



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE
LA REGION TOTOLAPAN, ESTADO DE OAXACA

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :

GABRIEL SERGIO ABREGO ALVARADO

DIRECTOR DE TESIS: M. C. GILBERTO SILVA ROMO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

2002



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 INGENIERIA
DIRECCION
60-I-572

SR. GABRIEL SERGIO ABREGO ALVARADO
Presente

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

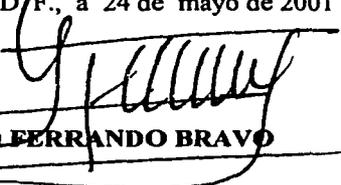
**ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE LA REGION TOTOLAPAN,
ESTADO DE OAXACA**

	RESUMEN
I	INTRODUCCION
II	GEOGRAFIA DEL AREA
III	ESTRATIGRAFIA
IV	GEOLOGIA ESTRUCTURAL
V	GEOMORFOLOGIA
VI	GEOLOGIA HISTORICA Y TECTONICA
VII	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D. F., a 24 de mayo de 2001
EL DIRECTOR


ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*RLLR*gtg



A mis padres:

Margarita Alvarado Esparza

Ricardo Ábrego Mendoza

Por brindarme todo su apoyo
he podido alcanzar una de mis metas.

A mis hermanos:

Carlos, Abraham y David

Y a todos aquellos que me brindaron
su amor, su amistad y su apoyo.

Al M.C. Gilberto Silva Romo

Ejemplo de superación y conocimiento, por
su tiempo y sobre todo por su paciencia y
ayuda para concluir este trabajo.

**A todos aquellos que consulten este trabajo,
por que se que valió la pena el esfuerzo.**

Es increíble lo que se puede hacer
una vez que uno se decide a hacerlo.

- Anónimo --

"Fijarse una meta y luchar hasta llegar a ella,
aunque todo este en contra, eso es ganar.
Nacimos para vencer y no para ser derrotados".

- Sergio Ábrego -

ÍNDICE

		Pág.
CAPITULO UNO.	RESUMEN	1
	INTRODUCCIÓN	2
	OBJETIVO	2
CAPITULO DOS.	MÉTODO DE TRABAJO	2
	TRABAJOS PREVIOS	4
	GEOGRAFÍA DEL ÁREA	5
	LOCALIZACIÓN	5
	VÍAS DE ACCESO	5
	POBLACIÓN	8
	IDIOMAS	8
	CULTURA	8
	ÍNDICE DE NATALIDAD	8
	OCUPACIÓN	8
	SALARIOS	8
	VIVIENDAS	9
	FISIOGRAFÍA	10
	CLIMA	12
FLORA	12	
FAUNA	13	
SUELO	13	
CAPITULO TRES.	ESTRATIGRAFÍA	14
	CRETÁCICO	
	FORMACIÓN JALTEPETONGO	14
	FORMACIÓN SIERRA MADRE	17
	(MIEMBRO CINTALAPA)	
	CENOZOICO	
	CONGLOMERADO LIMÓN	19
	TOBA YAXE	20
	TOBA YAUTEPEC	21
	FORMACIÓN EL CAMARÓN	23
DEPÓSITOS RECIENTES	26	
CAPITULO CUATRO.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	28
	PILARES	28
	PILAR GUISE	28
	PILAR UNIÓN JUÁREZ	29
	PILAR GUICHINA	29
	PILAR LIMÓN	29
	PILAR LAS MINAS	29
	GRABEN NEJAPA	30
	FALLAS	30
	FALLA AGUA ESCONDIDA	30
FALLA UNIÓN JUÁREZ	30	

	FALLA EL TABLÓN	30
	FALLA SOLEDAD SALINAS	30
	FALLA NEJAPA	31
	FALLA LAJARCIA	31
	FALLA EL COYUL	31
	FALLA ZOQUITLÁN	31
	ESTRUCTURAS MENORES	38
	VETAS	38
	DIQUES	38
CAPITULO CINCO.	GEOMORFOLOGÍA	39
	RED FLUVIAL	39
	BARRANCAS	39
	RELIEVE DE ROCAS SEDIMENTARIAS	40
	RELIEVE EN ROCAS CALCÁREAS	40
	RELIEVE EN CONGLOMERADOS	40
	RELIEVE EN ROCAS ÍGNEAS	41
	DOMOS VOLCÁNICOS	41
	OTROS DOMOS	41
	MESAS VOLCÁNICAS	42
	RELIEVE ACUMULATIVO	42
	PLANICIE	42
	PIE DE MONTE	42
	DEPÓSITOS DE GRAVEDAD	42
	CONGLOMERADOS FLUVIALES	44
CAPITULO SEIS.	GEOLOGÍA HISTORICA Y TECTÓNICA	44
	EVOLUCIÓN TECTÓNICA	45
CAPITULO SIETE.	CONCLUSIONES	46
	BIBLIOGRAFÍA	48
	FIGURAS DEL TEXTO	
	Fig.1. LOCALIZACIÓN DE LA REGIÓN TOTOLAPAN, ESTADO DE OAXACA.	6
	Fig.2. DIVISIÓN REGIONAL DEL ESTADO DE OAXACA.	7
	Fig.3. PROVINCIAS Y SUBPROVINCIAS FISIOGRÁFICAS.	11
	Fig.4. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.	15
	Fig.5. TABLA DE CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA.	16
	Fig.6. TOBA YAUTEPEC	23
	Fig.7. TOBA YAUTEPEC	23
	Fig.8. FM EL CAMARÓN	25
	Fig.9. FM EL CAMARÓN	25
	Fig.10. DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO	28
	Fig.11. DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO	28
	Fig.12. DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO	29
	Fig.13. DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO	29
	Fig.14. FALLA EL COYUL	32

Fig.15. FALLA EL COYUL	32
Fig.16. ESQUEMA ESTRUCTURAL	32
Fig.17. CORTE GEOLÓGICO A - B	34
Fig.18. CORTE GEOLÓGICO B - C	35
Fig.19. CORTE GEOLÓGICO D - E	36
Fig.20. CORTE GEOLÓGICO E - F	37
Fig.21. DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO	38
Fig.22. OTROS DOMOS	41

ANEXO.

DATOS ESTRUCTURALES Y
PETROGRÁFICOS.

MAPA GEOLÓGICO ESCALA
1: 150,000.

RESUMEN

El área de estudio en Totolapan, Oaxaca; se encuentra al SE de la ciudad de Oaxaca rumbo a Santo Domingo Tehuantepec; presenta una forma de rectángulo con una superficie de aproximadamente 2200 Km². Se reconocieron siete unidades estratigráficas, de las cuales dos son de carácter marino del período Cretácico correspondientes a una secuencia de lutitas y areniscas de la Formación Jaltepetongo y una secuencia de wackestone del miembro Cintalapa de la Formación Sierra Madre y cinco unidades continentales cenozoicas constituidas por el conglomerado Limón, la Toba Yaxe, la Toba Yautepec y la Formación El Camarón la cual consiste de una secuencia lacustre, influida por vulcanismo, así como de depósitos recientes.

La región presenta una configuración estructural caracterizada por fallas normales con rumbo general al noroeste y algunas con rumbo noreste, también se caracteriza por la presencia de pilares, los cuales están limitados por fallas normales y conformada por las unidades mesozoicas. Otros rasgos estructurales notables, son los domos volcánicos.

La secuencia cenozoica expresada principalmente por las unidades tobáceas Yaxe y Yautepec, tienen una distribución geográfica tal que la Toba Yaxe que es la más antigua, se presenta en el tercio occidental, mientras que la Toba Yautepec tiene un amplio afloramiento en el oriente. En el tercio oriental del área aflora la Formación El Camarón alojada en una estructura tipo graben definida en la Toba Yautepec. Con base en los datos estructurales tomados en el campo y los interpretados en el mapa geológico elaborado de la región Totolapan, se infiere que el área, ha sido afectada por una tectónica extensional que formó fallas normales y algunas fallas laterales con componente normal. El conjunto estructural más notable se observa en el área Soledad Salinas – Nejapa de Madero y corresponde a un sistema de fallas conjugadas que definen al Graben Nejapa y al Pilar Limón.

CAPITULO UNO

INTRODUCCIÓN

Existen zonas en el país en que todavía no se han realizados trabajos estratigráficos y estructurales mediante cartografía geológica, como es el caso de la región de Totolapan, Oaxaca. La caracterización estructural de la región contribuirá al mejor discernimiento de los eventos tectónicos del sur de México. El presente trabajo es una contribución al conocimiento de esta vasta provincia volcánica del Neógeno. El enfoque de estudio se centra en el reconocimiento de las estructuras mayores y en la elaboración de un mapa geológico, quedan por resolver los aspectos relativos a una mejor cronología de los eventos geológicos y al estilo de formación de la paleocuenca de Nejapa, la cual requiere un análisis estratigráfico y estructural detallado.

OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo general, caracterizar los aspectos estratigráficos y estructurales del área, con base en:

- I. Definir las unidades estratigráficas en la secuencia volcánica expuesta en la región de Totolapan, Oaxaca.
- II. Definir las estructuras geológicas del área.
- III. Elaborar un mapa geológico a escala 1:150,000
- IV. Definir los eventos tectónicos que ocurrieron en el área y su cronología relativa.

MÉTODO DE TRABAJO

Para la realización del trabajo se desarrollaron las siguientes actividades:

a) **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN:** Se recopilaron y analizaron los trabajos geológicos y mineros, publicados del área, así como, informes técnicos del Consejo de Recursos Minerales.

b) **FOTOGEOLOGÍA:** Se fotointerpretaron 25 fotografías aéreas del INEGI que cubren el área en estudio, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Fecha de vuelo:	Escala:	Línea:	Clave del mapa:	Número de fotografía:
Mar 86	1:75 000	L - 189	E 14 - 12	5,6,7,8 y 9
Mar 86	1:75 000	L - 190	E 14 - 12	5,6,7,8 y 9
Mar 85	1:75 000	L - 191	E 14 - 12	5,6,7,8 y 9

Mar 85	1:75 000	L - 192	E 12 - 12	5,6,7,8 y 9
May 85	1:75 000	L - 193	E 15 - 10 D 15 - 1	5,6,7,8 y 9

Mediante los criterios de fotointerpretación se identificaron los principales rasgos que aparecen en las fotografías aéreas para interpretar su naturaleza y proponer unidades fotogeológicas, los cuales, fueron transferidos a los mapas topográficos E14-D68, E14-D69, E14-D78, E14-D79, E15-C61 y E15-C71, para posteriormente determinar las rutas, para comprobar y completar la información mediante la inspección directa sobre el terreno.

c) TRABAJO DE CAMPO: El trabajo de campo consistió en realizar los recorridos planeados en los mapas fotogeológicos preliminares con la finalidad de caracterizar las diferentes unidades litoestratigráficas que afloran en el área, así como las relaciones que guardan entre sí, y la de verificar estructuras de las que se tomaron 722 datos (rumbo, echado, pitch o plunge, estratificación (S0), fallas (S1) y fracturamiento (S2)), mediante el uso de la brújula tipo Brunton. El trabajo de campo se realizó simultáneamente a una práctica escolar de Geología de Campo Avanzada (1997 - 1) dirigida por el M.C. Gilberto Silva Romo.

Para la ubicación de los puntos observados en el terreno se utilizó un receptor GPS. (Sistema de Posicionamiento Global) marca MAGELLAN, modelo 5000, para la obtención de las coordenadas en el sistema Universal Transversal de Mercator (UTM). De tal forma que en el texto, la ubicación de los datos mencionados se refieren al sistema UTM, que pueden usarse para ubicar los puntos en los mapas topográficos y durante el trabajo de campo se recolectaron 69 muestras de roca.

d) TRABAJO DE GABINETE: Durante el cual se analizaron las muestras obtenidas en el campo y se elaboraron láminas delgadas de las que se realizó su petrografía. Se revisó la fotointerpretación y los datos en los mapas topográficos; así mismo se elaboró un mapa topográfico, el cual fue dibujado mediante el software Autocad 14 para usarlo como base para la elaboración del mapa geológico a escala 1:150,000 en la que se transfirieron los datos de los rasgos estructurales; se analizó y se interpretó la información recabada y se redactó el texto.

TRABAJOS PREVIOS

Los trabajos geológicos antecedentes en el área corresponden a pequeñas regiones con fines de exploración minera. Solamente el trabajo realizado por Ferrusquía-Villafranca (1990) comprende un estudio regional, en el cual se presenta un análisis isotópico de la Toba Yautepec, así como, el establecimiento de las diferentes unidades estratigráficas y un bosquejo de la evolución geológica.

De acuerdo a Ferrusquía-Villafranca, (1990), la secuencia cenozoica ocupa un extenso graben orientado NNW – SSE; la cual sobreyace discordantemente a un basamento que incluye metatobas, filitas y derrames andesíticos de edad desconocida. La secuencia incluye de la base a la cima: Un conglomerado "filarenítico - calcilítico"; toba silícica asociada a derrames lávicos y cuerpos hipabisales porfirítico – andesítico: una arenisca tobácea, interestratificada por limolita y conglomerado. Muestras de toba (Toba innominata edad en. 15.0 – 17.4 ± 0.8 m.a Mioceno medio) dan edades isotópicas miocénicas medias que permiten fechar así a la fase de actividad magmática principal. El Terciario esta intensamente afallado en sistemas orientados NW – SE y NE – SW.

Pesquera (1956) describe en la Excursión Geológica Oaxaca - Tehuantepec, Oaxaca, una gran variedad de rocas volcánicas en el valle de Oaxaca, principalmente tobas andesíticas y corrientes de riolitas. Un complejo volcánico compuesto por materiales tobáceos de origen piroclástico, estratificados y con características continentales y de colores abigarrados, entre derrames de andesita y riolita, tobas y porfidos riolíticos y andesíticos, cuyo conjunto puede ser de edad terciaria. En el kilómetro 668.0, a 150 metros en el NW de la casa del rancho el Gramal, Pesquera encontró restos fósiles de *Merychippus sp.* y de camélidos del Mioceno; describe bancos potentes de caliza negra muy metamorfizada, cuya posición y características litológicas (similares a las rocas paleozoicas de Chiapas) permiten suponer que corresponden al Pérmico.

Arceo Cabrilla (1988), menciona en su informe anual al Consejo de Recursos Minerales que las rocas piroclásticas son las de mayor extensión y en menor proporción las hipabisales y sedimentarias. Comenta que la distribución de las andesitas en el área es muy irregular, las cuales presentan un color verde claro oscuro e intemperizan en tonos violeta o rosa. Las riolitas tienen una distribución amplia, se encuentran coronando los cerros principales. Son rocas de color blanco y al intemperismo de color café parduzco. Las tobas riolíticas tienen una distribución amplia principalmente en parte septentrional. Se trata de rocas de color gris verdoso que intemperizan a gris oscuro. Las tobas andesíticas se presentan en pequeños afloramientos intercalados con andesitas, generalmente de color violeta e intemperiza a tonos pardos y claros. Afectados por silicificación. Su constitución da lugar a pequeñas mesetas con escarpes bien definidos.

CAPÍTULO DOS

GEOGRAFÍA DEL ÁREA

LOCALIZACIÓN

El Área de Totolapan se encuentra aproximadamente al S 55° E de la ciudad de Oaxaca, entre los 16°27' - 16°45' Latitud Norte (N) y los 95°52' - 96°29' Longitud oeste (W); presenta la forma de un rectángulo en donde su lado mayor esta orientado en sentido este - oeste, y tiene una medida de 65.8 Km, y su lado menor de 33.2 Km; con una superficie total de 2184.56 Km² aproximadamente (Figura 1).

El Área en estudio se encuentra comprendida en las cartas topográficas E14-D68 Santa María Zoquitlán, E14-D69 Totolapan, E14-D78 Miahuatlán de Porfirio Díaz, E14-D79 San Carlos Yautepec, E15-C61 Santa Ana Tavela y E15-C71 Asunción Tlacolulita.

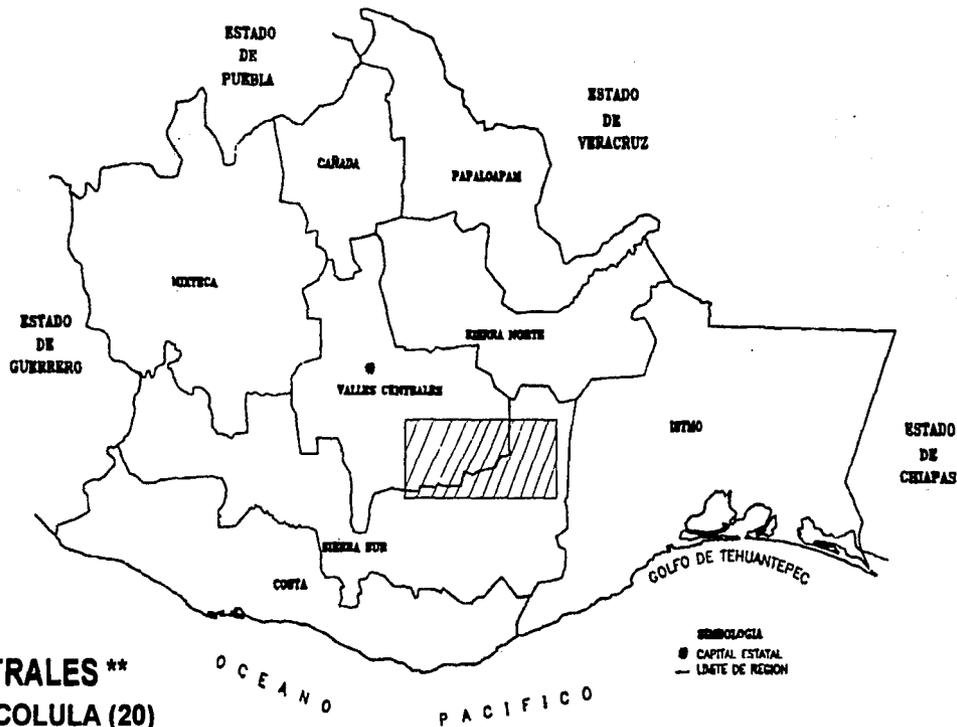
VÍAS DE ACCESO

La vía principal de acceso es por la carretera Federal 190 que va de la ciudad de Oaxaca a Santo Domingo Tehuantepec-Salina Cruz, y que une a los poblados de San Pedro Totolapan, San Juan Guegoyachi, Las Margaritas, San José de Gracia, El Gramal, El Camarón, El Coyul, Las Minas, Santa María Lachixonace. A partir del poblado El Camarón en dirección SW se encuentra la carretera 187 que se dirige a la cabecera Municipal de San Carlos Yautepec y del cual se desprende una terracería hacia el SW que comunica al poblado de San Pedro Mártir Quiechapa. A 35 Km de El Camarón en dirección a El Coyul se encuentra una terracería de 8 Km hacia San Bartolo Yautepec.

