, Estado de Tamaulipas: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v.1, p. 33-43.
 - Díaz-Lozano, E., 1916, Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz. Algunas plantas de la flora liásica de Huauchinango, Puebla: Instituto Geológico de México, *Boletín*, 34, 1–18.
 - DIÉGUEZ, C. 2003. Paleofitopatología. Pp. 277-284, en: Isidro, A. & Malgosa, A. (Eds.) *Paleopatología. La enfermedad no escrita. Parte IV. Otros ámbitos de la Paleopatología*. Ed. Masson. Barcelona. 351 pp.
 - Eguiluz de Antuñano, S., Aranda-García, M., Marrett, R., 2000, Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53, 1–26
-

-
- Esquivel- Macías, Carlos, Rita G. León-Olvera, Kinardo Flores Castro Revista mexicana de ciencias geológicas, ISSN 1026-8774, ISSN-e 2007-2902, Vol. 22, N°. 1, 2005 , págs. 97-114.
 - Erben, H.K., 1956a, El Jurásico Medio y el Calloviano de México: México, en XX Congreso Geológico Internacional: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 140 p.
 - Erben, H.K., 1956b, El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas, en XX Congreso Geológico Internacional: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 393 p.
 - Erben, H. K. 1956. Estratigrafía a lo largo de la carretera México, D.F. y las áreas de Huauchinango, Pue., Necaxa, Pue. Y Huayacocotla, Ver.XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956, Libreto-Guía de la Excursión C-8, 1 vol. Ilustr.
 - Flores-Castro, K., 1993, Bosquejo Estratigráfico de la Porción Oriental del Estado de Hidalgo, México: Chihuahua, México, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 63 p.
 - Flores-Castro, K., Angeles-Cruz, C.A., Torres-Valencia, J.M., Armstrong- Altrin, J.S., Esquivel-Macias, C., 2006, Pristane/Phytane ratio in Sinemurian siliciclastic Rocks from the Huayacocotla Group; State of Hidalgo, Mexico: Latin American Association of Organic Geochemistry, 10.
 - Flores, B . R . , Moreno, 1.A.. Sánchez, R . G . y Stanford, B . J . , 1980. Evaluación Geológico-Económica de las formaciones Huayacocotla y Rosario del J u r á s i c o Inferior-Medio en la Porción Norte de la Cuenca de Huayacocotla. Proyecto I.V. 1010, Pemex, ZN.
 - Folk, R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphlls. Austin, Texas.
 - Fries, Carl, Jr., y Rincón-Orta, César, 1965, Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el laboratorio de geocronometría: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 73, p. 57-133.
 - Fries, C., C. Shlaepfer y C. Rincón-Orta 1965 Nuevos datos geocronológicos del Complejo Oaxaqueño. Bol de la Soc. Geol. Mex. 29: 59-66.
 - Geyne, A.R., Fries, C., Jr., Segerstrom, K., Black, R.F., Wilson, I.F., 1963, Geología y Yacimientos Minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, estado de Hidalgo, México: Consejo de Recursos Naturales no Renovables, 222 p.
-

