



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTRATIGRAFÍA CRETÁCICO-TERCIARIA DE LA REGIÓN
DE JOLALPAN-HUEHUETLÁN, ESTADO DE PUEBLA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO GEÓLOGO
P R E S E N T A :
ERICK YAOTZIN RAMÍREZ PÉREZ AMAYA

DIRECTOR: I. M. EN C. ENRIQUE ALEJANDRO GONZÁLEZ TORRES
DR. DANTE JAIME MORÁN ZENTENO



CIUDAD UNIVERSITARIA

ENERO DE 2005

m 340757



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-298

SR. ERICK YÁOTZIN RAMÍREZ PÉREZ AMAYA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. en C. Enrique Alejandro González Torres y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**ESTRATIGRAFÍA CRETÁCICO-TERCIARIA DE LA REGIÓN DE JOLALPAN-HUEHUETLÁN,
ESTADO DE PUEBLA**

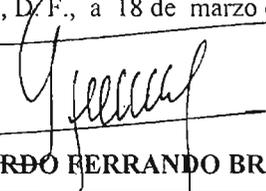
- I INTRODUCCIÓN
- II MARCO GEOLÓGICO REGIONAL
- III ESTRATIGRAFÍA
- IV GEOLOGÍA ESTRUCTURAL
- V DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

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

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

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Cd. Universitaria, D. F., a 18 de marzo de 2004
EL DIRECTOR,


M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*JAGC*gtg


Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Erick Yotzin Ramirez Perez Amaya
FECHA: 04 - Febrero - 2005
FIRMA: Ramirez

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería y al Instituto de Geología por abrirme las puertas de sus instalaciones y contribuir a mi formación académica.

A mis profesores

A el Dr. Dante J. Morán Zenteno por sus enseñanzas en aula y campo, por permitirme ser parte de su grupo de trabajo y sus valiosos consejos para la realización de esta tesis.

A el M. en C. Enrique Alejandro González Torres por la cátedra recibida y por darme la oportunidad de trabajar bajo su tutela.

A el M. en C. Gilberto Silva Romo por sus enseñanzas en campo y aula, por las observaciones de revisión de tesis.

A el Ing. Alfredo Victoria Morales por su valiosa amistad y por compartir sus conocimientos dentro y fuera del aula.

A el Ing. Emiliano Campos Madrigal por ser un buen maestro y por el interés en mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros

Ahiram Monter y Antonio Amador Luna por su amistad y valiosa ayuda en campo para el desarrollo de este trabajo, por los momentos gratos en la facultad.

Lucio Reyes, Armando Alcalá y Moisés Hernández por su amistad y los buenos momentos compartidos.

A Bárbara Martiny y Leticia Alba por las aportaciones para el mejor desarrollo de este trabajo. Al Químico Rufino Lozano por la medición de las muestras en el equipo de Fluorescencia de Rayos X.

DEDICATORIAS.

A mi abuelita Ángela Amaya Islas (a tu memoria) que fuiste una madre para mi y me educaste como el mejor de tus hijos, siempre recibí cariño y comprensión de tu parte. Gracias abue, te amo.

A mi hija Ángela Ramírez Galarza por que contigo inicié el mayor y mas importante reto en mi vida, espero ser un buen ejemplo para ti. Te amo hija.

A mi madre Rosalinda Pérez Amaya, por tus desvelos y preocupaciones, por tu apoyo incondicional y por recorrer conmigo los caminos de la vida. Porque hiciste de mi un hombre de fuertes convicciones. Por tu amor de madre que es único. Te amo mama.

A mi esposa Lorena Galarza Quiroz y mi hijo Erick Ramírez Galarza, que junto con Ángela son lo más importante que tengo; mi familia. Por su apoyo y por compartir los mejores momentos de la vida conmigo. Los amo.

A mi padre Jesús Ramírez del Bosque por tus sabios consejos, por compartir conmigo tu experiencia y por que de ti aprendí a querer y respetar mi trabajo. Gracias papá por hacer de mi un hombre de principios.

A mi hermano Jesús Tonatiuh Ramírez por todas las experiencias que hemos compartido de las cuales he aprendido mucho, el apoyo incondicional de tu parte. Me siento muy orgulloso de ti hermano, te amo.

A mis tías Patricia y Graciela Pérez Amaya que me han orientado en todo momento, que se han preocupado por mi como uno de sus hijos y porque nunca terminare de agradecerles su apoyo incondicional. Gracias Paty y Chela, las quiero.

A mis sobrinos Zayi, Ángel y Yeyetzi Ramírez, espero ser ejemplo para ustedes que son la generación que inicia, los amo.

A mis tíos Humberto y Sergio Pérez Amaya porque he podido contar con ustedes en todo momento y me han ayudado a forjar en mí un hombre de bien.

A mis primos Jorge, Ehecatl, Edmundo, Alethia, Mariana y Mauro; que me han acompañado en diferentes etapas de la vida y han sido verdaderos hermanos.

A mi suegra Alicia Quiroz por aceptarme en su familia y abrirme las puertas de su casa.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	i
I. INTRODUCCIÓN	1
I. 1. Planteamiento del problema	1
I. 2. Antecedentes	2
I. 3. Objetivos	4
I. 4. Metas	4
I. 5. Metodología	5
I. 6. Generalidades	7
II. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	10
II. 1. Estratigrafía regional Cretácico-Terciaria	11
II. 2. Principales rasgos paleogeográficos y tectónicos de la región	12
II. 2. 1. Plataforma Guerrero Morelos (PGM)	13
II. 2. 2. Provincia Magmática de la Sierra Madre del Sur (SMS)	13
II. 2. 2. 1. Rocas volcánicas silíceas de la región norte-central de la SMS	14
II. 2. 3. Cinturón Volcánico Mexicano (CVM)	15
II. 2. 4. Rasgos tectónicos regionales	16
II. 3. Migración del magmatismo	19
III. ESTRATIGRAFÍA	21
III. 1. Unidades Cretácicas	26
III. 1. 1. Anhidrita Jolalpan	26
III. 1. 2. Formación Morelos	27
III. 2. Unidades Cenozoicas	29

Estratigrafía Cretácico-Terciaria de la Región de Jolalpan-Huehuetlán, Estado de Puebla.	
	Índice.
III. 2. 1. Formación Cacalutla	29
III. 2. 2. Grupo Balsas	31
III. 2. 3. Formación Pilcaya	32
III. 2. 4. Intrusivo Tamazola	34
III. 2. 5. Ignimbrita Maravillas	35
III. 2. 6. Formación Teotlalco	38
III. 2. 7. Andesita Linderos/Tehuictzingo	39
III. 2. 8. Formación Chapulco	42
III. 2. 9. Depósitos de flujos de escombros recientes	43
III. 2. 10. Aluvión	44
III. 3. Caracterización geoquímica	45
IV. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	47
IV. 1. Pliegues y Cabalgaduras	47
IV. 2. Fallas Cenozoicas	48
IV. 3. Estructuras regionales cercanas al área de estudio	50
V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Vías de acceso y localización del área de estudio	8
Figura 2. Ubicación del área de estudio al S-W del Campo Volcánico de Huautla (CVH)	12
Figura 3. Mapa geológico a semidetalle del área de estudio	22
Figura 4. Columna estratigráfica de la región de Jolalpan-Huehuetlán, Puebla	23
Figura 5. Sección estructural del transecto AA'	24
Figura 6. Sección estructural del transecto BB'	25
Figura 7. Diagrama TAS (Álcalis vs. Sílice)	46
Figura 8. Afloramiento de la Falla Platanar, sobre la carretera Chiautla-Ayoxuxtla	51
Figura 9. Imagen satelital indicando las estructuras regionales y estructuras en el área de estudio	52
Tabla 1. Resultados del análisis de elementos mayores por Fluorescencia de Rayos X de las muestras de la Andesita Linderos/Tehuictzingo y la Ignimbrita Maravillas	46

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio sobre las relaciones estratigráficas y estructurales de las unidades del Cretácico-Terciario que afloran en la región de Jolalpan-Huehuetlán, Estado de Puebla. El estudio tuvo como objetivo el realizar inferencias acerca de la historia de la sedimentación y vulcanismo, así como sobre los episodios de deformación y el desarrollo de las estructuras volcánicas en el área.

La zona estudiada forma parte del Campo Volcánico de Huautla (CVH), el cual está ubicado entre los límites de Morelos, Puebla y Guerrero. En el presente trabajo se muestra la cartografía geológica del sector SE del CVH (Jolalpan - Huehuetlán), en la que se reconocen en forma general cinco grandes secuencias volcánicas edificadas sobre secuencias sedimentarias del Cretácico y secuencias continentales del Paleógeno.

La base de la secuencia volcánica en el área de Jolalpan-Huehuetlán está constituida por una unidad de ignimbritas denominadas informalmente como "Ignimbrita Maravillas" en la que se reconocen al menos tres grupos de flujos piroclásticos con características petrogenéticas particulares: la primera y más abundante esta constituida por ignimbritas vitro-cristalinas con cristales de cuarzo y de biotita euédrica, los otros dos conjuntos de ignimbritas son de facies pumicítica y facies reomórfica.

Las secuencias anteriores, están cubiertas por tobas, cenizas y depósitos epiclásticos ("Formación Teotlalco"). El tercer evento volcánico registrado en la región está constituido por derrames de andesitas con piroxenos que generalmente rellenaron los cañones formados por la erosión de las ignimbritas, al cual se la ha denominado informalmente "Andesita Linderos/Tehuictzingo". La morfología general de los cuerpos de los derrames de la "andesita Tehuictzingo" sugiere una fuente ubicada dentro de la Sierra de Huautla al noroeste del sector

Jolalpan-Huehuetlán. Por otra parte, en los derrames de la andesita Linderos se reconocieron diversas estructuras como cuellos volcánicos y cuerpos hipabisales que sugieren una fuente de aporte diferente y ubicada en el sureste de Huehuetlán.

Existen dos fechamientos realizados por Campa et. al. (2002), al suroeste del área en secuencias de ignimbritas en las localidades de Tequicuico y Cruz de Palma de 31 ± 2 M. a. y 34.2 M. a. respectivamente, las cuales asocian al “Grupo Tilzapotla”, sin embargo, corresponden a la porción más meridional del CVH. Así mismo, Campa et. al. (2002) y Cerca (2004) reportan edades para los basaltos de Atenango de 33.6 y 32.5 M. a. respectivamente, que aparentemente son la continuación hacia el sur de la “andesita Linderos/Tehuictzingo”.

Entre los poblados de Huehuetlán y Chapulco aflora un conjunto de brechas volcánicas matriz soportadas con fragmentos de andesita e ignimbrita de formas angulosa y subangulosa, en las que se reconocen pequeños planos de falla con estrías. A esta unidad se denominó informalmente “Formación Chapulco”.

Se cartografió además otra unidad volcánica más reciente constituida por cuerpos de lahares asociados a la actividad volcánica del Popocatepetl o algún otro aparato del CVM.

Las estructuras tectónicas más notables reconocidas en el área de estudio son pliegues de diversos tipos (abiertos, cerrados, chevrón y propagación de falla) y cabalgaduras de tipo rampa de pequeña escala que afectan a la secuencia mesozoica. Por su geometría y orientación, estas estructuras se relacionan claramente a la deformación orogénica del final del Cretácico (Orogenia Laramide) que afectó a gran escala el oriente de México. Las estructuras cenozoicas más importantes son la fallas de Platanar y Coscomate de orientación NW. Estas fallas muestran indicios de una historia cinemática compleja pero el desplazamiento más notable es de tipo normal. Existen evidencias de que la falla Platanar estuvo activa

durante y después de la emisión de la Andesita Linderos. Su desplazamiento normal indica un episodio de extensión NE-SW.

Las relaciones de corte con la secuencia continental de la Formación Cacalutla del Paleógeno, indican que el emplazamiento diapírico de la Anhidrita Jolalpan parece haber ocurrido en el Cenozoico. En este cuerpo diapírico se emplazó posteriormente el intrusivo Tamazola.

I. INTRODUCCIÓN.

La presente tesis se desarrolló en el marco del proyecto de investigación del Instituto de Geología de la UNAM, titulado "Relaciones genéticas entre el volcanismo, la sedimentación continental y la deformación del paleógeno en la porción norte de la Sierra Madre del Sur". El estudio se dirigió a aspectos de la estratigrafía, la petrología y la deformación de secuencias que abarcan desde el Cretácico Temprano hasta el Pleistoceno, pero el énfasis principal del estudio fue dirigido a los detalles del registro geológico Cenozoico. La zona de Jolalpan-Huehuetlán se encuentra ubicada en el sureste de La Sierra de Huautla y está caracterizada por exposiciones de rocas volcánicas y sedimentarias del Terciario que se encuentran cubriendo a secuencias marinas deformadas del Cretácico.

I. 1. Planteamiento del problema.

La zona de Jolalpan-Huehuetlán pertenece a una región caracterizada por amplias exposiciones de rocas volcánicas terciarias, en lo que parece constituir un campo volcánico de gran escala en torno a la zona de Huautla. La zona volcánica de Huautla forma parte de un cinturón discontinuo de rocas volcánicas silícicas del Eoceno-Oligoceno que se ubica en la parte norte-central de la Sierra Madre del Sur (SMS) y que se extiende desde el oriente del estado de Michoacán hasta el área objeto de este estudio. Esta franja guarda una posición intermedia entre el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) del Mioceno-Reciente y el Cinturón de Plutones Terciarios (CPT) del Eoceno-Oligoceno que ocupan la parte suroccidental de México.

La franja de rocas volcánicas silícicas del norte de la SMS incluye además otros campos volcánicos erosionados de gran escala con ignimbritas (Nachititla, La Goleta, Sultepec, Taxco, Tilzapotla) que entre otras características, se asocian a una serie de alineamientos tectónicos de orientación NW-SE que coinciden con la orientación general de esta franja. Existen, además, fallas orientadas de N-S principalmente en la región de Taxco. Este sistema de fallas es muy similar al

sistema de fallas laterales regionales de orientación NW-SE que limitan los bordes rectilíneos de la estructura caldérica de Tilzapotla (Morán-Zenteno et al., 2004), por lo tanto; las fallas laterales regionales, podrían estar también relacionadas con el origen de las estructuras volcánicas en la región de Huautla. El espesor de las unidades de ignimbrita observadas en la Sierra de Huautla sugiere una fuente del magmatismo de tipo caldérico, las características y distribución de los depósitos piroclásticos, así como la presencia de derrames lávicos y rocas hipabisales sugiere además posibles eventos de resurgencia.

I. 2. Antecedentes.

Las rocas marinas deformadas mesozoicas y las rocas volcánicas cenozoicas de la región norte de la Sierra Madre del Sur (SMS), han sido descritas en diferentes niveles de detalle, tanto en estudios clásicos como modernos. Estas descripciones han permitido ampliar los conocimientos sobre la estratigrafía de las secuencias cretácicas, así como el desarrollo y evolución de las rocas magmáticas que cubren gran parte del centro y sur de México, además de obtener una diferenciación generalizada sobre su cronología en los diferentes episodios que han ocurrido en esta región.

Fries (1960) hace una descripción generalizada de la estratigrafía de la SMS y la Plataforma Guerrero Morelos (PGM) en algunas partes de los estados de Guerrero, Morelos y México. Aunque el área de tesis queda fuera de éste perímetro, se pueden hacer algunas inferencias que permiten relacionar éstas unidades existentes en la zona de tesis con las que Fries describió.

El Consejo de Recursos Minerales (Ugalde Villarreal; 1969, 1972, 1980) desarrolló una evaluación geológico-minera en la Región de Chiautla-Jolalpan-Tlaucingo, en una búsqueda de nuevos yacimientos minerales y realizó algunas descripciones de las unidades que afloran en el área.

Existen cartas geológicas regionales con escala 1:250 000 que abarcan la zona de estudio. La carta geológica del INEGI (1973) muestra un reconocimiento preliminar sobre la geología y estructuras regionales de una amplia zona del sur de México. La carta geológica del INEGI clave E14-5 (1983, 1984, 2002) es una carta cronoestratigráfica con indicación de litologías generales en la que se reconocen algunas estructuras en la región. La carta geológica del COREMI con clave E14-5 (1998) es una carta litoestratigráfica e incluye la localización de los yacimientos minerales conocidos, así como los rasgos estructurales principales de la región.

La carta geológica del INEGI clave E14-B71 en escala 1:50 000 (1983) incluye unidades litológicas y algunos de los rasgos estructurales principales.

De Cserna (et al., 1980) reportan estructuras regionales en los estados de Guerrero y Puebla como son: la Cabalgadura de Papalutla y el Anticlinorio de Huixastla-Tuzantlán y describen a las formaciones Zicapa y Huitzucó infrayaciendo a la Formación Morelos.

Morán Zenteno (et al., 1998) desarrolla un estudio en la región de Taxco-Quetzalapa, sobre el significado tectónico de las secuencias volcánicas terciarias. Refiriéndolas espacialmente a tres áreas principales: Taxco, Buenavista-Quetzalapa y Huautla. Morán Zenteno et al (2004) reportan una estructura caldérica en el campo volcánico de Tilzapotla, vecino a la zona de tesis, al sur del CVM y asociándola a la SMO.