En el poblado de El Gramal en dirección W-E se encuentra la terracería que une los pueblos de San Martín de Porres, la cabecera Municipal de Nejapa de Madero y Santa Ana Tavela. También a partir de El Gramal pero en dirección NE se encuentra la terracería que une los pueblos de Las Animas, La Mancornada, Soledad Salinas, Unión de Juárez y Unión de Juárez San Pedro.

POBLACIÓN Y CULTURA

El área se encuentra comprendida en las regiones **Valles Centrales y Sierra Sur** del Estado de Oaxaca (datos de INEGI, 1996; Figura 2). Que comprende a los siguientes municipios: San Pedro Totolapan (16° 40', 96° 18'), Santa María Zoquitlán (16° 34', 96° 21') del Distrito Tlacolula (20) y los municipios Asunción Tlacolulita (16° 18', 95° 43'), Nejapa de Madero (16° 36', 95° 59'), San Bartolo Yautepec (16° 26', 95° 58'), San Carlos Yautepec (16° 30', 96° 06'), San Juan Lajarcia (16° 30', 95° 55'), Santa Ana Tavela (16° 39', 95° 55') y Santa María Ecatepec (16° 17', 95° 53') del Distrito Yautepec (27).



- ** VALLES CENTRALES ****
DISTRITO TLACOLULA (20)
 * San Pedro Totolapan (333)
 * Santa María Zoquitlán (449)

- ** SIERRA SUR ****
DISTRITO YAUTEPEC (27)
 * Asunción Tlacolulita (008)
 * Nejapa de Madero (064)
 * San Bartolo Yautepec (122)
 * San Carlos Yautepec (125)
 * San Juan Lajarcia (204)
 * Santa Ana Tavela (357)
 * Santa María Ecatepec (410)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. F.I.	
GABRIEL SERGIO ABREGO ALVARADO	Tesis Profesional
	Julio, 2002
	Esc. 1: 3,300,000
	acot. Km Fig. 2
DIVISIÓN REGIONAL DEL ESTADO DE OAXACA.	

Población. El XI censo general de población y vivienda, 1990 registro en la región un total de 277 847 habitantes, cifra que representa el 9.2% de la correspondiente al Estado.

Idiomas. De la población que habla lengua indígena en la región, el 19.4% es monolingüe y el 76.8% es bilingüe, es decir, que hablan Español y alguna lengua indígena. La lengua predominante en esta región es el Zapoteco con un 51.5% de los habitantes, le sigue el mixteco con 21.2%.

En la región se concentra el 96.3% de los hablantes de Amuzgo de toda la entidad, de igual forma, el 53.9% de la población hablante de Chontal, y lo mismo sucede con los hablantes de Triqui y Chatino, de los cuales el 33.8% y el 20.6% respectivamente residen en la región.

Cultura. El 79.0% de la población de 6 a 14 años sabe leer y escribir. De la población de 15 años y más, el 64.5% son alfabetas y el 35.2% son analfabetas.

En el caso de la asistencia escolar, la proporción de la población de 6 a 14 años que asiste a la escuela, en la región, es del 76.9%.

Por otro lado los resultados censales también indican que la asistencia aumenta conforme se incrementa la edad, así a los 9 años se presenta el mayor porcentaje de asistencia (89.3%), a partir de los 10 años se inicia un descenso.

Índice De Natalidad. En la fecundidad se registra una ligera disminución de 3.1 hijos por mujer en 1970 a un promedio de 3.0 en 1990.

Ocupación. Entre la diversidad de ocupaciones que realiza la población, se destaca la de los trabajadores agropecuarios con el 75.9%, seguida por los artesanos y obreros con el 8.9%. Las demás ocupaciones registran valores por debajo del 3.0%. Es notoria la gran mayoría de mujeres en los trabajos domésticos y también, aunque en menor proporción, en el grupo de trabajadores de la educación y técnicos.

Las ocupaciones en donde la participación es fundamentalmente masculina son: operadores de transporte con 98.4%, trabajadores agropecuarios con 97.8% e inspectores y supervisores con 97.1%.

Salarios. La distribución sectorial según sexo de la población ocupada muestra una situación muy contrastante en los hombres, de los cuales el 81.6% se ubica en el sector primario (Agricultura, Ganadería, Silvicultura, Caza y Pesca), contra el 9.1% en el sector secundario (Minería, Extracción de petróleo y Gas, Industria manufacturera, Generación de energía eléctrica y construcción) y el 7.6% en el terciario (Comercio y servicios). En el caso de las mujeres, el sector terciario absorbe el 43.3%, en tanto que el primario el 16.4%.

La distribución de los ingresos que la población ocupada percibe por su trabajo: Así, el 75.6% declaró no recibir ingresos o recibir menos de un salario mínimo, el 13.3% de la población ocupada tiene ingresos de uno a dos salarios mínimos. En otro extremo únicamente el 6.4% declaró recibir ingresos de 3 y más salarios mínimos.

Viviendas. El material empleado en la construcción de las viviendas es una información útil para determinar las condiciones de vida de la población. Los resultados censales indican que en los techos de la mayoría de las viviendas, predomina la teja con el 35.3%, y la lámina de asbesto o metálica con el 28.2%, el contraste únicamente el 5.4% de las viviendas tienen techos de losa de concreto, tabique o ladrillo.

Así mismo, el 48.1% de las paredes de las viviendas son de adobe y el 15.7% de madera. A nivel estatal se observa que predomina el adobe y el tabique, piedra o cemento.

FISIOGRAFÍA

Fisiográficamente el área estudiada se encuentra en el flanco oriente de la provincia **Sierra Madre del Sur**, caracterizada por serranías orientadas oriente - poniente circundadas por cañadas, barrancas y ríos, siendo la corriente más importante el Río San Pedro Quiachapa que en algunos tramos cambia de nombre a Agua Blanca, Totolapan, San Luis y Río Grande hasta llamarse Río Tehuantepec.

El área de estudio se ubica en la zona limítrofe de las subprovincias **Sierras y Valles de Oaxaca** y en la parte sur de la Subprovincia **Sierras Orientales** de la provincia fisiográfica **Sierra Madre del Sur** de acuerdo a la división de provincias fisiográficas de INEGI (Quiñones, 1984. Figura 3).

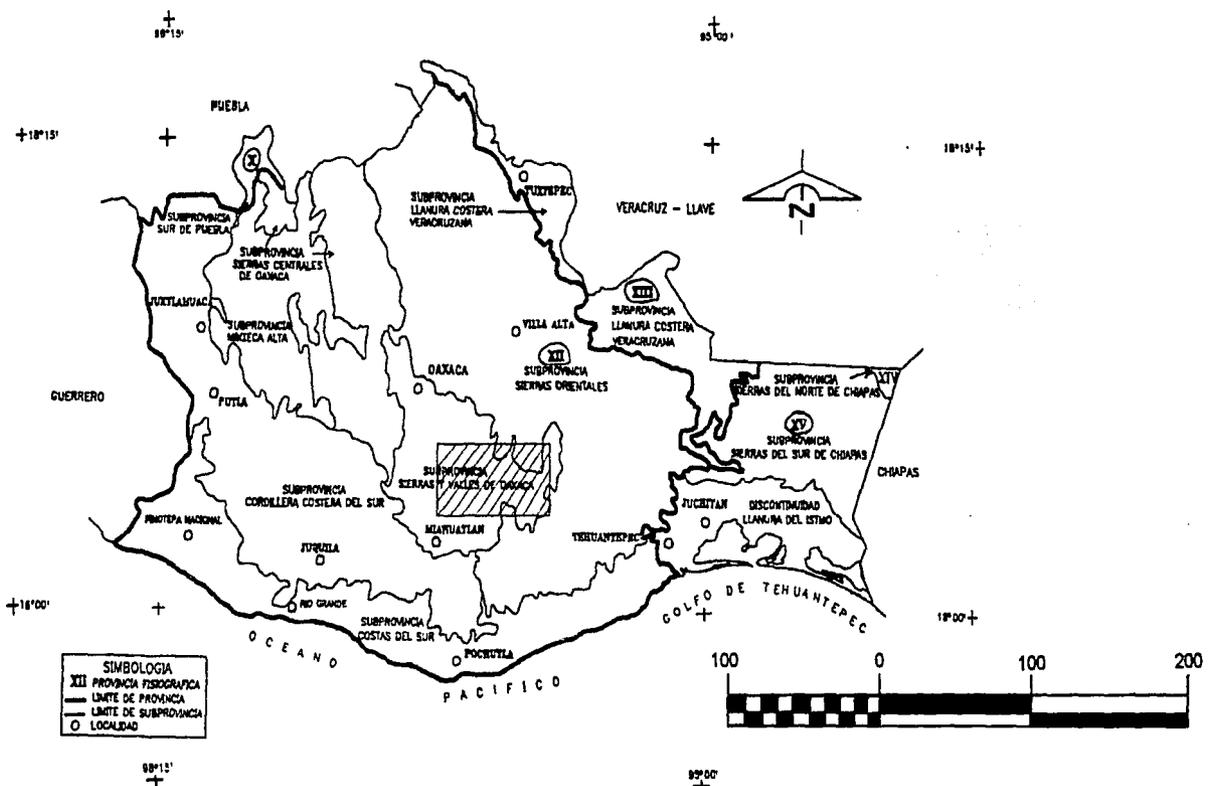
Podemos subdividir el área en dos geoformas terrestres contrastantes con base en sus características fisiográficas:

Una planicie que tiene una forma aproximada de rectángulo limitado por el Río Quiachapa al oriente del poblado Las Animas (14Q 818 200 m E, 1833 850 m N), al sur por el camino a la Unión (14Q 818 200 m E, 1839 900 m N) y al oriente por el camino a Santa Ana Tavela y el arroyo Huitihuini (15Q 186 000 m E, 1839 900 m N), con una superficie aproximada de 66 Km², con una altitud de 600 a 650 msnmm.

La otra geoforma, esta constituida por serranías, formadas por depósitos piroclásticos soldados y no soldados, derrames riolíticos y andesíticos, en donde algunas estructuras forman mesetas como la mesa el Tablón al oriente de San José de Gracia, otra al occidente de El Gramal, y la meseta donde se localiza la torre de microondas en la parte sur - oriental. Todas estas serranías tienen un rango altitudinal de 800 a más de 2400 m.s.n.m.

Otras geoformas corresponden con cerros aislados con una altitud mayor a 2400 m al NW de Santa María Zoquitlán, así como un domo volcánico con una altitud de 2000 m al occidente del Camarón.

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**



SIMBOLOGIA
 XII PROVINCIA FISIOGRAFICA
 — LIMITE DE PROVINCIA
 — LIMITE DE SUBPROVINCIA
 O LOCALIDAD

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

- (X) EJE NEOVOLCANICO
- (XII) SIERRA MADRE DEL SUR
 - Subprovincia Sierras y Valles de Oaxaca (74)
 - Subprovincia Sierras Orientales (70)
- (XIII) LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR
- (XV) COORDILLERA CENTROAMERICANA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. F.I.	
GABRIEL SERGIO ABREGO ALVARADO	Tesis Profesional
	Julio, 2002 Esc. 1:4,000,000
	PROVINCIAS Y SUBPROVINCIAS FISIOGRAFICAS. Tomado de: Quiñones, 1984 (INEGI)
	acot. Km Fig. 3

CLIMA

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García (García, 1989) en la región predomina un clima cálido con una temperatura media anual de 22° a 26°C, semiárido BS1h'(h)w a Árido BS0(h')w y BS0(h')h, situada en la región climática de **Balsas - Valles de Oaxaca** en la que se encuentra aislada de vientos húmedos, alisios y monzón descendentes, con lluvia de verano, y dos máximos de temperatura. El número de horas de insolación anual es de 2400 a 2600 (Engracia, 1989). En enero es el mes de mínima insolación con 220 a 240 horas y en mayo se presenta la máxima insolación con un número de horas de 220 a 260.

Los meses de mayor precipitación son de junio - agosto con una moda de precipitación anual de 400 - 800 mm. Presenta una evaporación anual de 1800 a 2000 mm. De acuerdo al índice pluvial de Thornthwaite su carácter de humedad es de -20 a 0 % lo que indica que es semiseco. Para el índice de aridez P/E (Precipitación anual en mm / Evaporación anual en mm. Designaciones según Davidson) es de 0.25 a 0.50 por lo que el clima es semiárido. El índice de aridez de Lang P/T Precipitación anual en mm. / Temperatura anual en °C. Límites y designaciones (según E. García, 1989) es de 30 a 43.2 lo que indica que se trata del clima subhúmedo de menor humedad.

En el mes de julio ocurre la canícula. La intensidad promedio de la sequía relativa es de 20 a 30 %. Los regímenes pluviométricos del área que expresa el carácter de humedad de verano, con bajo porcentaje de precipitación invernal ($p < 5.0\%$).

FLORA

La flora de la región de acuerdo con Caballero (1992) y a Rzedowski (1992) es típica de lugares semiáridos en donde la aridez es una fuerte limitante del crecimiento de la vegetación, la cual para subsistir presenta adaptaciones fisiológicas. El riego es indispensable para la agricultura. La competencia por la humedad hace que la vegetación se encuentre espaciada y que el suelo, la milpa, frijol, el trigo y aguacatal estén al descubierto y, por lo tanto, es susceptible de erosionarse. Los suelos tienden a la acumulación de bases (principalmente Ca, Mg, Na, K), generalmente son bajos en materia orgánica y sus coloraciones son claras. Además puede presentarse salinidad, sodicidad, o ambos, en lugares mal drenados. Esta característica también se presenta en otros regímenes de humedad, sólo que con menor frecuencia. Por lo tanto la flora del lugar consiste en matorrales y pequeños arbustos formados principalmente por encinos, pitayo, copal, tepehuaje, árbol de mulato y maguey, estos últimos aprovechados en la elaboración de mezcal.

En las pequeñas terrazas aluviales que forman los ríos Las Margaritas, y Totolapan, se observan distintos cultivos: Platanales, papayo, mangal, maíz, frijol, limón y aguacate.

Las principales plantas de uso medicinal son la jarilla, Santa María, gordolobo, árnica, manzanilla, cempasúchil, epazote, epazote de zorrillo, pingüica, sábila, guayaba, toloache, hierba mora, flor de manita, tapacola.

FAUNA

La fauna de la región según Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1992) está representado por pocos ejemplares de ganado equino, mular, asnal, porcino y vacuno, en las serranías existen escasos ejemplares de venado, leoncillo, zorra gris, conejo, liebres, ardillas, iguanas, tlacuaches, musarañas, murciélagos, saraguato, mono araña, armadillo, tuzas, ratas y ratones de campo, rata canguro, tepescuintle, coyote, cacomixtle, coatí, martucha, grison, tlalcoyote, puma, lince, jaguar, jabalí, víboras y aves.

SUELO

De acuerdo con López-García (1991), las unidades de suelo del sistema FAO/UNESCO predominantes en el área son las de **Litosol** (suelo limitado por un estrato duro, continuo y coherente, de poco espesor), el **Regosol** (suelo sin horizontes de diagnóstico. En ocasiones desarrolla un horizonte ócrico incipiente), **Luvisol** (suelo con horizonte B argílico que presenta una saturación de cationes mayor del 50%).

Las propiedades físicas (característica del terreno que impiden o limitan el uso agrícola del suelo) del terreno es la lítica que constituye un lecho rocoso y continuo que limita el crecimiento de las plantas.

Permeabilidad media a alta que se encuentra en materiales rocosos densos, únicamente en fracturas, fallas, discordancias, contactos litológicos entre coladas de lava, y planos de foliación.

En el área de estudio se reconocieron siete unidades estratigráficas, que representan un lapso comprendido entre el Cretácico y el Reciente. De las unidades estratigráficas dos son de carácter marino y cinco continentales, entre estas destacan las de unidades de rocas volcánicas. En la Figura 4 se presenta una columna estratigráfica esquemática de la región de Totolapan y en la Figura 5 se muestra la correlación que se puede establecer con otras áreas cercanas con registros estratigráficos cenozoicos importantes. Las muestras con estudio petrográfico y su ubicación, pueden consultarse en la tabla anexa y el mapa geológico.

CRETÁCICO

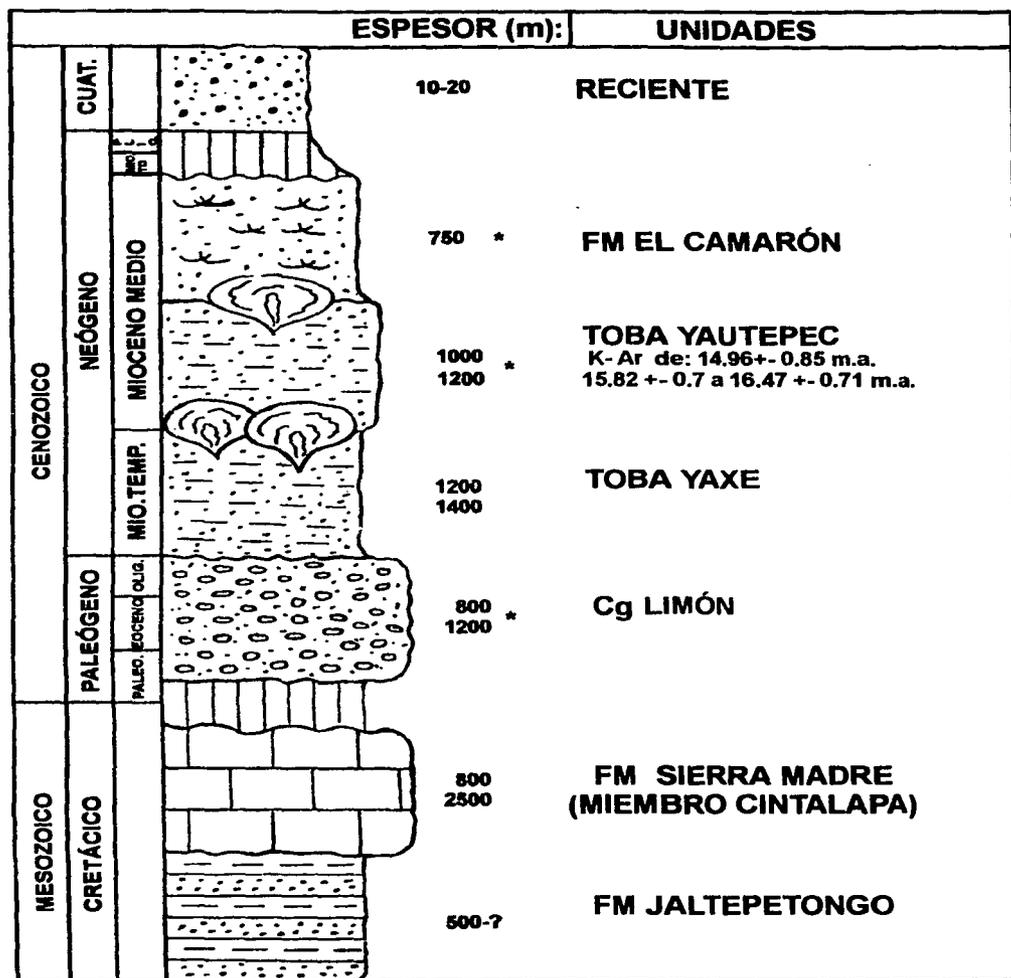
FORMACIÓN JALTEPETONGO

DEFINICIÓN: El nombre de **Formación Jaltepetongo** fue propuesto por González-Alvarado (1970) "a una secuencia de lutitas apizarradas, areniscas calcáreas, calizas y margas. Se localizaron en la barranca de San Juanito en el km 86 de la carretera panamericana 190 a manera de pequeños lunares, se hallan afectadas por metamorfismo de bajo grado el cual disminuye de sur a norte".