-
- Goldhammer, R.K., 1999, Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution, northeast Mexico, en Bartolini, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F. (eds.), Mesozoic sedimentary and tectonic history of north–central Mexico: Geological Society of America Special Paper, 340, 1–58.
 - Granados-León, A., 2007, Interpretación de paleoambientes marinos del grupo Huayacocotla con base en invertebrados fósiles en la localidad “Peña Blanca”, Municipio de San Bartolo Totoltepec, Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área académica de Biología. Tesis de Licenciatura, 62 p.
 - Heim, A., 1926, Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, México): *Eclogae Geologicae Helveticae*, 20(1), 84-87.
 - Hermoso, C. de la T. y Martínez, P. J. (1972) Medición detallada de formaciones del Jurásico Superior en el frente de la Sierra Madre Oriental: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 24, 45- 63.
 - Hernández–Treviño, J.T., Hernández–Bernal del S. M., 1991, Evolución geológica de la región de Metztlán/Zacuatlán, Estados de Hidalgo y Veracruz: D.F., México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis de licenciatura, 92 p.
 - Hernández-Velázquez, E.J., 2007, Interpretación de paleoambientes del Sinemuriano superior (Jurásico Inferior) del Grupo Huayacocotla en la región de Pahuatlán, Puebla: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área académica de Biología. Tesis de Licenciatura, 123 p.
 - Imlay, R. W., 1953. “Las formaciones jurásicas de México”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 16(1) 1-64.
 - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1983, Carta Geológica
 - Imlay, R. W., Cepeda D. L. C. E. , Álvarez, M. and Díaz , G. T., 1948 Stratigraphic Relations of Certain Jurassic Formations in Eastern México, *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 2 (9), 1750-1761.
 - Jones, N., W.J., McKee, J.W., Anderson, T.H., Silver, L.T., (1995) Jurassic volcanic rocks in northeastern Mexico: A possible remnant of a Cordilleran magmatic arc: *Geological Society of America Special Paper* 301, p. 179–190.
 - Krumbein, W. C., and Sloss, L., L., : *Stratigraphy and sedimentation*, 491 pp. San Francisco: Freeman 1951.
-

-
- Ledesma-Guerrero, O., 1987. Hoja Calpulalpan 14Qh(3). Resumen de la geología de la hoja calpulalpan, Estados de México, tlaxcal, Puebla e Hidalgo: Univ. Nal. Auton. México. Inst. Geol., Carta Geológica de México. Serie 1:100 000.
 - Martínez-Pérez, J. (1962) Estudio geológico de una porción de la Sierra Madre Oriental al Oriente de Zacualtipán y Tianguistengo, Hgo. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Geológica: México, D.F., Instituto Politécnico Nacional.
 - Meiburg, P., Chapa, G.J.R., Grotehusmann, I., Kustusch, T., Lentzy, P., Leòn, G.H., Mansilla, T.M.A., 1987, El basamento precretácico de Aramberri-estructura clave para comprender el dècollement de la cubierta Jurásica-cretácica de la Sierra Madre Oriental, México, Actas Fac. Ciencias Tierra U.A.N.L. Linares 2, p. 15-22.
 - Mendoza-Rosales, C., Arellano-Gil, J., Silva-Romo, G., 1992, Nuevas localidades del contacto transicional de las formaciones Huizachal y Huayacocotla, en Convención Geológica Nacional No. 11: Veracruz, Ver., México, Sociedad Geológica Mexicana, p. 121.
 - Michalzik, D., 1991, Facies sequence of Triassic–Jurassic red beds in the Sierra Madre Oriental (NE Mexico) and its relation to the early opening of the Gulf of Mexico: *Sedimentary Geology*, 71, 243–259.
 - Mixon R . B (1958) The Jurassic Formations of the Ciudad Victori a Región Tamaulipa s Mex . Maste r of Scienc e Thesis, Louisiana Stat e Univ.
 - Mixon, R. B., G.E. Murray, T. Díaz, 1959, Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico: *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 43 (4), 757-771.
 - Muir, J.M, 1936, *Geology of the Tampico region*, México: Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, 280 p.
 - Ochoa-Camarillo, H.R. 1996, *Geología del Anticlinorio de Huayacocotla en la Región de Molango*, Estado de Hidalgo, México: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 91 p.
 - Ochoa-Camarillo, H.R., 1997a, *Geología del Anticlinorio Huayacocotla en la región de Molango*, Hidalgo, México, en Gómez-Caballero, A., Alcayde-Orraca, M. (eds.), *II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados*, Pachuca, Hgo., México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de