Hernández Romano (1999), describe en detalle la estratigrafía de la parte más oriental de la PGM para el intervalo (Albiano-Maestrichtiano) estableciendo modelos diagenéticos y sedimentarios con los que explica los cambios de facies de éstas rocas.

Fitz Díaz (2001) hace un reconocimiento de la PGM en los límites S y SE del área de tesis, reconociendo estructuras como el Sinclinorio de Zacango y su relación con rocas mesozoicas y cenozoicas de la zona.

Cerca Martínez (2004), caracteriza a la PGM por una tectónica que asocia con la orogenia Laramide y al desplazamiento del bloque de Chortis, en su estudio reconoce estructuras geológicas muy cercanas a la zona sur de ésta tesis.

I. 3. Objetivos.

El objetivo de este estudio fue el de realizar una serie de análisis estratigráficos, petrológicos y geoquímicos generales de la zona de Jolalpan-Huehuetlán con el propósito de hacer inferencias sobre aspectos clave de la evolución volcanológica y tectónica de la región. Y de indagar sobre las conexiones que las unidades expuestas tienen con las grandes zonas de rocas volcánicas distribuidas en el norte de la Sierra Madre del Sur (SMS).

I. 4. Metas.

Con el propósito de cumplir con los objetivos señalados, se propusieron las siguientes metas principales.

- I. Elaborar un mapa geológico de la región Jolalpan-Huehuetlán a semidetalle a escala 1:50 000
- II. Definir la columna estratigráfica de las secuencias Cretácico-Terciarias en la región, señalando las características petrográficas principales de las secuencias estudiadas
- III. Construir secciones que muestren las relaciones estructurales y estratigráficas de las unidades principales entre Huehuetlán y Jolalpan

- IV. Realizar fechamientos isotópicos de K-Ar que permitan ubicar geocronológicamente las principales unidades volcánicas expuestas
- V. Realizar estudios petrográficos y geoquímicos que proporcionen información sobre el origen y evolución de las rocas volcánicas en la región
- VI. Establecer un esquema general de evolución volcánica terciaria del área estudiada.

I. 5. Metodología.

Para el desarrollo de este trabajo inicialmente se realizó una consulta bibliográfica para conocer los antecedentes del área de estudio y algunos trabajos regionales sobre los diferentes tipos de rocas y las relaciones estratigráficas y estructurales existentes en la zona, para obtener un panorama general del escenario y la historia geológica de la región.

Como base topográfica, se utilizó la carta Huehuetlán escala 1:50,000 clave E14-B71 editado por el INEGI. Para consulta se utilizaron las cartas geológicas de Huehuetlán E14-B71 (INEGI) y Chiautla E14-B72 (COREMI) en escala 1:50,000 y las dos versiones de la carta Cuernavaca E14-5 en escala 1:250,000 editadas por el COREMI y por el INEGI respectivamente. Se realizó la interpretación de las fotografías aéreas de la zona con escala 1:75 000.

A partir del análisis de las fotografías aéreas se establecieron interpretaciones preliminares y provisionales acerca de la identidad litológica de las unidades fotogeológicas y de las posibles relaciones temporales entre ellas, se señalaron lineamientos estructurales y en general se reconocieron las estructuras principales.

Se llevaron a cabo 6 salidas para realizar el trabajo de campo y desarrollar el levantamiento geológico de las unidades aflorantes para completar el mapa geológico a semidetalle. Se llevaron a cabo dos secciones estructurales principales en transectos estratégicos en el área comprendida entre Huehuetlán y Jolalpan. Se colectaron diversas muestras para el análisis petrográfico y geoquímico. Todos los recorridos realizados en campo, así como los transectos sobre carreteras y caminamientos se apoyaron en el sistema de GPS (Global Positionment System), utilizando coordenadas UTM y Geográficas, simultáneamente con los DATUMs WGS 84 y NAD 27 para georeferenciarlos satelitalmente de manera más eficiente.

El trabajo de gabinete consistió en vaciar los datos tomados en campo e integrarlos con los rasgos geológicos obtenidos de la fotointerpretación, así como desarrollar los estudios petrográficos de las láminas delgadas de las muestras obtenidas en campo. Para poder definir las características de las unidades litológicas presentes en el área de estudio, también se realizó la parte de la geología estructural con los datos obtenidos en campo.

Los estudios de petrografía microscópica se llevaron a cabo en 20 muestras representativas, principalmente de las unidades volcánicas.

Con el objeto de obtener la composición química de elementos mayores y algunos elementos traza de muestras representativas, se llevaron a cabo análisis de fluorescencia de rayos X en el Laboratorio de Geoquímica Isotópica del Instituto de Geología.

En lo referente a los fechamientos K-Ar (Potasio-Argón), éstos aportarán información importante para establecer la cronología de los principales eventos volcánicos y de fallamiento de la región. Los fechamientos se desarrollarán tanto en roca total como en concentrado de minerales. Se llevó a cabo el fechamiento de una muestra de roca (ignimbrita) colectada en campo (Jol-1), por medio de

concentrado de minerales de biotita en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS). Después de moler la roca total con equipos de trituración, tamizado y molienda, se llevo a cabo la preparación de concentrados minerales utilizando la Mesa Wilfley. La cuantificación del potasio (K) se realizó por fluorescencia de rayos X según el método descrito por Solé y Enrique (2001). La técnica utilizada se basa en la fusión de 100 mg de muestra con una mezcla de 50% de tetraborato de litio y 50% de metaborato de litio. La perla fundida se midió con un espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X (SIEMENS SRS 3000) calibrado con base a algunos estándares internacionales. Los resultados fueron de una exactitud del 1% (1σ) o mejor. La medición del argón (Ar) se hizo por dilución isotópica (trazador ^{38}Ar) con un espectrómetro de masas de gases nobles (VG1200B) operado en modo estático. Una cantidad de 2 mg. de la muestra (Jol-1) fue fundida con un láser infrarrojo de CO_2 de 50W en una cámara de ultra alto vacío. Después de la fusión, los gases desarrollados fueron purificados con una trampa de nitrógeno líquido y dos trampas químicas de estado sólido ("SAES getters"): uno operado a 400°C y el otro a temperatura ambiente. Ocho series de mediciones de cada masa fueron realizadas secuencialmente y extrapoladas al tiempo de la introducción. La señal fue adquirida con un multiplicador de electrones secundarios. Los coeficientes de variación para ^{40}Ar y ^{38}Ar están generalmente por debajo del 0.1% y debajo del 0.5% para ^{36}Ar . Se usaron las constantes recomendadas por Steiger y Jager (1977). La edad de la muestra se encuentra en proceso.

I. 6. Generalidades.

El área de estudio se localiza en la porción Suroeste del Estado de Puebla, en la zona limítrofe con los estados de Morelos y Guerrero. Queda comprendida entre las coordenadas geográficas $18^\circ 15' 00''$ – $18^\circ 26' 00''$ latitud Norte y $98^\circ 40' 00''$ – $98^\circ 55' 00''$ longitud Oeste. Tiene una superficie de 520 Km^2 aproximadamente.

Estratigrafía Cretácico-Terciaria de la Región de Jolalpan-Huehuetlán, Estado de Puebla.
Introducción.

Esta zona incluye las cabeceras municipales de Huehuetlán el Chico, Jolalpan, Santa Ana Tamazola, Ayoxuxtla de Zapata, Tlancualpicán, Tzicatlán, Teotlalco y Teotlalcingo, en el Estado de Puebla.

Para llegar a esta zona desde la ciudad de México se toma la carretera de cuota número 95 (autopista del Sol) y en el kilómetro 70-71 se toma el entronque con la autopista 115 ó Cuernavaca-Cuatla. En Cuatla se toma la carretera federal con dirección a Izúcar de Matamoros y en el kilómetro 93 se toma la desviación hacia Jonacatepec y Axochiapan. De Axochiapan se puede tomar la desviación hacia Jolalpan (carretera número 7) o hacia Huehuetlán el Chico (carretera número 231). Ver figura 1.

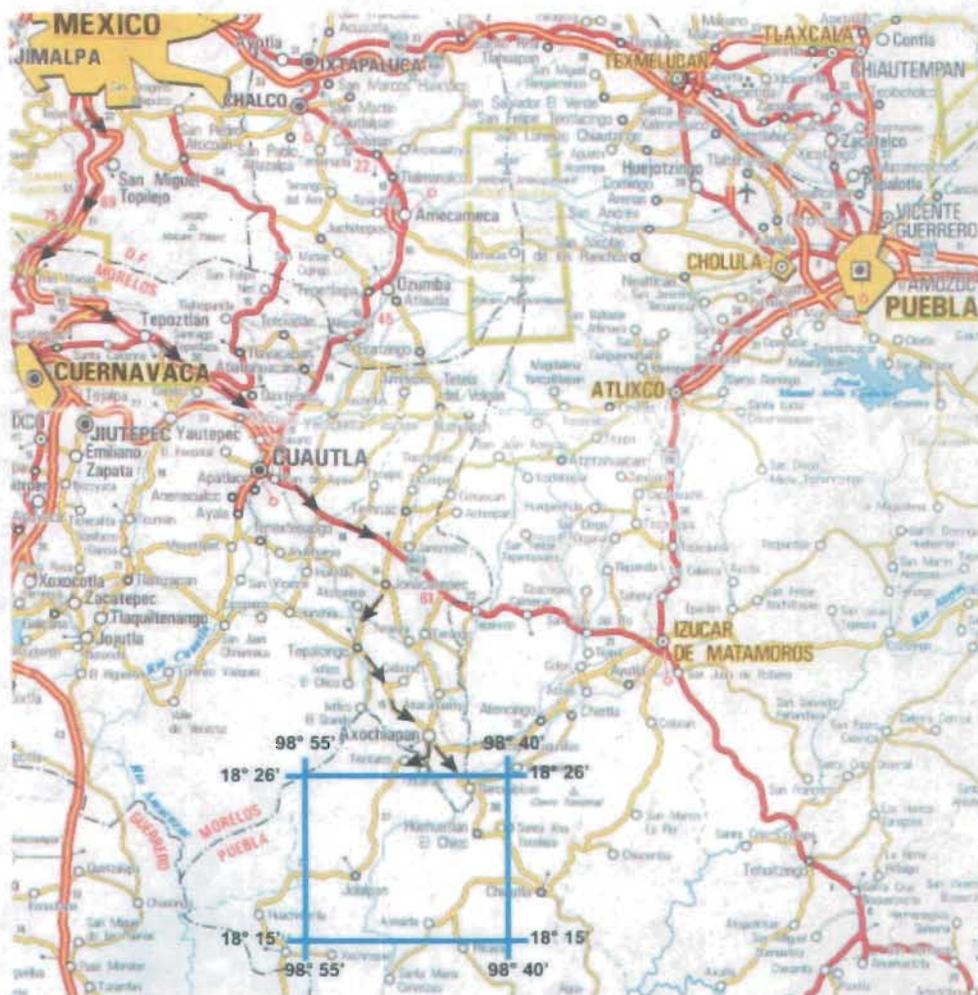


Figura 1. Vías de acceso y localización del área de estudio.

De acuerdo a la división fisiográfica del INEGI (2002), el área de tesis se encuentra dentro de las subprovincias Sierras y Valles Guerrerenses, Sur de Puebla y Llanuras Morelenses dentro de la Provincia de la Sierra Madre del Sur (SMS).

El área de tesis queda comprendida dentro de la Región Hidrológica Balsas número 18 y la zona objeto de éste estudio contiene una pequeña parte de la subcuenca hidrológica del Río Nexapa. Este río atraviesa la zona de NE a SW, disectando zonas con afloramientos de calizas y diversas rocas ígneas. Tiene varios afluentes entre los que destacan los Ríos Molinos, Atlixco, Atila, Atoyac y Chiquito que nacen en la subprovincia fisiográfica Lagos y Volcanes de Anáhuac (INEGI; 2002). El Río Nexapa es tributario del Río Balsas, que desemboca en el Océano Pacífico.

II. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte norte-central de la llamada provincia volcánica de la Sierra Madre del Sur (SMS) (Morán-Zenteno et al., 1999) y aproximadamente a 40 Km al sur del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM).

De acuerdo a la división de los terrenos tectonoestratigráficos de Campa y Coney (1983), la zona de tesis esta ubicada dentro del Terreno Mixteco. De acuerdo a la subdivisión estratigráfica de Sedlock et al (1993), el área de estudio se encuentra próxima al límite de los llamados terrenos Náhuatl y Mixteca. Proyectando la traza de la falla de Papalutla (De Cserna et al; 1980), la cual ha sido señalada como el límite, el área de estudio estaría principalmente ubicada dentro del terreo Náhuatl de Sedlock et al (1993).

En la región afloran rocas que varían en edad desde el Paleozoico hasta el Cenozoico Tardío. Los afloramientos del Paleozoico cercanos al área están expuestos al SE de Chiautla, aproximadamente a 10 Km. Para esta área se ha descrito el complejo Acatlán (Ortega-Gutiérrez, 1981) como un conjunto de rocas cristalinas metamórficas formado por dos subconjuntos. En la parte inferior un subconjunto autóctono llamado grupo Petlalcingo (aflora al sur de área de estudio) caracterizado por migmatita en la base, en la parte media por esquistos pelíticos y psamíticos con gabros diferenciados, y en la cima por metasedimentos cuarzosos sin carbonatos. El subconjunto alóctono es conocido como grupo Acateco y esta formado por eclogitas, y anfibolitas interestratificadas con metasedimentos pelíticos y silíceos. Cubriendo en discordancia al Complejo Acatlán o en contacto tectónico se encuentran secuencias del Cretácico formadas por depósitos continentales como marinos. Las secuencias Cenozoicas sobre las que se centró el estudio cubren en discordancia angular a las unidades anteriores.

II. 1. Estratigrafía Regional Cretácico-Terciaria.

El registro geológico del Cretácico-Terciario en ésta región, comprende tanto secuencias sedimentarias marinas y continentales, como rocas volcánicas y subvolcánicas.

La secuencia mesozoica esta conformada por rocas marinas deformadas. Incluyen a la Anhidrita Huitzucu, constituida por anhidrita de probable edad aptiana (Cserna, 1980). Esta unidad forma estructuras diapíricas que la ponen en contacto con las formaciones Morelos y Mezcala. La formación Morelos está constituida por sucesiones de calizas y dolomías de edad Albiano-Cenomaniano (Fries, 1960; Hernández Romano, 1999). La Formación Cuautla está formada por calizas en estratos gruesos y en ocasiones de forma masiva de edad Cretácico-Tardío (Fries, 1960), De Cserna et al. (1980) asignan edad a la Formación Cuautla entre el Cenomaniano Tardío-Turoniano. La Formación Mezcala conformada de lutitas calcáreas y areniscas de edad Cretácico-Tardío (Fries, 1960), De Cserna et al (1980) y Hernández-Romano (1999) asignan edad entre el Coniaciano-Maestrichtiano en la parte oriental de la PGM .

El registro Cenozoico inicia con algunos depósitos fluviales del Paleógeno similares al Grupo Balsas. Este grupo fue propuesto por Fries (1960) y lo definió como sucesiones de depósitos continentales, principalmente conglomerados calizos, arcosas, areniscas y limolitas, que descansan discordantemente sobre las formaciones mesozoicas. La matriz del conglomerado consiste en limo y arena, generalmente de color rojizo, el espesor de los estratos puede llegar hasta los 10 metros. El Grupo Balsas, en el área esta caracterizado por una notable ausencia de fragmentos de rocas volcánicas. Sobreyaciendo al grupo Balsas se encuentra un paquete de rocas volcánicas terciarias de distintos centros volcánicos y que incluyen unidades que genéricamente se han llamado Riolita Tilzapotla, Grupo Buenavista y Formación Tepoztlán. Estas unidades incluyen ignimbritas, riolitas, andesitas, dacitas, basaltos, lahares y depósitos de caída (Morán-Zenteno et al;

2000) y numerosos plutones de edades desde el Cretácico medio hasta el Terciario que intrusionan a las secuencias mesozoicas o cenozoicas.

II. 2. Principales rasgos paleogeográficos y tectónicos de la región.

La estructura geológica del sur de México esta representada por diversos rasgos que actualmente se reconocen a nivel regional en forma de extensas zonas con afloramientos de asociaciones petrotectónicas características que se encuentran parcialmente sobrepuestas. Dentro de los principales rasgos regionales relacionados con el área de estudio se encuentran la Plataforma Guerrero Morelos (PGM), la cual hace referencia a un elemento paleogeográfico cretácico, y las provincias magmáticas cenozoicas de la Sierra Madre del Sur (SMS) y el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). (Ver figura 2).