DISTRIBUCIÓN: Esta unidad fue observada en el camino de terracería que va de Santa María Zoquitlán – Yegole, a un lado del Río San Pedro Quiachapa (14Q 783 877 m E, 1831 901 m N). Así como, en Unión de Juárez San Pedro en el Km 1 + 100, poco antes de llegar al pueblo (15Q 180 881 m E, 1852 270 m N) y en el Km 1 + 900, en el corte de carretera. También sobre la carretera Federal 190, en el tramo que va de Totolapan – El Camarón, cerca de san Juan Guegoyachi en el Km 87 + 140.

LITOLOGÍA Y ESPESOR: Consiste en una secuencia de lutitas de color gris claro a negro oscuro al fresco con una textura afanítica y presenta un fracturamiento en forma de lajas (fisilidad), que son suaves al tacto y que tiene una estratificación tabular con espesores variables de 2 a 6 cm (muestra ZQ-03). Intercalada con arenisca calcárea de color pardo rojizo al intemperismo y verde oscuro al fresco del tamaño de la arena media (1/4 mm), conteniendo minerales de cuarzo y feldspatos subredondeados a redondeados. Tiene una estratificación gradada y tabular con espesores que van de 6.2 a 10 cm en promedio, pero algunos estratos pueden llegar hasta los 47 cm (muestra ZQ-03-A). Presenta marcas de base y se encuentra muy alterada.

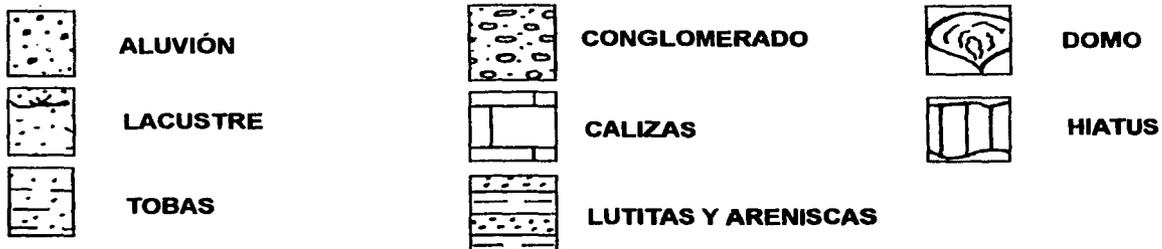
El espesor de la unidad no fue medido. Los contactos inferior y superior no se observan, pero en Santa María Zoquitlán – Yegole (14Q 783 877 m E, 1831 901 m N) se estima un espesor de 500 metros en el Cerro Pueblo Viejo.



* Ferrusquía - Villafranca, I. (1990).

FIG. 4. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA REGIÓN DE TOTOLAPAN, OAXACA.

SIMBOLOGÍA:



ÁREA		OAXACA				CHIAPAS								
		MIXTECA ALTA (FERRUSQUÍA - VILLAGRANCA, 1976)	ETLA (URRUTIA Y FERRUSQUÍA, 2001)	TOTOLAPAN (ÁREA DE TESIS)	IXTAPA - SOYALÓ (FERRUSQUÍA - VILLAGRANCA, 1996)									
EDADES														
MESOZOICO	CENOZOICO	NEÓGENO	PLIO.	TD										
				MD										
				TP										
			MIOCENO	TD										
					Fm Chilapa							Fm Ixtapa		
				MD	^{Tsav y Tsam} TOBA CERRO VERDE	Fm Suchilquitongo	Ign. Etla		Fm El Camarón			Fm Coyolar		
		PALEÓGENO	OLIGOCENO	EOCENO	TP	TOBA LLANO DE LOBOS						Fm Río Hondo		
					TD								Fm Modelo	
					MD									
		CRETÁCICO	TARDIO	MIOCENO	TD									
					MD									
					TP									
	TD													
	MD													
	TP													
	CRETÁCICO	MEDIO	EOCENO	TD										
				MD										
				TP										
				TD										
				MD										
				TP										
	CRETÁCICO	TEMP.	EOCENO	TD										
				MD										
				TP										
TD														
MD														
TP														
MESOZOICO	CRETÁCICO	TARDIO	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	MEDIO	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											
MESOZOICO	CRETÁCICO	TEMP.	TD											
			MD											
			TP											
			TD											
			MD											
			TP											

RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS: subyace a la unidad de Calizas del Cretácico medio (Albiano-Cenomaniano), así como, a las diferentes unidades volcánicas y sedimentarias del área. Entre las expuestas es la unidad más antigua.

EDAD Y CORRELACIÓN: En el área, no se han encontrado fósiles que puedan fechar a la Formación, por lo que, se le asigna tentativamente una edad de **Cretácico inferior** con base en su posición estratigráfica. López-Ramos(1981-1983) menciona una unidad similar con la cual se puede correlacionar, pero la ubica en el Cretácico superior; se trata de la **Formación Alaska** (informal) del Cretácico superior propuesto por González-Alvarado, (1967) que "identifica una alternancia de lutitas, areniscas y calizas ligeramente metamorfizadas en una localidad del Istmo de Tehuantepec, situada a 14 Km al noroeste del puente Río Tolosa de la carretera transístmica y que afloran sobre el camino de San Gabriel al rancho Alaska". Como tampoco se han encontrado fósiles índice para situarla formalmente, López-Ramos (1981-1983) la correlaciona con la **Formación Méndez**, porque coincide con un horizonte debidamente controlado de la mencionada Formación en el área del Río Chalchijapa.

AMBIENTE DE DEPÓSITO: La unidad fue acumulada por flujos turbidíticos, es decir, que a medida que fueron perdiendo velocidad las corrientes marinas los sedimentos en suspensión comenzaron a depositarse. Primero se depositó la arena más gruesa, seguida por depósitos de limo más fino hasta la arcilla. Por lo que se infiere, se depositaron en un ambiente marino en una cuenca que se localizaba en el talud continental. El color negro de las lutitas indica que existieron condiciones reductoras y el oxígeno fue escaso.

FORMACION SIERRA MADRE

MIEMBRO CINTALAPA

DEFINICIÓN: El miembro Cintalapa de la **Formación Sierra Madre** fue propuesta por Sánchez – Montes de Oca, R. (1969) en su trabajo el autor incluye un miembro más a la Formación Sierra Madre, se trata de una secuencia de wackestone con gradaciones a packstone y fragmentos biógenos (micrita o pelmicrita) de color gris oscuro afectadas por recristalización y algunas fracturas milimétricas rellenas de calcita, el miembro presenta también limolitas arcillosas alteradas.

DISTRIBUCIÓN: Este miembro calcáreo de la Formación Sierra Madre se observa en cinco puntos aislados, formando lomeríos o sierras de pequeñas dimensiones en contacto con las tobas de la Formación Yautepec. En Zoquitlán (14Q 783 106 m E 1832 056 m N y 14Q 783 431 m E 1831 961 m N) se encuentra al lado derecho del Río Quiechapa; En Unión de Juárez (15Q 181 014 m E 1851 682 m

N) se observa sobre la carretera de terracería de acceso al pueblo. En la carretera 190 El Coyul – Salina cruz, Oaxaca, en el Km 163.36 al este se encuentra una sierra alta formada por dicha unidad. En San Francisco Guichina caminando al SW sobre el arroyo La Virgen es posible observarla a ambos lados, y sobre la carretera federal 190 en el kilómetro 111.8 se presenta a manera de pequeños afloramientos principalmente en el área de San José de Gracia y en la porción noroeste de la barranca San Juanito; En la zona de las Margaritas se encontró un afloramiento pequeño sobre el arroyo la Guacamaya.

LITOLOGÍA Y ESPESOR: Consiste de un wackestone color gris oscuro a negro al fresco, amarillo pardo a pardo rojizo a la intemperie, muy fracturada, con fracturas rellenas de calcita y microcristales de cuarzo y feldespatos (muestras ZQ-05 y #23); presenta una estratificación tabular que se encuentra deformada y muy plegada, se observa recristalizada (muestra #24) y con deformación por flujo, las superficies de estratificación presentan estrías; los estratos tienen espesores variables de 16 a 44 cm., ligeramente metamorfizada y en algunas partes se encontraron lentes delgados de pedernal negro y boudines de pedernal rotados y alineados dentro de la secuencia (muestra ZQ-03-B).

Se estima un espesor de 600 a 800 metros que corresponden a una pequeña porción de los 2,500 m reportados para el espesor de esta caliza (Ferrusquía-Villafranca, 1996).

RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS: Sobreyace en forma discordante a la Formación Jaltepetongo y subyace a la Toba Yautepec, que se observa solo cerca del poblado Las Minas; por lo general, la unidad conforma pilares de tal forma que presenta contactos estructurales, siendo afectados por fallas normales, provocando que la caliza este en el bloque de piso y el miembro informal inferior (Lajarcia) de la Toba Yautepec en el bloque de techo.

EDAD Y CORRELACIÓN: A la formación no se le han identificado fósiles índices que puedan determinar su edad con exactitud. Ferrusquía-Villafranca (1996) menciona que "existen diferencias de opinión acerca del alcance cronoestratigráfico de las Calizas estudiadas cerca del área. Gutiérrez – Gil, 1956, las asigna al Cretácico temprano y medio; Chubb, 1959, al Cretácico medio; Castro-Mora et al., 1975, Albiano-Cenomaniano; Sánchez Montes de Oca, 1969, 1973, 1978 y 1979, las asigna al Cretácico medio y superior". En el presente estudio, se consideró a esta unidad de calizas como del **Cretácico medio (Albiano-Cenomaniano)** que es correlacionable con la Caliza Teposcolula de la región mixteca de Oaxaca (Ferrusquía – Villafranca, 1976) y con la Formación Morelos de los estados de Morelos y Guerrero (Fries, 1960).

AMBIENTE DE DEPÓSITO: Las características físicas observadas en esta unidad nos indican un ambiente marino de aguas profundas en donde se precipitó el pedernal en las partes tranquilas de una cuenca y la sedimentación calcárea formó estratos oscuros delgados de 16 – 44 cm.

CENOZOICO

CONGLOMERADO LIMÓN

DEFINICIÓN: Ferrusquía – Villafranca (1990) designa con el nombre de Conglomerado Limón a la unidad constituida por un conglomerado filarenítico – calcitítico de color rojo grisáceo a rojo pálido que intemperiza a un rojo pálido y manchas de diversos colores; el tamaño de los clastos es el de cantos y gravas; los clastos de origen metamórfico son un poco más abundantes que los clastos de caliza.

DISTRIBUCIÓN: Aflora en la cuesta noroccidental de la sierra del Portillo de Nejapa; el nombre procede del arroyo Limón, afluente del Río Quiechapa, que pasa por Nejapa de Madero; Ferrusquía – Villafranca (1990) designa como área tipo al conjunto de afloramientos expuestos en el cauce del arroyo Limón, y como localidad tipo al afloramiento ubicado a unos 3 Km al S 55° E de Nejapa de Madero, Oaxaca. Es posible acceder a esta unidad por el camino de terracería que va de Nejapa de Madero– Santa Ana Tavela al sureste aproximadamente sobre los km 8 ó 9.

LITOLOGÍA Y ESPESOR: De acuerdo a Ferrusquía-Villafranca (1990), la roca dominante de esta unidad es un conglomerado de filarenita y calcitítica, formado por clastos de diversos tamaños, dominando los cantos y las gravas; los clastos de caliza micrítica presentan corrosión y marcas de disolución, y los de metamorfitas compuestos por rocas resistentes como son los esquistos y filitas de sericita, de clorita y roca verde. La unidad en general tiende a una esfericidad de media a baja. Presenta una estratificación lenticular con espesores de 2 a 8 m.

RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS: El contacto inferior del Conglomerado Limón no aflora y el superior es discordante con la suprayacente Toba Yautepec.

EDAD Y CORRELACIÓN: No se han encontrado fósiles en esta unidad que nos indique su edad. Por lo que, con base en su posición estratigráfica abajo de la Toba Yautepec, se puede decir que el Conglomerado Limón es Premiocénico Medio. El hecho de que en los clastos incluya calizas Cretácicas, sugiere que el conglomerado es Post – Cretácico; por lo que tentativamente se le considera a esta unidad como del **Paleógeno**. Ferrusquía-Villafranca (1990) menciona que no se han descrito unidades litoestratigráficas paleogénicas, por lo que considera inútil especular respecto a la correlación.

AMBIENTE DE DEPÓSITO: Esta unidad conglomerática se depositó en un ambiente continental fluvial, ya que presenta un redondeamiento en los clastos por el transporte que ha sufrido a través de su recorrido y a que el área de origen no estaba muy alejada. La unidad se depositó como abanicos aluviales o acumulaciones de pie de monte.

TOBA YAXE

DEFINICIÓN: Se designa en este trabajo informalmente como Toba Yaxe a la unidad expuesta cerca de San Nicolás Yaxe aproximadamente a 8 km al SE, en donde se presenta un domo volcánico de composición silícica. La unidad consiste de una toba vítreo – lítica de color a la intemperie verde olivo claro a gris claro a rosa, estratificada tabularmente; así como, una toba de composición andesítica de color gris oscuro, de textura afanítica a porfídica muy fracturada, presentando rasgos de fluidez. También de derrames andesíticos de color verde olivo claro a verde oscuro al fresco y gris morado a pardo oscuro a la intemperie. Su edad se desconoce.

DISTRIBUCIÓN: Esta unidad aflora principalmente sobre el camino de terracería que va de Totolapan – Santa María Zoquitlán en el poniente del área. También se encuentra un domo volcánico (14Q 777 750 m E, 1843 600 m N). Solo es posible acceder a la Toba Yaxe por brechas o por arroyos o a través de la sierra.

LITOLOGÍA Y ESPESOR: Consiste de una toba vítreo-lítica de color gris claro a rosa, en donde los líticos son de dacitas, riolitas y pómez, predominando el tamaño de 1 mm pero algunos alcanzan los 10 mm. Contiene fenocristales de cuarzo, anfíboles y plagioclasas en una matriz del tamaño de arena fina (1/8 MM) con una textura al tacto sedosa (silicificada). La toba se encuentra estratificada tabularmente con un espesor aproximado de 5 m, en algunos puntos se observa intercalada con pedernal color negro (muestra #02-3), con un espesor de aproximadamente 1.5 m, y material calcáreo color pardo oscuro con una textura pisolítica.

Se presenta una Ignimbrita de composición andesítica de color gris oscuro muy alterada de textura porfídica, presentando rasgos de fluidez (muestras TO-07 y #01-A). Contiene abundantes plagioclasas (oligoclasa – andesina) prismáticos y anfíboles aciculares de color pardo oscuro, alterados. Los anfíboles se encuentran orientados.

Se tiene un derrame andesítico de color verde oscuro al fresco a pardo oscuro a rojizo a la intemperie, con fracturas rellenas de calcita y presentando una textura porfídica (muestra ZQ-02-C). Con fenocristales claros y rectangulares de plagioclasa y cristales pardo oscuro y alargados de anfíboles contenidos en una matriz microlítica. Muy alterada y fracturada.

Con base en el mapa topográfico y la construcción de las secciones estructurales se estima que el espesor de la Toba Yaxe es del orden de los 1,200 a los 1,400 m.

RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS: Sobreyace discordantemente al miembro Cintalapa de la Formación Sierra Madre y subyace de forma discordante a la Toba Yautepec del Mioceno medio.

EDAD Y CORRELACIÓN: No se han hecho estudios a detalle sobre esta unidad, por lo que no existen fechamientos isotópicos ni se ha encontrado macrofauna que la pueda situar en una edad determinada. Por lo que, su edad se determina con base en su posición estratigráfica y tentativamente se le asigna una edad del **Mioceno temprano** por ser anterior a la Toba Yautepec y a que también sobreyace discordantemente al miembro Cintalapa del Cretácico medio.

AMBIENTE DE DEPÓSITO: Esta unidad se desarrollo en un ambiente continental en donde ocurrieron eventos volcánicos piroclásticos, y derrames andesíticos. La parte basal de la unidad se depositó en un ambiente lacustre formando espesores considerables de pedernal negro.

TOBA YAUTEPEC

DEFINICIÓN: Ferrusquía - Villafranca (1990) designa con el nombre de Toba Yautepec a la unidad piroclástica que aflora en el área del municipio de San Carlos Yautepec, Oax., y está constituida por tobas félsicas de flujo y aeroemplazadas vítreo-cristalinas a vítreo-líticas lapillicas pumíticas, soldadas y no soldadas. Cuyo color varía desde gris amarillento, gris verdoso claro, amarillo verdoso a rojo grisáceo. Su área tipo se encuentra en el km 145 de la carretera 190 y el camino de terracería en dirección a la torre de microondas (15Q 182 994 m E, 1827 884 m N).

También Ferrusquía – Villafranca (1990), define una unidad litoestratigráfica informal llamada "Unidad Tobácea Lajarcia" que aflora en las inmediaciones del poblado San Juan Lajarcia (15Q 196 393 m E, 1818 125 m N) y la que describe como "una toba riolítica de color gris pardusco claro a gris oliváceo claro que interperiza a gris verdoso claro o anaranjado rojizo. Texturalmente varía de vítrica a cristalovítrica, en algunas partes se aprecia metamorfismo incipiente y de la cual no se conoce su edad". Pero para el presente trabajo se describe como el miembro informal inferior de la Toba Yautepec, por no haberse encontrado evidencias estructurales y litológicas claras que indiquen que se trata de otra unidad estratigráfica diferente.

DISTRIBUCIÓN: Su distribución es muy amplia en el sector oriental del área en donde conforma las principales prominencias orográficas.

LITOLOGIA Y ESPESOR: La Toba Yautepec se divide en dos miembros informales, por sus diferentes características litológicas que presentan y por su posición estratigráfica.