-
- Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología de la UNAM, Guía de las excursiones geológicas, 1–17.
- Ochoa-Camarillo, H.R., Buitrón, B.E., Silva-Pineda, A., 1997, Red Beds of the Huayacocotla Anticlinorium, State of Hidalgo, East Central Mexico: Kansas, USA: Geological Society of America, Abstracts with Programs, 29(2), 1–42.
 - Ochoa-Camarillo, H.R., 1997, Aspectos bioestratigráficos, paleoecológicos y tectónicos del Jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la región de Molango, Hidalgo, en Gómez-Caballero, A., Alcayde-Orraca, M. (eds.), II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados, Pachuca, Hidalgo, México: México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UAEH, Instituto de Geología, UNAM, Simposio y Coloquio, sin paginación.
 - Ochoa-Camarillo, H., Buitrón, B.E., Silva-Pineda, A., 1998, Contribución al conocimiento de la bioestratigrafía, paleoecología y tectónica del Jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la región de Molango, Hidalgo, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15(1), 57-63.
 - Ochoa-Camarillo, H.R., Buitrón, B.E., Silva-Pineda, A., 1999, Redbeds of the Huayacocotla Anticlinorium, state of Hidalgo, east-central Mexico, in Bartolini, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F. (eds), Mesozoic sedimentary and tectonic history of North-Central Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 340, 59-68.
 - Ortega-Gutierrez, F., M. Mitre-Salazar, J. Roldan-Quintana, J. J. ArandaGómez, D. Moran-Zenteno, J. A Alanis-Alvarez y A F. NietoSamaniego, 1992 (1993). Carta geológica de la republica mexicana, esc. 1: 2 000 000. 5a ed. Instituto de Geologia, UNAM y Secretaria de Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, Mexico. Un mapa con texto explicativo.
 - Ortega-Gutiérrez, Fernando, 1997, Itinerary of fieldtrip to Huayacocotla anticlinorium in the Molango región, State of Hidalgo, Mexico-second day: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra; y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados, 2, Pachuca, Hidalgo, México, Guía de las excursiones geológicas, p.37-39.
-

-
- Padilla y Sánchez, R.J., 2007, Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 59 (1), 19–42.
 - Pedrazzini, C., Bazañez-Loyola, M.A., 1978, Sedimentación del Jurásico Medio–Superior en el Anticlinorio de Huayacocotla-Cuenca de Chicontepec, Estados de Hidalgo y Veracruz, México: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, 10(3), 6–25.
 - Pérez-Ramos, Olivia, 1978, Estudio bioestratigráfico del Paleozoico superior del anticlinorio de Huayacocotla en la Sierra Madre Oriental; Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v.39,núm.2, p.126-135.
 - Robin, C., Bobier, C., 1975, Las fases del vulcanismo en la región de Tlanchinol (Hidalgo, México), según datos paleomagnéticos y geoquímicos: Boletín del Instituto de Geología, 95, 49-85.
 - Rosales-Lagarde, L., Centeno-García, E., Ochoa-Camarillo, H., SourTovar, F., 1997, Permian volcanism in eastern Mexico. Preliminary Report. II, Convención sobre la Evolución geológica de México y Recursos Asociados: IICT, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-IGEOL, Universidad Nacional Autónoma de México. Libro-guía de las excursiones geológicas, excursión, 1, 27-32.
 - PettiJohn, E.J., 1975, Sedimentary Rocks, Thrid Edition: Harper & Row, Publishers inc.Ross,C.A., 1986 Paleozoic evolution of southern margin of Permian basin: Geological Society of America Bulletin, v. 97, núm. 5, p. 536-554.
 - Ramírez, R. C. 1978, Reinterpretación tectónica del esquisto Granjeno de Ciudad Victoria, Tamaulipas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 2, p. 5-42.
 - Reyes, E., 1964, El Jurásico Superior del Área de Tamán, San Luís Potosí: México, D. F., Petróleos Mexicanos, Informe Geológico 508, 36 p. (inédito).
 - Rosales-Lagarde, L., Centeno-García, E., Ochoa-Camarillo, H., SourTovar, F., 1997, Permian volcanism in eastern Mexico. Preliminary Report. II, Convención sobre la Evolución geológica de México y Recursos Asociados: IICT, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-IGEOL, Universidad Nacional Autónoma de México. Libro-guía de las excursiones geológicas, excursión, 1, 27-32.
 - Rueda Gaxiola, J., 1975 El estudio de los Constituyentes Orgánicos e Inorgánicos de las formaciones Huayacocotla (Liásico) y Rosario (Jurásico Medio) del Este de
-