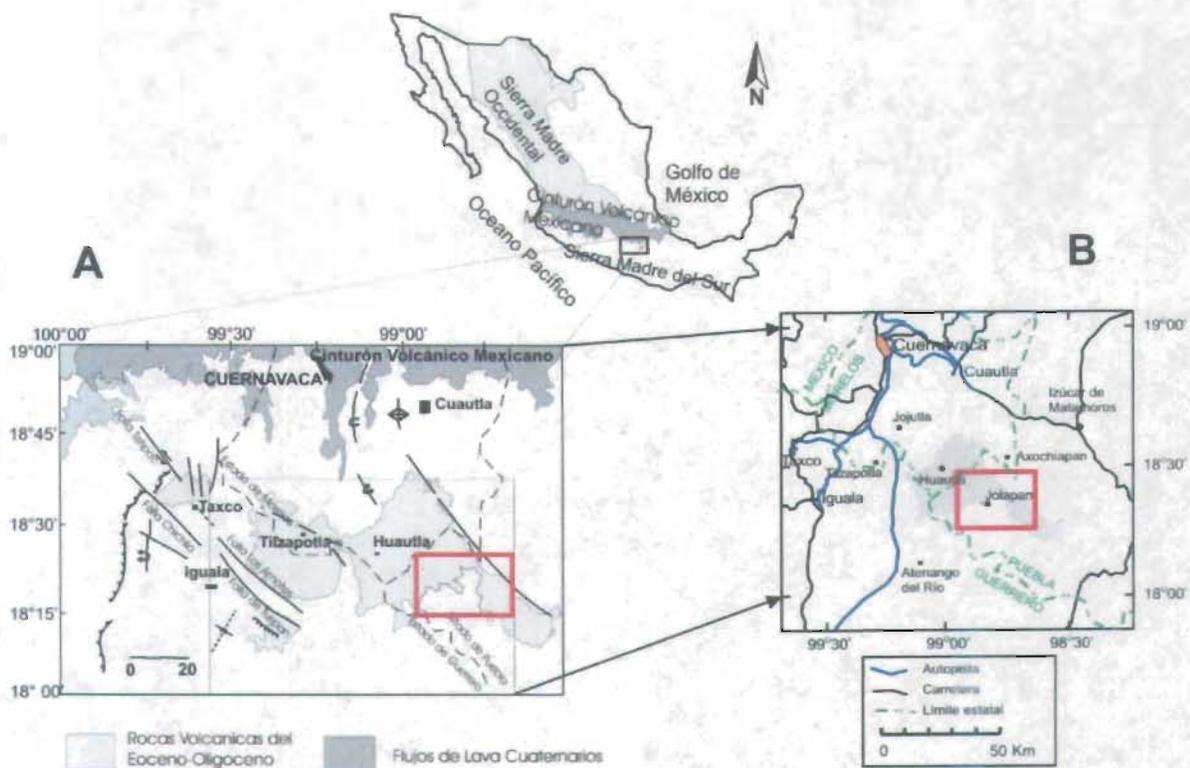


Figura 2. Ubicación del área de estudio al S-W del Campo Volcánico de Huautla (CVH). Modificado de Morán et al. (2004).

II. 2. 1. Plataforma Guerrero-Morelos (PGM).

La PGM es una provincia geológica que corresponde a una extensa región en el centro-sur de México. Esta región se caracteriza por tener amplias exposiciones de rocas calizas de la Formación Morelos, depositadas durante el Albiano-Cenomaniano en un ambiente de plataforma marina (Fries et al., 1960; Hernández-Romano et al., 1999; Cerca et al., 2004).

La PGM tiene una distribución espacial desde el norte de Cuernavaca hasta el sur de Chilpancingo, esta limitada en el oeste por la Cabalgadura de Teloloapán (Campa et al; 1976) y al este por la Cabalgadura de Papalutla (De Cserna et al; 1980).

El Periodo Cretácico estuvo marcado, a nivel global, por una serie de condiciones oceánico-climáticas que favorecieron la inundación de áreas bajas, formando amplios mares epicontinentales con sedimentación de carbonatos marinos que se relacionan con extensas plataformas de carbonatos (Stanley, 1986).

II. 2. 2. Provincia Magmática de la Sierra Madre del Sur (SMS).

Las rocas volcánicas y plutónicas desarrolladas entre el Paleoceno y Mioceno-Temprano y que anteceden al CVM, conforman la provincia magmática de la Sierra Madre del Sur (SMS). Esta provincia magmática se extiende desde la parte occidental del Estado de Michoacán hasta el Istmo de Tehuantepec y desde el sur del CVM hasta los límites de la margen continental del Pacífico.

Como parte de la SMS se reconocen dos franjas principales semiparalelas y de orientación NW-SE (Ver figura 2). La primera se compone de una serie discontinua de campos volcánicos con derrames andesítico-riolíticos y materiales epiclásticos y piroclásticos a los cuales pertenece la Sierra de Huautla. La segunda es un cinturón más continuo con orientación NW que se encuentra

distribuido a lo largo de la margen suroccidental de México, se compone de intrusivos félsicos y es nombrado Cinturón de Plutones Terciarios (CPT) por Morán Zenteno et al (1999).

II. 2. 2. 1. Rocas volcánicas silícicas de la región norte-central de la SMS.

En la franja volcánica de la SMS existen zonas volcánicas sobresalientes que han sido objeto de diferentes estudios. Las más cercanas a la zona de este trabajo corresponden a la Sierra de Tilzapotla, Taxco, Buenavista-Quetzalapa. Dentro de las más alejadas hacia el poniente destacan las zonas de Nanchititla, La Goleta, Sultepec, Temascaltepec y Huitzucu. Hacia el oriente, en el NW-SE de Oaxaca se encuentran las zonas de Huajuapán-Tamazulapan-Yanhuitlan, Tlaxiaco, Tlacotula-Mitla y Nejapa (Morán Zenteno et al; 1999).

Área Tilzapotla.

Recientemente Morán-Zenteno et al. (2004) reportaron la existencia de una caldera resurgente de forma semi-elíptica y grandes dimensiones (33 x 24 Km.) en la zona ubicada al occidente de la Sierra de Huautla. Las secuencias volcánicas que se reconocen en el área son: la ignimbrita Tilzapotla que está constituida de ignimbritas silícicas con biotita euhedral y con edad entre 34 y 35 Ma. Sobre esta unidad descansan: las unidades ignimbrita Rodarte, constituida de ignimbrita vitroclástica, fragmentos de pumicita y fenocristales de biotita; Formación Las Mesas, constituida de conglomerados estratificados y depósitos de derrames lávicos; Formación Gallego, constituida de ignimbritas reomórficas, vitrofidos y derrames dacíticos; Formación El Salto, constituida por derrames de lava de composición dacítico-andesítica, con edad entre 34 y 32 M. a., rocas hipabisales (en forma de diques andesítico-riolíticos) y el intrusivo graniodiorítico Coxcatlán.

Huautla.

La Sierra Huautla constituye la más extensa zona de rocas volcánicas terciarias de la parte norte-central de la SMS, es la zona más cercana al área de tesis. Las secuencias volcánicas que la constituyen son: ignimbritas con piroconsolidación moderada a fuerte, con biotita euhedral y derrames de composición dacítica y andesítica que sobreyacen a la unidad anterior. También existen cuerpos subvolcánicos de traquita de cuarzo. Estas secuencias volcánicas tienen como basamento secuencias mesozoicas. Por las características estratigráficas, estructurales y litológicas se ha inferido en esta zona un posible centro volcánico con probable evolución similar al de Tilzapotla. (González-Torres et al; 2004)

Área Taxco.

En esta zona afloran secuencias volcánicas con espesores superiores a los 800 metros. Se reconocen de la base hacia la cima a las formaciones: Acamixtla, constituida de ignimbritas, brechas ignimbríticas e intercalaciones de vitrófidos con una edad entre 35 a 38 M. a. Formación Tenería, constituida de lavas riolíticas, ignimbritas moderadamente piroconsolidadas e intercalaciones de vitrófidos. Formación Huizteco, constituida de ignimbritas con consolidación moderada y vitrófidos en la cima, la edad para estas dos formaciones varía entre 31 y 32 M. a. Estas secuencias volcánicas tienen como basamento rocas sedimentarias y metamórficas mesozoicas. (Alaníz-Álvarez et al., 2002).

II. 2. 3. Cinturón Volcánico Mexicano (CVM).

El Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), es una cadena montañosa de origen volcánico que atraviesa al país con dirección general E-W, se le ha considerado con una edad que abarca desde el Mioceno Medio (15 M. a.) hasta el Reciente (Ferrari et al., 1999) y tiene una composición de intermedia a máfica. Esta franja

se caracteriza por contener grandes estratovolcanes andesíticos, numerosos conos cineríticos basálticos y andesíticos y centros volcánicos silícicos.

II. 2. 4. Rasgos tectónicos regionales.

Las principales estructuras tectónicas que afectan a las secuencias mesozoicas incluyen pliegues de orientación general N-S. A nivel regional se tienen: la Cabalgadura de Teloloapan (Campa et al; 1976) con vergencia hacia el E-NE, es considerada el límite occidental de la PGM. La Cabalgadura de Papalutla (De Cserna et al; 1980) con vergencia hacia el N-W, se considera el límite oriental de la PGM. La Cabalgadura de Zitlala (Cerca et al., 2004) con vergencia hacia el W. El Anticlinorio de Huixastla-Tuzantlán con dirección EW-NS (De Cserna et al., 1980). El Anticlinal "Floreado" con vergencia general W-SW y S-SW (Campa 1998, Fitz Díaz 2001, Cerca 2004). El Sinclinorio de Zacango con orientación NE-SW y vergencia hacia el SE (Fitz Díaz 2001), la Cabalgadura de Ticumán con vergencia hacia el W.

Las más importantes estructuras posteriores a los pliegues laramídicos son lineamientos NW y algunos NS que parecen tener una historia cinemática compleja. Se han reportado en diferentes regiones del sur de México como una serie de alineamientos tectónicos de orientación NW-SE y algunas fallas con tendencia N-S. Esta serie de alineamientos coincide con la franja silícica del norte de la SMS (González Torres et al., 2004).

En la región del Campo Volcánico de Taxco (CVT) (Alaniz et al., 2002) indica la existencia de dos fases sucesivas de fallamiento lateral para el Cenozoico. El primero se registra en la evidencia estratigráfica de una cuenca sedimentaria con extensión N-NW durante el Eoceno-Tardío y las fallas de orientación NW-SE parecen haber actuado como fallas laterales izquierdas. Posteriormente durante el segundo evento en el Oligoceno-Temprano, se ha inferido de la cinemática de fallas y la distribución contemporánea de domos riolíticos con extensión NE para

estas fallas posteriores al evento de desplazamiento izquierdo, pudieron haber tenido desplazamiento derecho asociado al desplazamiento izquierdo de las fallas laterales de orientación N-S. Este sistema ha sido asociado al gran lineamiento tectónico de San Miguel de Allende-Taxco. Morán-Zenteno et al (1999), indican la presencia de un sistema de fallas laterales izquierdas cortando secuencias de ignimbritas con edades Eoceno-Oligoceno en la región de Taxco.

Las principales fallas de escala kilométrica reconocidas en la región de Taxco y sus alrededores son: Falla Acamixtla con orientación N10°E. Falla Coapango con orientación general N-N13°W. Falla San Gregorio con tendencia al N-NW. Falla Taxco con tendencia general N10°W. Falla Tetipac con orientación N45°W. Falla El Muerto con tendencia N65°W y Falla Chichila con orientación NW. Existen además fallas en escala menor cortando las secuencias volcánicas del (CVT) con orientación general ENE y de relación cronológica ambigua respecto a las orientadas N-NW.

En la región de Tilzapotla (Morán Zenteno et al., 2004) reportaron una estructura volcánica de colapso con orientación general NW y bordes limitados por lineamientos tectónicos NE y SW coincidentes con fallas Terciarias de desplazamiento lateral izquierdo que estuvieron activas en el Eoceno-Tardío.

Según Cerca-Martínez (2004) este tipo de fallas pudieron haber sido activas en asociación a la deformación laramídica, debido a que el registro estratigráfico entre el Maestrichtiano y el Eoceno-Tardío se encuentra limitado por pliegues y cabalgaduras formadas durante la orogenia Laramide. Reconoce también algunas fallas laterales en el Eoceno ligadas a un régimen de deformación lateral izquierdo con orientación E-W y NW-SE durante el Terciario-Inferior.

De acuerdo al mapa geológico Cuernavaca (Consejo de Recursos Minerales) hay también lineamientos NE-SW notables . Estos lineamientos no se han documentado en sus detalles y han sido la mayor parte inferidos de la

interpretación de imágenes de Satélite y fotografías aéreas. Su presencia, sin embargo, no es incompatible con los lineamientos al NW aunque pudiera tratarse de fallas conjugadas.

Martiny et al (2002) describen tres fases de fallamiento y las relaciona con el volcanismo del Eoceno-Oligoceno en la parte oeste de Oaxaca. La primera la define como un alineamiento tectónico de orientación N-S con una etapa de extensión y posterior deformación compresiva laramídica, aflorando en el área de Tonalá y partes adyacentes. La segunda fase produce fallas con orientación general W-NW y muestran indicadores cinemáticos de desplazamiento lateral izquierdo que se asocian con el movimiento del bloque de Chortis. La falla Río Salado es el ejemplo más representativo de ésta fase que además puede observarse en las áreas de Diquiyú y Teposcolula. La tercera fase consiste en fallas conjugadas con orientación general NE que posteriormente se reactivaron como fallas laterales izquierdas. Existe además, otro sistema con orientación general NW que fue reactivado durante el Terciario y un sistema más con alineación N-S que también se reactivó como un sistema de fallas laterales izquierdas. Esta última fase puede observarse en el área de Tamazulapan-Tepelmeme, límite entre los terrenos Mixteco y Oaxaca.

En la margen pacífica del suroeste de México, se han reconocido zonas de cizalla con milonitización que sugieren deformación cristal-plástica. En la zona de Tierra Colorada en Guerrero presentan edad del Oligoceno-Temprano y es una zona de cizalla oblicua con movimiento lateral normal-izquierdo. Para la parte de Huatulco en Oaxaca, Tolson (1998) reporta procesos de milonitización cristalo-plástica en la zona de cizalla de Chacalapa con edad del Oligoceno- Tardío y Mioceno-Temprano y con indicadores cinemáticos que expresan desplazamientos laterales izquierdos en una zona de cizalla sub-vertical anastomosada. La presencia de estas zonas de cizalla con milonitización con movimiento lateral izquierdo a lo largo de la costa del Pacífico han sido atribuidas al movimiento izquierdo del bloque de Chortis durante el periodo Neogeno (Morán Zenteno et al., 1999).

II. 3. Migración del magmatismo.

El volcanismo que cubre una extensa región en el oeste y centro-sur de México, está asociado a la subducción que se generó durante el Cenozoico y ha sido referido a un arco volcánico que ha cambiado su orientación a través del tiempo. Inicialmente se encontraba con tendencia N-NW relacionado a la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental (SMO) y posteriormente con alineación aproximada E-W referenciado al Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) (Ferrari et al., 1999).

Algunos investigadores han considerado además, que este volcanismo terciario representa la extensión meridional de la Sierra Madre Occidental (SMO) (Ferrari et al., 1999, 2002). Sin embargo, la SMS tiene diferencias tanto en la cronología del magmatismo y en la tectónica que se caracteriza por fallamiento lateral a diferencia de la extensión regional coaxial al norte del CVM.

Las rocas magmáticas terciarias del sur de México, así como su entorno tectónico representan episodios de magmatismo de arco ocurridos previamente y durante eventos significativos de truncamiento continental y de cambios de la geometría de la subducción en esta región. La composición que tienen las rocas magmáticas de la SMS en términos de la relación entre SiO_2 y el contenido de álcalis, las ubica dentro de la serie calci-alkalina, típica de arcos magmáticos que se asocian a límites convergentes de placas (Morán-Zenteno et al., 2000). La extinción de éste magmatismo de arco precedió al desarrollo de volcanismo en el actual Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) (Ferrari et al., 1999, 2002; Morán-Zenteno et al., 2000). El cambio del volcanismo de la SMS al magmatismo del CVM, registrado en el Mioceno, es una de las evidencias de la evolución tectónica en esta parte del suroeste de México durante la reconfiguración de las placas tectónicas (Morán Zenteno et al., 1999).

La migración del magmatismo en el sur de México ha sido interpretada como la respuesta de cambio dramático en la geometría de la subducción al truncamiento continental. En años recientes, diversos grupos de investigadores han tratado de entender el periodo de transición entre el magmatismo de la SMO, SMS y el CVM. Con base en la geocronología han permitido definir de manera más certera los patrones de migración del magmatismo y los rasgos de deformación tectónica terciaria que se asocian a éste magmatismo (Morán-Zenteno et al., 1999, 2000; Ferrari et al., 1999; Cerca et al., 2004).

III. ESTRATIGRAFÍA.

En el área de estudio se encuentran expuestas rocas que varían en edad desde el Cretácico Inferior hasta el Pleistoceno. Las unidades más extensamente expuestas son las rocas volcánicas del Terciario. Las unidades Mesozoicas incluyen cuerpos de anhidrita y la Formación Morelos. El contacto de estas unidades con las rocas cristalinas del Complejo Acatlán no se observa en el área de estudio, pero si en zonas cercanas ubicadas al suroeste y sureste.