MIEMBRO INFORMAL INFERIOR: Se trata de una toba lítica (muestras AE01 a 09) a vítreo-lítica (muestra CA-04) de color pardo rojiza al intemperismo y verde claro al fresco, en donde predominan los líticos de 1 a 5 mm, con líticos verdes de composición andesítica. Esta unidad se encuentra estratificada tabularmente, presentando espesores de aproximadamente 1.5 mts. La toba presenta en ocasiones cementante calcáreo (muestra JG-04).

MIEMBRO INFORMAL SUPERIOR: La parte basal de esta unidad presenta una toba de vítreo-cristalina a vítreo-líticas (muestras CA-07a11) de composición riolítica y andesítica de color café claro a rosa amarillento, rojo ladrillo, café rojizo, blanco a pardo claro al fresco y tonos rosas, amarillos, negros y gris oscuro al intemperismo, con abundante pómez (muestras SAY-1 a 3), y tiene una textura piroclástica conteniendo fragmentos individuales y angulosos con tamaños que van desde 1 mm hasta 30 cm. Muchos de los líticos de pómez han desaparecido por lixiviación y sus huecos se encuentran rellenos por zeolitas. Tiene líticos de riolita, dacita, y andesita de subangulosos a subredondeados de pocos mm hasta 15 cm que se encuentran flotando en una matriz del tamaño de la arena media (de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ mm). Conforme nos acercamos al domo volcánico el tamaño de los líticos aumenta de tamaño. Contiene minerales de cuarzo de forma aproximadamente esférica a irregular, vítreos de translúcidos a rosas y se encuentra relleno de cavidades. Así como, feldespatos de color blanco a gris y anfíboles alargados de color negro a pardo oscuro. Esta unidad se encuentra estratificada tabularmente con espesores que miden de 15 a 50 cm (Figuras 6 y 7). En algunas áreas se observan estratos de pedernal negro que miden de 1.5 a 3 m.

En la parte superior se tiene una toba cristalina o ignimbrita riolítica (muestras 29-A, 29-B) de color rojo ladrillo a pardo oscuro al intemperismo, esta compuesta por cuarzo translúcido a blanco lechoso, de subanguloso a subredondeado de aproximadamente 2 mm, feldespatos rectangulares de color blanco a gris claro que miden desde 2 hasta 4 mm, biotita alargada de color verde oscuro a negro y pómez de color blanco, alargada por colapso (litofisas) de 2 cm, anfíboles alargados de color negro que miden en promedio 2 mm, así como, líticos de obsidiana (muestra AT-02) que miden de 1.8 hasta 6 cm, presentándose orientadas, los cuales se encuentran rodeados por una matriz criptocristalina con textura fluidal.

El espesor considerado por Ferrusquía - Villafranca (1990) es entre 1,000 y 1,200 m.

RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS: Sobreyace discordantemente a la Toba Yaxe y al Conglomerado Limón y subyace también discordante a la Formación El Camarón.

EDAD Y CORRELACION: Ferrusquía - Villafranca (1990) reporta para la Toba Yautepec "edades isotópicas de K - Ar de 15.82 ± 0.7 y de 16.47 ± 0.71 m.a. Consistió en la toma de muestras unos 200 metros arriba del nivel donde se tomó la primera muestra, para el mismo propósito, obteniéndose una edad de 14.96 ± 0.85 m.a., lo que indica que las partes muestreadas de la Toba Yautepec se generaron en el **Mioceno medio**". Esta unidad es correlativa a la Toba Mitla del área Tlacolula - Mitla Matatlán, a la Formación Suchilquitongo (Urrutia-Fucugauchi y Ferrusquía-Villafranca, 2001) del área homónima, a la Formación Trujano del área Tecomavaca - Cuicatlán, y a la Toba Perros del área Laollaga - Lachivizá.



Figura 6. Cerca de la Mancornada se observa la Toba Yautepec presentando una estratificación tabular. Observe que el espesor disminuye hacia la parte superior. En la parte inferior se observa una discordancia erosional.



Figura 7. Afloramiento de la Toba Yautepec. En la base se observa una brecha con bloques angulosos de toba riolítica en una matriz tobácea. En la cima se presenta una toba soldada.

AMBIENTE DE DEPÓSITO: La Toba Yautepec se acumuló en un ambiente continental en donde predominaron eventos volcánicos piroclásticos ricos en material magmático juvenil vesiculado (pumitas), emplazados en caliente y que provocaron la formación de tobas soldadas y no soldadas. El soldamiento nos indica que la temperatura de algunos flujos piroclásticos fue considerable y existieron corrientes de gran densidad que estuvieron parcialmente fluiditizadas.

En el caso de las tobas líticas no hubo un soldamiento debido a que la cantidad de líticos fue mayor al 10 % lo que es suficiente para inhibir la soldadura (Arche, 1989).

FORMACIÓN EL CAMARÓN

DEFINICIÓN: Ferrusquía – Villafranca (1990) designa así, a la unidad constituida por vulcanoclastos cristalinos y vítreos en su mayoría, de tamaño de la arena fina (1/4 mm), del mismo diámetro y angulosos. Constituida en su mayoría por cuarzo translúcido piramidal, feldespatos alcalinos y biotita. Ferrusquía – Villafranca (1990) propone el término "tobarenita para designar a esta clase de rocas sedimentarias de (evidente) origen volcánico piroclástico, y particularmente dado su composición mineralógica y textura, se trata de una tobarenita cuarzo – feldespática, arenosa". El nombre se le da por el poblado de mayor importancia en el área de afloramiento.

DISTRIBUCIÓN: Esta unidad aflora en el valle de Nejapa, entre esta población, el Gramal - Animas y El Camarón, formando un rectángulo limitado por el Río Quiechapa al oriente del poblado las Animas, al sur por el camino a la Unión y al oriente por el camino a Santa Ana Tavela y el arroyo Huitihuini. El acceso se realiza por la carretera panamericana 190 entre los km 126 al 133 al este. Así como un camino de terracería que parte del Gramal - Nejapa hasta el km 9.

LITOLOGÍA Y ESPESOR: Consiste en una secuencia lacustre, influida por vulcanismo, que incluye lodolitas y areniscas piroclásticas (muestra CA-10), tobas, y algunos horizontes calcáreos y de pedernal. Se tiene una toba cristalina color blanco al fresco y de gris claro a verde olivo al intemperismo (muestra 21-A). Con micas (biotitas), cuarzo y feldespatos alcalinos. El tamaño de los cristales son menores de 1 mm, presenta cristales fragmentados, del tamaño de arena media (1/4 mm). La roca se observa fracturada, estratificada tabularmente con ondulaciones de lodolita (Figuras 8 y 9) y marcas de carga. Presenta pequeños lentes de toba. Los estratos tienen un espesor variable de 2 - 5 cm, que forman un paquete estratificado de 40 cm a 43 cm. Se observa una estratificación laminar dentro de los estratos. Los estratos laminados muestran gradación normal. En algunos estratos se observan marcas de flujo. Los estratos más gruesos presentan pómez principalmente de color amarillo con tonos rosas, su tamaño máximo es de 1 cm. Muchas de las pómez han sido lixiviadas y su espacio se encuentra relleno, en algunos casos por zeolitas. En un estrato presenta nódulos de pedernal de 1 - 2 cm y nódulos de caliche incrustado. En el km 126.5 se observan horizontes de packstone a grainstone con un espesor aproximado de 15 cm y con una estratificación ondulada variable. La roca se observa fracturada y algunas fracturas rellenas de yeso. Solo en algunas partes presenta cementante calcáreo (muestra 21-C). Esta unidad presenta estratos de conglomerados, en donde sus clastos son de toba vítreo-lítica de composición riolítica provenientes de la unidad subyacente, de color gris amarillento

El espesor estimado por Ferrusquía - Villafranca (1990) es de por lo menos 750 m.

RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS: Sobreyace discordantemente a la Toba Yautepec y está sobreyacida de un modo semejante por los depósitos cuaternarios.

EDAD Y CORRELACIÓN: Ferrusquía-Villafranca (1990) describe los vertebrados fósiles terciarios encontrados en tres localidades: El Gramal, El Camarón y La Mancornada.

Fauna El Gramal.- Está constituida por los mamíferos: El proboscídeo *Gomphotherium sp.*, dos especies de perisodáctilos équidos, una la aff. *Cormohipparion sp.*, y la otra el *Merychippus sp.*, y los artiodactylos tylópodos cf. *Paratoceras sp.*, y un *Camélidae sp.* Estos taxa constituyen faunas del **Mioceno Medio**.

Fauna El Camarón.- Constituida por los siguientes mamíferos: el carnívoro mustélido *plionictis oaxacaensis sp. Nov.*, el proboscídeo *Gomphotherium sp.*, el perisodáctilo équido *Merychippus sp.*, y un artiodáctilo referible a la familia *antilocápridae*. Corresponden al **Mioceno medio**.

Fauna La Mancornada.- Los mamíferos que la constituyen son el proboscídeo *Gomphotherium sp.*, dos especies de perisodáctilos équidos como son *Cormohipparion sp.* y el *Merychippus sp.*; un camélido de talla mediana (como *Protolabis*, *Oxydactylus* o *Michenia*) y un carnívoro *ursidae sp.*, de talla pequeña. Todos del **Mioceno medio**.

De acuerdo a Ferrusquía – Villafranca (1990), la correlación con las faunas el Gramal, El Camarón y la Mancornada es clara con las faunas locales miocénicas medias de Oaxaca, que son la Matatlán, la Suchilquitongo y Cuicatlán. También esta unidad es correlacionable a la Formación Matatlán (en la parte central del estado), a la Formación Suchilquitongo (al oriente del estado), y a la Toba Tomellín (parte septentrional del estado).

AMBIENTE DE DEPÓSITO: La Formación El Camarón se depositó en un ambiente continental en donde existieron eventos volcánicos piroclásticos cuarzo – feldespáticos y posteriormente se generaron esfuerzos distensivos los que provocaron la formación de un graben que es donde se encuentra la toba actualmente. La Formación El Camarón se depositó en un medio acuoso probablemente lacustre o una planicie de inundación.

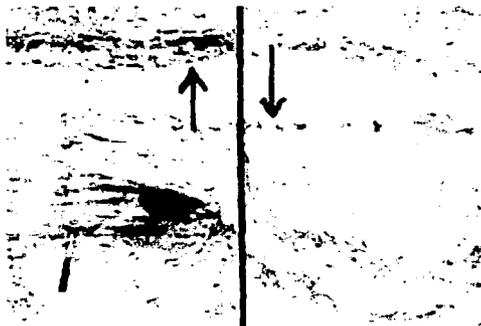


Figura 8. En el corte de la carretera se presenta una falla vertical en estratos de toba cristalina (38 cm) y lodolita (23 cm) de la Formación El Camarón.

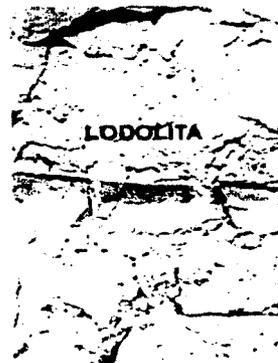


Figura 9. Formación El Camarón. Se observa como la toba se depositó en un medio acuoso, formando la lodolita que es un material fino arcilloso de color pardo.

DEPÓSITOS RECIENTES

DEFINICIÓN: Los depósitos recientes en la región estudiada ocupan áreas restringidas, se trata de acumulaciones de origen fluvial. En los valles de los ríos principales se observan cintas aluviales angostas que consisten de gravas y arenas procedentes de las rocas volcánicas silíceas y andesíticas, como se presenta a lo largo del Río Quiechapa.

En el valle de Nejapa se observan depósitos de planicie de inundación en un área de 5 Km de ancho por 8 de largo; mientras que en Soledad Salinas se presenta una terraza fluvial.

Por otra parte, en algunos sitios como en las Margaritas (14Q 801 667 m E, 1847 628 m N) se han desarrollado depósitos recientes de origen gravitatorio, los cuales no fueron cartografiados porque ocupan áreas muy pequeñas para ser representadas en el mapa geológico; estos depósitos gravitatorios consisten de grandes bloques de toba lítica subangulosos que tienen tamaños de 2 hasta 8 – 10 m contenidos en una matriz tobácea de color gris oscuro.

DISTRIBUCIÓN: Los depósitos recientes se encuentran principalmente a lo largo de Río Quiechapa y del Valle de Nejapa donde se ha acumulado el aluvión. Así como depósitos de conglomerados en el km 113, un conglomerado volcánico en el km 142 y un depósito de bloques en la entrada a las Margaritas.

LITOLOGÍA: En el km 113 se tiene un conglomerado gris al fresco y rojo a la intemperie, con clastos de toba lítica de composición andesítica de subredondeados a redondeados, del tamaño de las gravas.

En el km 142 (14Q 819 798 m E, 1832 362 m N) se presenta un conglomerado volcánico de color blanco a rosa claro, formado por clastos subredondeados compuestos por fragmentos de tobas vítreas y de ignimbritas riolíticas rojo – morado, presentando un tamaño que varía de 1 a 2 mm hasta 15 a 20 cm.

A lo largo del Río Quiechapa se observan llanuras de inundación compuestas principalmente de arenas y gravas mal clasificadas de roca resistente como son las rocas volcánicas silíceas y andesíticas. Así como, también se observan estos depósitos en el valle de Nejapa en donde se desarrolla una planicie de inundación mayor.

En Soledad Salinas (15Q 180 450 m E, 1844 500 m N) se observa una terraza fluvial formada por una serie de arroyos que atraviesan dicha población hacia una superficie relativamente plana, depositando principalmente arenas y gravas de la Toba Yautepec y de la Formación El Camarón.

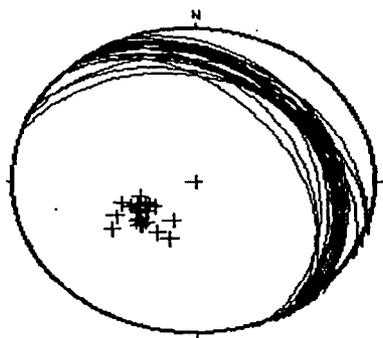
RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS: Cubren de manera discordante a las unidades expuestas y descritas anteriormente.

EDAD: Por su posición estratigráfica y porque sigue formándose esta unidad se le asigna una edad de Cuaternario.

AMBIENTE DE DEPÓSITO: Principalmente son acumulaciones de origen fluvial en los valles de los ríos y gravitatorios a los costados de laderas. Estos depósitos están continuamente acumulándose sobre las diferentes unidades antes descritas.

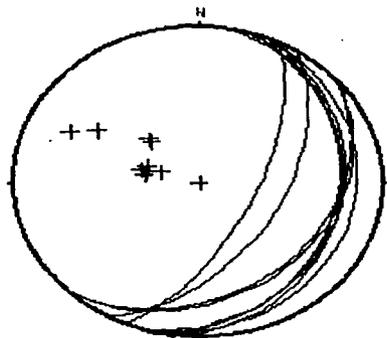
En la región estudiada se reconoció una configuración estructural caracterizada por pilares y cuencas definidas tanto en las unidades mesozoicas como en las cenozoicas. Las unidades volcánicas cenozoicas presentan inclinaciones hacia el noreste, como resultado de las dislocaciones por fallas normales con rumbo sureste - noroeste. En los pilares definidos por las unidades cretácicas se reconoce una deformación compresiva según pliegues menores que no fueron cartografiados.

La posición estructural que guardan las unidades cenozoicas por lo general presentan inclinaciones menores a los 20° , como se presenta en los diagramas estereográficos de la Figura 10 y 11 que ilustran la posición estructural de las unidades cenozoicas en el área estudiada.



n = 27

Figura 10. Posición estructural de las tobas del miembro El Tablón de la Formación Yautepec, sobre la carretera Oaxaca - Tehuantepec Diagramas estereográficos en la red de Schmidt (hemisferio inferior)



n = 10

Figura 11. Rumbo y echado de las superficies de estratificación en la Formación El Camarón cerca de Nejapa Diagrama estereográfico en la red de Schmidt (hemisferio inferior).

PILARES

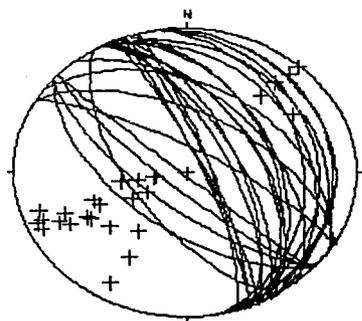
Con base en los afloramientos mesozoicos identificados, se proponen cinco estructuras tipo pilar cuyas características se obtuvieron principalmente a partir del estudio fotogeológico y del mapa topográfico. Los pilares están conformados por las rocas calcáreas del miembro Cintalapa de la Formación Sierra Madre.

Pilar Guise. El cerro Guise al SW de San Pedro Totolapan, se trata de un pilar con un rumbo noroeste - sureste, que fue identificado por medio de fotos aéreas, rodeado por fallas normales, con dimensiones de 3 X 5.5 Km y una altitud de 2100 m. Hacia el NE, el pilar presenta un escarpe de línea de falla con una altura de aproximadamente 500 m.

Pilar Unión Juárez. Este rasgo estructural se localiza al poniente del poblado Unión Juárez, presenta un rumbo noroeste – sureste que esta delimitado por fallas inferidas que pudieran ser anteriores al volcanismo. Tiene dimensiones de 4 X 2 Km y una altitud de 1,600 m. En la sección A se infiere que las fallas que lo definen tienen un salto de 500 m.

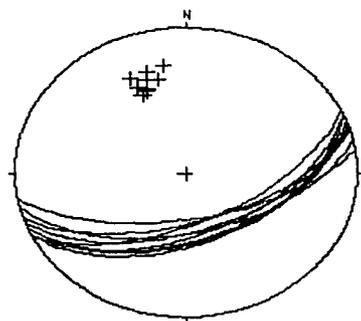
Pilar Guichina. En la porción sur del mapa se presenta el pilar Guichina que aparece cubierto parcialmente por la Toba Yautepec. El límite dentro del área tiene un rumbo este - oeste, con dimensiones de 5 X 2.5 Km y una altitud de 1,800 m.

En el Arroyo La Virgen cerca de San Francisco Guichina se observan a nivel de afloramiento pliegues apretados con charnelas subhorizontales y con rumbo general al NW en las calizas del miembro Cintalapa, como se presenta en la Figura 12. Dichos pliegues se encuentran cortados por vetillas de calcita con rumbo general ENE, como también se muestra en la Figura 13.



n = 26

Figura 12. Diagrama estereográfico en la Red de Schmidt (hemisferio inferior) que ilustran las estructuras menores que presenta el miembro Cintalapa en el Arroyo la Virgen labrado en el pilar Guichina. Observe los planos de plegadas de rumbo general al NW.



n = 9

Figura 13. Diagrama estereográfico en la Red de Schmidt (hemisferio inferior) que muestra las vetillas de calcita con rumbo general al ENE que cortan a las estructuras plegadas del miembro Cintalapa de la misma localidad que la Figura anterior.