-
- México y sus relaciones con la Tectónica, la Generación y el Entrampamiento de Hidrocarburos. Proyecto 3090. Subd. Tecnol. Explor. 1.M.P pp.215.
- Rueda Gaxiola, J., López Ocampo, E., Dueñas, M., Minero, M., Uribe G. & Guerrero Muñoz, M., 1991. Investigación Palinoestratigráfica de los Lechos Rojos triásico-jurásicos del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina y su Correlación Tectono-Sedimentaria con la Secuencia triásico-jurásica del Anticlinorio de Huayacocotla. Proyecto Calnali CAO-3507. Subd. Tecnología de Exploración I.M.P. pp.142.
 - Rueda, G.J., López, O. E., Dueñas, M.A. y Rodríguez. B.J.L, 1991 a. Las fosas de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla: dos partes de un GRABEN relacionado con el origen del Golfo de México (1n Robinovich Kogan, R. y Carreño, M. L., Edits). Memoria sobre la convención de la Evolución Tectónica de México. Instituto de Geología UNAM: p.189-192.
 - Rueda, G . J . , Dueñas, M . A . , Rodríguez, J . L . , Minero, M. y Uribe, G., 1993b. Los anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla: dos partes de la Fosa de Huayacocotla-El Alamar. II. Bioestratigrafía, Cronoestratigrafía y Paleogeografía del Alogrupo Los San Pedros. Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol. X L I I I (2): 1-29.
 - Rueda, G . J . , Brito, A . M . , Guerrero, M . M . , Del Valle, A. y Pliego, V.E., 1997c. Los anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla- El Alamar. III. Palinoestratigrafía, Petrología y Paleogeografía del Alogrupo Los San Pedros. Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol. XLVI(j):1-71.
 - Salvador, A., 1191, Triassic-Jurassic, in Salvador, A., ed., The Gulf of Mexico basin: Boulder, colorado, Geological Society of America, Geology of North America, v. J, p. 131-180.
 - Salvador, A., 1987, Late Triassic–Jurassic paleogeography and origin of Gulf of Mexico Basin: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 71, 419–451.
 - Sánchez, M.V. y Hernández, G . M . , 1991. Estudio diagénico de las formaciones Huayacocotla y Rosario en la Cuenca de Tampico- Misanda. Proyecto CAO-3514. Subd Tecnol. Explor. IMP, p. 82.
 - Schlatter, R., Schmidt-Effing, R., 1984, Bioestratigrafía y fauna de amonites del Jurásico Inferior (sinemuriano) del área de Tenango de Doria (Estado de Hidalgo, México), en 3er Congreso Latinoamericano Paleontología, Oaxtepec, Morelos,
-

-
- México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Memorias, 154-156.
- Schmidt-Effing, R., 1980, The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico, en Pilger, R.H. Jr. (ed.), Symposium on the Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic, Proceedings: Baton Rouge, USA, Louisiana State University, 79–86.
 - Seems, D.R., 1921.- Cretaceous Section exposed at El Huizachal, Central Tamaulipas. Informe inédito, Petróleos Mexicanos.
 - SGM. (2002) Informe de la Carta Geológico-Minera Molango F14-D51 Escala 1:50,000 Estado de Hidalgo
 - Silva-Pineda, A. 1978b. Plantas del Jurásico Medio del sur de Puebla y noroeste de Oaxaca. Paleontología Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 44(1), 1-16.
 - Stephenson, L. W., 1922, Some Upper Cretaceous Shells of the Rudistid Group from Tamaulipas, Mexico: Proc. U. S. Nat. Hist. Mus., 61, 1, 2422. Original no consultado, citado en Muir, J., 1936, Geology of the Tampico region, Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 20, 280 p.
 - Suter, M., 1990, Geología de la hoja de Tamazunchale, Estado de Hidalgo, Querétaro y San Luís Potosí: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas de México serie 1:100,000, 1 mapa con texto.
 - Zacualtipán, F 14D62, escala 1:50 000: México, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.