El registro estratigráfico de las rocas cretácicas en el área inicia con la unidad informal llamada "Anhidrita Jolalpan" a la que Corona-Esquivel et al (2004) y Castillejos-Echeverría (2004) identificaron como yeso. En este trabajo se identificó a esta unidad litoestratigráfica como anhidrita por sus características petrológicas. La posición estratigráfica subyacente que guarda respecto a la Formación Morelos sugiere una correlación con la Anhidrita Huitzucó, sin embargo en este trabajo no se comprobó dicha correlación. La otra unidad cretácica es la Formación Morelos. Las unidades cretácicas se encuentran caracterizadas por plegamiento y fallamiento.

La secuencia cenozoica está compuesta en orden estratigráfico ascendente por la "Formación Cacalutla" (descrita en este trabajo), el Grupo Balsas (Fries, 1960), la "Formación Pilcaya" (descrita en este trabajo), el "intrusivo Tamazola" (COREMI et al; 1982, 1998) que corta a las secuencias cretácicas y algunas terciarias, la unidad informal "ignimbrita Maravillas" (descrita en este trabajo), la "Formación Teotlalco" (descrita en este trabajo), unidades informales constituidas por derrames andesíticos "andesita Linderos/Tehuictzingo" (descrita en este trabajo), un conjunto de flujos de escombros matriz soportadas llamadas "Formación Chapulco" (descrita en este trabajo).

Las unidades más recientes son los depósitos de lahares asociados a la actividad del Popocatepetl y los depósitos de aluvión.

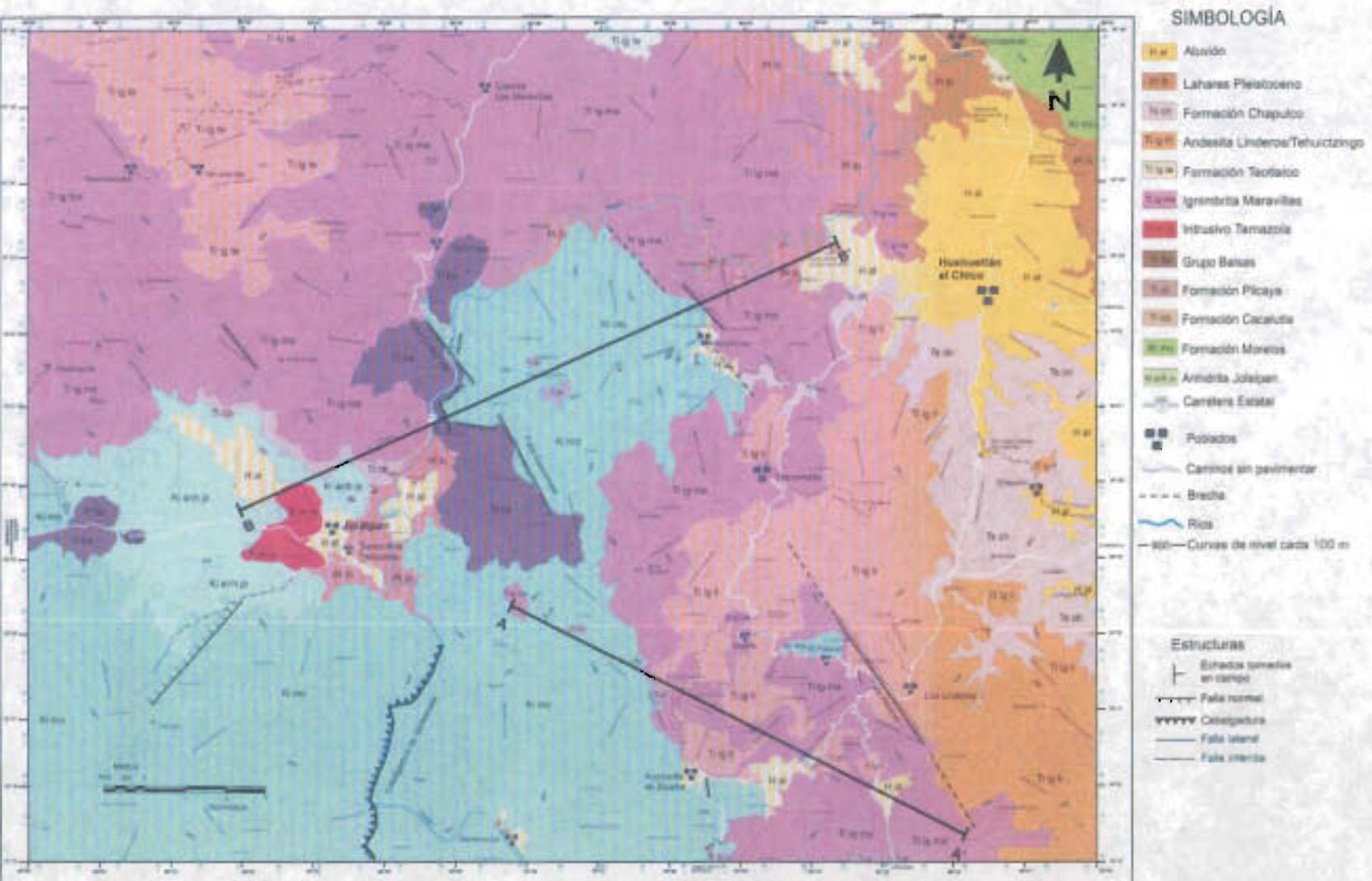


Figura 3. Mapa geológico a semidetalle del área de estudio.

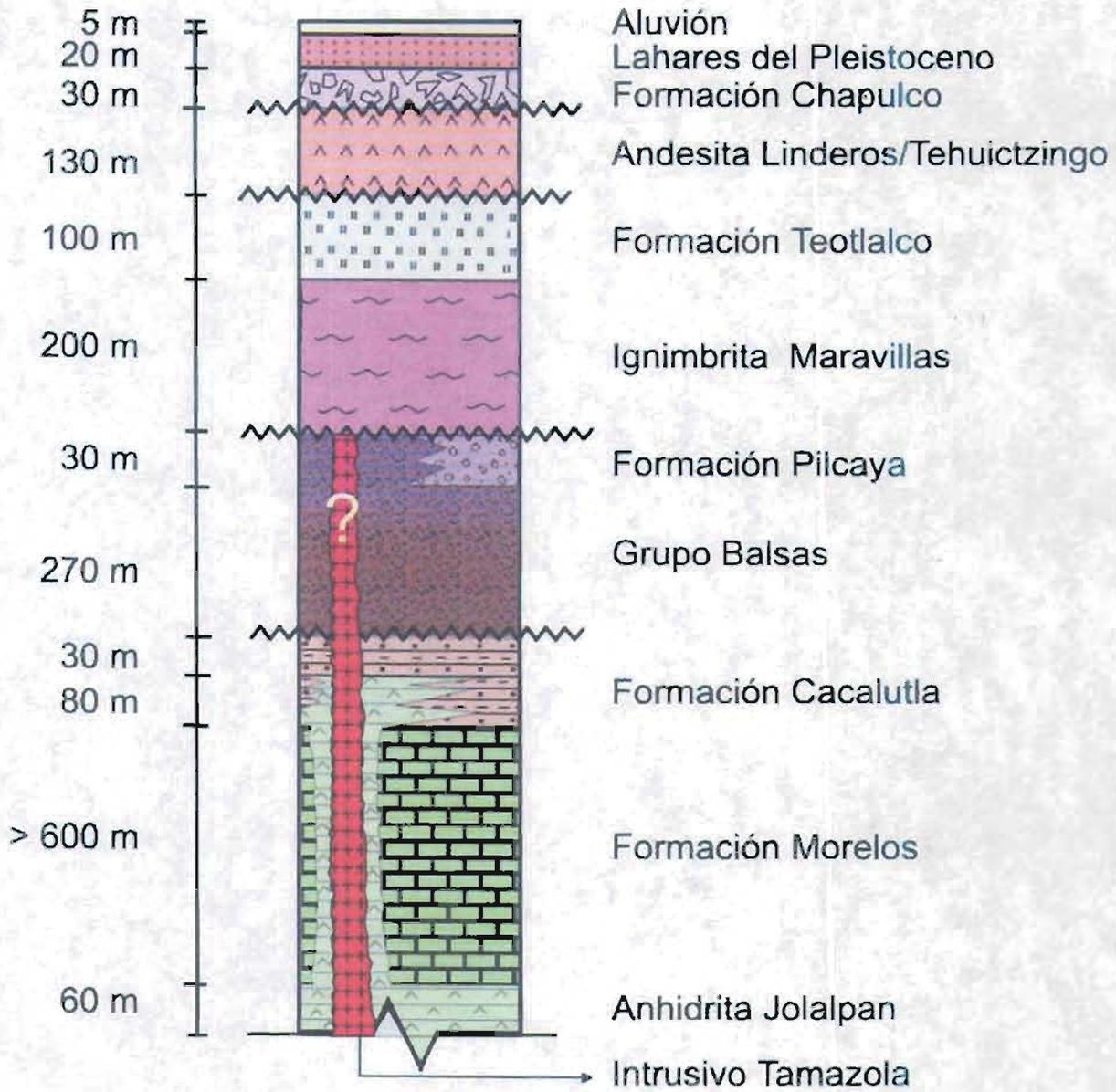


Figura 4. Columna estratigráfica de la región de Jolalpan-Huehuetlán, Puebla.

Figura 5. Sección estructural del transecto AA'.

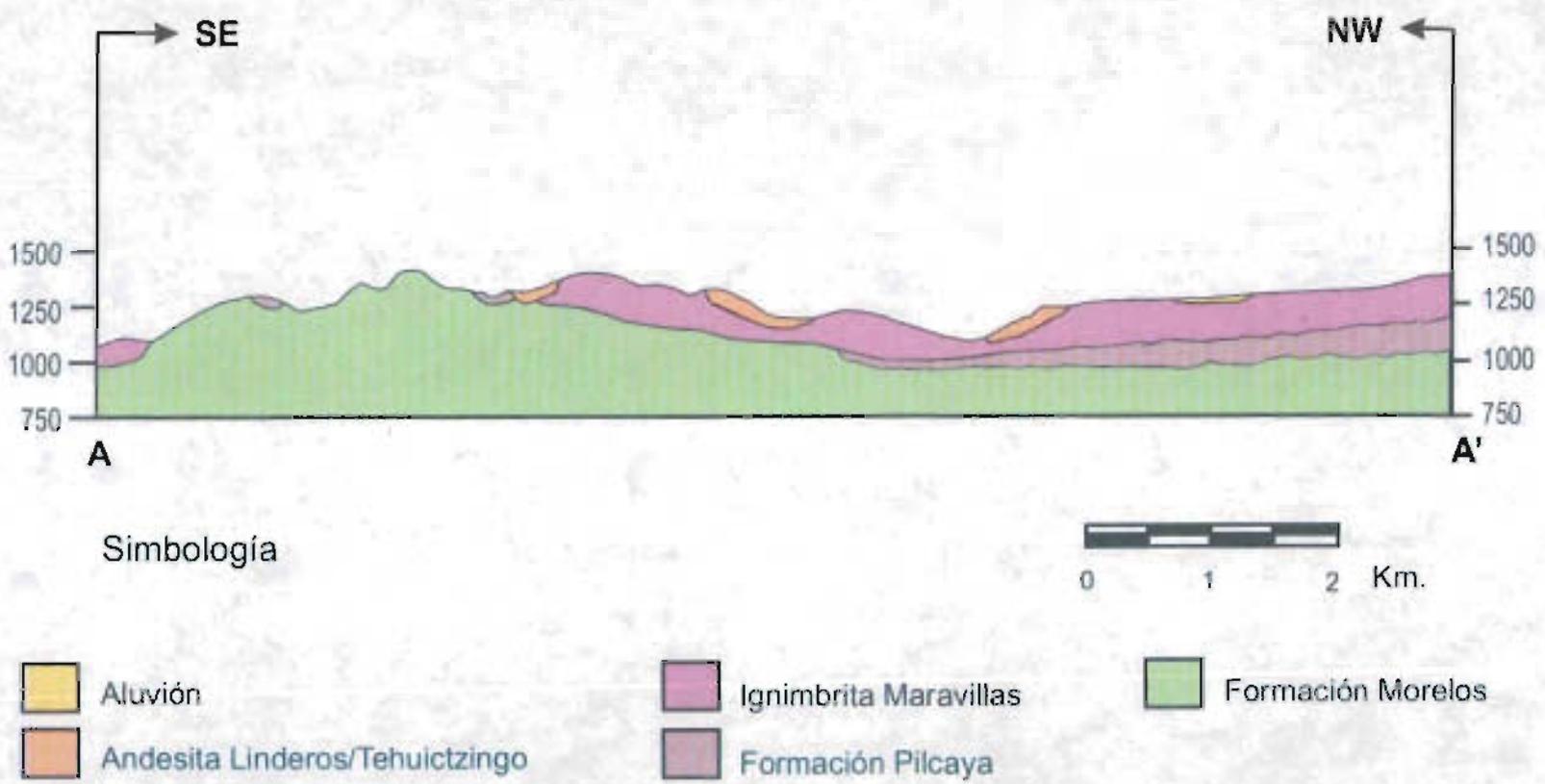
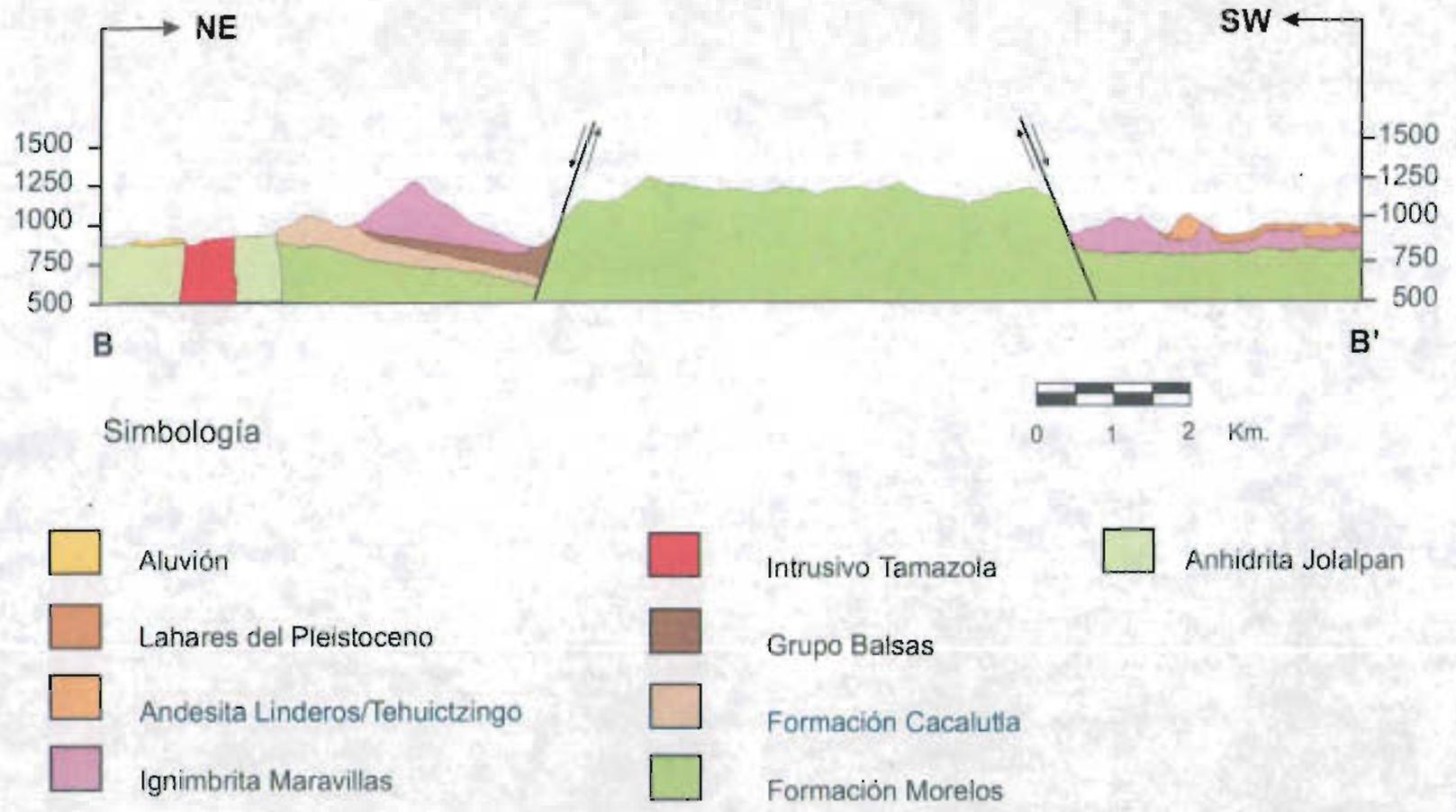


Figura 6. Sección estructural del transecto BB'.



III. 1. Unidades Cretácicas.

III. 1. 1. Anhidrita Jolalpan.

Litología y espesor.

Esta unidad esta constituida por yesos y anhidrita de color blanco, con bandeamiento de color gris, presenta estratificación de mediana a gruesa y plegamiento de flujo marcado. En algunas partes se observan algunos pliegues de arrastre, así como estructuras de anticlinales y sinclinales (COREMI, 1980 y 1998). La “anhidrita Jolalpan” tiene un espesor aflorante aparente de aproximadamente 70 m.

Distribución.