Pilar Limón. Ferrusquía – Villafranca (1990) propone como pilar Limón al bloque alto situado al sureste de Nejapa limitado al noroeste por la falla Nejapa. Tiene un rumbo noreste – suroeste con dimensiones 3 X 5 Km y una altitud de 1,100 m. El pilar esta conformado en las secuencias Conglomerado Limón y La Toba Yautepec.

Pilar Las Minas. Este pilar se observa sobre la carretera 190 El Camarón – Tehuantepec hacia el este, conocido como las Minas. Presenta un rumbo noroeste – sureste con dimensiones de 5 X 1.7 Km y una altitud de 1,400 m. Este pilar esta

delimitado por la falla el Coyul separando a la unidad Pre-cenozoica (bloque de piso) y a la Toba Yautepec (bloque de techo).

GRABEN NEJAPA

La estructura más notable del área es el Graben Nejapa de forma burdamente romboidal que esta definido por las fallas Las Animas y Nejapa, por otra parte el graben esta delimitado por la falla Soledad Salinas y una pequeña falla al sur de El Camarón con dimensiones de 11 X 7 Km. En la sección esquemática del mapa geológico se observa un corte longitudinal del Graben Nejapa.

Estas zonas de fallas posiblemente actuaron bajo la acción de un mismo esfuerzo, que provocaron dos sistemas de fallas conjugadas que formaron el Graben Nejapa y el pilar Limón (Ferrusquía, 1990).

En el Graben Nejapa se acumularon los sedimentos de la Formación El Camarón durante el Mioceno, como se describe en el capítulo de Estratigrafía.

FALLAS

La región está afectada por numerosas fallas principalmente de tipo normal, de las cuales se describen las mayores.

Falla Agua Escondida. Localizada cerca del poblado Agua Escondida y del domo silícico Baeza en 14Q 802 000 m E; 1834 000 m N, es una falla de tipo normal, con un rumbo preferencial de S34°E y un echado de 55-65°SW, con una longitud aproximada de 12 Km y un salto estimado de 300 m. La falla Agua Escondida disloca a la Toba Yautepec con el mismo patrón estructural.

Falla Unión Juárez. Al NNE del área de Totolapan, se presenta una falla normal con rumbo preferencial de N32°E y un echado de 55-65°SE, con una longitud aproximada de 8 Km y un salto estimado de 500 m. Delimitando a un pilar posiblemente Pre-cenozoico como bloque de piso y a la Toba Yautepec como bloque de techo. Probablemente sea una extensión de una falla normal que se localiza en el poblado de las Animas (14Q 816 250 m E, 1840 010 m N) y que presenta la misma orientación, con una dimensión de 5 Km y un salto de 400 m., siendo parte del Graben Nejapa.

Falla El Tablón. Se presenta una falla normal localizada en 14Q 814 600 m E; 1845 500 m N; con una orientación preferencial al S45°E y un echado de 55-65°SW, una longitud de 15 Km, con un salto aproximado de 300 m. Esta falla yuxtapone a dos miembros de la Toba Yautepec: al miembro inferior en el bloque de piso con la Ignimbrita Yautepec en el bloque de techo. Teniendo una flexión hacia el NW.

Falla Soledad Salinas. Es una falla normal que esta ubicada al oriente de Soledad Salinas, tiene una dirección preferencial al S 52° E y un echado de 55-65°SW, con una longitud de 17 Km y un salto estimado de 380 m. Teniendo una pequeña flexión en el extremo NW. Los primeros 7 Km delimitan a la Formación El Camarón (bloque de techo) y a la Toba Yautepec (bloque de piso). Siendo

interceptados por un sistema de cuatro fallas normales que se encuentran paralelas entre si y con una orientación preferencial entre S28°E y S38°E, con una longitud de 1.7 – 3.7 Km. Los siguientes 3 Km se encuentran cubiertos por material aluvial y tobáceo, volviendo a aparecer la traza de la falla al pie del pilar Unión Juárez con la misma orientación, por lo que, se infiere su continuidad.

Falla Nejapa. Se localiza al sur del poblado de Nejapa de Madero una falla normal identificada en fotos aéreas y en el mapa topográfico, con rumbo preferencial S56°W y un echado de 55-65°NW, con una longitud aproximada de 11.5 Km, el salto estimado es de 400 m. Esta falla se encuentra delimitando a las unidades cenozoicas como son el conglomerado Limón y la Formación El Camarón, formando un fosa tectónica en el bloque de techo que se designó Graben Nejapa y en el bloque de piso del pilar Limón (Ferrusquía, 1990).

Falla Lajarcia. En la parte SE del área se localiza una falla normal con un rumbo al N20°E y un echado de 55-65°SE, con una longitud aproximada de 9.5 Km y un salto calculado en 550 m. En donde la Toba Yautepec se encuentra dislocada. Siendo el bloque de techo y el bloque de piso la misma toba. Esta falla se encuentra cubierta por depósitos de talud por lo que en algunas zonas se infirió su traza mediante criterios fotogeológicos.

Falla El Coyul. Se ubica al este del poblado El Coyul, una falla de tipo normal que se encuentra orientada al S37°E y un echado de 55-65°SW, con una longitud de 9 Km, y un salto aproximado de 500 m. Esta falla delimita al Oeste del pilar Las Minas que forma el bloque de piso y el bloque de techo esta formado por la Toba Yautepec (Figuras 14 y 15).

Falla Zoquitlán. Otro rasgo que se encontró al NW58° de Santa María Zoquitlán, es una falla lateral izquierda curvada con una longitud aproximada de 12 Km, con rumbo N40°W y con un desplazamiento normal de 150 m. Probablemente asociada a esfuerzos compresivos del que no se pudo identificar su origen, pero se sugiere que esta falla fue anterior a la formación del domo Yaxe.

La Figura 16 nos muestra las estructuras y el patrón de falla al NW y al NE en el área de Totolapan, Oaxaca.

En las Figuras 17, 18, 19 y 20 se presentan las secciones estructurales que se construyeron para ilustrar el estilo de deformación.

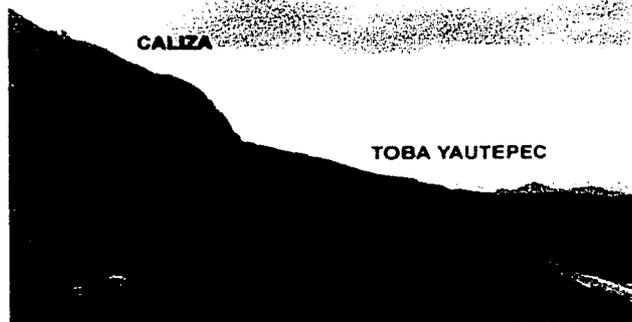


FIG. 14. Falla El Coyul. Sobre el km 160 de la carretera 190 se observa el contacto por falla normal entre la caliza del Miembro Citalapa que subyace a la Toba Yautepec.

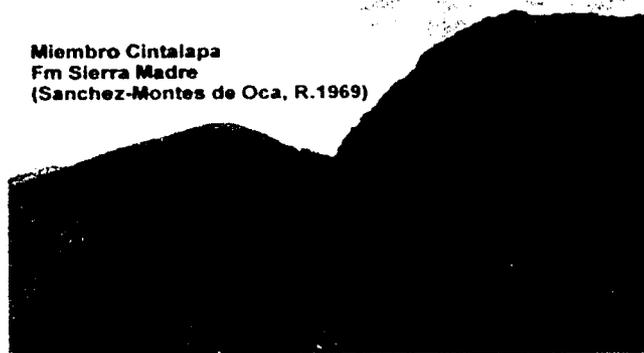


FIG. 15. Cerro Las Minas. Se muestra el trazo de la falla normal que separa a la Caliza de Miembro Citalapa y a la Toba Yautepec.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

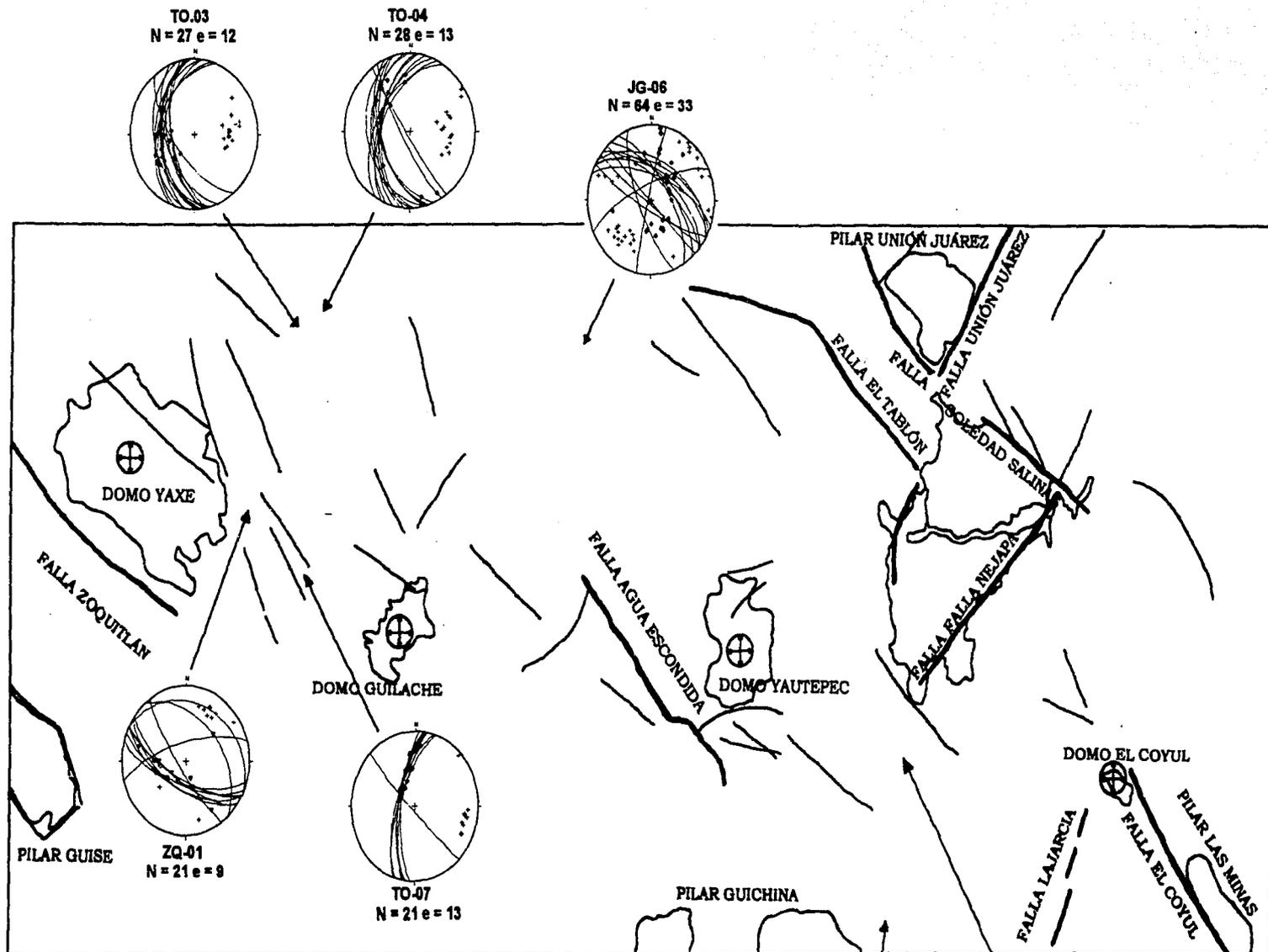
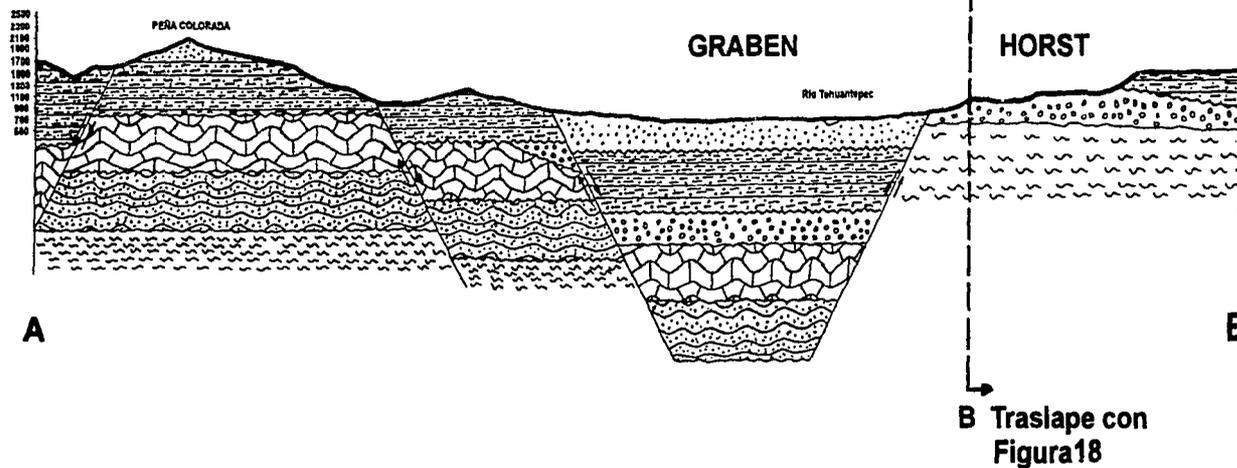


Figura 16. Esquema estructural. Observe el patrón de falla al NW y al NE.

NW25°

SE25°



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. F.I.

GABRIEL SERGIO ABREGO ALVARADO

Tesis Profesional

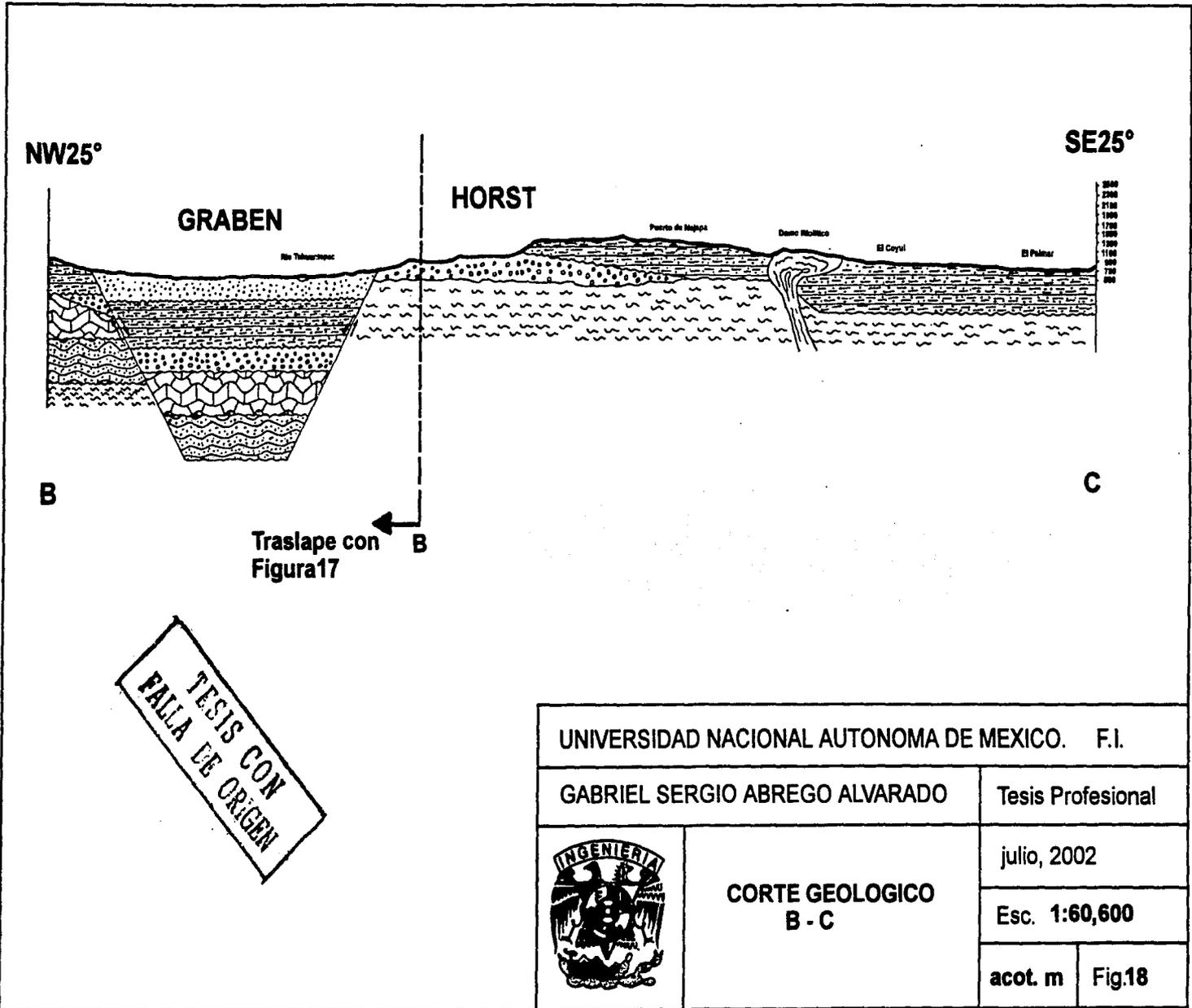


CORTE GEOLOGICO
A - B

Julio, 2002

Esc. 1:60,600

acot. m Fig.17



SW40°

C.BAEZA

NE40°

2500
2300
2100
1900
1700
1500
1300
1100
900
700
500

YERBA SANTA

Mesa el Tablón

D

E

E Traslape con
Figura 20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. F.I.

GABRIEL SERGIO ABREGO ALVARADO

Tesis Profesional



CORTE GEOLOGICO
D - E

julio, 2002

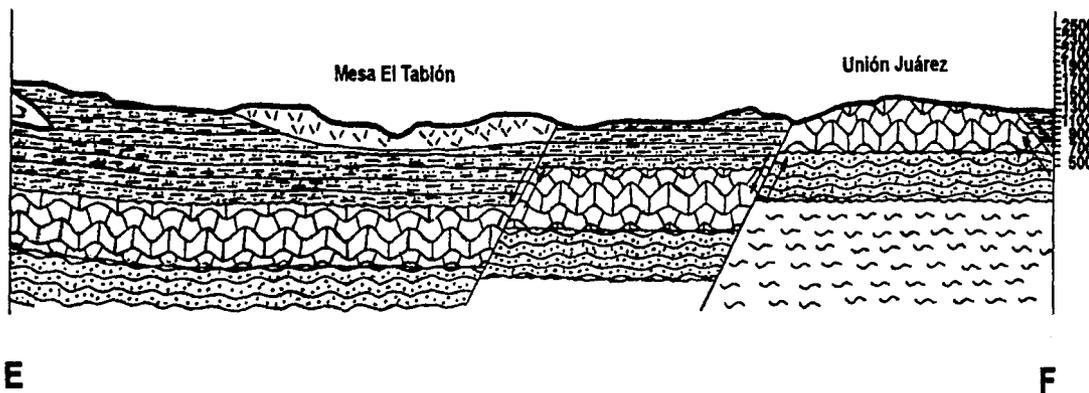
Esc. 1:60,600

acot. m.

Fig.19

SW40°

NE40°



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. F.I.

GABRIEL SERGIO ABREGO ALVARADO

Tesis Profesional



CORTE GEOLOGICO
E - F

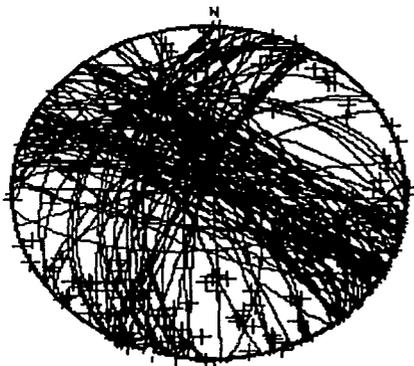
julio, 2002

Esc. 1:60,600

acot. m. Fig.20

ESTRUCTURAS MENORES

En las rocas cenozoicas, principalmente en las correspondientes a la Formación Yautepec se reconocieron estructuras menores en afloramientos, el total de datos de fallas (154) definen dos direcciones principales, como se observa en la Figura 21.



n = 154

Figura 21. Diagrama estereográfico en la Red de Schmidt que muestra el total de las fallas menores observadas en el afloramiento Yautepec.

Una dirección hacia el N40°-70°W – S40°-70°E y la otra al N0°-30°E – S0°-30°W, presentando dos direcciones preferenciales de echado hacia el NW70°-80° y al NE10°-20°.

La ubicación de las localidades se puede consultar en el mapa geológico.

Se registraron 227 fallas menores en afloramientos, en las cuales se reconocieron tanto la dirección como el sentido del deslizamiento, tal como se presentan en la tabla siguiente, los datos específicos se pueden consultar en la tabla de datos estructurales y muestras de roca. Con base en los resultados, se puede suponer que las fallas mayores reconocidas en el presente trabajo, pudieron en experimentar reactivación conforme a una cizalla.

Fallas laterales izquierdas	24.8 %	59 datos
Fallas laterales derechas	25.2 %	60 datos
Fallas normales	41.6 %	99 datos
Fallas inversas	7.1 %	17 datos
Fallas normales laterales Izquierdas y derechas	1.3 %	3 datos

VETAS

En las cercanías de San José de Gracia (14Q 807 894 m E, 1845 007 m N) se presenta una veta aurífera con un espesor de 3.35 m, orientada al NE10° y una longitud de 1.3 Km, que limita a la toba Yautepec y a un conglomerado fluvial, bajo el régimen de reserva nacional.

DIQUES

Cerca de San Pedro Totolapan en 14Q 786 691 m E, 1843 233 m N, se localiza un dique dacítico color blanco amarillento a la intemperie, que corta una secuencia estratificada de la Toba Yaxe, con una dirección al S45°E 85° y con una longitud de 2 Km.

CAPITULO CINCO

GEOMORFOLOGÍA

Las formas del terreno que se observan en la actualidad en la región Totolapan se debe en gran medida a la influencia de las fuerzas internas de la tierra, es decir, a la acción de los procesos endógenos que se han manifestado mediante volcanismo y deformación formando domos volcánicos, mesas volcánicas y a la dislocación regional en forma de bloques inclinados y de pilares y cuencas.

Los procesos exógenos, como el intemperismo, la erosión y la acumulación, tienden a transformar de manera permanente la superficie del área, que forma un relieve que se eleva de la cota 600 a los 2400 m de altitud, desde el graben Nejapa que presenta una planicie aluvial y que es la parte más baja hasta el Cerro Grande (Domo Yaxe) que es la parte más elevada. El área esta circundada por barrancas y ríos que forman valles en forma de "V", la corriente más importante es el Río Quiechapa con un cauce ancho entre 100 y 650 mts con flujo al SE y que a su paso va relleno con sedimentos detríticos las partes topográficas más bajas como es el graben Nejapa. Los rasgos geomorfológicos pueden observarse en el mapa geológico anexo.

RED FLUVIAL

La clasificación de las corrientes fluviales en órdenes, de acuerdo con el método de Strahler (Lugo-Hubb, 1988), proporciona un valor máximo de órdenes de cuarto y en algunos de tercero; los de primero y segundo son numerosos. La profundidad máxima vertical por erosión fluvial es aproximadamente de 500 m y se reconoce en el Río Quiechapa.

BARRANCAS

Son la forma negativa de relieve, con la presencia de laderas abruptas ($> 35^\circ$), las cuales conforman dos familias de barrancas con sección en "V". Unas de dirección general al noroeste (entre $N30^\circ W$ y $N54^\circ W$) y otras al noreste que varían entre $N50^\circ E$ y $N62^\circ E$. Estos rasgos tienen una longitud entre 1.7 y 2.3 Km. La profundidad de disección es del orden de 80 a 100 metros; la amplitud de las barrancas frecuentemente es de 300 a 400 metros. En la tabla se presentan las dos familias de barrancas que se reconocieron, mismas que expresan las direcciones preferenciales del fracturamiento regional.

BARRANCAS AL NW	BARRANCAS AL NE
Barranca del Lobo	Barranca La Escondida
Barranca Yegoteche	Barranca El Templador
Barranca Cuajilotillo	Barranca Los Calabazos
Barranca El Aguacatillo	Barranca Ocotlán
Barranca Ocotlán	Barranca El Aguacate
Barranca El Carrizal	Barranca Carrizalito
Barranca El Aguacate	Barranca Lagus
Barranca El Sol Pintado	Barranca La Ceiba
Barranca Anona	Barranca El Papayo
Barranca La Fundición	Barranca El Aguacatillo

Barranca Malpaso	Barranca El Zapote
Barranca La Colorada	Barranca El Ciruelo
Barranca El Quebrache	Barranca Nishu
Barranca El Murciélago	Barranca El Guamuchil
Barranca La Chepin	Barranca Tapanala
Barranca La Cueva	Barranca La Mina
Barranca Poza Honda	Barranca Macahuite
	Barranca El Jabalí
	Barranca La Catarina

RELIEVE DE ROCAS SEDIMENTARIAS

El relieve de las rocas sedimentarias se manifiesta mejor en las estructuras calcáreas del miembro Cintalapa, porque, su afloramiento es el más amplio y porque forman pequeñas sierras alargadas y anchas. En cambio, las lutitas y areniscas de la Formación Jaltepetongo afloran como pequeños lunares, y no definen un relieve característico del área.

RELIEVE EN ROCAS CALCÁREAS

El miembro Cintalapa de la Formación Sierra Madre del Sur, presenta laderas convexas de pendiente media de 12° a 28° y abruptas > 35°, con drenaje poco denso, solo en el afloramiento de Unión de Juárez se observan dos arroyos profundos. En Santa María Zoquitlán la unidad presenta un drenaje radial convergente, desarrollado en un sumidero o dolina.

Estas estructuras calcáreas forman pequeñas sierras alargadas de aproximadamente 5.3 Km y una anchura de 1.35 Km, presentando crestas redondeadas.

RELIEVE EN CONGLOMERADOS

En el C. Matadero donde se localiza el Conglomerado Limón, presenta un relieve caracterizado por interfluvios redondeados con laderas convexas suaves de 8° y un drenaje dendrítico pobremente espaciado. Con una altitud de 1100 m.s.n.m., con dimensiones de 5.3 X 3 km de forma irregular.

RELIEVE DE ROCAS ÍGNEAS

En las rocas ígneas del área se observan rasgos geomorfológicos que forman estructuras domicas de diversas dimensiones, mesas y diques, distribuidos en toda el área y que formaron la secuencia cenozoica.

DOMOS VOLCÁNICOS

El Domo Yaxe. Se localiza en 14Q 774 250 m E, 1844 200 m N y que tiene una altitud de 2,400 m, con una dimensión de 5 X 5.3 Km, con un drenaje dendrítico en el que se observan 4 arroyos profundos en forma de "v".

El Domo Guilache. Se localiza en 14Q 789 550 m E, 1835 600 m N con una altitud de 2,080 m, que tiene una dimensión de 3 X 1.7 Km, con laderas de pendiente media de 14° a 29°, presentando un drenaje dendrítico.

El Domo Yautepec. Se localiza en 14Q 807 250 m E, 1835 000 m N con una altitud de 2,100 m, con dimensiones que van de los 6.2 X 4 Km, presentando laderas cóncavas de pendiente tendidas (10° - 16°), con un drenaje dendrítico, con 3 arroyos en forma de "v" profundos.

Domo Coyul: Se localiza en 15Q 188 100 m E, 1828 500 m N un domo riolítico que presenta una altitud de 1100 m, con dimensión de 800 m X 2 Km, y laderas con pendientes tendidas de 15° cóncavas, con drenaje dendrítico.

OTROS DOMOS

En el Km 95 en la carretera Totolapan- El Camarón, sobre la barranca La Fundición en 14Q 796 371 m E, 1845 489 m N se localizan dos domos riolíticos (Figura 22), con una altitud de 1,220 m, con dimensiones de 20 X 40 m y 20 X 30 m respectivamente, con forma de hongo y que se encuentran intrusionando a la Toba Yautepec que presenta una estratificación tabular con espesores de 26 cm.

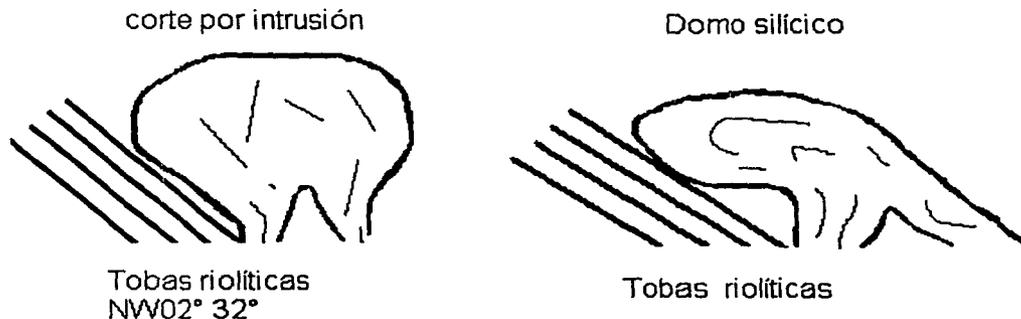


Figura 22.

MESAS VOLCÁNICAS

Una mesa formada por depósitos piroclásticos soldados y no soldados, presenta una inclinación de 10° hacia el NE 43° con una longitud de 2.300 km y otra llamada la mesa el tablón con una inclinación de 14° hacia el SW 40° con una longitud entre 1 y 1 ½ km de la misma composición.

RELIEVE ACUMULATIVO

El relieve acumulativo se observa principalmente en el valle del río más importante del área: El Río Tehuantepec que fluye al E, y que acarrea materiales detríticos como arenas, cantos y gravas, producto de la desintegración de las rocas volcánicas predominantes, formando los depósitos de llanura de inundación, bancos de arena, proceso que ha conformado entre otras la planicie localizada en Nejapa de Madero. También son observables los conglomerados fluviales que se encuentran en diferentes puntos aislados producto del transporte de arroyos y ríos. Así como, en las partes bajas de los domos y mesas volcánicas se encuentran los depósitos de gravedad.

PLANICIE

El límite de la planicie se localiza entre los 600 y 650 m.s.n.m. (lo más alto al poniente hacia el Gramal) y de ahí hacia el oriente en dirección de Santa Ana Tavela se extiende una planicie inclinada de 1° a 6° aproximadamente y tiene una anchura de 8 km en dirección Norte – sur, por 12 km de largo oriente – poniente.

PIEDEMONTE

En la parte baja del Domo Yaxe al SE se encuentra una acumulación de material detrítico que se distingue por presentar una pendiente suave de 5° y que forma tres estructuras como un abanico extendido a lo largo de la base del domo, con dimensiones de 1.2 X 5 km, 4 X 2 km y 1.5 X 3 km.

Al pie de la mesa formada por la Toba Yautepec donde se localiza la torre de microondas (en 15Q 185 200 m E, 1825 650 m N), se encuentra una acumulación de material detrítico que cubre una falla normal, en forma de abanico de 800 a 1000 m de radio, con una pendiente suave de 4° a 5°. En el área se observan otras acumulaciones, pero solo se mencionan estas estructuras, porque son muy distinguibles en el terreno, las demás presentan menores dimensiones.

DEPÓSITOS DE GRAVEDAD

En el km 142 de la carretera federal 190, se tiene una acumulación de bloques angulosos de toba riolítica en una matriz de ceniza del tamaño de la arena media. Los bloques se encuentran en contacto unos con otros. Probablemente se formó por desprendimiento de una pared (avalancha) al perder sustentación de la mesa en donde se encuentra la torre de microondas y posteriormente continuó el depósito de la Toba Yautepec formando estratos horizontales sobre estos depósitos de gravedad.

En la entrada a las Margaritas en 14Q 801 667 m E, 1847 628 m N se encuentra un depósito de avalancha que esta constituido por grandes bloques de Toba lítica que están en contacto, presentando una matriz del tamaño de la arena media a gruesa.

CONGLOMERADOS FLUVIALES

En 14Q 815 936 m E, 1835 710 m N se tiene una secuencia clástica de origen fluvial con clastos redondeados de la Toba Yautepec, presentando imbricación, con un arreglo en forma lenticular. La fracción fina es limo arcilloso, presenta estratificación cruzada y gradación normal.

Se localiza en 15Q 195 121 m E, 1820 028 m N, un conglomerado fluvial con bloques de toba lítica con una dimensión de 47 X 25 cm, subredondeados, se encuentran flotando en una matriz de ceniza media a gruesa con clastos volcánicos de 4 a 6 cm.

Sobre el río al pie de Tavela en 15Q 189 087 m E, 1843 148 m N se encuentra un conglomerado fluvial con clastos subredondeados de toba lítica con un tamaño aproximado de 38 cm. Se observa imbricación, orientados por el flujo del agua.

CAPITULO SEIS GEOLOGÍA HISTÓRICA Y TECTÓNICA

La historia geológica precenozoica de la región, se puede bosquejar con base en las características de las unidades sedimentarias marinas expuestas en forma aislada.

Durante el Albiano-Cenomaniano, en la región se desarrollaba un ambiente marino tipo plataforma calcárea, condición muy generalizada en el sector oriental de México; mientras que en la Región occidental del país ocurría vulcanismo asociado a la convergencia de las Placas Tectónicas Pacífica y Americana. La evolución de la margen convergente occidental hacia el Cretácico Superior-Cenozoico temprano provocó una fase de deformación que transformó primero el régimen sedimentológico en la región oriental con aportes clásticos desde los terrenos volcánicos occidentales del arco volcánico y después deformó la secuencia y edificó cadenas montañosas en un proceso orogénico que conformó gran parte del territorio mexicano (Morán-Zenteno, 1984).

Los ámbitos continentales del sur de México fueron escenario de actividad tectónica que generó cuencas continentales y actividad volcánica en un pulso tectónico que migró de Poniente a Oriente entre el Eoceno y el Mioceno. En un proceso complejo de fragmentación continental que derivó en el desplazamiento del Bloque de Chortis y en la exhumación del Complejo Xolapa (Ross y Scotese, 1988; Morán-Zenteno et al., 1996; Silva-Romo et al., 2001). Este pulso de deformación se manifestó en su etapa más tardía en la región estudiada; donde se conformaron pilares y cuencas definidas por las unidades mesozoicas, en estas condiciones continentales, se acumularon unidades fluviales como el Conglomerado Limón. Después ocurrió vulcanismo silícico manifiesto en flujos ignimbríticos y en la edificación de domos riolíticos hacia el Mioceno medio. La progresión de la deformación dislocó a las unidades volcánicas en forma de bloques escalonados conforme a un campo extensional en dirección noreste-suroeste y generó el Graben de Nejapa, cuenca tectónica originalmente endorreica, en donde se acumuló una secuencia lacustre influida por la actividad volcánica tardía y portadora de fósiles de vertebrados como el proboscídeo *Comphotherium sp.*, dos especies de perisodáctilos équidos como son *Cormohipparion sp.*, y el *Merychippus sp.*, y un carnívoro *Ursidae sp.*, de talla pequeña. Todos del Mioceno medio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN TECTÓNICA.

En la región se reconocen dos fases tectónicas principales. La primera se infiere con base en las estructuras plegadas menores observadas en los afloramientos de rocas mesozoicas como se describió en el pilar Guichina. Dicha tectónica, de carácter compresivo, provocó un acortamiento en dirección SW-NE y ocurrió, después del Cretácico Medio y antes del Mioceno Medio, ya que las unidades volcánicas no manifiestan rasgos estructurales que se pudieran asociar a esta Fase. La segunda fase tectónica fue de carácter extensional, esta fase es la responsable de la dislocación conforme las fallas de rumbo general al noroeste. En este marco extensional se favoreció el emplazamiento de cuerpos subvolcánicos y/o hipabisales, como los observados en las unidades cenozoicas. Las vetillas que cortan a los pliegues menores observados en las unidades mesozoicas se pueden asociar a esta fase de deformación, ya que las secuencias cenozoicas presentan fallas normales subparalelas.

Aunque la orientación relativa entre el sentido de la extensión inferida y la forma del Graben de Nejapa, sugieren que este se puede interpretar como una cuenca "pull apart", no se identificaron rasgos estructurales concluyentes o marcadores estratigráficos que permitan documentar este tipo de estructuras. Sin embargo no se debe descartar totalmente una fase de deformación por cizalla como se infiere en las estructuras menores.

La actividad tectónica que ocurrió entre el Paleoceno y el Mioceno temprano en el sureste de México de acuerdo a se asocia a un pulso tectónico que desplazó al Bloque Chortis (conformado principalmente por las actuales Honduras y Nicaragua) hacia el sureste. En un proceso de ruptura continental y reconfiguración de las placas Tectónicas Norteamericana y Pacífica - Guadalupe - Cocos, que es la causa de la actividad tectónica regional.

CAPITULO SIETE

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES ESTRATIGRÁFICAS

Se reconocieron siete unidades estratigráficas, que abarcan un intervalo de tiempo del cretácico inferior al reciente, de las cuales dos son de carácter marino y cinco continental. Con depósitos aluviales en el reciente.