En el área se observa distribuida en un valle en la parte N-NW-W del pueblo de Jolalpan (ver mapa geológico). Están bordeando al “cuerpo intrusivo Tamazola” que los corta. En la aureola de contacto entre la anhidrita y el “intrusivo Tamazola” se observa una zona de oxidación con minerales de Fe entre cuerpos de anhidrita.

Relaciones estratigráficas.

Estratigráficamente, la “anhidrita Jolalpan” se considera como la base de la columna estratigráfica de las secuencias distribuidas en el área de estudio. El contacto que tiene con las formaciones Morelos y Cacalutla es un contacto por intrusión diapírica. En el sector oeste de Jolalpan y sur de Zacacuautla se observa una compleja relación entre intervalos de caliza marina y anhidrita cuyo contacto en algunos casos indica una relación angular de las capas de anhidrita subyaciendo a las capas de caliza, lo que sugiere más bien una relación de emplazamiento diapírico

Edad.

La edad tentativa que se ha considerado para esta anhidrita, por la posición estratigráfica que guarda respecto a la Formación Morelos, es del Cretácico Inferior. El COREMI (1972, 1981, 1996, 1998) la considera tentativamente como el miembro inferior de la Formación Morelos. De Cserna et al. (1980) describe en áreas cercanas una unidad muy similar a la que denominó Anhidrita Huitzuco y que atribuyó también al Cretácico Inferior por sus relaciones de interdigitación con el miembro inferior de la Formación Morelos. Cabe destacar que Corona-Esquivel et al (2004) y Castillejos-Echeverría (2004) con base en el contenido de palinomorfos, asignan una edad Eocénica para la anhidrita Jolalpan. Sin embargo, las relaciones de aparente intrusión diapírica con la Formación Morelos y la Formación Cacalutla sugieren fuertemente una edad Mesozoica. Esta aparente contradicción no permite hacer inferencias precisas sobre su posición estratigráfica y su edad permanece incierta.

III. 1. 2. Formación Morelos.

Fries (1960) dividió a la Formación Morelos en dos partes: una carbonatada (miembro superior) consistente de sucesiones de calizas y dolomías gruesas, intrerestratificadas, con nódulos y lentes de pedernal en algunas capas. Con textura que va desde calcilutita hasta calcirudita, predominando la calciarenita, tiene miliólidos, rudistas y agregados de calcita. La otra parte en que fue dividida consiste en anhidrita (miembro inferior).

Litología y espesor.

En el área de estudio ésta unidad está constituida por caliza de color gris claro a pardo al fresco y gris oscuro al intemperismo. Tiene textura que varía de *Mudstone* a *Wackestone*. En el área se puede observar diferentes facies, ya que en algunas

partes presenta estratificación de delgada a gruesa (5-50 cm) y en otros intervalos se presenta masiva; también se observan algunos en capas con laminaciones internas.

El espesor de la Formación Morelos no se pudo medir en campo, sin embargo, se estimó un espesor expuesto de 600 m.

Distribución.

La Formación Morelos se encuentra ampliamente distribuida en la parte S-SW y centro del área de tesis. Existen además, zonas más restringidas como la zona ubicada al SE de Tlancualpican y en el pueblo de Platanar donde se presenta de forma masiva. La parte comprendida entre los poblados de Ayoxuxtla y Jolalpan; en los cerros La Estrella, Acaxintla y Tenextelco; la formación se presenta en forma masiva sin estratificación visible. Las calizas están cortadas por un dique andesítico sin un metamorfismo de contacto significativo.

Entre el poblado de Miquetzingo y el paraje Los Barcones, sobre el curso del río Nexapa, es donde se aprecia más la deformación de los estratos calizos. Se observa hacia las partes más altas de este transecto, lo que puede considerarse la cima de ésta formación ya que cambia transicionalmente a estratos delgados de composición más terrígena que están casi verticales por efectos de la deformación.

Relaciones estratigráficas.

El contacto inferior con la unidad que la infrayace ("anhidrita Jolalpan") se observa en el camino a Zacacuautla hacia el N-NW del poblado de Jolalpan, en donde el contacto es de carácter intrusivo-diapírico. El contacto con la "Formación Cacalutla" no se observa en el área. El contacto con la Formación Pilcaya es una discordancia angular. El contacto con la formación Balsas se observa sobre la

margen del río Nexapa, puede observarse el contacto entre estas dos unidades por una falla normal, asociado con una zona de fallas laterales secundarias Km. 21 carretera Axochiapan-Jolalpan (Jol-31).

Edad.

Fries (1960) le asignó a la Formación Morelos edad del Albiano-Cenomaniano basándose en el contenido faunístico que encontró. Hernández-Romano (1999) en un estudio bioestratigráfico extiende los límites de la Formación Morelos del Albiano hasta el Cenomaniano, considerando además, un cambio gradual en la sedimentación de carbonatada a siliciclástica de la misma Formación Morelos. Aguilera-Franco (2003) con base en el contenido fósil en la cima de esta formación, asigna una edad del Cenomaniano más tardío, cercano a la frontera con el Turoniano en la parte más oriental de la PGM.

III. 2. Unidades Cenozoicas.

III. 2. 1. Formación Cacalutla.

Se trata de una unidad informal que es reportada por primera vez en este trabajo. Consiste de una sucesión de capas de arenisca, lutita, con algunos lentes interestratificados de arenisca conglomerática con clastos de caliza, cuarzo y algunos metamórficos. El origen de estas secuencias es continental, en un ambiente de llanuras de inundación. Los estratos presentan interestratificación, existen intervalos de lutitas y areniscas y otro de areniscas en capas con lentes de arenisca conglomerática.

Litología y espesor.

Unidad constituida de areniscas y lutitas, en estratos delgados a gruesos (5 cm a 1 metro), localmente con una fuerte coloración rojiza producto de oxidación. Los

estratos se presentan con una fuerte inclinación en los bordes de la zona de afloramiento de la anhidrita Jolalpan. En algunas partes está muy deleznable y con color rojizo al intemperismo y pardo al fresco. Los estratos de arenisca se alternan con estratos de lutita y con estratos y lentes de arenisca conglomerática. En algunas partes se observan vetillas de yeso. El espesor aflorante estimado para esta secuencia es de 100 metros.

Distribución.

Aflora localmente en el área en la parte N-NW del poblado de Jolalpan. El principal afloramiento es sobre la carretera número 7 (Axochiapan-Jolalpan) a unos 200 metros antes de la entrada a Jolalpan, donde se observan los estratos de un color rojo intenso por pirometamorfismo producido por las rocas volcánicas sobreyacentes. A 3 Km hacia el NW de Jolalpan, en la barranca Cacalutla se observa una secuencia de lutitas y areniscas con una incipiente pseudoestratificación y algunas vetillas de calcita producto del intemperismo.

Relaciones estratigráficas.

En el área de tesis no se observa el contacto de la "Formación Cacalutla" con la Formación Morelos. Con la "anhidrita Jolalpan" que la subyace, el contacto es diapírico, lo que se expresa claramente por la inclinación radial de las capas con respecto al cuerpo de anhidritas y la presencia de bloques de arenisca dentro de la anhidrita cerca del contacto. Estas relaciones se observan claramente en la entrada al pueblo de Jolalpan, sobre los cortes de la carretera entre Axochiapan y Jolalapan. El contacto con el Grupo Balsas que aparentemente le sobreyace, no se observa en el área, aparece cubierta en discordancia por la "ignimbrita Maravillas".

Edad.

No se pudo obtener una muestra con contenido fosilífero, sin embargo, por la relación estratigráfica y contenido de fragmentos de caliza que presenta se le asignó edad tentativa de Terciario inferior. Esta formación presenta características similares a las facies continentales de la Formación Mezcala en la parte más oriental de la PGM reportadas por Hernández-Romano (1999) y Aguilera Franco (2003), sin embargo en el área no se encontraron evidencias fehacientes para considerarla como la Formación Mezcala.

III. 2. 2. Grupo Balsas.

Fries (1960) definió como Grupo Balsas a una sucesión de capas rojas de conglomerado calcáreo, areniscas y limonlitas, incluyendo en ocasiones evaporitas (incluye calizas lacustres, tobas y derrames lávicos). La unidad está distribuida ampliamente en la cuenca Balsas-Mezcala. De Cserna et al. (1980) lo describieron como secuencias de conglomerados de caliza, arcosas, areniscas y limolitas. La matriz es generalmente de color rojiza, consiste de limo y arena.

Litología y espesor.

Unidad de conglomerado constituida de clastos de caliza (*Mudstone, Wackestone o Packstone*) y algunos de pedernal soportados por una matriz calcáreo-arenosa de color rojizo. Los clastos varían en tamaño de grava a bloque, son de forma subangulosa a subredondeada y presenta tanto facies de conglomerado matriz soportado como clasto soportado. No se observa gradación ni selección. Se aprecia una pseudoestratificación. Se observa la presencia de paleocanales y bancos de más de un metro de espesor. Hacia la base de la secuencia se observa un conglomerado clasto soportado y hacia la cima se le ve matriz soportado. El espesor máximo calculado para esta secuencia es de 300 metros.

Distribución.

Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en la zona centro-poniente del área de tesis. El afloramiento en que mejor se aprecia es sobre la rivera del Río Nexapa y a lo largo de la carretera número 7 en el Km. 22, entre los poblados de Tlaucingo y Jolalpan. Algunas de las prominencias topográficas de la región están formadas de éste conglomerado (Cerro Loma Atravesada, Cerro Coscomate, Los Barcones, Cerro Peña Colorada, Peña de las Chivas y Cerro Osachocotl) y su distribución es siempre acotada por barrancas o por el curso del río Nexapa.

Relaciones estratigráficas.

Se encuentra sobreyaciendo a las Formaciones Morelos y Cacalutla. El contacto con la formación Morelos es discordante y también se observa por una falla normal. El contacto con las formaciones Cacalutla y Pilcaya se encuentra cubierto por rocas volcánicas más recientes.

Edad.

Fries (1960) consideró para este grupo una edad en el intervalo comprendido entre el Eoceno-Tardío y el Oligoceno-Medio. De Cserna (1980) asignó a el Grupo Balsas una edad Paleoceno-Oligoceno para la parte central de la cuenca del alto Río Balsas. En la parte central de la PGM, Cerca (2004) asigna edad del Eoceno a estas secuencias. En la región de Amacuzac Morelos, Monter-Ramírez (2004) para secuencias semejantes asigna una edad comprendida entre el Eoceno-Oligoceno temprano.

III. 2. 3. Formación Pilcaya.

Litología y espesor.

En este trabajo se define informalmente como Formación Pilcaya para designar a un conglomerado oligomíctico, con clastos de caliza, cuarzo lechoso, pedernal y

fragmentos metamórficos del complejo Acatlán (CA) que están soportados por una matriz arenosa calcárea. Se observan facies de capas de arenisca, lentes de conglomerado matriz soportado. El conglomerado se distingue además por la ausencia de clastos volcánicos y la dominancia de clastos de caliza y cuarzo lechosos. Los clastos son de forma redondeada a subredondeada y de tamaño de guijarro a grava, con horizontes de granulometría fina. Se observa sin gradación ni orientación preferencial o imbricación. A nivel general, el afloramiento presenta una deformación incipiente, fracturamiento intenso y fuerte intemperismo. Este conglomerado tiene facies de abanico aluvial. El espesor aflorante máximo observado es de 50 metros.

Distribución.

La distribución que presenta este conglomerado es puntual dentro del área de tesis. La localidad en donde aflora más ampliamente es en los alrededores del poblado de Pilcaya, a unos 2 kilómetros al sur del límite sur del área de estudio. Se encuentra también al sur de Ayoxuxtla, en el camino que va hacia el poblado de Santa Mónica Cohetzala. También aflora sobre el camino que conecta Ayoxuxtla-Linderos-Chiautla y se encuentra cubriendo las partes altas de los cerros de caliza entre los pueblos de Ayoxuxtla-Jolalpan (Barranca Cuatomayo, cerro Zitulo) y Miquetzingo-Los Barcones (cerro Coyahualco, cerro Iglesia Vieja). La fuente de aporte probable se encuentra hacia el SW. En donde actualmente aflora el Complejo Acatlán.

Relaciones estratigráficas.

El contacto con la Formación Morelos que la subyace es discordante. El contacto con la "ignimbrita Maravillas" es transicional, lo que se manifiesta por intercalaciones de capas de arenisca y arenisca conglomerática con capas de ceniza y flujos piroclásticos. El contacto con la Formación Cacalutla o con el grupo Balsas no se observa.

Edad.

No se encontró contenido fósil, pero por la relación que guarda respecto a las unidades que lo subyacen y sobreyacen, indica una edad Paleógena pre "Ignimbrita Maravillas".

III. 2. 4. Intrusivo Tamazola.

Litología.

En muestra de mano se observa textura porfídica con una mineralogía que consiste de fenocristales de feldespato, cuarzo y biotita. En general se observa una fuerte alteración, principalmente por caolinitización y la más marcada es por silicificación. Todo el cuerpo intrusivo se observa muy oxidado. Los minerales de fierro se observan en las múltiples fracturas y diseminados en la roca. El espesor aflorante es de 100 metros. El COREMI (1982) le asignó el nombre de "Tronco de Jolalpan" y lo define como un granito o monzonita.

Al microscopio se observa como una roca con textura porfídica con matriz muy silicificada. Contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos potásicos (ortoclasa) alterados a minerales arcillosos, plagioclasas sericitizadas y biotitas muy alteradas. Presenta crecimientos de cuarzo con cristales de feldespato potásico formando mosaicos de reemplazamiento. El cuarzo presenta fracturas rellenas de limonita y goethita. La roca se clasificó como una Granodiorita o Monzonita.

Distribución.

El "intrusivo Tamazola" se encuentra restringido en un área de 2.2 km² dentro de los límites de los poblados de Jolalpan y Tamazola. Los cerros Mazatepec, Ostontepec y Nanahualachi están formados por este intrusivo.

Relaciones estratigráficas.

Se observa emplazado en la “anhidrita Jolalpan” que lo rodea en sus porciones NW y SW. En el contacto se observan mineralizaciones de fierro y cobre (hematita, limonita, malaquita). Le sobreyacen discordantemente, en las estribaciones del Río Nexapa depósitos de flujos de escombros y conglomerados derivados del Popocatepetl.

Edad.

Por la relación de intrusión con el diapiro de Jolalpan y por subyacer en discordancia a la secuencia volcánica se le asigna una edad del Paleógeno. En informes técnicos, del COREMI (1982, 1996), se le ha asignado una edad entre el Paleoceno-Eoceno.

III. 2. 5. Ignimbrita Maravillas.

De los cuerpos de roca ignimbríticos presentes en el área de estudio, se reconocen al menos tres eventos de flujos piroclásticos con características petrogenéticas particulares, se han definido en este trabajo de manera informal como “Ignimbrita Maravillas”.

Litología y espesor.

El primer cuerpo es de tipo masivo ignimbrítico de aspecto terroso, de color al fresco rosa pálido y al intemperismo rosa intenso. Las ignimbritas son vitro-cristalinas con textura piroclástica, con fenocristales de cuarzo, cristales rotos de feldespatos y biotita euédrica. Algunas biotitas se observan con rasgos de oxidación. El punto más representativo de esta unidad es en la colonia Las Maravillas y se le estimó un espesor de 150 metros.

En los alrededores del pueblo de Tlaucingo se encuentra una zona de brecha dentro de la ignimbrita que parece ser producto de alteración hidrotermal. Se

observa en general con fragmentos de ignimbrita angulosos a subredondeados, con coloración rojiza y en contacto con la ignimbrita vitro-cristalina sana.

Hacia la base, en zonas topográficas bajas, esta ignimbrita es de tipo pumicitico. Se presenta intemperizada y en algunas partes muy deleznable, tiene color de intemperismo rosa pálido y al fresco es parda o blanca. A nivel afloramiento y en muestra de mano se observan huecos producto del intemperismo y la erosión de fragmentos inestables (pómez). En algunas partes muy locales, tiene fragmentos volcánicos con estructuras de lava fluidal (riolíticos principalmente) y de pómez de hasta 5 centímetros de diámetro.

En la parte NW de Jolalpan, se observa en forma masiva, presenta color de intemperismo rosa, con lentes blancos y al fresco es gris claro con lentes blancos. Se trata de una ignimbrita reomórfica con una marcada estructura fluidal definida por bandas con contenido variable de cuarzo y feldespatos. El criterio para considerarla como ignimbrita y no como riolita fluidal es que presenta una dirección horizontal y uniforme de flujo y abundantes fragmentos líticos.

Fries (1960) describe cuerpos de ignimbritas en zonas cercanas a las que relacionó con la ignimbrita Tilzapotla, sin embargo, por el espesor considerable que presenta, en relación a la distancia a la que se encuentra de la caldera de Tilzapotla, en este trabajo se consideró como una unidad volcánica diferente que puede tener una fuente más cercana.

Al microscopio se observa como una roca volcánica con textura piroclástica y matriz criptocristalina aparentemente por devitrificación (matriz con esferulita). Los cristales se observan rotos y son de cuarzo, plagioclasa y biotita, algunos cristales son euédricos. El cuarzo cristalizó en una etapa de enfriamiento. Se observa con limonitización de minerales ferromagnesianos. La roca se clasificó como una ignimbrita cristal-vítrica.