Las cuales son:

a) Ambiente marino.

Formación Jaltepetongo (Cretácico inferior). Una secuencia de lutitas y areniscas.

miembro Cintalapa de la Formación Sierra Madre (Albiano-Cenomaniano). Secuencia de wackestone y packestone que conforman pilares tectónicos.

b) Ambiente continental.

Conglomerado Limón (Paleógeno). Con clastos de caliza micrítica y de rocas verdes, esquistos y filitas de sericita y clorita.

Toba Yaxe (Mioceno Temprano). Una toba vítreo -lítica de color verde olivo que aflora al poniente del área.

Toba Yautepec (Mioceno Medio). A una toba lítica a vítreo-lítica (toba riolítica) y una ignimbrita riolítica.

Formación El Camarón (Mioceno Medio). Consiste de una secuencia lacustre influida por vulcanismo.

Depósitos recientes (Cuaternario). Se trata principalmente de acumulaciones de origen fluvial.

CONCLUSIONES ESTRUCTURALES

Se determinaron dos direcciones preferenciales de fallas, una hacia el WNW-ESE y otra NNE - SSW.

Se identificaron siete fallas normales de las cuales tres de ellas se encuentran delimitando al Graben Nejapa y al Pilar Limón y una falla lateral izquierda.

También se identificaron cinco pilares y se reconocieron dos diques de composición riolítica y dacítica. Así como, cuatro domos silíceos mayores y dos menores.

Se elaboró un mapa geológico escala 1:150,000 en donde se muestran las siete unidades estratigráficas, así como, las estructuras geológicas identificadas en el campo y por medio de fotointerpretación.

CONCLUSIONES TECTÓNICAS

Con base en el análisis de los datos estructurales medidos en el campo y a las estructuras geológicas identificadas por medio de fotos aéreas, podemos decir que la deformación fue por un campo de esfuerzos con extensión en dirección NNE-SSW que formó el Graben Nejapa y la mayoría de las fallas normales.

BIBLIOGRAFÍA

- Arceo Cabrilla, Francisco, 1988; Informe técnico anual de actividades # 200351 en el proyecto R.M.N. No. 166 " **Cerro Colorado, Mpio de san Pedro Totolapan, Dto de Tlacolula edo. de Oaxaca.** Consejo de Recursos Minerales.
- Arche, Alfredo, 1989; **Sedimentología.** Depósitos Vulcano – Sedimentarios. Consejo de Investigaciones. Madrid, España. (271 – 339).
- Cserna, Zoltan de, 1992; **Mapa tectónico de México.** Escala: 1: 4, 000,000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.2.1.
- Caballero, Javier, 1992; **Muestra de la Riqueza y Usos de la Flora.** Escala: 1: 8,000,000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.8.4.
- Engracia – Hernández, María, 1989; **Observatorios, Estaciones Meteorológicas e Insolación – clima.** Escala: 1: 8,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.4.1.
- Ferrusquía – Villafranca, Ismael, 1976; **Estudios Geológico – Paleontológicos en la región mixteca;** Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Boletín # 97. 103 p.
- Ferrusquía – Villafranca, Ismael; 1990, Informe técnico final del proyecto CONACYT No. 50992 titulado "Contribución a la diferenciación del terciario continental de México: estudios geológico – Paleontológico – geocronométrico – magnetoestratigraficos en los Estados de Aguascalientes, Guanajuato, Oaxaca y Chiapas."; parte V. **Geología cenozoica del Área Nejava, Estado de Oaxaca.** Inédito.
- Ferrusquía – Villafranca, Ismael, 1996; **Contribución al conocimiento geológico de Chiapas – el área Ixtapa – Soyaló;** Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 109. 130 p.
- Fries, C., Jr., 1960, **Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México;** Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 60, 236 P.
- García, Enriqueta – Mosiño, Pedro, 1989; **Moda o valor más frecuente de precipitación mensual y anual.** Escala: 1: 8,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM; No. IV.4.8.
- García, Enriqueta, 1989; **Climas.** Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.4.10.

- García, Enriqueta et al, 1989; **Canícula, Sequía intraestival o de medio Verano**. Escala: 1: 8,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.5.1.
- González-Alvarado, J., 1967, **Geología del área Teopisca-Chiapa de Corzo, Chiapas**: Petróleos Mexicanos, superintendencia general, distrito de exploración petrolera, zona sur, informe geológico núm. 518 (Inédito).
- INEGI, 1996; **Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca**; Gobierno del estado de Oaxaca.
- Lugo – Hubp, José, Córdoba – Fernández, Carlos, 1991; **Geomorfología 1**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.3.3.
- Lugo – Hubp, José, 1988; **Elementos de Geomorfología aplicada** (métodos cartográficos); UNAM. Instituto de Geografía. 129 p.
- López – García, José, 1991; **Unidades Taxonómicas del Suelo**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.7.1.
- López – García, José, 1991; **Propiedades Físicas y Químicas del Suelo**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.7.2.
- López Ramos, E., 1981 - 1983; **Geología General y de México**; tomo II tercera edición (Sur). México.
- Marín – Córdoba, Salvador et al, 1991; **Hidrogeología**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.6.3.
- Maples – Vermeersch, Mireya, 1992; **Regímenes de Humedad del suelo**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.6.2.
- Morán – Zenteno, Dante J., 1984; **Geología de la República Mexicana**; INEGI. México.
- Morán – Zenteno, Dante J., Corona-Chavez, Pedro, Tolson, Gustavo, 1996; **Uplift and subduction erosion in southwestern Mexico since the Oligocene: pluton geobarometry constraints**. Earth and Planetary Letters **141**, (51 – 65)
- Pesquera Velázquez, Ruben, 1956; **Geología a lo largo de la carretera panamericana entre México, D.F. y Tehuantepec; Oaxaca, Distritos Mineros de Natividad y pluma Hidalgo, Oaxaca, y visita a Monumentos Precoloniales de Oaxaca**; Vigésima Sesión; Excursión A-6. Congreso Geológico Internacional.
- Pettijohn, F.J., 1975; **Sedimentary Rocks**; Harper Internacional Edition; New York.

- Quiñones, G.H., 1984; **Carta Fisiográfica**. Escala 1: 1,000,000., México D.F. Secretaria de programación y presupuesto. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).
- Rzedowski, Jerzy, Reyna – trujillo, Teresa, 1992; **Vegetación Potencia**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.8.2.
- Ramírez – Pulido, José, Castro – Campillo, Alondra, 1992; **Regionalización Mastofaunística**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No. IV.8.8.
- Ross, M.I., y Scotese, C.R., 1988, **A Hierarchical Tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean Region: Tectonophysics**, 155, (139 – 168).
- Sánchez – Montes de Oca, R., 1969; **Estratigrafía y Paleogeografía del Mesozoico de Chiapas**; Instituto Mexicano del Petróleo. Seminario sobre la explotación petrolera.
- Silva-Romo, G., Martiny Barbara y Mendoza-Rosales, C. C. 2001. **Formación de cuencas continentales en el sur de México y su cronología respecto al desplazamiento del Bloque de Chortis**. Memorias del XI CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGÍA, en Montevideo, Uruguay.
- Urrutia – Fucugauchi, J.; Ferrusquía – Villafranca, I; **Paleomagnetic result for the Middle – Miocene continental Suchilquitongo Formation, Valley of Oaxaca, southeastern México**. Geofísica Internacional (2001), 40. (191 – 205).
- Vidal – Zepeda, Rosalía, 1989; **Carta de Precipitación**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM No. IV.4.6.
- Vidal – Zepeda, Rosalía, 1989; **Temperatura Media**. Escala: 1: 4,000,000; Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM No IV.4.4.

ANEXO

	S45°E	135	225	85°	no tiene	19° AL SE63°	19° al 117°				Dirección de máxima pendiente
SA44											
SA45											
SA46											
SA47											
SA48											
SA49											
SA50											
SA51											
SA52											
SA53											
SA54											
SA55											
SA56											
SA57											
SA58											
SA59											
SA60											
SA61											
SA62											
SA63											
SA64											
SA65											
SA66											
SA67											
SA68											
SA69											
SA70											
SA71											
SA72											
SA73											
SA74											
SA75											
SA76											
SA77											
SA78											
SA79											
SA80											
SA81											
SA82											
SA83											
SA84											
SA85											
SA86											
SA87											
SA88											
SA89											
SA90											
SA91											
SA92											
SA93											
SA94											
SA95											
SA96											
SA97											
SA98											
SA99											
SA00											

MARCO-3		612		612B											
		14Q	1841	777N											
ID	ACIM(S)	NUMERO(S)	AZIMUT(S)	CLAVO(AZIM)	RECHAZO	ESTRADA	LINEAS	AZIMUT(L)	ES	ACIM(S)	MUEST. DE ROCA	NOTAS			
		S52°W	232°	322°	48°	140°	36° AL N20°E	36° al 20°			* # M-3	Falla			
		S53°W	233°	323°	43°	47°	30° AL N60°W	30° al 270°			* C. Rosa	Falla			
		S56°W	238°	328°	48°	112°	43° AL N02°W	43° al 358°			* T. Piroclástica	Falla			
		S50°W	230°	320°	42°	164°	10° AL N38°E	10° al 38°			* Libros andesíticos y riolíticos	Falla			
											D. Toba lítica				
SAY-1		616		626B											
		14Q	1838	768N		Camarón - San Carlos Yautepic.									
ID	ACIM(S)	NUMERO(S)	AZIMUT(S)	CLAVO(AZIM)	RECHAZO	ESTRADA	LINEAS	AZIMUT(L)	ES	ACIM(S)	MUEST. DE ROCA	NOTAS			
											* # SAY-1				
											* C. Gris claro				
											* T. Piroclástica				
											* Libros de pómez de 1-5 mm				
											D. Toba vítrea				
SAY-2		616		626B											
		14Q	1838	768N											
ID	ACIM(S)	NUMERO(S)	AZIMUT(S)	CLAVO(AZIM)	RECHAZO	ESTRADA	LINEAS	AZIMUT(L)	ES	ACIM(S)	MUEST. DE ROCA	NOTAS			
											* # SAY-2				
											* C. Gris claro				
											* T. Piroclástica				
											* Libros de pómez de 1-5 mm				
											D. Toba vítrea				
SAY-3		614		626B											
		14Q	1838	827N											
ID	ACIM(S)	NUMERO(S)	AZIMUT(S)	CLAVO(AZIM)	RECHAZO	ESTRADA	LINEAS	AZIMUT(L)	ES	ACIM(S)	MUEST. DE ROCA	NOTAS			
		NW83	277°	7°	43°	128	32° AL NE 50°	32° al 50°			* # SAY-3				
											* C. Gris claro				
											* T. Piroclástica				
											* Libros de pómez de 1-5 mm				
											D. Toba vítrea				
SAY-11		616		626B											
		14Q	1838	888N											
ID	ACIM(S)	NUMERO(S)	AZIMUT(S)	CLAVO(AZIM)	RECHAZO	ESTRADA	LINEAS	AZIMUT(L)	ES	ACIM(S)	MUEST. DE ROCA	NOTAS			
		S82°E 28'	96° 28'								* # SAY-11				
		N55°E 50'	55° 50'								* C. Verde				
		S50°E 15'	130° 15'								* T. Piroclástica				
											* Libros andesíticos de 1-5 mm				
											D. Toba lítica				
SAN CARLOS YAUTEPEC - AGUA BICOONIDA															
AE-01		607		636B											
		14Q	1838	888N											
ID	ACIM(S)	NUMERO(S)	AZIMUT(S)	CLAVO(AZIM)	RECHAZO	ESTRADA	LINEAS	AZIMUT(L)	ES	ACIM(S)	MUEST. DE ROCA	NOTAS			
		N25°W 31'	335° 31'	S58°E	122°	212°	60°	85°	58° AL SW 21°	58° al 201°	* # AE-01	Falla			
		N20°W 35'	340° 35'	S50°E	130°	220°	56°	86°	54° AL SW 32°	54° al 212°	* C. Verde	Falla			
		N30°W 30'	330° 30'	S57°E	123°	213°	56°	110°	50° AL SW 06°	50° al 246°	* T. Piroclástica	Falla			
		N28°W 24'	332° 24'	N37°W	323°	53°	80°	105°	72° AL SE 70°	72° al 110°	* Libros Andesíticos	Falla inversa			
		N18°W 25'	342° 25'	S49°W	228°	318°	70°	72°	63° AL NW 84°	63° al 278°	D. Toba lítica	Falla normal			
		N25°E 14'	25° 14'									Falla			
		N23°E 12'	25° 12'									Falla			
		N02°E 18'	02° 18'									Falla			
		N02°E 16'	02° 16'									Falla			
				N25°E	25°	118°	85°	no tiene				Crucero			
				N30°E	30°	120°	44°	no tiene				Crucero			
AE-02 (AGUA BICOONIDA)															
		607		636B											
		14Q	1838	888N											
ID	ACIM(S)	NUMERO(S)	AZIMUT(S)	CLAVO(AZIM)	RECHAZO	ESTRADA	LINEAS	AZIMUT(L)	ES	ACIM(S)	MUEST. DE ROCA	NOTAS			
		N25°E 12'	25° 12'	S58°E	122°	212°	60°	85°	60° AL SW 21°	60° al 201°	* # AE-02	Falla			

N15°E 21'	15' 21'																			# AE-09	
CA-01			800	842																* C. Rojo	
		140	125	126																* T. Piroclástica	
																				* Litcos andesíticos de 2-5 cm	
																				D. Toba lítica	
ES:	AZIM(ES)	ALMODO(S)	AZIM(ES)	CLAV(AZIM)	RECHADO	ESTRIAS	LÍNEAS	ADMUTL	ES:	AZIM(ES)		MUEST. DE ROCA	NOTAS								
N78°E 36'	78' 36'																				
		S28°W	208°	268°	60°	21°	20° AL SW 32°	20° al 212°	S42°W 49'	222°		* # CA-1	Bloque de techo								
									S42°W 43'	222°		* C.Pardo Oscuro	S2=fracturas								
N76°E 33'	76' 33'								S36°W 52'	218°		* T.Porfirítica	S2=fracturas								
N66°E 20'	66' 20'								N70°E 79'	70°		* M. Vidrio 60 %	S2=fracturas								
S68°E 24'	112° 24'								N60°E 89'	60°		* Plagioclasa (olig-and) 25 %	S2=fracturas								
N72°E 36'	72' 36'								S72°E 80'	108°		* Pig Zonada 5 %	S2=fracturas								
									S64°W 54'	244°		* Biotita 5 %	S2=fracturas								
									S64°W 76'	244°		* Cuarzo 5 %	S2=fracturas								
									N55°E 90'	55°		F. Clasif. Toba riolítica	S2=fracturas								
									S07°W 72'	187°		D. (Toba Vitreo-cristalina)	S2=fracturas								
									N80°E 79'	60°			S2=fracturas								
									S74°W 54'	254°		* # CA-4	S2=fracturas								
									S42°W 57'	222°		* C.Blanco a pardo claro	S2=fracturas								
									S25°W 51'	205°		* T.Porfirítica. Vitrofídica	S2=fracturas								
									N77°E 70'	77°		* M. Vidrio 39 %	S2=fracturas								
									S06°W 70'	188°		* Plagioclasa (olig-and) 40 %	S2=fracturas								
									S14°W 37'	194°		* Cuarzo 10%	S2=fracturas								
									S20°W 63'	200°		* Feld K 5 %	S2=fracturas								
									S15°W 64'	195°		* Biotita 6 %	S2=fracturas								
												F. Clasif. Ignimbrítica riolítica (cuarzo-feldespática)	3 Falla izquierda								
		S18°W	196°	268°	62°	153°	24° AL O3°	24° al 03°					2 Falla izquierda								
		S13°W	193°	283°	52°	161°	14° AL N	14° al 0°					Falla								
		S61°E	119°	209°	60°	79°	75° AL S23°E	75° al 157°					Falla								
		S21°W	201°	291°	48°	148°	23° AL NW03°	23° al 357°					Falla								
		S12°W	192°	282°	57°	155°	51° AL NW02°	51° al 358°					Falla izquierda								
		N85°E	85°	175°	24°	no bene							Falla								
		S47°E	133°	223°	80°	70°	66° AL SE22°	66° al 158°					Falla								
		S06°W	184°	278°	58°	126°	51° AL NW26°	51° al 334°					2 Falla izquierda								
		N60°W	300°	30°	61°	74°	57° AL N	57° al 0°					2 Falla izquierda								
		N69°W	291°	21°	66°	79°	64° AL NW04°	64° al 356°					Falla derecha								
		N27°W	333°	63°	74°	93°	75° AL NE77°	75° al 77°					2 Falla inversa								
		S15°W	195°	285°	84°	no bene							Falla								
		S51°E	129°	219°	60°	84°	78° AL S	78° al 180°					2 Falla inversa								
		N40°W	320°	50°	52°	55°	40° AL NE01°	40° al 01°					2 Falla inversa								
													BLOQUE DE PISO								
		S12°W	192°	282°	74°	126°	49° AL NW08°	49° al 352°					2 Falla izquierda								
		S04°W	184°	274°	79°	118°	60° AL NW17°	60° al 343°					2 Falla izquierda								
		S02°W	182°	272°	61°	123°	47° AL NW36°	47° al 324°					3 Falla izquierda								
		N73°W	287°	17°	71°	64°	59° AL NW39°	59° al 321°					2 Falla inversa								
		S25°W	205°	295°	37°	116°	32° AL NW35°	32° al 325°					2 Falla izquierda								
		S31°W	211°	301°	35°	112°	32° AL NW34°	32° al 326°					2 Falla izquierda								
		S29°W	209°	299°	36°	151°	16° AL NE03°	16° al 03°					2 Falla izquierda								
		S07°W	187°	277°	65°	158°	22° AL NE04°	22° al 04°					Relleño de sílice y epidota								
		S10°E	170°	280°	60°	170°	10° AL NW12°	10° al 348°					falla izquierda								
		S12°E	168°	258°	60°	135°	44° AL NW23°	44° al 337°					Falla								
		S12°E	168°	258°	60°	137°	42° AL NW22°	42° al 338°					Falla								
		S10°W	190°	280°	45°	15°	10° AL SW20°	10° al 200°					Falla izquierda								
		N75°W	285°	15°	73°	175°	05° AL SE77°	05° al 103°					Falla izquierda								
		(S10°W	190°	280°	43°	25°	17° AL SW29°	17° al 209°					conjugadas, falla izquierda								
		(N84°E	84°	174°	63°	174°	05° AL SW84°	05° al 284°					Falla derecha								
		S05°E	175°	265°	75°	02°	02° AL SE04°	02° al 176°					Falla								
		N80°W	280°	10°	79°	51°	50° AL NW87°	50° al 293°					Falla izquierda								
		N77°W	283°	13°	78°	no bene							Falla izquierda								
		S01°W	181°	271°	58°	169°	09° AL SW74°	09° al 254°					Falla izquierda								
		S25°W	205°	295°	37°	no bene															
		S32°W	212°	302°	55°	27°	22° AL SW46°	22° al 228°													
		S29°W	206°	296°	36°	151°	16° AL NE03°	16° al 03°					Falla izquierda								
									S03°E 72'	177°			S2=Fracturas								
									N60°W 65°	300°			S2=Fracturas								

	N78°W	252	112	70°	05°	05° AL NW74°	05° al 265°			* Min. Opacos 2 %	Izquierda.
	N85°E	85	175	88°	172°	08° AL SW86°	08° al 285°			* Líticos Andesíticos	Izquierda.
										F. Clasif. Toba Cuarzo-Feldespatica	
										D. (Toba Litico-Cristalina)	
		140	184			KM 113 SAN JOSE DE GRACIA - TOTOLAPAN					Ambiente lacustre
										* # JG-01	
										* C. Verde	
										* T. Piroclastica	
		140								* Líticos andesíticos pequeños	
										D. Toba litica	
	N48°W	314	44	62°	156°	29° AL SE83°	29° al 117°			Veta - falla	Dique mineralizado
	N44°W	318	48	70°	147°	31° AL SE56°	31° al 124°			Aforamiento de sílice	rumbo aproximado
	N13°E	113	103	80°	28°	28° AL NE18°	28° al 18°				al NE 10°
	N26°E	26	115	85°	146°						
	N48°E	48	138	88°	no tiene						
	S63°W	243	333	87°	no tiene						
	S62°W	242	332	86°	no tiene						Roca encajonada
	N40°E	40	130	80°	140°						Normal 3 Lateral derecha
	N40°E	40	130	88°	145°	34° AL SW38°	34° al 218°				
	N88°E	88	178	53°	no tiene						
	N25°E	25	115	86°	145°	35° AL SW32°	35° al 212°				Normal derecha
	N43°E	43	133	88°	no tiene						
	N40°E	40	130	87°	130°	50° AL SW37°	50° al 217°				
		140	184			SOBRE EL RIO					
	N45°W	315	45	82°	12°	14° AL NW 44°	14° al 318°			Superficie de veta	Derecha
	N88°E	88	178	53°	no tiene						
	N88°E	88	178	53°	no tiene						
	N88°E	88	178	50°	no tiene						
	S81°E	88	188	44°	no tiene						
		140	184			KM 112.8					
	N80°E	80	150	84°	178°	78° AL SW32°	78° al 212°			* # JG-04	Derecha
	N85°E	85	155	71°	102°	02° AL SW80°	02° al 240°			* C. Verde oscuro	
	N80°E	80	150	71°	174°	08° AL SW63°	08° al 243°			* T. Porfirítica, esquelética	Derecha
	N88°E	88	148	81°	107°	85° AL SW12°	85° al 192°			* M. Plagioclasa (olig-and) 55 %	Normal
	N84°E	84	154	88°	188°	10° AL SW80°	10° al 240°			* Clorita 25 %	
	N12°E	12	102	86°	71°	71° AL NE25°	71° al 25°			* Biotita verde 5 %	
										* Hornblenda 1 %	
										* Cementante: calcita 14 %	
	S40°E	140	230	84°	158°	21° AL NW42°	21° al 318°			F. Clasif. Toba andesítica	
	N29°W	331	81	88°	03°	03° AL NW29°	03° al 331°			D. (Toba Cristalina)	Derecha 3
	N30°W	330	80	71°	01°	01° AL NE30°	01° al 30°				Derecha 2
	N18°W	342	72	78°	07°	07° AL NW16°	07° al 344°			* # JG-05	Derecha 1
	S12°E	188	258	82°	08°	08° AL SE11°	08° al 169°			* C. Pardo claro-verde	Derecha 1
	S14°E	188	258	84°	20°	20° AL SE18°	20° al 164°			* T. Porfirítica	Derecha 1
	N88°E	85	155	71°	174°	6° AL SW 62°	6° al 242°			* M. Plagioclasa (olig-and) 20 %	
					102°	87° AL SW 10°	87° al 190°			* Microfilitos (olig-and) 80 %	
	N80°E	80	150	71°	7°	08° AL NE 53°	08° al 53°			* Anfíboles 5 %	
										* Clorita 5 %	
										* Min. Opacos 2 %	
										F. Clasif. Andesita	
		140	184			ENTRADA A LAS MARGARITAS.					

		S12°E	168	256	55°	67°	55° AL SW 73°	55° al 253°												Falla
		S01°E	179	269	58°	86°	58° AL SW 81°	58° al 281°												Falla normal
		S40°W	220	310	40°	113°	36° AL NW 53°	36° al 307°												Falla normal
TO-06				787		8128														
			140	1847		2126														
06	AZIM(96)	RUMBO(S)	AZIMUT(R)	CLASIF(AZIM)	RECHADO	ESTRIAS	LÍNEAS	AZIMUT(L)	02	AZIM(92)	MUEST. DE ROCA	NOTAS								
		S06°W	186	276	38°	55°	34° AL SW 66°	34° al 246°			* # TO-03	PLANO DE FALLA:								
		S39°E	141	231	64°	no bene	63° AL SW 42°	63° al 222°			* C. Verde oscuro	Normal 1								
		S20°W	200	290	42°	73°	40° AL SW 89°	40° al 289°			* T. Porfiritica	Normal 1								
		S13°E	187	257	61°	99°	60° AL NW 82°	60° al 278°			* Líticos andesíticos desde	Normal								
		S06°W	186	276	38°	65°	34° AL SW 54°	34° al 234°			3.5 - 8.3 cm	Normal								
		S16°E	184	254	37°	no bene					D. Toba litica									
		S07°E	173	263	48°	66°	41° AL SW 53°	41° al 233°												
		S07°W	187	277	50°	no bene														
		S03°E	177	267	45°	78°	44° AL SW 69°	44° al 249°												
		S09°E	171	261	60°	70°	54° AL SW 45°	54° al 225°												
		S12°E	166	256	55°	85°	57° AL SW 78°	57° al 258°												
		S18°W	196	286	44°	51°	32° AL SW 58°	32° al 238°												
		S23°E	157	247	53°	104°	50° AL SW 89°	50° al 289°												
		S05°E	175	265	47°	no bene														
		N30°W	330	60	50°	69°	45° AL SE 68°	45° al 92°												MARGEN DERECHO:
		S15°W 14°	195° 14°																	S0° BLOQUE DE TECHO
TO-04				787		8018														
			140	1848		2126														
06	AZIM(96)	RUMBO(S)	AZIMUT(R)	CLASIF(AZIM)	RECHADO	ESTRIAS	LÍNEAS	AZIMUT(L)	02	AZIM(92)	MUEST. DE ROCA	NOTAS								
		S04°W	184	274	54°	52°	40° AL SW 43°	40° al 223°			* # TO-04	PLANO DE FALLA:								
		S07°W 14°	187° 14°								* C. Verde	S0° BLOQUE DE TECHO								
		S31°W	211	301	48°	130°	36° AL NW 8°	36° al 352°												
		S14°W	194	284	53°	149°	27° AL NW 6°	27° al 354°			* T. Porfiritica, microlitica									
		S25°W	205	295	55°	103°	53° AL NW 43°	53° al 317°			* M. Plagioclasa (olig-and) 30 %									
		S23°E	157	247	51°	09°	14° AL SE 12°	14° al 168°			* Microlitos (olig-and) 65 %									
		S07°W	187	277	52°	128°	40° AL NW 34°	40° al 328°			* Plg zonada 5 %									
		S15°E	165	255	35°	130°	28° AL NW 28°	28° al 332°			F. Clasif. Andesita	Normal y derecha								
		S20°W	200	290	50°	91°	50° AL NW 68°	50° al 292°												
		S15°E	185	255	54°	06°	04° AL SE 12°	4° al 168°				Derecha								
		S35°E	145	235	65°	155°	26° AL NW 36°	26° al 324°				Derecha								
		S18°E	182	252	52°	132°	38° AL NW 53°	38° al 307°												
		S05°E	175	265	43°	158°	30° AL NW 38°	30° al 322°				Derecha								
		S02°E	178	268	40°	134°	28° AL NW 40°	28° al 320°				Derecha								
		S30°E	150	240	79°	11°	11° AL SE 28°	11° al 152°												
TO-06				787		8018														
			140	1848		2126														
06	AZIM(96)	RUMBO(S)	AZIMUT(R)	CLASIF(AZIM)	RECHADO	ESTRIAS	LÍNEAS	AZIMUT(L)	02	AZIM(92)	MUEST. DE ROCA	NOTAS								
											* # TO-05									
											* C. Verde									
											* T. Porfiritica, microlitica									
											* M. Plagioclasa (olig-and) 30 %									
											* Microlitos (olig-and) 65 %									
											* Plg zonada 5 %									
											F. Clasif. Andesita									
TO-08				787		7618														
			140	1848		2126														
06	AZIM(96)	RUMBO(S)	AZIMUT(R)	CLASIF(AZIM)	RECHADO	ESTRIAS	LÍNEAS	AZIMUT(L)	02	AZIM(92)	MUEST. DE ROCA	NOTAS								
											* # TO-06	Derecha 1								
											* C. Verde									
											* T. Porfiritica, microlitica	Derecha								
											* M. Plagioclasa (olig-and) 30 %	Derecha 1								
											* Microlitos (olig-and) 65 %	Derecha 1								
											* Plg zonada 5 %									
											F. Clasif. Andesita	Estrías horizontales								
		N45°W	315	45	79°	14°	15° AL NW 42°	15° al 318°												
		S47°E	133	223	66°	170°	12° AL N	12° al 0°												
		S37°E	143	233	78°	27°	28° AL SE 31°	28° al 149°												
		N50°W	310	40	89°	17°	18° AL NW 50°	18° al 310°												
		N54°W	306	36	75°	32°	32° AL NW 46°	32° al 314°												
		S34°E	146	236	69°	111°	61° AL NW 75°	61° al 285°												
		S85°E	115	205	90°	00°														
		S36°E	144	234	68°	173°	8° AL NW 38°	8° al 322°												

		S45°E	135	225	58°	175°	9° AL NW38'	9° al 322'				Derecha 1
AT-01			182	904E	RUMBO A LA TORRE DE MICROONDAS, "SANTA ANA TAVELA"							
			180	1827	984N							
			180	ORGE								
			1827	791N								
ID	AZIM(01)	RUMBO(01)	AZIMUT(01)	CLASIF(AZIM)	SCHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIMUT(L)	ID	AZIM(02)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
S73°W 08°	253° 08°										* # 04 = AT-01	
S49°W 02°	229° 02°										* C.Café claro	
S49°W 03°	229° 03°										* T. Porfirítica	
NS0°W 05°	310° 05°										* M. Plagioclasa (Olig-and) 25%	
											* Cuarzo 15 %	
											* Feld K 30 %	
											* Biotita 17 %	
											* Vidrio (Obsidiana) 10 %	
											* Min Opacos 3 %	
											* Presenta flujo	
											F. Clasif. Ignimbrita riolítica	
AT-02			019	791E								
			140	1827	860N	KM 142						
ID	AZIM(01)	RUMBO(01)	AZIMUT(01)	CLASIF(AZIM)	SCHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIMUT(L)	ID	AZIM(02)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											* # AT-02	
											* C.Verde Olivo	
											* T. Porfirítica	
											* M. Plagioclasa (Olig-and) 20%	
											* Cuarzo 20 %	
											* Vidrio (Obsidiana y pómez) 30 %	
											* Feld K 28 %	
											* Biotita 2%	
											Presenta Flujo	
											F. Clasif. Ignimbrita riolítica	
											* # 05 = AT-02	
											* C.Café oscuro	
											* T.Porfirítica	
											* M. Plagioclasa (Olig-and) 20 %	
											* Cuarzo 13%	
											* Obsidiana 35 %	
											* Feld K 30 %	
											* Biotita 2 %	
											* Presenta flujo	
											F. Clasif. Ignimbrita riolítica	
											* D6 = AT-02	
											* C. Café claro	
											* T. Porfirítica	
											* M. Plagioclasa (olig-and) 20 %	
											* Feld K 30 %	
											* Cuarzo 17 %	
											* Obsidiana 30 %	
											* Biotita 3 %	
											* Presenta flujo	
											F. Clasif. Ignimbrita riolítica	
SAA12			180	018E								
			180	1827	860N	km 166.5 saliendo del coyul.						
ID	AZIM(01)	RUMBO(01)	AZIMUT(01)	CLASIF(AZIM)	SCHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIMUT(L)	ID	AZIM(02)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											Pillow lavas (medio acuoso)	
SAA13			181	792E	km 142 los mangos							
			180	1801	877N							

80°	AZIM(80)	NUMBO(81)	AZIM(81)	CLARK(AZM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(82)	80°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
N66° E 20'	66° 20'										* # 13-A	
											* C. Morado	(muestra de matriz)
											* T. Porfírica, microlítica	
											* M. Plagioclasa (olig-and) 10%	
											* Microfitos (olig-and) 80 %	
											* Plg zonada 4%	
											* Magnetita 1 %	
											* Sericita 5 %	
											F. Clasif. Meta-Toba andesítica	
											D. (Toba Lítica)	
											* # 13-B	
											* C. Verde claro	
											* T. Porfírica, microlítica,	
											* Esqueletal, Poikilitica	
											* M. Plagioclasa (olig-and) 30 %	
											* Microfitos 50 %	
											* Cuarzo 5 %	
											* Min opaca 1 %	
											* Clorita 14 %	
											F. Clasif. Meta-Toba andesítica	
80°	AZIM(80)	NUMBO(81)	AZIM(81)	CLARK(AZM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(82)	80°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
N10° E 25'	10° 25'	SE34°	146°	236°	66°	no tiene					* # 17	Ambiente lacustre
N15° E 27'	15° 27'	SE20°	160°	250°	61°	no tiene					* C. Verde claro	se observa que hubo un medio acuoso.
N17° E 18'	17° 18'	SE33°	147°	237°	65°	no tiene					* T. Piroclástica	
		NE05°	175°	285°	81°	no tiene					* Litcos de pomez de 10X6 cm	
		SE58°	122°	212°	60°	no tiene					* Litcos andesíticos de 2-2.5 cm	
NE25° 06'	25° 06'										D. Toba vitreo-lítica	
NE31° 54'	31° 54'										* # 17	
											* C. Gris oscuro	
											* T. Afanítica	
											* Arcilla fina	
											C. Lodolita	
80°	AZIM(80)	NUMBO(81)	AZIM(81)	CLARK(AZM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(82)	80°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											E. Conglomerado fluvial	
											Bloques redondeados de Toba Lítica.	
80°	AZIM(80)	NUMBO(81)	AZIM(81)	CLARK(AZM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(82)	80°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											* # 25	
											* C. Verde oscuro	
											* T. Porfírica	
											* M. Plagioclasa (olig-and) 30 %	
											* Vidno volcánico 50 %	
											* Cuarzo 5 %	
											* Feld K 15 %	
											F. Clasif. Vitrófilo andesítico	
80°	AZIM(80)	NUMBO(81)	AZIM(81)	CLARK(AZM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(82)	80°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											* # 27	Mesa El Tablon
											* C. Rojo	
											* T. Porfírica	
											* M. Plagioclasa (olig-and) 30 %	
											* Plg Zonada 10%	
											* Feld K 40%	
											* Cuarzo 18%	

ES°	AZIM(84)	NUMBO(81)	AZIM(78)	CLARK(AZIM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(71)	ES°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											C. Arenisca piroclástica (Tb cristalina Qz-feld)	
AA22			181	087E								
			183	100E								
ES°	AZIM(84)	NUMBO(81)	AZIM(78)	CLARK(AZIM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(71)	ES°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
NE65° 18'	65° 18'										C. Arenisca piroclástica (Tb cristalina Qz-feld)	arena media
AA21			090	080E								
			140	100E	020N						KM 128.6 CERRO LOS BUEYES.	
ES°	AZIM(84)	NUMBO(81)	AZIM(78)	CLARK(AZIM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(71)	ES°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	MUEST. DE ROCA
NE10° 25'	19° 25'										* # 21-A	* # 21-C
NE10° 25'	10° 25'										* C. verde claro	* C. Café
											* T. Porfírica	* T. Clástica-Afanítica
											* M. Cuarzo 40 %	* M. Calcita 50 %
											* Feld K 40 %	* Plagioclasa (olig-and) 5 %
											* Plagioclasa (olig-and) 10 %	* Cuarzo 15 %
											* Biotita 3 %	* Biotita 1 %
											* Mín. Opacos 1 %	* Arena fina a media
											* Arena fina-media	* Subredondados
											C. Clasif. Arenisca piroclástica	C. Clasif. Arenisca piroclástica
											calcárea	
											* # 21-B	Presenta una septaria en la
											* C Blanco	parte superior de la muestra
											* T. Clástica-afanítica	de roca.
											* M. Calcita 85 %	
											* Cuarzo 10 %	
											* Feld K 5 %	Ambiente lacustre
											* Arena fina-media	
											* Anguloso a subangulosos	
											C. Clasif. Arenisca piroclástica	
											calcárea	
ES°	AZIM(84)	NUMBO(81)	AZIM(78)	CLARK(AZIM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(71)	ES°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
S40°E 23'	140° 23'								SW60° 84'	240°	* # 26	
S80°E 35'	120° 35'								NW20° 85'	340°	* C. Blanco	
											* T. Porfírica	
											* M. Cuarzo 40 %	
											* Feld K 40 %	
											* Plagioclasa (olig-and) 10 %	
											* Biotita 3 %	
											* Mín. Opacos 1 %	
											* Arena fina-media	
											C. Clasif. Arenisca piroclástica	
AA23			072	078E								
			140	100E	020N						LOCALIDAD FERRUSQUIA	
ES°	AZIM(84)	NUMBO(81)	AZIM(78)	CLARK(AZIM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(71)	ES°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											Clastos de 14 X 32 mm	Los clastos son de un conglomero
											de composición andesítica y	de composición calcárea porque
											de toba lítica.	presentaba una matriz
											Conglomerado fluvial	calcárea.
AA24			100	080E								
			140	100E	020N							
ES°	AZIM(84)	NUMBO(81)	AZIM(78)	CLARK(AZIM)	ECHADO	ESTRIAS	LINEAS	AZIM(71)	ES°	AZIM(82)	MUEST. DE ROCA	NOTAS
											* # 34	Domo riolítico
											* C. Verde claro con bandas	
											negras.	Presenta fluidez caótica,
											* T. Porfírica	color verde.
											* M Cuarzo 40 %	
											* Feldespato Criptocristalino 59%	
											* El cuarzo se obs. bandeado	
											F. Clasif. Riolita	