Distribución.

Esta unidad tiene sus mejores exposiciones en la colonia Las Maravillas (Jol-1). Está ampliamente distribuida en la parte N-NW, existen también afloramientos en la región centro-oriental y SE de la zona de estudio. Sobre la margen derecha del río Nexapa, en la parte central del área de estudio, se puede observar una distribución continua de esta unidad (ver mapa geológico).

Destacan las exposiciones entre los poblados de Las Maravillas y Tlaucingo y las rancherías de Tepemexquitla, Temixco, Zacazonapan, Azoquitempan, La Chamolera, Las Sidras, Tlamuxco, Miquetzingo, San Pedro, Mesa Quintana y la parte SE del área de estudio, en el camino con destino a Pilcaya.

Los afloramientos de la facies pumicítica se encuentran distribuidos en la parte centro-oriental del mapa. Las mejores exposiciones corresponden al área comprendida entre los poblados de Tepoxmatla-Zapatla-Platanar. Otros afloramientos de la facies se encuentran localizados sobre el camino que une Huehuetlán el Chico y Platanar.

De forma reomórfica, aflora localmente en la parte NW del poblado de Jolalpan, sobre la barranca Cacalutla y hasta la ranchería de Zacacuautla. Se encuentra constituyendo los cerros Mesa el Barbecho y Tepetolontle y esta limitada por la barranca Cacalutla y Alzapocla.

Relaciones estratigráficas.

Esta unidad, se encuentra sobreyaciendo directamente al Grupo Balsas en forma discordante. La facies reomórfica, se puede observar sobreyaciendo a la "anhidrita Jolalpan" en discordancia erosional. Se puede observar cubriendo en discordancia erosional a la Formación Morelos, en algunas partes el contacto esta

marcado por una zona de brecha entre las calizas y la ignimbrita. Cubre también en contacto discordante a las formaciones Cacalutla y Pilcaya.

Le sobreyace la Formación Teotlalco que descansa sobre superficies de erosión desarrolladas en las ignimbritas. También existen grandes derrames andesíticos de la "andesita Linderos/Tehuictzingo" que cubren discordantemente a esta unidad rellenando superficies de erosión, se puede observar además que en algunas partes el contacto entre la andesita Los Linderos y la ignimbrita vítro-cristalina es por falla. Otra unidad litoestratigráfica que la sobreyace son los lahares asociados a la actividad del Popocatepetl y de igual, manera rellenando partes bajas de superficies de erosión.

Edad.

Por la posición estratigráfica que guarda respecto a otras unidades litoestratigráficas se le asignó una edad del Oligoceno. Auxiliados en las características petrogenéticas de la roca y principalmente por la cantidad de biotita euهدral contenida en esta unidad, se esta realizando un fechamiento isotópico por el método K-Ar, el resultado se encuentra en proceso. Al considerar los distintos flujos ignimbríticos, esta unidad corresponde al evento final de los derrames piroclásticos ya que se le observa cubriendo a las otras dos unidades de ignimbrita (pumicítica y reomórfica).

III. 2. 6. Formación Teotlalco.

Litología y espesor.

Consiste de depósitos epiclásticos de cenizas con alteraciones a bentonita. Presenta algunos horizontes de fragmentos de rocas volcánicas o de pómez redondeados (de grava a bloque) soportados por una matriz tobacea y de ceniza. Contiene biotita euهدral y feldespatos. La unidad presenta capas de arenisca y

capas de conglomerados interestratificadas. En la parte inferior de la formación dominan las capas de arenisca y hacia la parte superior dominan las capas de conglomerado. El origen de esta unidad, se infirió de un flujo de escombros de baja temperatura. El espesor aflorante mínimo de esta secuencia es de 100 metros.

Distribución.

Se encuentra en zonas restringidas del flanco SE de la Sierra de Huautla entre las coordenadas geográficas 18° 25' 40" - 18° 26' latitud Norte y 98° 46' - 98° 47' longitud Oeste. Las mejores exposiciones se observan en el pueblo de Teotlalco, sobre la carretera Axochiapan-Jolalpan, a unos 3 kilómetros al norte de la zona de estudio. También puede observarse en el poblado de Tlancualpicán, sobre la carretera Axochiapan-Chiautla (Ver mapa geológico).

Relaciones estratigráficas.

Se le observa descansando discordantemente sobre la "Ignimbrita Maravillas". De las unidades que la sobreyacen, solo se observa en contacto por falla con un conglomerado de origen volcánico que no aflora en el área. El contacto con los derrames andesíticos no se observa en el área.

Edad.

De las relaciones estratigráficas observadas, se asignó una edad mínima correspondiente al Oligoceno tardío.

III. 2. 7. Andesita Linderos/Tehuictzingo.

En el área de tesis existen extensos derrames lávicos constituidos de andesitas de piroxenos que cubren en contacto erosional a la "ignimbrita Maravillas". La

Andesita Linderos, representa junto con la Andesita Tehuictzingo el segundo gran evento volcánico terciario registrado en la región, y se les ha agrupado informalmente dentro de la unidad “andesita Linderos/Tehuictzingo”.

Litología y espesor.

Andesita Tehuictzingo.

En muestra de mano es una andesita lajeada, con mineralogía de piroxenos afectados por oxidación, con textura porfídica con matriz afanítica. Se observa muy fracturada e intemperizada, con color de intemperismo pardo y al fresco gris-verde oliva. El flujo preferencial observado en el derrame tiene una dirección NW-SE y a nivel mapa se observa en forma de lenguas. El espesor calculado para estos derrames es de 100 metros.

Al microscopio presenta textura porfídica seriada, con fenocristales de plagioclasa zoneada (andesina) de forma euédrica a subédrica y cristales de cuarzo. Los cristales se presentan corroídos. La matriz es intergranular de fina a media, con microlitos sin orientación y con minerales ferromagnesianos (ortopiroxenos, anfíboles y micas) muy alterados y en partes límonitizados. Hay fantasmas de ferromagnesianos completamente alterados a minerales arcillosos y opacos con inclusiones de plagioclasa o fenocristales poiquilíticos (de homblenda con inclusiones de plagioclasa). El porcentaje de ferromagnesianos en la matriz es del 15%. La roca se clasificó como una Andesita de ortopiroxeno.

Distribución.

Se encuentra restringida hacia las partes topográficas altas en la esquina NW del área de tesis. Se observa distribuida en forma de lenguas en las rancherías Tehuictzingo, Agua de los Toreros y Tlacotitla. La localidad donde esta mejor expuesta es en la ranchería de Tehuictzingo.

Andesita Linderos.

Tiene características similares a la Andesita Tehuiczingo pero se distribuye en diferentes zonas del área de estudio y claramente se asocia a una fuente diferente. Los derrames se presentan con estructura de lajas o masiva, con color de intemperismo pardo y al fresco gris-oliva. Presenta mineralogía de plagioclasas, anfíboles y piroxenos, con textura porfídica y matriz afanítica. La andesita está muy fracturada y en algunas partes fuertemente intemperizada. A nivel fotogeológico se identifica un flujo preferencial de los derrames con dirección N-NE. En el punto (Hue-8) se observa de forma masiva vesicular muy oxidada y con zeolitización rellenando vesículas.

Al microscopio se observa una textura porfídica seriada, con matriz serie de microlitos intergranular media. Los ferromagnesianos intersticiales de la matriz están alterados a minerales arcillosos y opacos. Presenta fenocristales de plagioclasas (andesina) zoneadas con cristalinidad subédrica a euédrica. Se observan también anfíboles (hornblenda) y fenocristales de ferromagnesianos completamente reemplazados por minerales opacos y hematita, presentan limonitización y sercitización. La roca se clasificó como una Andesita de Hornblenda.

Distribución.

Esta unidad se observa ampliamente distribuida en la parte SE del área de tesis. Aflora de manera extensa entre los poblados de Ayoxuxtla, Tepoxmatla y hacia el Sur de Huehuetlán. La localidad donde se observa mejor expuesta es en la rancharía de Los Linderos.

Relaciones estratigráficas.

Se le observa sobreyaciendo en discordancia erosional a la "ignimbrita Maravillas", cubriendo cañones erosionados en ignimbritas. Subyace en discordancia erosional a la Formación Chapulco.

Edad.

La edad de esta unidad, por la posición estratigráfica que guarda con respecto a la ignimbrita Maravillas es probablemente oligocena. Fitz-Díaz (2001) reporta derrames andesíticos cubriendo a la Riolita Tilzapotla a 5 Km al SW de la zona de este trabajo, y les asigna edad Oligoceno-Mioceno. Cerca-Martínez (2004) fechó una lava andesítica en Atenango del Río al SW del área, esta andesita arrojó una edad de 32.5 Ma correspondiente al Oligoceno temprano.

III. 2. 8. Formación Chapulco.

Esta formación es propuesta de manera informal en este trabajo.

Litología y espesor.

Se observa como conjunto de brechas volcánicas y conglomerados formados principalmente por fragmentos de andesita, pero que también incluye algunos con matriz tobácea con estructura clasto-soportada y también matriz soportada, en algunos intervalos despliega pseudoestratificación. En algunos puntos presenta matriz lávica. El espesor aflorante calculado para esta unidad es de 30 metros.

Distribución.

Se encuentra distribuida al S-SE de Huehuetlán en la parte E del área de estudio. Se puede observar de manera continua a lo largo del camino que une a Huehuetlán-Chapulco-Los Linderos.

Relaciones estratigráficas.

Estratigrafía Cretácico-Terciaria de la región de Jolalpan-Huehuetlán, Estado de Puebla.

Estratigrafía.

De las unidades que la subyacen, se ve en contacto por falla con la "ignimbrita Maravillas" en zonas locales. Con la "andesita Los Linderos" que la subyace, el contacto se observa de manera discordante erosional. Se observa subyaciendo en discordancia erosional a los depósitos de flujos de escombros recientes.

Edad.

Por las relaciones estratigráficas observadas en campo con respecto a la Andesita Linderos se le considera de una edad máxima del Oligoceno.

III. 2. 9. Depósitos de flujos de escombros recientes

Litología y espesor.

Se compone de fragmentos volcánicos brechados embebidos en una matriz tobácea-arenosa con escaso contacto puntual entre clastos. Los clastos son de basalto, andesita, vidrio volcánico y fragmentos de pómez. Tienen tamaño de grava a bloque y de forma subangulosa a subredondeada. El espesor máximo observado en campo es de 20 metros.

Distribución.

Está conformada por depósitos de flujos de escombros que forman terrazas distribuidas en la zona aledaña del poblado de Tlancualpicán y sobre la margen del río Nexapa hasta el poblado de Jolalpan. Se encuentran ampliamente distribuidos hacia el SW de Tlancualpicán y hacia el NW de Huehuetlán. También se encuentran de manera limitada sobre el curso del Río Nexapa. En el valle de Jolalpan se observan de manera extensa. Su distribución se limita a las partes topográficas bajas. Ver mapa de riesgos del volcán Popocatepetl (CENAPRED, 2005).

Relaciones estratigráficas.

Por tratarse de un depósito reciente se puede encontrar en contacto con cualquiera de las unidades descritas con anterioridad y que afloran en los flancos de los valles fluviales activos.

Edad.

Por su distribución a lo largo de valles que se extienden desde las laderas del Popocatepetl se considera que estos lahares están asociados a la actividad de este volcán. Por esta conexión y por su morfología, se considera que su edad máxima posible es del Plioceno-Cuaternario. El CENAPRED (2004) ha calculado que la última erupción explosiva del Popocatépetl ocurrió hace 800 ó 1,000 años, en el Holoceno.

III. 2. 10. Aluvión.

Litología y espesor.

Se observa como conglomerados polimícticos con matriz arenosa y mal clasificados. En algunas partes se le ve como bancos de arenas en forma masiva. El espesor máximo calculado es de 10 metros.

Distribución.

Se limita a las partes topográficas bajas y se extiende hacia el N de Huehuetlán, en un amplio valle. Se encuentra también, en otras partes bajas como es el valle de Jolalpan al E-W de Jolalpan y Tamazola, en el poblado de Ayoxuxtla y la carretera hacia Pilcaya. En algunas partes locales se encuentra distribuido sobre la margen de los ríos existentes en el área.

Relaciones estratigráficas.

Se observa cubriendo en discordancia erosional a la "anhidrita Jolalpan" y al "intrusivo Tamazola" en el valle de Jolalpan. Cubre de la misma forma a la "ignimbrita Las Maravillas", a la "andesita Los Linderos", a la "Formación Chapulco" y a los lahares del Popocatepetl. No hay unidad que los sobreyazca.

Edad.

Esta unidad es la más reciente en el registro estratigráfico del área de estudio y su edad se restringe al Holoceno.

III. 3. Caracterización Geoquímica.

En el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X, se realizaron análisis cuantitativos por FRX a nueve muestras seleccionadas en campo (2 de "andesita Linderos", 2 de "andesita Tehuiczingo, 5 de "ignimbrita Las Maravillas"), las muestras fueron preparadas por el autor y las mediciones las realizó el Químico. R. Lozano. Los resultados se anexan en la tabla 1, como elementos mayores.

Muestra	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	Total %
Hue-02	59.15	0.89	18.45	6.26	0.04	2.95	6.92	3.29	1.86	0.20	100.00
Hue-09	61.09	1.02	17.54	5.88	0.08	2.76	6.07	3.23	2.09	0.25	100.00
Jol-14	60.17	0.89	17.60	6.12	0.05	3.36	6.26	3.75	1.59	0.23	100.00
Jol-28	59.88	0.96	17.88	6.58	0.08	3.21	6.05	3.57	1.53	0.25	100.00
Hue-14	65.82	0.60	17.30	4.70	0.08	0.56	2.84	3.47	4.41	0.21	100.00
Hue-16	65.73	0.77	16.53	5.00	0.04	1.88	3.55	3.23	3.08	0.18	100.00
Hue-18	73.61	0.50	12.72	2.52	0.06	0.15	0.22	1.61	8.58	0.03	100.00
Jol-03	79.47	0.25	10.89	1.19	0.02	0.11	0.15	2.03	5.86	0.01	100.00
Jol-22-B	74.91	0.31	13.94	1.65	0.04	0.32	1.17	3.26	4.36	0.04	100.00

Tabla 1. Resultados del análisis de elementos mayores por Fluorescencia de Rayos X de las muestras de la Andesita Linderos/Tehuiczingo y la ignimbrita Maravillas.

El porcentaje resultante de los elementos mayores se normalizó y posteriormente se eliminó la pérdida por calcinación (PXC) que contiene el CO₂ y el H₂O totales en la muestra. La caracterización geoquímica de las muestras se interpretó en un diagrama de LeBas (TAS, Alcalis *versus* Sílice). En el diagrama, el total de las

muestras se ubica en la serie subalcalina con composición intermedia. Las muestras de las "andesita Linderos/Tehuiczingo" se ubican en el grupo de la Andesita. Las muestras de la "ignimbrita Las Maravillas" varían entre los grupos de Dacita, Traquita y Riolita.

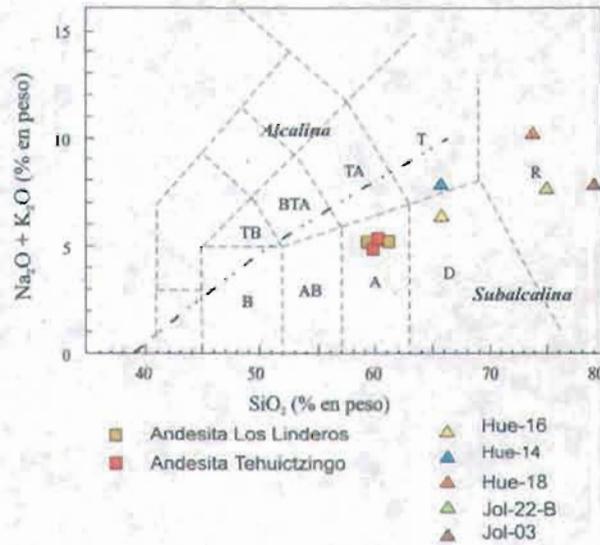


Figura 7. Diagrama TAS (Álcalis vs. Silice).

IV. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

En el área de tesis afloran estructuras de diversas escalas que incluyen pliegues y cabalgaduras que afectan la secuencia mesozoica, y fallas laterales y normales que afectan a toda la secuencia expuesta, aunque se reconocieron principalmente en las unidades cenozoicas. Existen además en el área de Jolalpan estructuras relacionadas con el emplazamiento diapírico de los yesos de la unidad homónima.

IV. 1. Pliegues y Cabalgaduras.

Debido a la extensión restringida de las exposiciones de rocas mesozoicas y a su difícil acceso, no se reconocieron grandes estructuras debidas a deformación contráctil. La más sobresaliente estructura de acortamiento parece ser la cabalgadura documentada en el mapa del Consejo de Recursos Minerales (Rivera-Carranza et al., 1998) cuya terminación norte alcanza el sector sur del área de estudio. Se trata de una cabalgadura de orientación N-S con vergencia al este que afecta a la Formación Morelos y que en este trabajo se le nombró Cabalgadura de Senteocala. Esta estructura no fue observada en campo durante el presente estudio y tampoco tiene un expresión clara en fotografías aéreas, por lo que su prolongación hacia el área de estudio permanece incierta.

Otras estructuras de deformación por contracción se observaron en el pueblo de Ayoxuxtla de Zapata. En esta área se observan pequeñas rampas estructurales que vergen al E, grupos de estratos (5-30 cm.), a ellas se asocian pliegues de propagación de falla de pequeña escala. Los pliegues son abiertos con ejes que tienen orientación general N-S.

En el transecto entre Miquetzingo y Los Barcones pueden observarse algunos pliegues abiertos y otros cerrados, algunos de tipo chevrón con flancos cabalgados generalmente al NE y algunos pliegues recumbentes. Se observan también planos de falla lateral derecha con orientación al NE

A lo largo del Río Nexapa, también se observaron estructuras de compresión consientes en pequeños pliegues chevrón y pliegues muy cerrados con flancos cabalgados buzando al SE y con rumbo de las cabalgaduras al NE.

En la Anhidrita Jolalpan se observan estructuras de pliegues de arrastre, anticlinales y sinclinales (COREMI et al; 1982, 1998), la deformación que presenta es producto de procesos de diapirismo en un material plástico.

La Formación Cacalutla se observa con estratos semiplegados, deformados y casi verticales en la entrada a Jolalpan (Jol-16 y Jol-19). Esta deformación muy probablemente se encuentre asociada al diapirismo.

IV. 2. Fallas Cenozoicas.

Con respecto a las fallas post-orogénicas observadas en el área de estudio destacan dos por su escala kilométrica. Se trata de las fallas Coscomate y la Falla el Platanar, ambas con orientación general NW-SE.

La Falla Coscomate, aflora sobre la carretera Axochiapan-Jolalpan a la altura del Km 22 (cerro Coscomate). Las estructuras principales que se reconocen son un grupo de fallas semiparalelas con rumbo NW-SE. La falla principal es normal y tiene orientación S 50° E; 54° SW y un pitch de 05°. Algunas fallas menores tienen orientación NW-SE. Se observan algunos indicadores cinemáticos que sugieren un desplazamiento lateral, sin embargo las relaciones entre las unidades a ambos lados de la falla y su inclinación sugieren un desplazamiento principal como falla normal. El plano de falla principal constituye el contacto entre la Formación Morelos y el Grupo Balsas. Cerca de la zona de falla el Grupo Balsas presenta un basculamiento al NW de aproximadamente 30° y se encuentra también afectado por algunas fallas paralelas a la principal lo que sugiere una reactivación de la falla posterior al depósito de esta unidad. Castillejos-Echeverría (2004) ha interpretado

la existencia de un semi-graben asociado a esta falla con base en la topografía, y por la altitud de los afloramientos de calizas similares a la de las rocas volcánicas.

La falla Platanar es un alineamiento estructural de tipo normal que se observa con dirección NW-SE, aflora sobre la carretera Chiautla-Ayoxuxtla en el cruce hacia El Platanar. En fotografía aérea se observa un alineamiento continuo NW-SE. Pone en contacto a la ignimbrita Maravillas con la Andesita Linderos sobre la barranca el Zopilote y hasta los límites de Tepoxmatla al NW. Se observa alineada con los cuellos volcánicos de Andesita en el cerro Zoyacatzin al SE. La zona de brecha tiene 4 m de espesor. La falla se observa sub-vertical con abundantes zonas de cizalla semi-paralelas a la dirección de la falla.

La falla Platanar pone en contacto a la ignimbrita Maravillas y a la andesita Linderos. En campo se le ve afectando a la secuencia de ignimbrita y se sugiere que estaba activa cuando iniciaron los derrames de la andesita Linderos y que tuvo reactivación posterior cuando la andesita Linderos estaba ya formada. (Ver figura 8).

Sobre la carretera Chiautla-Ixcamilpa, en el pueblo de Pilcaya, se observa una zona de falla ancha con orientación NW-SE ($S 49^\circ E$, $90^\circ SW$ y Pitch $04^\circ NW$). La zona de falla es de a menos 40 metros de espesor, esta formada por numerosos planos de falla y presenta evidencias de una cinemática compleja ya que se observan estrías correspondientes a desplazamientos verticales y laterales izquierdos. Las fallas secundarias tienen orientación general NW-SE. Esta zona de falla se encuentra fuera del límite sur de la zona de estudio, sin embargo afecta a la Formación Pilcaya y es una estructura importante.

Sobre la carretera de Axochiapan-Jolalpan en el poblado de Tlaucingo aflora de manera extensa una zona de fallas laterales con desplazamiento derecho. La falla principal presenta orientación general NE-SW ($N 65^\circ E$; $75 SW$, Pitch $15^\circ NE$) y las fallas subsidiarias que se le observan presentan orientación general NE-SW. En

los planos de falla se observa cristalización de cuarzo. Esta falla se localiza fuera del área de tesis. Esta falla pone en contacto a la Formación Teotlalco con un conglomerado de origen volcánico que no aflora en el área.

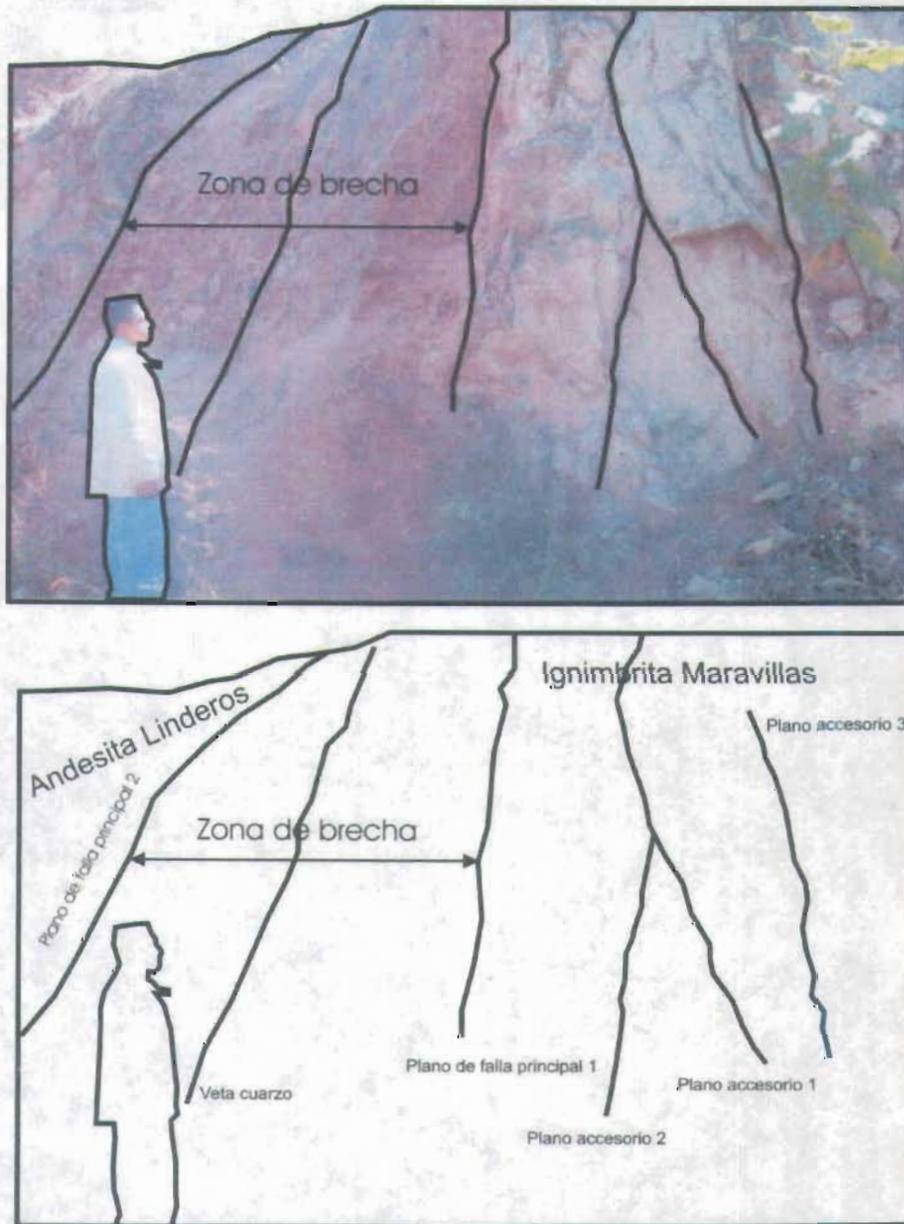
En imagen satelital, se reconoce que las fallas de Coscomate, el Platanar, Pilcaya y Teotlalco tienen un rumbo cercano al del borde rectilíneo noreste de la Sierra de Huautla (Alineamiento Oriental Huautla). El desplazamiento vertical de estos grandes lineamientos sugiere un fase con Extensión NE-SW que habría sido parcialmente contemporánea a La andesita Linderos a juzgar por las relaciones observadas en el Cerro Zoyacatzin. (Ver figura 9).

En la Formación Chapulco se reconoce un sistema de fallas laterales derechas. El dato estructural del plano de falla principal es N 20° W; 50° SE. Sobre este plano de falla se encuentra el contacto entre la Formación Chapulco y la ignimbrita Maravillas. La presencia de fallas laterales en esta unidad permitió reconocer en el campo que se trata de una unidad terciaria y diferenciarla de los lahares pleistocénicos.

IV. 3. Estructuras regionales cercanas al área de estudio.

En imagen satelital, se pueden reconocer algunas de las estructuras cenozoicas y mesozoicas regionales. Dentro de las estructuras cenozoicas destacan: el Alineamiento Oriental Huautla con tendencia al NW (Morán Zenteno et al; 2004), la falla Platanar con orientación NW (Descrita en este trabajo), Apango-Copalillo con orientación NE (Fitz Díaz, 2002), Tuzantlán con tendencia al NE (Cserna et al; 1980), Los Amates, Tuxpan, Acamixtla, Coapango, San Gregorio, Taxco, Tetipac, El Muerto y Chichila; todas con tendencia al NW (Morán-Zenteno et al; 1999), existen además, otros alineamientos de gran escala con orientación general NW-SE que coinciden con la franja silícica de la SMS (González-Torres et al; 2004) y la estructura caldérica de Tilzapotla. De las estructuras mesozoicas se reconocen; la Cabalgadura de Senteocala reportada dentro de la zona por el COREMI (1998),

Estratigrafía Cretácico-Terciaria de la Región de Jolalpan-Huehuetlán, Estado de Puebla.
 Geología Estructural,
 la Cabalgadura de Papalutla (De Cserna et al; 1980), la Cabalgadura de Teloloapan orientada al (Campa et al; 1976) y el Sinclinorio de Zacango. Las estructuras mesozoicas tienen orientación al NE. (Ver figura 9).



Datos estructurales:

Plano de falla principal 1: N41°W ; 86° SE

Veta de cuarzo N34°W ; 81° SE

Plano de falla principal 2: N40°W ; 71° SE

Zona de brecha 4 m

Bloques secundarios:

Plano accesorio 1 S35°E ; 61° W
72° NW Pitch

Plano accesorio 2 N17°W ; 77° NE
65° NW Pitch

Plano accesorio 3 S56°E ; 67° SW
66° NW Pitch

Fig. 8. Afloramiento de la Falla Platanar, sobre la carretera Chiautla-Ayoxuxtla.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

La estratigrafía del área de estudio revela la ocurrencia de episodios de sedimentación marina del Cretácico y eventos de sedimentación y volcanismo continentales terciarios. Los rasgos generales de la evolución geológica del área son comunes en la región de la Sierra Madre del Sur pero en el área de estudio revelan algunas particularidades significativas, sobre todo para el Terciario.

La estratigrafía cretácica del área se caracteriza por la presencia de una unidad de evaporitas y una secuencia calcárea que atestiguan episodios de sedimentación marina en una plataforma carbonatada. Aunque existe incertidumbre sobre la posición de la anhidrita Jolalpan por su emplazamiento diapírico, en este trabajo se interpreta como un cuerpo de Cretácico Temprano por su relación de intrusión con respecto a cuerpos de caliza, que en este trabajo se atribuyeron a la Formación Morelos, y por su posible correlación con la Anhidrita Huitzuco. Esta interpretación no coincide con la realizada recientemente por Corona-Esquivel et al. (2004) y Castillejos Echeverría (2004) quienes atribuyen la unidad Jolalpan al Paleoceno con base en su contenido de palinomorfos. Con las observaciones y datos obtenidos en este estudio no puede ser resuelta esta contradicción por lo que serían necesarias observaciones mas detalladas de las relaciones estratigráficas y revisar el muestreo de polen en la anhidrita.

Regionalmente, De Cserna y colaboradores (1980) indican que la anhidrita Huizuco se desarrolló en pequeñas cuencas con alta evaporación, mencionan además, un cambio de las evaporitas a las calizas de la Formación Morelos de forma transicional.

A nivel regional, hacia el final del período Cretácico e inicio del Terciario, ocurrió una fuerte deformación por acortamiento con asociación de fallas de desplazamiento lateral que afectó a las secuencias Mesozoicas (Orogenia Laramide). Localmente, los mejores indicadores de esta deformación observados

en el área son; pliegues abiertos y algunos cerrados de tipo chevrón con flancos cabalgados, los ejes de estas pequeñas cabalgaduras así como de los pliegues están orientados generalmente N-S y las cabalgaduras tienen vergencia al oriente. También se observan pliegues por propagación de fallas asociadas a numerosas rampas tectónicas pequeñas y por flexiones. Estas estructuras se observaron en algunas segmentos de la Formación Morelos. Cabe destacar que en la zona, las pequeñas cabalgaduras observadas tienen vergencia general al este, sin embargo, a nivel regional la cabalgadura de Papalutla (que es la estructura mayor más cercana al área) presenta vergencia al oeste, lo que las hace diferentes. En el área no se encontraron estructuras similares a la de Papalutla.

Hacia el inicio del Terciario se desarrollaron depósitos fluviales de la Formación Cacalutla con acumulación de terrígenos con dominancia de una granulometría fina (límos y arenas), acumulados posiblemente en un ambiente de llanuras de inundación.

Durante el Paleógeno, la erosión de secuencias preexistentes como la Formación Morelos y posiblemente el complejo Acatlán, contribuyeron al depósito de conglomerados prevolcánicos en cuencas intermontanas. En estas condiciones se formaron acumulaciones similares a lo que regionalmente se conoce como Grupo Balsas, además de lo que localmente en este trabajo se denominó informalmente como Formación Pilcaya, ambos de edad paleógena. En el área, el Grupo Balsas se formó por procesos dominantes de flujos de gravedad en ambientes de abanico aluvial. En el sector Tlaucingo-Jolalpan (cerro Coscomate) el contacto con las calizas de la Formación Morelos es por falla normal con el desplazamiento del bloque de techo hacia suroeste. Esta falla permitió la formación de una pequeña cuenca con acumulación de clastos gruesos de caliza y algunos metamórficos. En la porción sureste del área de estudio, la Formación Pilcaya, parece haberse formado en un ambiente de abanico aluvial, con aporte de fragmentos de calizas y metamórficos. En ambas unidades se reconoce ausencia de clastos volcánicos, sin embargo, no se puede precisar si estas unidades son correlacionables.

El intrusivo Tamazola se observa emplazado en la Anhidrita Jolalpan, el origen de este emplazamiento no es claro y se requieren estudios de mayor detalle para conocerlo.

Hacia el final del Eoceno y principios del Oligoceno dio inicio una fuerte etapa de volcanismo en esta región del sur de México, diversos centros volcánicos se desarrollaron cubriendo con sus aportes a las secuencias anteriormente descritas. Se formaron así, centros volcánicos como el de la Sierra de Huautla.

La secuencia relativamente gruesa de ignimbritas observada en el área de estudio revela la existencia de voluminosos episodios de volcanismo explosivo silícico, sin embargo, en este estudio no se pudo precisar la fuente de emisión. La ignimbrita Maravillas guarda una fuerte similitud con la ignimbrita principal de la Caldera de Tilzapotla, sin embargo no se puede ratificar que la fuente se el mismo centro volcánico debido a ciertos indicios que sugieren una fuente más cercana. En la parte poniente de Jolalpan aflora un cuerpo de gran volumen de ignimbrita de tipo reomórfico, por el volumen y características de esta unidad es difícil relacionarla con las facies más distales de la caldera de Tilzapotla (localizada a 40 Km), se sugiere mas bien una fuente de aporte más cercana. En la Sierra de Huautla aflora un cuerpo de rocas hipabisales con características petrogenéticas similares a la ignimbrita Maravillas, aunque no es una evidencia fehaciente, en el Centro Volcánico de Huautla (CVH) podría ubicarse el centro emisor que dio origen a estas secuencias ignimbríticas.

Se han llevado a cabo diversos fechamientos de las rocas volcánicas en regiones adyacentes. Morán et al. (2004) obtuvieron edades de K-Ar y Ar-Ar entre 34 y 35 Ma para la ignimbrita Tilzapotla. Mientras que Campa et al (2002) obtuvieron edades de 31 ± 2 M. a. y 34.2 M. a. para ignimbritas similares ubicadas al suroeste del área de estudio. El fechamiento obtenido de la ignimbrita Maravillas, en la zona de tesis, actualmente se encuentra en proceso. Las fechas de derrames

lávicos similares a la Andesita Linderos, realizadas en zonas adyacentes al área de tesis arrojan edades entre el Oligoceno temprano y Oligoceno medio (Fitz, 2001; Cerca, 2004) este último autor fechó derrames en Atenango del Río, Guerrero y obtuvo 32.5 M. a. Esto indica una edad anterior para la Ignimbrita Maravillas lo que sugiere una edad similar a la de la Ignimbrita de Tilzapotla, aunque se requerirían los resultados isotópicos para confirmarlo. En todo caso, las evidencias de erosión posteriores a el emplazamiento de la Ignimbrita Maravillas y anteriores a la Andesita Linderos indican un cierto lapso entre la acumulación de una y otra unidad. Las edades isotópicas reportadas para estas unidades sugieren la evolución de un centro volcánico de gran escala que inició su actividad con voluminosos flujos piroclásticos silícicos y culminó con abundantes derrames de andesita.

La fuente de emisión principal de los derrames andesíticos del sector Jolalpan (andesita Tehuictzingo) parece corresponder principalmente a la parte central de la Sierra de Huautla, en la cual se han identificado numerosos cuerpos subvolcánicos de composición intermedia. Para la andesita Linderos, la fuente de aporte se ubica en la parte SE del área de estudio, se encontraron cuerpos hipabisales (cuellos volcánicos) que indican la fuente emisora.

Posterior a la emisión de las andesitas, se depositaron en superficies de erosión brechas volcánicas y conglomerados de la Formación Chapulco, con clastos de andesita a los que se asignó edad máxima del oligoceno. La Formación Chapulco se diferencia de los depósitos recientes principalmente porque los lahares se encuentran en forma de terrazas y la Formación Chapulco es de forma masiva, en los lahares no se encontraron estructuras tectónicas y la Formación Chapulco se observó con planos de fallas.

Aunque el tamaño del centro volcánico y la presencia voluminosa de ignimbritas sugiere una caldera de gran escala en la etapa inicial, hasta la fecha no se han podido identificar los rasgos generales de una estructura de este tipo.

En el Plioceno, inició un nuevo volcanismo al norte de la región. Este volcanismo corresponde al Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). En la zona se observan depósitos de flujos de escombros desarrollados en algún aparato de la Sierra Nevada en el CVM, posiblemente del Popocatepetl.

Las estructuras tectónicas más notables reconocidas en el área de estudio son pliegues de diversos tipos (abiertos, cerrados chevrón y propagación de falla) y cabalgaduras de tipo rampa de pequeña escala que afectan a la secuencia mesozoica. Por su geometría y orientación, estas estructuras se relacionan claramente a la deformación orogénica del final del Cretácico (Orogenia Laramide) que afectó a gran escala el oriente de México.

Las estructuras cenozoicas más importantes dentro del área son las fallas Platanar y Coscomate de orientación NW. Estas fallas muestran indicios de una historia cinemática compleja pero el desplazamiento más notable es de tipo normal. Existen evidencias de que la falla del Platanar estuvo activa durante y después de la emisión de la Andesita Linderos, esto nos permite sugerir que esta falla es posterior a la ignimbrita Maravillas. Su desplazamiento normal indica un episodio de extensión NE-SW. Mientras que a la falla Coscomate, se asocia a la deposición del conglomerado Balsas en un semi-graben asociado a un pilar tectónico (ver figura 6) y hay indicios de que lo afectó posteriormente, esto se toma como evidencia de que esta falla es anterior a la ignimbrita Maravillas.

BIBLIOGRAFÍA.

- ALANIZ Álvarez S. A., Nieto Samaniego A. F., Morán Centeno D. J. y Alba A. L. 2002. Rhyolitic volcanism in extension zone associated with strike-slip tectonics in the Taxco region, southern Mexico. Journal of volcanology and geothermal research. Número 118. Pp. 1-14.
- ALVAREZ Manuel Jr. 1961. Provincias Fisiográficas de la República Mexicana. Sociedad Geológica Mexicana. Tomo. 24. No. 2. Pp. 65-70.
- ARANDA Gómez J., Henry Ch. y Luhr J., 2000. Evolución tectonomagmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LIII, No. 1. pp. 59-71.
- ARCHE Alfredo. 1992. Sedimentología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. Volumen I. Pp. 273-347.
- CAMPA U. M. F y Coney P. J. 1983. Tectono-stratigraphic Terranes and Mineral Resource Distributions in México. Canadian Journal of Earth Sciences. Vol. 20. Pp. 1040-1051.
- CAMPA, F. Fitz, E., y Martínez E. 2002. Revisión de la edad de la Formación Oapan y su significado en el graben de San Agustín Oapan y el sinclinatorio de Zacango, Estado de Guerrero. XVI Convención Geológica Nacional. Sociedad Geológica Mexicana, Libro de Resúmenes. P. 165.
- CAPRA Pedol Lucia. 2000. Colapsos de Edificios Volcánicos: Transformación de Avalanchas de Escombros en Flujos de Escombros Cohesivos. Los casos del Monte Santa Elena (EEUU), Nevado de Toluca y Nevado de Colima (México). Tesis Doctoral. Instituto de Geofísica, UNAM. México D. F. 177 p.
- CAROZZI Albert V. 1993. Sedimentary Petrography. Ed. Prentice Hall. USA. 263 p.
- CAS R. A. F., and Wright J. V. 1988. Volcanic Successions, Modern and Ancient. Editorial Chapman & Hall. London. 528 p.
- CASTILLEJOS Echeverría M. Ocotlán. 2004. Geología del área de Jolalpan Puebla y estimación de las reservas de los yacimientos de yeso adjuntos. Tesis profesional. ESIA-IPN. 63 p.
- CASTREJON G. Israel y G. Lagunas J. 2002. Estilo y orientación de los pliegues de primer y segundo orden, en el Sinclinatorio de Pachivia, Frontera entre el arco de Teloloapán y la Plataforma Guerrero Morelos. XVI

Convención Geológica Nacional. Sociedad Geológica Mexicana, Libro de Resúmenes. P. 164.

- CERCA Martínez Mariano. 2004. Deformación y magmatismo Cretácico Tardío – Terciario Temprano en la zona de la Plataforma Guerrero Morelos. Tesis Doctoral. Centro de Geociencias, campus UNAM Juriquilla, Querétaro. 175 p.
- COREMI. 1980. Estudio Geológico-Geofísico por Hierro de la Región de Jolalpan-Tlaucingo. Municipios de Jolalpan y Teotlalco, Estado de Puebla. Informe Técnico. Consejo de Recursos Minerales. (Inédito).
- COREMI. 1995. Monografía Geológico-Minera del Estado de Puebla. Editada por el Consejo de Recursos Minerales. 1ª edición. Pachuca, Hgo., México.
- COREMI. 1995. Monografía Geológico-Minera del Estado de Morelos. Editada por el Consejo de Recursos Minerales. 1ª edición. Pachuca, Hgo., México.
- COREMI. 1995. Monografía Geológico-Minera del Estado de Guerrero. Editada por el Consejo de Recursos Minerales. 1ª edición. Pachuca, Hgo., México.
- COREMI. 1998. Informe de la Carta Geológico-minera y geoquímica, Hoja Cuernavaca E14-5, escala 1:250 000, estados de México, Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca. Editada por el Consejo de Recursos Minerales (COREMI). Chilpancingo, Guerrero México.
- CORONA Esquivel R., Martínez H. E., Ramírez A. E., Morales I. A., Ángeles H. J. y Castillejos E. M. 2004. Primer reporte de yesos del Paleógeno en el área de Jolalpan, Puebla: Implicaciones Paleogeográficas. IV Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra. Libro de Resúmenes. P. 122.
- CSERNA Zoltan de., Ortega – Gutiérrez F., y Palacios Nieto M. 1980. Libro guía de la excursión geológica a la parte central de la Cuenca del Alto Río Balsas, Estados de Guerrero y Puebla. Sociedad Geológica Mexicana. México D. F. 58 p.
- DUNCAN Keppie J., Morán-Zenteno D. J. 200?. Alternative Cenozoic reconstructions for the Chortis block relative to southern Mexico. IG-UNAM. México D. F. 17 p.
- FERRARI L., M. López-Martínez, G. Aguirre-Díaz, and G. Carrasco-Núñez. 1999. Spice-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central México: From the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt. Geology. Vol. 27. N° 4. Pp. 303-307. USA.

- FERRARI L., M. López-Martínez, and J. Rosas-Elguera. 2002. *Ignimbrite flare-up and deformation in the southern Sierra Madre Occidental, western México: Implications for the late subduction history of the Farallon plate.* American Geophysical Union. Tectonics, Vol. 21, N° 4. Pp. 1-24. USA.
- FERRIZ H., Mahood A. G. 1986. *Volcanismo Riolítico en el Eje Neovolcánico Mexicano.* Geofísica Internacional, Vol. 25, Núm. 1. pp. 117-156.
- FITZ Díaz Elisa. 2001. *Evolución estructural del sinclinorio de Zacango en el límite oriental de la plataforma Guerrero Morelos.* Tesis profesional. ESIA-IPN. 104 p.
- FRIES Carl. 1960. *Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central Meridional de México.* Boletín del IG-UNAM. No. 60. México D. F. 236 p.
- FRIES C. 1966. *Hoja Cuernavaca 14Q-h(8), con Resumen de la Geología de la hoja Cuernavaca, Estado de Morelos.* UNAM, Instituto de Geología. Serie 1:100 000. Mapa con texto.
- HALLAM A. 1981. *Facies interpretation and the stratigraphic record.* Freeman and Company. Oxford, USA. 291 p.
- HEDBERG, H.D. 1980. *Guía Estratigráfica Internacional.* Ed. Reverte. España. 205 p.
- HERNÁNDEZ Romano Ulises. 1999. *Facies, Stratigraphy and Diagenesis of the Cenomanian-Turonian of the Guerrero-Morelos Platform, southern México.* Reading, UK, University of Reading. Postgraduate Research Institute for Sedimentology, Ph. D. Thesis, 322 p.
- INEGI. 1983. *Carta Geológica Huehuetlán E14B71, en los estados de Morelos, Guerrero y Puebla.* Editada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). México D. F.
- INEGI. 1998. *Carta Topográfica Huehuetlán E14B71, en los estados de Morelos, Guerrero y Puebla.* Editada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). México D. F.
- KERR Paul F. 1977. *Optical Mineralogy.* 4th edition. Edited by Mc Graw Hill. USA. 492 p.
- MACKENZIE W. S., Donaldson C. H. and Guilford C. 1984. *Atlas of igneous rocks and their textures.* Edited by Longman. USA. 148 p.

- MARTINY K. Barbara, Silva Romo G., and Morán Centeno D. J. 2002. Tertiary faulting and the relationship with Eocene-Oligocene volcanism in western Oaxaca, southern Mexico. Abstracts with programs 98th Annual Meeting Cordilleran Section. Oregon State University. Corvallis, Oregon. Volume 34, number 5. Geological Society of America. Pp A-97.
- MIRANDA Gasca A. M. 2000. The metallic ore-deposits of the Guerrero Terrane, western México: an overview. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 13. pp. 403-413.
- MONTER Ramírez Ahiram. 2004. Estratigrafía, Sedimentología y Relaciones Tectónicas del Grupo Balsas en la Región de Amacuzac, Morelos. Tesis profesional FI-UNAM. 64 p.
- MORÁN Zenteno, D. J. 1986. Breve revisión sobre la evolución tectónica de México. Geofísica Internacional, Vol. 25. Núm. 1. pp. 9-38.
- MORÁN Zenteno, D. J., Alba A. L., Martínez S. R., Reyes S. M., Corona E. R. y Ángeles G. S. 1998. Stratigraphy, geochemistry and tectonic significance of the tertiary volcanic sequences of the Taxco-Quetzalapa region, Southern Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 15. Número 2. Pp. 167-180. IG-UNAM y Sociedad Geológica Mexicana. México D. F.
- MORÁN Zenteno, D. J., Tolson G., Martínez – Serrano R. G., Martiny B., Schaaf P., Silva – Romo G., Macías – Romo C., Alba – Aldave L., Hernández – Bernal L. S. and Solís – Pichardo G. N. 1999. Tertiary arc-magmatism of the Sierra Madre del Sur, Mexico, and its transition to the volcanic activity of the Trans-Mexican ic Belt. Journal of South American Earth Sciences. Vol 12. 513 – 535 Pp.
- MORÁN Zenteno, D. J., Martiny B., Tolson G., Solís – Pichardo G. N., Alba – Aldave L., Hernández – Bernal M. S., Macías – Romo C., Martínez – Serrano R. G., Schaaf P., and Silva – Romo G. 2000. Geocronología y características geoquímicas de las rocas magmáticas terciarias de la Sierra Madre del Sur. Sociedad Geológica Mexicana. IG-UNAM. México D. F. v. LIII, 27–58 Pp.
- MORÁN Zenteno, D. J., Alba A-Aldave L. A., Solé J. and Iriondo A. 2004. A major resurgent caldera in southern Mexico: the source of the late Eocene Tilzapotla ignimbrite. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Vol. 136. 97 - 119 Pp.
- ORTEGA Gutiérrez, F. 1978. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, estados de Puebla y Oaxaca. Revista del Instituto de Geología, UNAM., 2. Pp. 112-131.

- ORTEGA Gutiérrez F. 1981. Metamorphic Belts of Southern México and their tectonic significance. Geofísica Internacional, Vol. 20. Núm. 3. pp 177-202.
- ORTEGA Gutiérrez F. 1993. Tectonostratigraphic análisis and significance of the Paleozoic Acatlan Complex of southern México. In Proceedings, First circum-Pacific and circum-Atlantic terrane conference. Edited by F. Ortega Gutiérrez. IG-UNAM. México. Pp. 54-60.
- PERRILLIAT, María del Carmen; Vega-Vera, Francisco y Corona-Esquivel, Rodolfo. 2000. Early Maastrichtian Mollusca from the Mexcala Formation of the state of Guerrero, Southern Mexico. The Paleontological Society, Journal of Paleontology., 74 (1). p. 7-24.
- RAISZ Erwin. 1964. Landforms of Mexico: physiographic provinces. Editorial Cambridge Mass. 2ª edición. London.
- RATCHBACHER L., Riller Ulrich, Meschede Martin, Herrmann Uwe and Frisch Wolfgang. 1991. Second look at suspect terranes in southern Mexico. GEOLOGY, vol. 19, pp. 1233-1236. USA.
- SCHOLLE Peter A. 1979. A color Illustrated Guide to Constituents, Textures, Cements and Porosities of Sandstones and Associated Rocks. Published by The American Association of Petroleum Geologists, memoir 28th. Tulsa, Oklahoma. USA. 201 p.
- SEDLOCK Richard L., Ortega Gutiérrez F. and Speed C. Robert. 1993. Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico. The Geological Society of America, Inc. Special Paper 278. 153 p.
- STANLEY S. M. 1986. Earth and life through time. Ed. Freeman and Company. New York, USA. 690 p.
- TOLSON J. Gustavo. 1998. Deformación, Exhumación y Neotectónica de la Margen Continental de Oaxaca: Datos estructurales, Petrológicos y Geotermobarométricos. Tesis doctoral. UNAM, Instituto de Geofísica. 98 p.
- TORRES de León R. y Campa U. M. F. 2002. Estructuras del Terreno Mixteco, en el área comprendida entre la Cabalgadura de Papalutla y el Sinclinorio de Olinalá, Estado de Guerrero. XVI Convención Geológica Nacional. Sociedad Geológica Mexicana, Libro de Resúmenes. P. 163.
- UGALDE Villarreal Héctor. 1969. Evaluación geológico-minera de la zona Chiautla-Jolalpan, Estado de Puebla. México D. F., Consejo de Recursos Naturales no Renovables, informe de avance III., 46? p. (Inédito).

- UGALDE Villarreal Héctor. 1972. Evaluación geológico-minera de la zona Chiautla-Jolalpan, Estado de Puebla. México D. F., Consejo de Recursos Naturales no Renovables, informe técnico, 46 p. (Inédito).
- VERA J. A. 1994. Estratigrafía. Principios y Métodos. Ed. Rueda. Madrid, España. 805 p.
- VENEGAS S., Herrera, J. y Maciel, R., 1985. Algunas características de la faja volcánica mexicana y sus recursos geotérmicos. Geofísica Internacional, Vol. 24, núm. 1. pp. 47-81.
- VICENTE J. M. 1998. La volcanología actual. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Barcelona, España. Pp. 197-275.
- WILLIAMS Howel, Turner Francis J. y Gilbert Charles M. 1968. Petrografía: introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas. 1ª Edición. Editorial Continental. México. 430 p.
- 1984. Código Estratigráfico Norteamericano 1983. Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica. IG-UNAM, SGM y AMGP. México D. F.

Referencias electrónicas.

- <http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/TextoboletinesSGM.htm>
- <http://geologia.igeolcu.unam.mx/geol.htm>
- <http://www.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/pue/fisiografia2.cfm>
- <http://www.maps-of-mexico.com/puebla-state-mexico/puebla-state-mexico-map-a3.shtml>